

# Informe sobre el mercado del mercurio en México

José Castro Díaz



El presente informe fue elaborado por José Castro Díaz, por encargo del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte. La información que contiene es responsabilidad del autor y no necesariamente refleja la posición de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción total o parcial de este documento, en cualquier forma o medio, con propósitos educativos y sin fines de lucro, sin que sea necesario obtener autorización expresa por parte del Secretariado de la CCA, siempre y cuando se haga con absoluta precisión y se cite debidamente la fuente. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo “Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada”, de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2011

### Particularidades de la publicación

*Tipo:* informe

*Fecha:* julio de 2011

*Idioma original:* inglés

*Procedimientos de revisión y aseguramiento de calidad:*

*Revisión final de las Partes:* noviembre de 2010

QA08.29

*Available in English – Disponible en français*

Si desea obtener mayor información sobre ésta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

#### **Comisión para la Cooperación Ambiental**

393 rue St-Jacques ouest, bureau 200

Montreal (Quebec), Canadá, H2Y 1N9

t 514.350.4300 f 514.350.4372

info@cec.org / www.cec.org



# Reconocimientos

El Consultor desea agradecer a los siguientes funcionarios su valioso apoyo y ayuda en la elaboración del presente informe:

## *De Canadá*

**Nav Khera**  
Environment Canada

## *De México*

**David Alejandro de la Rosa Pérez**

**Martha Ramírez Islas**

**Gustavo Solórzano Ochoa**

Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica), Instituto Nacional de Ecología (INE)

**Alfonso Flores Ramírez**

Director general de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat)

## *De Estados Unidos*

**Jacqueline E. Mosby, MPH**

Jefa de la Dirección de Evaluación y Difusión de Programas, División de Sustancias Químicas del Programa Nacional, Oficina de Prevención de la Contaminación y Sustancias Tóxicas (*Program Assessment and Outreach Branch, National Program Chemicals Division, Office of Pollution Prevention and Toxics*), Agencia de Protección Ambiental (EPA)

**Timothy Lehman**

Oficina de Prevención de la Contaminación y Sustancias Tóxicas, División de Economía, Exposición y Tecnología (*Office of Pollution Prevention and Toxics, Economics, Exposure and Technology Division, OPPT-EETD*), Agencia de Protección Ambiental (EPA)

**Ned T. Brooks**

Agencia de Control de la Contaminación de Minnesota (*Minnesota Pollution Control Agency*)

## *De la CCA*

**Luke J. Trip**

Gerente de programa, iniciativa Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas

# Índice

Lista de cuadros .....	1
Lista de gráficas .....	1
Siglas y acrónimos.....	2
Organización del informe.....	3
Resumen ejecutivo.....	4
Capítulo 1: Introducción.....	7
1.1 Contexto internacional .....	7
1.2 El contexto de América del Norte .....	8
1.3 Objetivo y alcance .....	10
Capítulo 2: El mercado del mercurio como producto básico en México.....	12
2.1 Contexto de México y panorama histórico .....	12
2.2 Situación actual en México.....	14
Capítulo 3: Oferta potencial de mercurio en México.....	28
3.1 Antiguos jales en Zacatecas.....	28
3.2 Plantas de cloro-álcali .....	30
3.3 Minas en Querétaro y otras minas de mercurio.....	32
3.4 Perspectivas de reciclaje de productos que contienen mercurio en México.....	34
Capítulo 4: Productos con contenido de mercurio que se venden en el mercado.....	35
4.1 Criterios para identificar y cuantificar productos con contenido de mercurio y sus categorías .....	35
4.2 Recursos y criterios para la asignación de prioridades a los productos con mercurio .....	35
4.3 Metodología para recopilar y organizar la información sobre productos .....	40
4.4 Importaciones y exportaciones de compuestos de mercurio .....	42
4.5 Productos con contenido de mercurio y sectores.....	44
Capítulo 5: Resultados y conclusiones .....	72
5.1 Tendencias actuales en la oferta y la demanda en el mercado mexicano del mercurio .....	72
5.2 Tendencias actuales y futuras en la escena internacional.....	72
5.3 Países que importan las mayores cantidades de mercurio de México .....	73
5.4 Estimación del consumo de mercurio en México, por sector.....	73
5.5 Productos y procesos que consumen los mayores volúmenes de mercurio .....	75
Capítulo 6: Recomendaciones.....	77
6.1 Recomendaciones relativas a la producción de mercurio y al manejo de las reservas del metal, dependiendo de las tendencias actuales y futuras.....	77
6.2 Recomendación relativa a las exportaciones mexicanas a otros países .....	77
6.3 Recomendaciones relativas a productos alternos y a su manejo y eliminación al final de su vida útil .....	77
6.4 Recomendaciones para mejorar las fuentes de información y crear mayor conciencia en la ciudadanía.....	79
Anexo 1: Estadísticas de las importaciones y exportaciones de mercurio de Canadá, México y Estados Unidos.....	80
Anexo 2: Descripción de las fuentes de información consultadas .....	88
Anexo 3: Estimación de la producción secundaria de mercurio en el área de Jales de la Ciudad de Zacatecas.....	93

## Lista de cuadros

*Nota: En algunos cuadros las cantidades de mercurio se expresan en kilogramos a fin de reproducir los datos tal como se muestran en las fuentes de información, aun cuando en el texto las cantidades estén expresadas en toneladas.*

Cuadro 2-1	Importaciones de mercurio de Europa a la Nueva España (México), 1556-1710
Cuadro 2-2	Producción nacional de mercurio, 1922-1967
Cuadro 2-3	Sitios históricos con jales en México
Cuadro 2-4	Estimaciones de la producción secundaria anual de plantas de beneficio de jales en Zacatecas
Cuadro 2-5	Oferta aparente de mercurio en México, 1985-2008
Cuadro 2-6	Importaciones de mercurio a México, por país, 1995-2008
Cuadro 2-7	Exportaciones mexicanas de mercurio, por país, 1995-2008
Cuadro 2-8	Precios del mercurio, 1985-2007
Cuadro 2-9	Empresas importadoras y exportadoras de mercurio como producto básico, 2002-2007
Cuadro 2-10	Consumo de mercurio, reportado en el Censo Industrial de 2004
Cuadro 3-1	Reservas probables de mercurio en jales alrededor de la ciudad de Zacatecas
Cuadro 3-2	Reservas de mercurio estimadas en la presa El Pedernalillo, Zacatecas
Cuadro 3-3	Plantas de cloro-álcali en México
Cuadro 3-4	Minas de mercurio en México
Cuadro 4-1	Demanda mundial de mercurio por sector (2005) y escenarios de reducción (2015)
Cuadro 4-2	Clasificación de productos y sectores para el mercado mexicano del mercurio
Cuadro 4-3	Fracciones arancelarias del Sistema Armonizado (SA) para el mercurio y productos que lo contienen
Cuadro 4-4	Importaciones de tiosalicilato de etilmercurio o sal de sodio (Timerosal), 2002-2007
Cuadro 4-5	Consumo estimado de mercurio en amalgamas dentales
Cuadro 4-6	Importaciones y exportaciones de termómetros
Cuadro 4-7	Cálculo del uso de esfigmomanómetros de mercurio
Cuadro 4-8	Importaciones netas de relevadores de mercurio
Cuadro 4-9	Importaciones netas de lámparas con mercurio
Cuadro 4-10	El mercurio en productos electrónicos
Cuadro 5-1	Principales países a los que México exporta mercurio
Cuadro 5-2	Consumo de mercurio en México, por sector
Cuadro A-1	Oferta aparente de mercurio en América del Norte (1997-2007)
Cuadro A-2	Importaciones y exportaciones netas mundiales de los países de América del Norte (1997-2007)
Cuadro A-3	Análisis del contenido de mercurio en jales de la zona circunvecina a la ciudad de Zacatecas

## Lista de gráficas

Gráfica 2-1	Exportaciones totales a países de América Latina (2001-2008)
Gráfica 2-2	Importaciones totales a México (2001-2008)

## Siglas y acrónimos

<b>ACAAN</b>	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte
<b>ANIQ</b>	Asociación Nacional de la Industria Química
<b>Camimex</b>	Cámara Minera de México
<b>CASRN</b>	Número de registro del <i>Chemical Abstracts Service</i>
<b>CCA</b>	Comisión para la Cooperación Ambiental
<b>CMY</b>	<i>Canadian Minerals Yearbook</i> : anuario canadiense sobre minerales
<b>COA</b>	Cédula de Operación Anual
<b>CRM</b>	Consejo de Recursos Minerales (actualmente SGM)
<b>EPA</b>	Agencia de Protección Ambiental ( <i>Environmental Protection Agency</i> ) de Estados Unidos
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología
<b>Inegi</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>Hg</b>	Mercurio
<b>HTS</b>	Sistema Arancelario Armonizado ( <i>Harmonized Tariff Schedule</i> ) de Estados Unidos
<b>LAU</b>	Licencia Ambiental Única
<b>LCSP</b>	Lowell Center for Sustainable Production
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<b>MASQ</b>	Manejo Adecuado de las Sustancias Químicas (iniciativa de la CCA)
<b>MYB</b>	<i>Minerals Yearbook</i> : anuario sobre minerales de Estados Unidos
<b>PARAN</b>	Plan de Acción Regional de América del Norte
<b>Profepa</b>	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
<b>PNUMA</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>RCRA</b>	Ley de Conservación y Recuperación de Recursos ( <i>Resource Conservation and Recovery Act</i> ) de Estados Unidos
<b>RETC</b>	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
<b>SA</b>	Sistema Armonizado (en inglés: <i>Harmonized System</i> , HS)
<b>SE</b>	Secretaría de Economía
<b>Semarnat</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>SGM</b>	Servicio Geológico Mexicano
<b>SIAVI</b>	Sistema de Información Arancelaria Vía Internet
<b>SRP</b>	Pánel de Revisión Científica ( <i>Scientific Review Panel</i> , proceso especial de revisión de la EPA)
<b>TLCAN</b>	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
<b>USGS</b>	Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos ( <i>United States Geological Survey</i> )

### *Nota:*

**En el presente informe, la mayoría de las cantidades de mercurio se expresan en toneladas; sin embargo, el autor en ocasiones utilizó kilogramos si las cantidades eran pequeñas o para reproducir la información tal como se encuentra en las fuentes de información oficiales consultadas.**

# Organización del informe

El presente informe sobre el mercado del mercurio en México consta de seis capítulos y dos anexos.

- El **capítulo 1**, la Introducción, presenta un breve panorama general del actual contexto internacional relativo a la reducción y eliminación de las fuentes antropogénicas de mercurio; expone los antecedentes de las diversas iniciativas sobre el metal emprendidas en América del Norte, e indica el objetivo y el alcance del informe.
- El **capítulo 2** describe el mercado mexicano del mercurio como mercancía; presenta cifras relacionadas con la producción histórica y reciente de mercurio primario y secundario, con base en las fuentes de información oficial disponibles; brinda asimismo datos sobre la importación y exportación del metal, y describe el comercio de Hg con otros países.
- El **capítulo 3** proporciona estimaciones de la posible oferta de mercurio en México, tomando en cuenta las siguientes fuentes: antiguos jales con contenido de mercurio resultantes de la extracción de metales preciosos en el estado de Zacatecas, reservas en poder de las plantas de cloro-álcali y minas de mercurio abandonadas en el estado de Querétaro y otros lugares de la república mexicana.
- El **capítulo 4** describe el mercado mexicano de compuestos de mercurio y productos con contenido del metal importados o fabricados en México, brindando información sobre distribuidores y consumidores; describe metodologías y criterios de recopilación, selección y organización de la información, con base en otras experiencias en América del Norte, y presenta también (según su disponibilidad) información sobre productos alternos sin Hg. La información de productos con contenido de mercurio y otros datos sobre empresas está organizada por sectores y se integrará a la base de datos de México de productos con y sin mercurio (alternos), partiendo de un proyecto equivalente de la EPA.
- El **capítulo 5** presenta los resultados y las conclusiones.
- El **capítulo 6** contiene recomendaciones.
- El **anexo 1** es un trabajo complementario que analiza la información oficial disponible de los tres países sobre producción, importación, exportación y consumo (en su caso) de mercurio como producto básico. Se presentan además ciertos hallazgos sobre el comercio del metal en América del Norte y las omisiones identificadas en la información.
- El **anexo 2** ofrece más detalles de las organizaciones, dependencias, empresas y otras entidades que sirvieron de fuente para el acopio de la información contenida en este informe. Se incluyen varias direcciones de sitios en Internet relacionados con el tema.
- El **anexo 3** presenta cálculos sobre las posibles reservas de mercurio secundario en la zona de jales de la ciudad de Zacatecas.

## Resumen ejecutivo

El presente informe tiene por objeto reunir y analizar la información disponible sobre el mercurio elemental (Hg) y los productos con contenido de Hg en México, a efecto de describir su oferta, demanda, intercambio, características de mercado y tendencias en el comercio. En el documento se identifican, asimismo, distribuidores, consumidores, productores e instituciones participantes en el mercado del metal, y se presentan datos de producción, importación, exportación, oferta y demanda.

La situación que se vive en México es contradictoria, ya que no obstante haberse formulado disposiciones normativas que limitan las emisiones de mercurio a la atmósfera y al agua y controlan la eliminación de residuos que contienen mercurio, el elemento no ha sido regulado como producto comerciable y el gobierno ha hecho poco por fomentar entre la población una adecuada conciencia en cuanto a la exposición al mercurio y la reducción de sus riesgos.

Basándose en datos oficiales disponibles, pero reconociendo que éstos pueden ser inexactos, el presente documento provee la siguiente información sobre el mercurio como producto básico: durante el periodo 2001-2007, México produjo 81.25, importó 193.46 y exportó 58.25 toneladas de mercurio secundario. Si a la producción total se suman las importaciones y se restan las exportaciones, el resultado es una oferta aparente de 216.46 toneladas durante este periodo, es decir, 30.86 toneladas anuales en promedio (véase el cuadro 2.5). También hay producción primaria, aunque a pequeña escala y no reconocida oficialmente, por lo que aún no se ha cuantificado.

El aumento en las exportaciones mexicanas de Hg durante los últimos cuatro años puede representar un problema ambiental importante a escala mundial, e indica que México, además de ser productor secundario, se ha desempeñado como intermediario en el comercio de mercurio como producto básico, importándolo de países desarrollados y exportándolo a países de América Latina. Durante el periodo 2005-2008, México exportó las siguientes cantidades del metal:

2005: 5.9 toneladas  
2006: 8.1 toneladas  
2007: 21.3 toneladas  
2008: 58.5 toneladas  
**Total:** 93.8 toneladas

Estas cantidades representan un incremento considerable en la exportación de Hg en estos cuatro años. Los principales países a los que México exportó el elemento fueron Perú, Colombia, Argentina y Brasil.

Durante el mismo periodo (2005 a 2008), México importó las siguientes cantidades de mercurio de Estados Unidos:

2005: 26.2 toneladas  
2006: 21.5 toneladas  
2007: 4.0 toneladas  
2008: 15.3 toneladas  
**Total:** 67.0 toneladas

Este aumento progresivo en el intercambio comercial de mercurio ocurre posiblemente debido a la presencia de intermediarios y a la demanda del metal para minería artesanal de oro en algunos países de América Latina.

Se calcula que las posibles reservas de mercurio en México rondan las 26,892,339 toneladas, distribuidas en la siguiente forma: producción secundaria de antiguos jales (14,902 toneladas en el estado de Zacatecas), minas de mercurio primario (11,750 toneladas en el estado de Querétaro) y reservas en la industria cloroalcalina (240 toneladas en dos plantas). La recuperación de las reservas de mercurio secundario, sobre todo en Zacatecas, es económicamente viable debido al valor de la plata amalgamada al mercurio. En el estado de San Luis Potosí existen antiguos jales mineros que no se han cuantificado.

Esta estimación de las posibles reservas mexicanas de mercurio secundario y primario, así como de la factibilidad de su extracción (desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental), precisa mayor consideración, ya que el total calculado representa una cantidad alrededor de 10 veces mayor que la demanda mundial de Hg (de acuerdo con el *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury [Informe sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio]*, PNUMA, 2006). Considerando lo anterior, se recomienda llevar a cabo un estudio más detallado en torno a las posibles reservas de mercurio en México (véase el capítulo 6).

Con base en estadísticas sobre la producción nacional y la importación de productos que contienen mercurio, el siguiente cuadro ilustra el consumo (en toneladas) de este metal en México durante 2007.

<i>Sectores y productos</i>	<b>Productos nacionales*</b>	<b>Productos importados*</b>
<i>Servicios dentales y hospitalarios</i>		
• Amalgamas	3.5	5.5
• Termómetros		2.4
• Esfigmomanómetros	1.9	1.9
<i>Fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos</i>		
• Iluminación y anuncios de neón	1.0	0.5
• Baterías, relevadores e interruptores		12.5
<i>Fabricación de productos diversos</i>		
• Fluxómetros, manómetros y termostatos		1.4
<i>Fabricación de computadoras y productos electrónicos</i>		
• Pantallas LCD, computadoras portátiles, videocámaras		0.1
<i>Servicios profesionales, científicos y técnicos</i>		
• Barómetros, termómetros no médicos, sifómetros, etc.		1.6
<i>Síntesis química y biofarmacéutica</i>		
• Proceso cloroalcalino (producción de cloro y sosa cáustica)	5.0	
• Producción de química inorgánica básica	9.1	
• Biofarmacéutica y laboratorios	3.9	
• Importación neta de compuestos de Hg desconocidos (40% de 122.8 toneladas)		48.7
<b>Consumo total</b>	<b>24.4</b>	<b>74.6</b>
* Estas cantidades corresponden al peso (en toneladas) del mercurio contenido en los productos.		

Se observa, pues, que el consumo total de mercurio en México durante 2007 fue de aproximadamente 99 toneladas, considerando el volumen del metal contenido tanto en los bienes producidos en el país (24.4 t) como en los importados (74.6 t).

Por otra parte, han surgido dos factores nuevos e importantes que en el cercano plazo influirán en el mercado mexicano del mercurio y además generarán cambios en la escena mundial. El primero es la

reducción gradual de las exportaciones del metal como producto básico hasta su eliminación total en 2011, en conformidad con una propuesta de la Comisión de las Comunidades Europeas (CE). El segundo es la Ley que Prohíbe la Exportación de Mercurio (*Mercury Export Ban Act*) de Estados Unidos (2008), que prohíbe a las dependencias federales transferir mercurio elemental, prohíbe la exportación de este elemento a partir del 1 de enero de 2013 y exige al Departamento de Energía estadounidense designar y administrar una instalación para almacenar Hg elemental a largo plazo a partir del 1 de enero de 2010.

A juzgar por estos factores y considerando que Estados Unidos ha sido el principal proveedor de mercurio de México, las perspectivas a futuro pueden ser, entre otras: que se incremente la producción de mercurio secundario, que se produzca mercurio primario de modo informal y que se fomenten tanto los establecimientos de reciclaje de Hg como la importación (legal o ilegal) de productos gastados con mercurio para su reciclaje. Lo anterior dependerá de la demanda local e internacional en el futuro cercano. Es por estas razones que debe considerarse la necesidad de realizar una evaluación ambiental integral.

Entre 2000 y 2006 la oferta aparente de mercurio como producto básico fue de casi 37.4 toneladas anuales en promedio, pero en 2007 y 2008 dicha oferta fue por primera vez negativa: -8.9 toneladas y -34.7 toneladas, respectivamente (véase el cuadro 2-5).

Entre las 25 recomendaciones propuestas en este informe, es importante prestar particular atención a los siguientes aspectos:

- Formulación de una estrategia que tome en consideración los costos y la tecnología para el reciclaje de residuos que contienen mercurio, así como factores legislativos y económicos.
- Elaboración a mediano plazo de un estudio sobre desarrollo de capacidades para el retiro y almacenamiento definitivo de mercurio excedente que considere: a quién (entidades estatales o empresas privadas) se autorizaría el almacenamiento permanente de mercurio; quién deberá pagar los costos iniciales y recurrentes del almacenamiento; cuáles habrán de ser las normas técnicas para el almacenamiento seguro a largo plazo; qué fundamentos legales se deberán observar para el almacenamiento del metal, y qué cambios legislativos y normativos podrían ser necesarios.
- Una medida urgente y altamente prioritaria que las autoridades de salud deben emprender es prohibir la venta de mercurio elemental en las farmacias. Actualmente, en México se puede comprar mercurio para amalgamas con fines distintos a los usos del sector de cuidado dental y de la salud; por ejemplo, para talleres de elaboración de anuncios de neón, medicina tradicional y joyería.

La información reunida en este estudio podría ser de ayuda para la formulación de las mejores estrategias de reducción del consumo y la oferta de este contaminante en México.

Además, esta información podría aportar elementos para elaborar y evaluar una estrategia de retiro definitivo y confinamiento del mercurio a mediano y largo plazos.

# Capítulo 1: Introducción

Por sus propiedades físicas y químicas únicas y por haber sido identificado como sustancia tóxica persistente y bioacumulable (STPB), el mercurio es desde hace ya tres décadas causa de preocupación en la mayoría de los países desarrollados, preocupación que se ha traducido en estrategias que comprenden investigación científica, desarrollo de marcos legales, programas de reducción de las emisiones de Hg, iniciativas de recolección y reciclaje de productos con contenido de mercurio y advertencias sobre el consumo de alimentos relacionadas con la ingesta del metal. En muchos casos, estas estrategias han producido buenos resultados en los países que las han puesto en práctica; sin embargo —y tal vez como consecuencia—, el mercurio como mercancía continúa teniendo una importante oferta en el mercado mundial y el metal tiende a venderse en países en desarrollo, donde se utiliza en la extracción artesanal de oro o en usos no esenciales.

Entre las propiedades que hacen del mercurio una sustancia de preocupación figuran su capacidad para transportarse en la atmósfera a grandes distancias, gracias a su volatilidad y larga vida (de seis meses a dos años); su capacidad de bioacumulación en cadenas alimentarias acuáticas, y su capacidad para transformarse en compuestos más tóxicos, como metilmercurio.

## 1.1 Contexto internacional

En todo el mundo han surgido importantes iniciativas para reducir las emisiones de mercurio antropogénico. Si bien la significativa respuesta ante la problemática del Hg se ha expresado en iniciativas, protocolos y planes nacionales, regionales e internacionales, aún falta mucho por hacer.

El 20 de junio de 2001, académicos de varias universidades suecas y representantes de organizaciones ambientales enviaron una carta a la comisionada de Medio Ambiente de la Comunidad Europea (CE) denunciando la producción de mercurio en las minas de Almadén en España. La carta señalaba que alrededor de 85% de la producción de las minas se exportaba a países en desarrollo. Las emisiones a la atmósfera resultantes de la producción de estas minas se calcularon en alrededor de un kilogramo por hora, de manera que en 1995, cuando se produjeron 1,500 toneladas del metal en Almadén, se emitieron a la atmósfera más de cuatro toneladas de mercurio.<sup>1</sup>

Otra solicitud importante por parte de los académicos fue analizar el manejo que la Unión Europea dará a las 12,000 toneladas de mercurio que sobrarán cuando las fábricas de la industria europea cloroalcalina cambien a un proceso sin mercurio, toda vez que la exportación del Hg excedente a los países en desarrollo sería poco ética e inaceptable, por motivos ambientales y de salud.

En 2005 se informó que la producción de mercurio en Almadén se había suspendido por tiempo indefinido (*Metal Bulletin*, 2005a). El 28 de enero de 2005, la Comisión de las Comunidades Europeas emitió la Estrategia Comunitaria sobre el Mercurio, cuya acción 5 propone que la exportación del mercurio como producto básico de la Comunidad Europea se reduzca gradualmente hasta su eliminación total en 2011.

Al proponer tal prohibición, la Comisión busca apoyar los esfuerzos internacionales para reducir progresivamente la producción primaria de mercurio en minas (como las de Almadén, España) y evitar que las reservas secundarias reingresen al mercado mundial. A la fecha, la Estrategia sigue siendo una mera propuesta y aún no se sabe a ciencia cierta cuál sería la respuesta de los mercados mundiales y de los

---

<sup>1</sup> Carta dirigida a la Comisionada de Medio Ambiente de las Comunidades Europeas, Margot Wallström, por Lars Hylander, Earth Sciences Centre, Uppsala University, 20 de junio de 2001.

encargados de la formulación de políticas de otras naciones frente a la prohibición de las exportaciones de mercurio de la Comunidad Europea.

La extracción de mercurio aún se practica en Argelia y Kirguizistán; China también ha producido Hg en los últimos años y al parecer incrementó su producción en respuesta a la reciente alza en los precios (*Metal Bulletin*, 2004b). En México, el Servicio Geológico Mexicano informa sobre la producción primaria temporal de mercurio en el estado de Querétaro (SGM, 2007), aunque la cantidad de mercurio extraído aún no se ha cuantificado.

En 2001, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), por medio de su decisión GC 21/5, resolvió emprender una evaluación mundial sobre el mercurio y sus compuestos. La *Evaluación mundial del mercurio* (PNUMA, 2002) se presentó al Consejo de Administración en su vigésimo segundo periodo de sesiones en 2003. Basándose en los principales hallazgos del informe, dicho Consejo concluyó que se había logrado conocimiento suficiente de los importantes efectos nocivos del mercurio y sus compuestos a escala mundial, por lo que se debía emprender una acción internacional para reducir los riesgos a la salud humana y el medio ambiente. Mediante la decisión GC 22/4 V, el Consejo resolvió que deben iniciarse a la brevedad posible acciones nacionales, regionales y mundiales, tanto inmediatas como de largo plazo, con el objetivo de identificar a las poblaciones y los ecosistemas expuestos y reducir las emisiones de mercurio antropogénico que afectan la salud humana y el medio ambiente. En 2006 el PNUMA publicó su *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury [Informe sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio]* (PNUMA, 2006), que representa un esfuerzo inicial para comprender el mercado mundial del mercurio.

Se calcula que para 2005 la demanda mundial de mercurio ascendía a alrededor de 3,000-3,900 toneladas, en tanto que la oferta mundial se ubicaba en alrededor de 3,000-3800 toneladas, más una oferta adicional de quizá 11,000 toneladas resultantes de cambios tecnológicos y de la eliminación gradual de plantas en el sector cloroalcalino (PNUMA, 2006). En efecto, el uso de mercurio en países desarrollados tiende a disminuir, pero al mismo tiempo la demanda se incrementa en los países en desarrollo debido a su mayor uso en la minería artesanal de oro.

Actualmente existen dos factores nuevos y determinantes en la escena mundial del mercurio: en primer lugar, la Estrategia sobre el Mercurio de la Comisión de las Comunidades Europeas (CE), que propone la reducción progresiva de las exportaciones de Hg de la Comunidad hasta eliminarlas totalmente en 2011. En segundo lugar, la Ley que Prohíbe la Exportación de Mercurio (2007) de Estados Unidos, instrumento firmado por el presidente Bush el 14 de octubre de 2008 y que prohíbe a las dependencias federales transferir mercurio elemental, prohíbe las exportaciones estadounidenses de mercurio elemental a partir del 1 de enero de 2013 y exige al Departamento de Energía designar y administrar un confinamiento de Hg elemental a largo plazo a partir del 1 de enero de 2010.<sup>2</sup>

## **1.2 El contexto de América del Norte**

En virtud del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), que complementa las disposiciones ambientales del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en 1994 se creó la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), organización internacional formada por Canadá, Estados Unidos y México con el propósito de atender las preocupaciones ambientales en el ámbito regional, ayudar a evitar posibles conflictos entre comercio y medio ambiente y promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental.

---

<sup>2</sup> Para mayor información, visite <<http://www.glin.gov/view.action?glinID=71491>>.

En octubre de 1995, el Consejo de la CCA emitió la Resolución 95-5 sobre manejo adecuado de las sustancias químicas (MASQ), que incluyó la creación de “un grupo de trabajo formado por dos funcionarios de nivel superior nombrados por cada Parte, cuyas funciones están relacionadas con la reglamentación o el manejo de las sustancias tóxicas y que trabajará con la CCA para implementar las decisiones y compromisos establecidos en esta Resolución”. En particular, la resolución convocó a la elaboración de planes de acción regionales sobre un grupo seleccionado de sustancias tóxicas persistentes, con el deseo común de las Partes de dar respuesta prioritaria a las inquietudes nacionales y regionales sobre el manejo de dichas sustancias.<sup>3</sup>

En 1997 el Grupo de Trabajo MASQ recomendó la creación de un Equipo de Tarea sobre Mercurio (el Equipo de Tarea), formado por miembros de los sectores industrial y académico, así como representantes de organizaciones no gubernamentales, comunidades indígenas y los gobiernos de los tres países. La responsabilidad principal asignada al Equipo de Tarea fue la elaboración del Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) sobre Mercurio.

El PARAN sobre mercurio creó un marco estratégico para que los tres países emprendan acciones tendientes a reducir y eliminar las fuentes de Hg antropogénico, mediante planes de instrumentación nacionales. Una de las metas del PARAN sobre mercurio es promover iniciativas de manejo del metal por medio de:

- Investigación de las mejores opciones de manejo (apoyándose tanto en la reglamentación oficial como en acciones voluntarias).
- Reconocimiento de la necesidad de gestión y de responsabilidad en cuanto al uso y manejo de los productos, por parte de proveedores, fabricantes, detallistas y consumidores de los productos, así como por parte del sector encargado del manejo de residuos.
- Fortalecimiento de la participación ciudadana en el desarrollo y seguimiento de programas de manejo adecuado del mercurio.

Aparte de la labor relacionada con el PARAN sobre mercurio de la CCA, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos elaboró de manera independiente un informe sobre el mercado mundial de este metal centrado principalmente en las circunstancias estadounidenses. En el estudio, titulado *Mercury Market Background Report [Informe de antecedentes sobre el mercado del mercurio]* (EPA, 2005), se evaluaron oferta, demanda, tendencias y características de los mercados estadounidense y mundial del mercurio.

Como resultado de la reflexión sobre diversos aspectos, entre los que se incluyen la futura reducción de la demanda del mercurio, los excedentes que habrán de resultar del cierre de las plantas de cloro-álcali, el aumento del mercurio generado como subproducto a partir de las actividades mineras de otros, metales así como la disponibilidad de mayores volúmenes de Hg gracias a los programas de recolección y reciclaje de productos gastados con contenido del metal, Estados Unidos está considerando la posibilidad de almacenar los excedentes de Hg en el largo plazo. Al respecto, surgen algunos hechos e interrogantes importantes a tener en cuenta:

- En 2007 se creó un panel integrado por representantes de varias dependencias con el fin de manejar los excedentes de mercurio elemental de origen nacional. El panel promueve discusiones

---

<sup>3</sup> De 1996 a 1999, cinco equipos de tarea creados por el Grupo de Trabajo MASQ elaboraron planes de acción regional sobre las siguientes sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables: DDT; clordano; BPC; mercurio, y dioxinas, furanos y hexaclorobenceno. En 2000 se creó un sexto equipo de tarea para elaborar un Plan de Acción sobre Monitoreo y Evaluación Ambientales.

sobre las ventajas y desventajas de cada una de las posibles opciones para el manejo de la oferta local del metal.

- ¿A cuáles entidades (dependencias gubernamentales o empresas privadas) se autorizará almacenar mercurio?
- ¿Quién deberá sufragar los costos iniciales y futuros de la infraestructura de almacenamiento?
- ¿Cuáles deberán ser los estándares técnicos para un almacenamiento seguro en el largo plazo, y dónde deberán ubicarse las instalaciones correspondientes?
- ¿Cuál será la autoridad responsable del almacenamiento de mercurio; quién poseerá legalmente tales reservas y será responsable del almacenamiento ambientalmente seguro en el largo plazo?
- Desde las perspectivas ambiental y de comercio, ¿cuáles son los cambios legislativos y regulatorios que será necesario implementar?

El gobierno de los Estados Unidos registra dos experiencias previas en relación con el manejo de reservas de mercurio: 1) en las décadas de 1950 y 1960 el Departamento de la Defensa (DOD, por sus siglas en inglés) almacenó en instalaciones al nivel del piso 4,436 toneladas de Hg para su utilización en la producción de litio enriquecido, insumo usado en el programa de armas atómicas, y 2) el Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) cuenta con una reserva de 1,206 toneladas de mercurio que, a finales de 2006, decidió continuar almacenando, en lugar de venderla; tal reserva se encuentra almacenada en las instalaciones de la Administración Nacional de Seguridad Nuclear en Oak Ridge, Tennessee, con un costo anual de almacenaje de aproximadamente de un millón de dólares, y continuará en ese sitio en tanto se investigan las opciones para un almacenamiento alternativo a largo plazo (EPA, 2007a).

En el anexo 1 se incluye un apartado complementario sobre estadísticas de las importaciones y exportaciones de mercurio de Canadá, Estados Unidos y México.

### **1.3 Objetivo y alcance**

El objetivo de este informe sobre el mercado del mercurio en México es evaluar la situación de dicho elemento como producto básico y de sus aspectos económicos. El informe incluye descripciones y evaluaciones de producción, oferta, demanda, comercio, características de mercado y tendencias del mercurio en el comercio en México, así como sus usos en diversos productos y procesos.

El alcance de este informe abarca: la recolección, revisión e integración de documentación y antecedentes; la identificación de los participantes en el mercado (productores, proveedores y consumidores), así como de instituciones y dependencias gubernamentales; la recopilación y análisis de datos sobre consumo y producción del mercurio en México, en particular la producción secundaria a partir de “antiguos” jales mineros en Zacatecas, así como la integración de datos cuantitativos sobre ventas, importación, exportación y volúmenes de mercurio y productos que lo contienen en el mercado mexicano.

En 2007 se elaboró un informe previo, titulado *Preliminary Mercury Market Report for Mexico*. El informe actual corresponde a la segunda fase del proyecto y su propósito es depurar aún más la información y los antecedentes reunidos y plasmarlos en una nueva versión actualizada. Todo tipo de información pertinente sobre la fabricación de productos específicos y alternativas en México se

incorporará a la versión en español de la Mercury-added Products Database<sup>4</sup> de la EPA para la creación de una base de datos mexicana sobre productos con contenido de mercurio y sus alternativas.

Diversa información obtenida para este estudio del mercado mexicano se utilizará para ayudar a crear estrategias con los mejores enfoques para reducir el consumo de mercurio y manejar los riesgos que la oferta de este metal implica en México. Además, esta información puede proporcionar elementos para que los encargados de la toma de decisiones evalúen y elaboren una estrategia para el retiro y confinamiento definitivo del mercurio en el mediano y el largo plazos.

---

<sup>4</sup> EPA-OPPT (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Oficina de Prevención de la Contaminación y Sustancias Tóxicas), *Draft EPA Mercury-containing Products and Alternative (mercury-free) Products Database*, 2008.

## Capítulo 2: El mercado del mercurio como producto básico en México

### 2.1 Contexto de México y panorama histórico

Se han identificado dos importantes fuentes de mercurio a lo largo de la historia de México, las que a su vez corresponden a dos diferentes fases históricas: la primera, la del país como colonia española, cuando los conquistadores trajeron miles de toneladas de mercurio de la mina de Almadén en España para utilizarlo en la extracción de oro y plata; la segunda, la de México como país en desarrollo, cuando la demanda mundial de mercurio era considerable y el país tenía capacidad suficiente para producir este metal.

La historia de la plata y el oro se entrelaza con la del mercurio: importantes fuentes de mercurio se importaron de la mina de Almadén en España para extraer los metales preciosos, utilizando el proceso de amalgamación en la actividad minera. De 1556 a 1710 la corona española abasteció de Hg a sus minas mexicanas de plata en Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí, Pachuca y otros lugares de México. Durante este periodo (véase el cuadro 2.1), debido a la gran demanda de mercurio, que excedía la capacidad de producción de las minas españolas (Almadén en España y Huancavelica en Perú), España complementó sus propias exportaciones con mercurio adquirido de la mina Idrija en Eslovenia y de otros lugares de Europa. Las referencias históricas con frecuencia describen los diferentes problemas inherentes al traslado del mercurio desde España, que afectaron el comercio y el uso de este metal, necesario para la extracción de plata.

<b>Cuadro 2-1</b>			
<b>Importación de mercurio de Europa a la Nueva España (México)</b>			
<b>1556-1710</b>			
<b>Fuente de información</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad importada</b>	
		<b>Quintales*</b>	<b>Toneladas</b>
Chaunu y Mantilla <sup>a</sup>	1556-1645	252,970	11,499
Archivo General de Indias <sup>b</sup>	1646-1650	11,528	524
Chaunu y Mantilla <sup>a</sup>	1651-1700	97,805	4,446
Archivo General de Indias <sup>b</sup>	1701-1710	29,154	1,325
Archivo General de Indias <sup>b</sup>	1572-1700	44,000 (procedentes de Perú)	2,000
<b>Total</b>		<b>435,457</b>	<b>19,794</b>

\* Una tonelada equivale a 22 quintales.  
<sup>a</sup> Chaunu y Mantilla (citados en M. F. Lang, 1977, p. 353).  
<sup>b</sup> Archivo General de Indias (citado en M. F. Lang, 1977, p. 354).

También se hicieron intentos para extraer mercurio de las minas mexicanas, pero fracasaron porque la corona española, con la intención de controlar la extracción de plata y por problemas tecnológicos en las minas, no permitió la producción eficiente de mercurio. Por este motivo, España importaba de Perú el Hg que se utilizaba en las minas de plata mexicanas. Según el Archivo General de Indias, de 1572 a 1700 el volumen de estas importaciones fue de 44,000 quintales, equivalentes a 2,000 toneladas (cuadro 2-1, elaborado a partir de Lang, 1977).

Con base en la información antes presentada, durante el periodo de 154 años (1556-1710) México (Nueva España) importó 19,794 toneladas de mercurio, es decir, 128.5 toneladas anuales en promedio.

Para finales del siglo XVIII, el consumo mexicano del mercurio utilizado en la extracción de la plata superaba los 16,000 quintales (727 toneladas) anuales y quizá más, ya que los mineros, a quienes se les cobraba en plata la cantidad de Hg que utilizaban, informaban una cantidad menor del mercurio comprado o consumido. Después de la Guerra de Independencia de 1810 la actividad minera disminuyó y los pequeños empresarios recurrieron cada vez más a la lixiviación (un proceso de extracción con disolventes) en el que se usaba cianuro para extraer oro, plata y mercurio de jales o relaves mineros (CCA, 1998). De hecho, los jales o relaves de la actividad minera colonial han sido desde principios de la década de 1940 fuente importante de producción secundaria de mercurio y plata en plantas de beneficio de jales. San Luis Potosí fue otro estado con importante actividad minera en la época colonial, pero no existe información oficial sobre la actual producción secundaria de mercurio en esta entidad.

La otra fuente importante de mercurio en México son las considerables reservas que aún quedan en las minas explotadas después de los periodos posrevolucionario y de industrialización (véase el cuadro 2-2).

<b>Cuadro 2-2</b>					
<b>Producción nacional de mercurio, 1922-1967</b>					
<b>(toneladas)</b>					
<b>Año</b>	<b>Producción</b>	<b>Año</b>	<b>Producción</b>	<b>Año</b>	<b>Producción</b>
1922	41.90	1938	293.68	1954	508.63
1923	44.75	1939	253.27	1955	1,030.11
1924	36.66	1940	401.71	1956	673.25
1925	38.72	1941	797.62	1957	726.30
1926	45.42	1942	1 116.87	1958	782.00
1927	81.11	1943	976.33	1959	566.00
1928	87.42	1944	795.10	1960	693.00
1929	82.63	1945	556.84	1961	628.71
1930	170.52	1946	402.01	1962	650.00
1931	251.37	1947	333.82	1963	593.00
1932	252.73	1948	164.66	1964	433.00
1933	154.39	1949	181.17	1965	662.00
1934	157.92	1950	117.31	1966	762.00
1935	216.39	1951	218.93	1967	497.00
1936	182.96	1952	301.03	<b>Total 18,531.76</b>	
1937	170.16	1953	401.36		

*Fuente:* Sumarios Estadísticos de la Minería Mexicana, citados en Comisión de Fomento Minero, 1968.

Durante este periodo de 46 años, la producción promedio anual de mercurio fue de 402.86 toneladas, obteniéndose la máxima producción en 1942 y 1955, con 1,116.87 y 1,030.11 toneladas, respectivamente.

## **2.2 Situación actual en México**

### **2.2.1 Producción primaria**

Según información del Consejo de Recursos Minerales (CRM),<sup>5</sup> desde 1994 no se ha reportado oficialmente extracción primaria de mercurio en México. Las actividades se suspendieron por la caída en los precios del Hg resultantes de la decreciente demanda del metal. Las estadísticas económicas de México tampoco presentan datos sobre la producción primaria de mercurio.

Sin embargo, el Servicio Geológico Mexicano (SGM) presenta información sobre la posibilidad de que tres minas estén produciendo mercurio de manera intermitente, aun cuando no se cuenta con datos disponibles de los volúmenes de producción. Estas minas están ubicadas en el municipio de Peñamiller, en el estado de Querétaro (SGM, 2007a). A pesar de que se sabe de la existencia de 86 posibles sitios de extracción de mercurio en ocho estados (Chihuahua, Durango, México, Guanajuato, Guerrero, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas), el CRM-SGM no ha reportado información relativa a la situación de estos sitios. (El capítulo 3 y el cuadro 3-2 presentan más datos sobre este tema.) No se identificó extracción no oficial en otras entidades federativas.

### **2.2.2 Producción de mercurio como subproducto**

Oficialmente no se cuenta con información relacionada con la producción de mercurio como subproducto. Este tema reviste particular importancia si consideramos que México es uno de los principales productores de cobre, plata, plomo, zinc y oro. Estos metales con frecuencia están juntos en concentraciones variables en forma de compuestos de azufre reducido; por ejemplo, sulfuro de cobre (CuS), sulfuro de plomo (PbS), sulfuro de zinc (ZnS) y sulfuro de mercurio (HgS-cinabrio). El mercurio a menudo está asociado con el oro y se encuentra dentro de la estructura de cristal de este metal en muchos depósitos de oro. El mercurio se considera metal indicador de la presencia de oro en la industria prospectiva del áureo elemento (Acosta y Asociados, 2001).

El punto de ebullición del mercurio es bajo en relación con el oro y la plata, por lo que generalmente se evapora durante la refinación inicial de estos metales. En Estados Unidos, si la concentración de mercurio en el mineral es suficientemente alta como para que la recuperación resulte económicamente atractiva, se utilizan hornos de retorta y condensadores para evaporar y recuperar el mercurio del mineral. Otro factor que hace que los operadores de minas de oro retiren el mercurio del mineral de oro durante la refinación inicial es la sanción económica que imponen los refinadores cuando el concentrado de oro-plata, conocido como “doré”, contiene más de 1,000 miligramos (mg) de mercurio por kilogramo (kg) (Acosta y Asociados, 2001).

Basándose en datos de emisiones y en datos oficiales sobre producción en 1999, Acosta estimó las emisiones anuales generadas por el sector de extracción y refinación de oro en 11.27 toneladas, y por el sector de fundiciones de metales ferrosos y no ferrosos en 1.89 toneladas (Acosta y Asociados, 2001).

Mediante oficio recibido el 16 de noviembre de 2007, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) solicitó a la Cámara Minera Mexicana (Camimex) información relacionada con la producción de mercurio virgen y como subproducto de la extracción de otros minerales (principalmente oro, plata, plomo, zinc y cobre). El 21 de enero de 2008, la Camimex envió escrito de respuesta manifestando que ninguno de sus miembros produce mercurio o utiliza la técnica de amalgamación para la recuperación de metales preciosos. Con respecto a los residuos que contienen mercurio, la Cámara manifestó que la mayoría de los procesos de recuperación de metales preciosos no generan mercurio como

---

<sup>5</sup> En 2005, el Consejo de Recursos Minerales cambió su nombre a Servicio Geológico Mexicano (SGM).

residuo, y que con respecto a otros procesos (refinación inicial o fundición de estos metales), se generan algunos residuos (lodos) que sí contienen mercurio, debido al lavado con gas en los condensadores, y que los residuos resultantes se envían a confinamiento controlado.

Aunque al parecer no se está produciendo mercurio como subproducto de la minería en México, dada la existencia de un número desconocido de pequeñas operaciones de extracción de oro o plata en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Querétaro y Guerrero, es aconsejable realizar un estudio específico al respecto.

### ***2.2.3 Producción secundaria***

Desde principios de la década de 1940, la fuente principal de producción secundaria de mercurio en México son las plantas de beneficio de jales en la región de Zacatecas. Durante la época colonial, los jales que quedaban del proceso de “patio” de la amalgamación del mercurio se esparcían a mano en el campo sobre el suelo y a profundidades que iban desde unos cuantos centímetros hasta varios metros. Hoy día, las plantas de beneficio recogen esta tierra de escombros rica en minerales y, mediante el proceso “zacatecana”, recuperan metales preciosos y mercurio de estos antiguos jales alrededor de la ciudad y los municipios de Guadalupe y Veta Grande. La lixiviación de la tierra con una solución química a base de tiosulfato permite precipitar el licor madre resultante, utilizando alambre de cobre de desecho como catalizador. El lodo que contiene metales preciosos se destila en un horno y éstos se recogen. El mercurio y el vapor de agua se canalizan a una cámara de enfriamiento rudimentaria que permite la condensación de ambos. Después pasan a un pozo de separación en donde el metal de mercurio se recoge a mano y se coloca en frascos de Hg estándar de 76 libras (35 kg), los que se venden en los mercados nacional e internacional.

La actual técnica de lixiviado ha dado origen, cerca de las plantas de beneficio de jales, a grandes tiraderos de relaves que quedan luego del beneficiado, tiraderos que se elevan a 10-15 metros del suelo. La tecnología rudimentaria para captar los vapores de mercurio de los hornos de retorta no cuenta con equipo de control para las emisiones de vapor de Hg del horno, salvo una simple cámara de condensación compuesta de cuatro muros de bloques de cemento y canales en el piso que dirigen el mercurio condensado a un pozo de estabilización fuera del área bardada para su recolección. Las emisiones de mercurio de estas plantas de beneficio se calculan en 9.66 toneladas al año (Acosta y Asociados, 2001).

La información de que se dispone en torno a los inicios de la producción secundaria indica que la planta La Pimienta, ubicada seis kilómetros al oeste de la ciudad de Zacatecas, fue la primera planta de beneficio, que inició actividades en 1941 y cerró en 1977 (Perales Rivas, s.f.).

En el cuadro 2-3 se presentan otros sitios mineros donde se llevaron a cabo actividades de amalgamación utilizando el sistema de “patio” para recuperar plata durante el periodo colonial. Estos sitios de jales deberían ser evaluados con el fin de determinar si la producción secundaria de mercurio está ocurriendo en ellos o ha tenido lugar en años recientes, así como para determinar su potencial de producción y el contexto ambiental que prevalece en cada cual.

**Cuadro 2-3**  
**Sitios históricos con jales en México**

<b>Estado</b>	<b>Distrito minero</b>
Chihuahua	Parral
Durango	Región norte
Estado de Mexico	Temascaltepec, Tlalpujahua, Zacualpan
Guerrero	Taxco
Guanajuato	Guanajuato-La Valenciana
Hidalgo	Pachuca, Real del Monte
Jalisco	Guadalajara
San Luis Potosí	Real de Catorce, Charcas, ciudad de San Luis Potosí
Zacatecas	Fresnillo, Guadalcázar, Mazapil, Real de Ángeles, Sombrerete, ciudad de Zacatecas

*Fuente: Lang, M.F., 1977.*

La producción secundaria de mercurio reportada por las plantas de beneficio de jales en el área de la ciudad de Zacatecas y de la presa El Pedernalillo ascendía a 33.30 toneladas anuales (véase el cuadro 2-4).

**Cuadro 2-4**  
**Estimaciones de la producción secundaria anual de plantas de beneficio de jales en Zacatecas (kg)**

<b>Nombre de la planta</b>	<b>Periodo de producción*</b>	<b>Producción promedio anual**</b>	<b>Ubicación</b>
Jales de Zacatecas, anteriormente La Piñuelita	1979-mayo de 2001	4,200 <i>350 kg/mes</i>	Colonia Osiris, municipio de Guadalupe, norte de la laguna La Zacatecana
Beneficiadora de Jales de Zacatecas	1971-2000	14,484 <i>1,207 kg/mes</i>	Municipio de Guadalupe, noreste de laguna La Zacatecana
Jales del Centro	1995-2008	8,400 <i>700 kg/mes</i>	Camino a Tacoaleche
Mercurio del Bordo	1971-2000	6,216 <i>518 kg/mes</i>	Comunidad El Lampotal, municipio de Veta Grande
<b>Producción anual promedio de las cuatro plantas</b>		<b>33,300</b>	

\* *Fuente: CCA, 1998, y Gobierno del Estado de Zacatecas, 2002.*  
\*\* *Fuente: Profepa, 1996.*

Un volumen similar de producción secundaria (33.3 toneladas) fue reportado por la Profepa para los años de 1994-1995 en el área de jales de la ciudad de Zacatecas (Profepa, 1996).

La información del cuadro 2-4 permite estimar las cantidades de producción secundaria presentadas en el cuadro 2-5 y en consecuencia contar con datos más realistas de la oferta de mercurio en México.

La producción secundaria de mercurio de estos jales depende en gran medida del precio de la plata en el mercado, así como del clima, ya que la precipitación abundante durante la temporada de lluvias dificulta la extracción de los metales. Se carece de registros confiables de la producción secundaria para los últimos 67 años; por tanto, la información de otras fuentes, incluidas las académicas y las locales, puede ayudar a obtener estimaciones aproximadas.

Es importante contar con un cálculo de la producción secundaria de mercurio en el ámbito local, pues ello permite tener una perspectiva realista sobre la posible oferta del metal a escala nacional. Por esta razón, en el anexo 3 de este informe se procura presentar cuando menos cálculos iniciales de los volúmenes estimados de producción secundaria de Hg a partir de jales coloniales, como resultado del proceso de extracción de plata en Zacatecas durante los últimos 20 años, con base en la información técnica, histórica, oficial y no-oficial disponible.

Otra fuente de información sobre la producción secundaria de mercurio en México es el United States Geological Survey (USGS), que estima la producción secundaria de Hg en 15 toneladas anuales en promedio durante el periodo 2000 a 2005 (*Anuario de Minerales del USGS*, vol. III, Informes de área: Internacional).

#### ***2.2.4 Importación, exportación y oferta aparente de mercurio en México***

El objetivo de este apartado es presentar un panorama general del mercado del mercurio en México mediante la recopilación de datos oficiales sobre producción primaria, importación y exportación, así como estimaciones de producción secundaria (calculadas de acuerdo con el apartado 2.2.3, *supra*).

Antes de presentar la información del cuadro 2-5, es importante definir el concepto de *oferta aparente* en el contexto de este trabajo. La oferta aparente corresponde a un monto integral calculado con datos imprecisos o no disponibles, y que puede obtenerse, en teoría, sumando la producción de mercurio (primario, secundario y como subproducto) más las importaciones y restando a la cantidad resultante las exportaciones. La oferta aparente también comprende el consumo nacional.

Además, el concepto de oferta aparente debe incluir reservas de mercurio desconocidas o no declaradas almacenadas durante un año o más por plantas industriales o corredores (intermediarios), y en algunos casos mercurio recuperado (generalmente importado a México) de productos y plantas cloroalcalinas cerradas.

Oficialmente, desde 1994 no se produce mercurio primario en México y no existe información nacional accesible y confiable sobre producción primaria informal o como subproducto, ni tampoco sobre reciclaje de residuos con contenido de Hg.

Los datos presentados en este informe con respecto a la importación y exportación de mercurio como producto básico (cuadro 2-5) se basan principalmente en estadísticas de comercio oficiales generadas a partir de documentos de procedimiento que todos los importadores y exportadores están obligados a presentar para el pago de impuestos y derechos. En esta área de generación de ingresos las fuentes de información oficiales podrían considerarse confiables, aunque cabe la posibilidad de que la información sea un tanto inexacta debido a errores cometidos durante el proceso de manejo y publicación de datos. Por ejemplo, es posible que existan errores involuntarios, como indicar kilogramos como unidad de medida en vez de toneladas.

Cambios accidentales en las cifras al trasladar la información del formato impreso al electrónico o bien la asignación de códigos o fracciones arancelarias inexactas a los productos durante la importación o exportación por parte de agentes o personal administrativo de aduanas pueden generar otros errores en el

procesamiento de la información. Estos códigos o fracciones arancelarias se listan en el Sistema Armonizado (SA).<sup>6</sup> Por ejemplo, la fracción arancelaria del mercurio es **28054001**.

Cabe mencionar que hay otras tres fracciones arancelarias SA relevantes: **28520001**, *Compuestos inorgánicos de mercurio, excepto amalgamas*; **28520059**, *Demás compuestos inorgánicos u orgánicos de mercurio, excepto amalgamas*; **28439099**, *Los demás compuestos, amalgamas*. Es posible que otra causa de imprecisión en la información sea el hecho de que las importaciones y exportaciones de mercurio metálico se reporten en una misma fracción arancelaria junto con compuestos de mercurio cuyas proporciones del metal se desconocen. Véanse en el cuadro 4-3 las fracciones arancelarias correspondientes al mercurio y a productos con contenido de mercurio.

Considerando las causas de posible inexactitud de la información antes mencionadas, quizá sea necesario aplicar mecanismos de revisión para validar datos entre países importadores y exportadores. El Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional, 2005, puede desempeñar un importante papel en este asunto, considerando que el mercurio y sus compuestos (incluidos compuestos inorgánicos de mercurio, compuestos de alquilmercurio y alquiloalquil y arilmercurio) están listados en el anexo III de ese Convenio y, en consecuencia, sujetos al principio de consentimiento fundamentado previo (PIC, por sus siglas en inglés), un mecanismo para obtener y difundir formalmente las decisiones de las Partes importadoras para recibir o no futuros embarques de sustancias químicas del anexo III, y para garantizar que las Partes exportadoras respeten estas decisiones (véase <<http://www.pic.int>>).

Los datos del cuadro 2-5 para el periodo 1985-2007 se pueden dividir en dos partes: la primera abarca producción primaria en México de 1985 a 1994 (10 años) y la segunda el periodo en que se suspendió la producción primaria de mercurio, de 1995 a 2007 (13 años).

Con respecto a la producción (primaria y secundaria) de mercurio durante el primer periodo (1985 a 1994), el promedio fue de 306.7 toneladas anuales, siendo 1989 y 1990 los años en que se obtuvo la máxima producción, con 675.9 y 759.9 toneladas, respectivamente. Este periodo transcurrió en el contexto de una importante demanda mundial, así como una importante capacidad de producción primaria en México; en contraste, para el periodo 1995-2007 la producción (únicamente secundaria) registró un promedio de alrededor de 21.62 toneladas anuales (véase el cuadro 2-5).

Si se analizan los datos de las importaciones mexicanas de Hg para el periodo de 1985 a 1994 (10 años), puede observarse que el promedio fue de aproximadamente 45 toneladas por año, mientras que para el periodo 1995-2007 (13 años) éste fue de 21.15 toneladas anuales.

---

<sup>6</sup> El Sistema Armonizado (SA) es un sistema internacional de clasificación (designación y codificación) de mercancías; equivale al Sistema Arancelario Armonizado (*Harmonized Tariff Schedule*, HTS) de Estados Unidos.

**Cuadro 2-5**  
**Oferta aparente de mercurio en México, 1985-2008**  
(toneladas)

	Año	Extracción virgen <sup>1</sup>	Producción secundaria <sup>3</sup>	Importación	Exportación	Oferta aparente
<b>Producción secundaria promedio anual: 20.68 toneladas</b>	<b>Total 1985-2008</b>	<b>2,818.00</b>	<b>538.45</b>	<b>740.35</b>	<b>814.54</b>	<b>3,282.26</b>
	2008	sp	8.40	15.34 <sup>2</sup>	58.48 <sup>2</sup>	-34.74
	2007	sp	8.40	4.03 <sup>2</sup>	21.36 <sup>2</sup>	-8.92
	2006	--	8.40	21.46 <sup>2</sup>	8.14 <sup>2</sup>	21.72
	2005	--	8.40	26.21 <sup>2</sup>	5.92 <sup>2</sup>	28.70
	2004	--	8.40	24.77 <sup>2</sup>	0.66 <sup>2</sup>	32.51
	2003	--	8.40	21.09 <sup>2</sup>	2.38 <sup>2</sup>	27.11
	2002	--	8.40	43.84 <sup>2</sup>	4.39 <sup>2</sup>	47.85
	2001	--	30.85	52.06 <sup>2</sup>	15.41 <sup>2</sup>	67.50
	2000	--	33.30	9.60 <sup>2</sup>	6.22 <sup>2</sup>	36.68
	1999	--	33.30	26.38 <sup>2</sup>	54.02 <sup>2</sup>	5.66
	1998	--	33.30	19.80 <sup>2</sup>	0.24 <sup>2</sup>	52.86
	1997	--	33.30	8.21 <sup>2</sup>	7.01 <sup>2</sup>	34.49
	1996	--	33.30	7.74 <sup>2</sup>	4.00 <sup>2</sup>	37.04
	1995	--	33.30	9.87 <sup>2</sup>	0.31 <sup>2</sup>	42.85
	<b>Producción primaria y secundaria promedio anual: 306.7 toneladas</b>	1994	11.00	24.90	27.80 <sup>1</sup>	0.30 <sup>1</sup>
1993		12.00	24.90	40.50 <sup>1</sup>	0.30 <sup>1</sup>	77.10
1992		21.00	24.90	101.90 <sup>1</sup>	1.90 <sup>1</sup>	145.90
1991		340.00	24.90	2.15 <sup>1</sup>	0.30 <sup>1</sup>	367.05
1990		735.00	24.90	0.40 <sup>1</sup>	23.20 <sup>1</sup>	737.10
1989		651.00	24.90	276.10 <sup>1</sup>	91.00 <sup>1</sup>	861.00
1988		345.00	24.90	0.40 <sup>1</sup>	142.00 <sup>1</sup>	228.20
1987		124.00	24.90	0 <sup>1</sup>	121.00 <sup>1</sup>	27.90
1986		185.00	24.90	0 <sup>1</sup>	154.00 <sup>1</sup>	55.80
1985		394.00	24.90	0.70 <sup>1</sup>	92.00 <sup>1</sup>	327.50
<b>Total</b>	<b>1985-2008</b>	<b>2,818.00</b>	<b>538.45</b>	<b>740.35</b>	<b>814.54</b>	<b>3,282.26</b>

<sup>1</sup> Inegi, *Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana 1998*, Actualización 1999, Consejo de Recursos Minerales y Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, 1999.

<sup>2</sup> Fuente: *World Trade Atlas*, con datos de la Secretaría de Economía, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 6 de junio de 2008.

<sup>3</sup> Cifras estimadas a partir de información histórica tomada de: Gobierno de Zacatecas, 2002; CCA, 1998; Profepa, Oficio, 1996, y Ogura *et al.*, 2003. Las cantidades también se estimaron con base en el cuadro 2-4.

Con respecto a la exportación, el promedio fue de 62.6 toneladas por año durante el periodo 1985-1994 y de 10 toneladas anuales para el periodo 1995-2007 (13 años).

Es importante mencionar que no están consideradas las importaciones y exportaciones temporales de la industria maquiladora (véase el apartado 2.2.5, *infra*), tema que amerita investigación.

Según parece, México desempeñó un importante papel como país exportador durante el periodo 1985-1990. En relación con las recientes tendencias del mercado internacional del mercurio, desde 2005 México incrementó sus exportaciones, en especial a países en desarrollo, coincidiendo con el periodo en que los precios del Hg comenzaron a mostrar fuertes incrementos. (Véase un análisis más específico de este tema en el apartado 2.2.5, *infra*.)

La oferta aparente promedio de mercurio durante el periodo 1985-1994 fue de 289.12 toneladas al año, en tanto que para el periodo 1995-2007 (13 años) la oferta promedio, incluido el consumo nacional, descendió a sólo 32.77 toneladas anuales.

## 2.2.5 Importación y exportación de mercurio, por país de origen

### Importación

El cuadro 2-6 se derivó de la base de datos *World Trade Atlas*, con datos de la Secretaría de Economía, y presenta información de la importación anual de mercurio a México, por país de origen, de 1995 a 2008. (En el cuadro 2-9 se presenta información adicional, con los nombres de las empresas importadoras o exportadoras.)

País de origen	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Canadá	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
China	0	2	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	9
República Dominicana	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CEE (aparte de los mencionados)	0	0	0	0	0	0	5,175	0	0	0	0	0	0	0	5,175
Francia	0	0	0	2	0	0	0	2	5	10	2	1	0	0	22
Alemania	500	506	749	334	408	3	0	0	20	0	0	0	0	49	2,569
Gran Bretaña	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Italia	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Japón	12	0	1	0	0	14	0	0	0	10	0	0	0	0	37
Países Bajos	785	650	601	525	242	426	21,343	5,641	521	281	0	0	0	0	31,015
Rusia	0	0	0	932	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	932
España	5,175	5	0	0	0	0	0	3,450	0	0	0	0	0	0	8,630
Taiwán	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
Estados Unidos	3,394	6,578	6,856	18,007	25,731	9,160	25,528	34,751	20,543	24,469	26,204	21,457	4,034	15,289	242,001
<b>TOTAL</b>	<b>9,870</b>	<b>7,741</b>	<b>8,207</b>	<b>19,800</b>	<b>26,382</b>	<b>9,604</b>	<b>52,057</b>	<b>43,844</b>	<b>21,089</b>	<b>24,770</b>	<b>26,206</b>	<b>21,458</b>	<b>4,034</b>	<b>15,338</b>	<b>290,400</b>

*Fuente: World Trade Atlas, con datos de la Secretaría de Economía, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 6 de junio de 2008.*

De 1995 a 2008, México importó 290,400 kg de mercurio de 14 diferentes países, con un fuerte incremento a partir de 1998. La mayor parte —83% (242,001 kg) del total— provino de Estados Unidos y en segundo lugar —10.7% (31,015 kg) del total—, de los Países Bajos. Las importaciones de todos los países excepto Estados Unidos se suspendieron hace apenas unos años, debido tal vez a inventarios en plantas de cloro-álcali cerradas y al creciente aumento en las actividades de reciclaje en México. Puesto que este país tiene una oferta doméstica adecuada y también un importante volumen de importación, se deduce que están ocurriendo actividades de intermediación, lo cual puede explicar el hecho de que tres empresas (mencionadas en el cuadro 2-9) desempeñen el doble papel de importadoras y exportadoras de mercurio.

Exportación

Cuadro 2-7															
Exportación mexicana de mercurio, por país receptor, 1995-2008 (en kilogramos)															
País	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Argentina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,106	552	552	5,175	9,385
Bolivia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	0	0	86
Brasil	0	4,002	0	0	0	90	0	0	0	0	0	3,105	5,175	2,070	14,442
Chile	0	0	0	0	172	0	0	0	2	0	0	2	0	0	176
Colombia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,207	3,000	11,952	16,649	32,808
Costa Rica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14
Cuba	0	0	6,749	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,749
República Dominicana	0	0	30	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	130
Ecuador	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,224	483	100	100	1,907
El Salvador	34	0	0	0	0	80	98	25	161	207	315	276	0	276	1,472
Guatemala	0	0	102	0	0	0	41	148	126	0	0	0	0	5	422
Haití	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20
Honduras	0	0	0	0	0	90	216	35	134	0	0	0	0	0	475
Nicaragua	276	0	0	242	0	0	0	0	0	0	64	517	898	1 215	3,212
Países Bajos	0	0	0	1	0	932	45	106	0	0	0	0	0	0	1,084
Paraguay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108	0	10	118
Perú	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	0	0	2,650	32,876	35,776
España	0	0	0	0	53,325	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53,325
Estados Unidos	0	0	127	0	22	4,333	15,007	3,226	1,961	437	0	8	8	1	25,130
Uruguay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
Venezuela	0	0	0	0	500	595	0	600	0	0	0	0	0	0	1,695
<b>Total</b>	<b>310</b>	<b>4,002</b>	<b>7,013</b>	<b>243</b>	<b>54,019</b>	<b>6,220</b>	<b>15, 407</b>	<b>4,390</b>	<b>2,384</b>	<b>658</b>	<b>5,916</b>	<b>8,137</b>	<b>21,355</b>	<b>58,477</b>	<b>188,431</b>

Fuente: World Trade Atlas, con datos de la Secretaría de Economía, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 6 de junio de 2008.

De 1995 a 2008, México exportó 188,431 kg de mercurio a 21 diferentes países. España recibió la mayor parte (53,325 kg), en lo que al parecer fue un único embarque hecho en 1999, equivalente a 28.3% de las importaciones españolas totales del metal durante este periodo. Perú es el segundo principal destinatario de las exportaciones de Hg de México, con 35,776 kg (19%) del total durante este periodo.

### ***2.2.6 Tendencias del mercado mexicano***

La información del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) correspondiente a 2008 brinda un panorama actualizado de las recientes tendencias comerciales (véanse los cuadros 2-6 y 2-7). Las importaciones de mercurio a México durante ese año fueron de 15,338 kg (15,289 kg provenientes de Estados Unidos y 49 kg de Alemania), en tanto que las exportaciones ascendieron a de 58,477 kg (a países de América Latina).<sup>7</sup>

Como se muestra en el cuadro 2-6, México importó 290,400 kg de mercurio durante 1995-2007 (periodo de 14 años), con un promedio anual de 20,742 kg. Estados Unidos contribuyó con 82.42% (242,001 kg) de las importaciones totales de México, mismas que en 2007 descendieron a 4,002 kg, pero —de acuerdo con las estadísticas del SIAVI— aumentaron a 15,289 kg en 2008 (véase también la gráfica 2-1).

El país de origen que ocupaba el segundo lugar por volumen en exportación de mercurio a México era los Países Bajos, pero durante el periodo 2005-2008 México no registró importaciones provenientes de este país.

El cuadro 2-7 muestra que el promedio anual de la exportación mexicana de mercurio durante 1995-2008 (periodo de 14 años) fue de 13,046 kilogramos.

En resumen, durante el periodo 1995-2008, México importó alrededor de 290.40 toneladas y exportó 188.43 toneladas, lo que lo convierte en importador neto de 102 toneladas de mercurio para esos años.

Es importante mencionar que la tendencia en el volumen de las exportaciones mexicanas durante los últimos cuatro años (2005 a 2008) indica que México se ha desempeñado como intermediario que importa mercurio de países desarrollados y lo exporta a países de América Latina:

2005: 5.9 toneladas  
2006: 8.1 toneladas  
2007: 21.3 toneladas  
2008: 58.5 toneladas

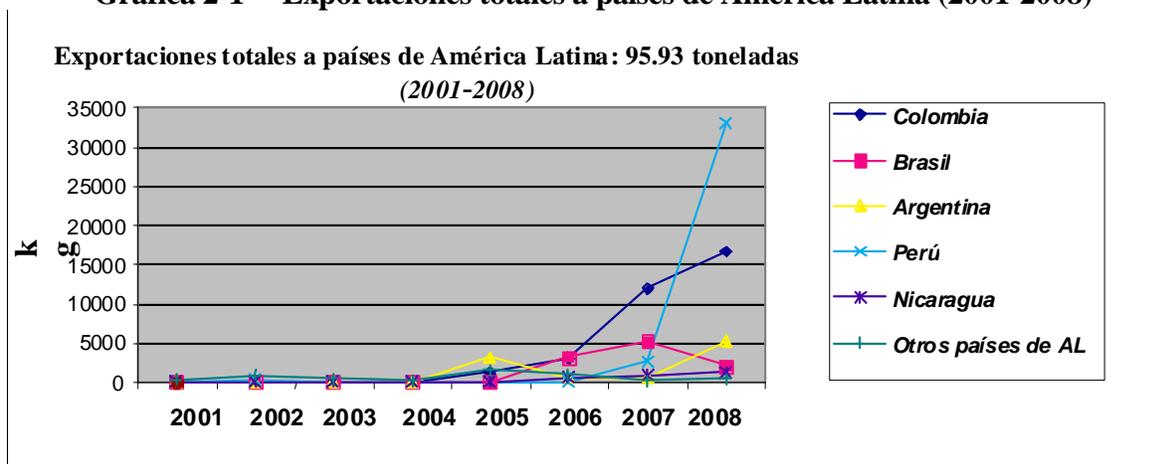
Total: 93.8 toneladas

Estas cantidades representan un aumento creciente de 992% en las exportaciones durante estos cuatro años. Los principales países a los que México exportó mercurio fueron Perú, Colombia, Argentina y Brasil principalmente para usos en minería artesanal (véase la gráfica 2-1).

---

<sup>7</sup> Secretaría de Economía, <<http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp>>, consulta realizada el 10 de marzo de 2009.

**Gráfica 2-1 Exportaciones totales a países de América Latina (2001-2008)**

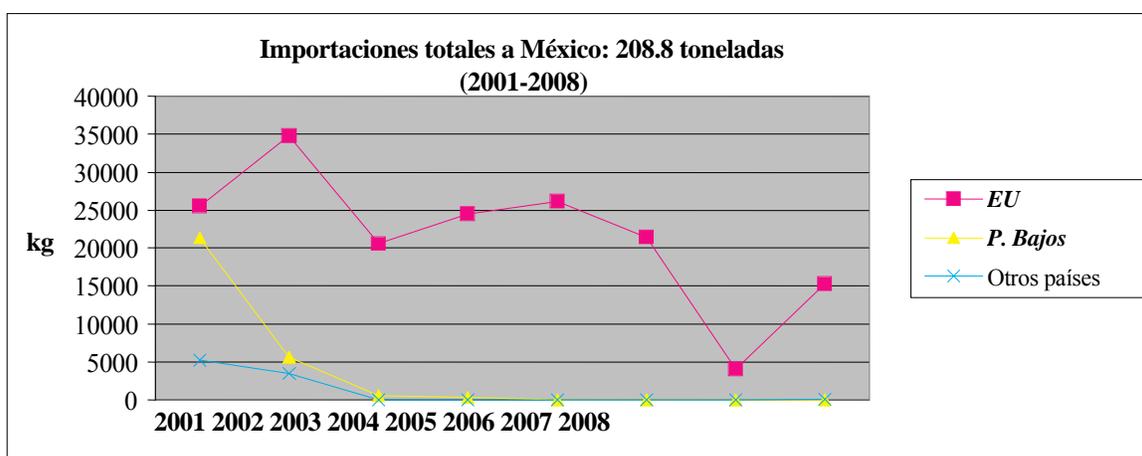


Fuente: World Trade Atlas, con datos de la Secretaría de Economía, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 6 de junio de 2008.

Durante el mismo periodo (2005 a septiembre de 2008), México importó de Estados Unidos los siguientes volúmenes de mercurio (véase la gráfica 2-2):

- 2005: 26.2 toneladas
- 2006: 21.5 toneladas
- 2007: 4.0 toneladas
- 2008: 15.3 toneladas
- Total: 67.0 toneladas

**Gráfica 2-2 Importaciones totales a México (2001-2008)**



Fuente: World Trade Atlas, con datos de la Secretaría de Economía, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 6 de junio de 2008.

Los precios del mercurio en el mercado internacional (véase el cuadro 2-8) registraron un fuerte incremento durante el periodo 2004-2005, después de la grave escasez ocurrida en 2004. (PNUMA, 2006) En respuesta, México incrementó sus exportaciones a partir de 2005, en especial a países en desarrollo.

**Cuadro 2-8**  
**Precios del mercurio, 1985-2007**  
**(precio de contado de un frasco de mercurio de 76 libras en el mercado mundial)**

<b>Año</b>	<b>\$EU/frasco</b> <b>(frasco de 76 libras)</b>	<b>\$EU/kg</b> <b>(primera columna multiplicada por 0.029008)</b>
1985	310.96	9.02
1986	232.79	6.75
1987	295.50	8.57
1988	335.52	9.73
1989	287.72	8.34
1990	249.22	7.22
1991	122.42	3.55
1992	201.39	5.84
1993	187.00	5.42
1994	194.45	5.64
1995	247.39	7.17
1996	261.61	7.58
1997	159.52	4.62
1998	139.84	4.05
1999	140.00	4.06
2000	155.00	4.49
2001	155.00	4.49
2002	155.00	4.49
2003	170.00	4.93
2004	350.00	10.15
2005	750.00	21.75
2006	650.00	18.85
2007	550.00	15.95

*Fuentes:*

1985-2005: Robert G. Reece, Jr., Mercury, <<http://www.econstats.com/spot/Mercury.xls>; United States Geological Survey, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/>>.  
2006-2007: William E. Brooks, US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, enero de 2008 (Salient Statistics—United States), <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/mcs-2008-mercu.pdf>>.

### **2.2.7 Importadores y exportadores de mercurio como producto básico en México**

En el cuadro 2-9 se presenta información obtenida del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) sobre las empresas importadoras o exportadoras de mercurio como producto básico. Los resultados indican que cinco compañías importaron 141.4 toneladas de Hg, en tanto que 10 empresas exportaron 42.8 toneladas, durante el periodo 2002-2007. El promedio anual por este periodo de seis

años es de 23.6 toneladas en el caso de las importaciones y de 7.1 toneladas en el caso de las exportaciones.

Desafortunadamente, el SIAVI sólo proporciona información del número y el nombre de las empresas importadoras o exportadoras si hay más de tres en la misma categoría o si una compañía importa o exporta menos de 80% de la cantidad total bajo la fracción arancelaria SA correspondiente al producto. Otra limitación es que el SIAVI no proporciona registros individuales de las cantidades importadas o exportadas de productos por cada empresa.

<b>Cuadro 2-9</b>	
<b>Empresas importadoras y exportadoras de mercurio como producto básico, 2002-2007</b>	
<b>Importadoras (5)</b>	<b>Exportadoras (10)</b>
Aldrett Hermanos, SA de CV	Aldrett Hermanos, SA de CV
Globe Chemicals, SA de CV	Globe Chemicals, SA de CV
Viarden, SA de CV	Viarden, SA de CV
Mallinckrodt Baker, SA de CV	Burner Systems International de Juárez, SA de CV
Philips Mexicana	Maquiladora TCA de Juárez, SA de CV
	Mexicana de Cobre, SA de CV
	Omega Scientific, SA de CV
	Sigma Aldrich Química, SA de CV
	Sylvania Componentes Electrónicos, SA
	Aleaciones Dentales Zeyco, SA de CV
<i>Total importaciones, 2002-2007:</i> <b>141.4 toneladas</b>	<i>Total exportaciones, 2002-2007:</i> <b>42.8 toneladas</b>
<i>Fuente:</i> SIAVI, < <a href="http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp">http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp</a> >, consultado el 1 de diciembre de 2007 y el 31 de junio de 2008.	

Las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) correspondientes al mismo periodo de seis años fueron de 98.6 toneladas, con un promedio anual de 16.4 toneladas.

Tres compañías son importadoras y exportadoras a la vez: Globe Chemicals, SA de CV, dedicada al suministro de materias primas para empresas farmacéuticas y laboratorios; Viarden, SA de CV, dedicada a la venta de productos para odontología, incluido mercurio triple destilado, y Aldrett Hermanos, SA de CV, dedicada a la compraventa de mercurio.

El cuadro 2-9 muestra dos compañías, Burner Systems International de Juárez, SA de CV, y Maquiladora TCA de Juárez, SA de CV, que aparecen en la condición de exportadoras de mercurio como producto básico. Estas empresas son maquiladoras —plantas transfronterizas con hasta 100% de capital extranjero y con derecho a tratamiento arancelario especial— y es menester hacer una evaluación detallada para determinar si el mercurio que importan e incorporan a sus productos realmente se informa al momento en que se exportan los productos terminados.

Mallinckrodt Baker, SA de CV, es fabricante y proveedor de productos de química básica para laboratorios, biofarmacéutica, microelectrónica y para la industria, y cuenta con varias compañías distribuidoras en México.

Sigma-Aldrich es una compañía internacional proveedora de materias primas y equipo a las industrias química, farmacéutica y biofarmacéutica y a intermediarios. Esta empresa distribuye 100 tipos diferentes de compuestos e instrumentos que contienen mercurio (QuimiNet, 2007).

### 2.2.8 Usos y consumo de mercurio en México

De acuerdo con el Censo Industrial de 2004 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), el consumo de mercurio durante 2003 se estimó en 53.2 toneladas (véase el cuadro 2-10). Esta cantidad es un punto de referencia importante con respecto a las estimaciones de consumo de mercurio por sectores y productos que se presentan más adelante en el cuadro 5-2, aun cuando dicha información se calculó empleando otras fuentes de información.

<b>Cuadro 2-10</b>			
<b>Consumo de mercurio, reportado en el Censo Industrial de 2004*</b>			
<b>(kilogramos)</b>			
<b>Sector o clase de actividad</b>	<b>Mercurio producido en México</b>	<b>Mercurio importado</b>	<b>Total consumo de mercurio</b>
Clase 325180: Producción de otros productos químicos básicos inorgánicos. Número de serie 4923 (incluye el sector del cloro-álcali).	14,076	0	14,076
Clase 335110: Fabricación de focos, vidrios y productos de vidrio. Número de serie 11658.	18,000	0	18,000
Clase 339111: Fabricación de equipo y aparatos para uso médico, dental y para laboratorio. Número de serie 13815.	10,344	9,750	20,094
Clase 3399950: Fabricación de anuncios. Número de serie 14412.	1,024	0	1,024
<b>Consumo total de mercurio (año 2003)</b>	<b>43,444</b>	<b>9,750</b>	<b>53,194</b>
<i>Fuente:</i> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), <a href="http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/cuadros/anematep03.xls">http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2004/cuadros/anematep03.xls</a> .			
* La información corresponde al año 2003.			

La demanda de mercurio en aparatos de medición y control, iluminación y equipo eléctrico, así como aplicaciones dentales, tiene en México un comportamiento bastante similar al de las tendencias en otros países, donde se registra un movimiento hacia alternativas libres de mercurio. En el sector salud mexicano, las tendencias a reducir la demanda de productos con contenido de mercurio y el uso de amalgamas parecen haber comenzado, como resultado de la puesta en marcha de programas de sustitución. Otros sectores, como los de fabricación de pinturas y productos químicos, han de caracterizarse mejor a efecto de poder evaluar futuras tendencias en la demanda de Hg.

## Capítulo 3: Oferta potencial de mercurio en México

### 3.1 Antiguos jales en Zacatecas

Siglos de actividades de extracción de plata dieron origen a dos importantes áreas con jales que aún contienen residuos este metal y de mercurio en los alrededores de la zona metropolitana de Zacatecas: la presa El Pedernalillo y una agrupación de varios sitios en donde se solían depositar dichos jales. Gracias a la ineficacia del proceso de recuperación de metales preciosos utilizado en la época colonial, estos antiguos jales conservaron altos niveles de tales metales y de mercurio y han sido objeto de beneficio durante más de 60 años.

#### 3.1.1 Jales no beneficiados y reservas probables de mercurio en Zacatecas

Además de las actividades de reprocesamiento en Zacatecas descritas en el capítulo 2, apartado 2.2.3, cuya producción promedio de mercurio se calcula en alrededor de 530 toneladas durante los últimos 24 años (véase el cuadro 2-5), se pueden reprocesar otras 14,902 toneladas de los jales coloniales de la misma zona, de acuerdo con estimaciones teóricas que habrán de caracterizarse de manera más detallada (véase el cuadro 3-1).

<b>Cuadro 3-1</b>		
<b>Reservas probables de mercurio en jales alrededor de la ciudad de Zacatecas</b>		
<b>Autor</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Observaciones</b>
Ogura <i>et al.</i> , 2003 (con base en Lang, 1977)	18,000	Estimación basada en el promedio de importaciones de Hg para el periodo 1556-1710, suponiendo importaciones homogéneas durante 1550-1900.
Bakewell, 1977	21,000	Estimación basada en un promedio anual de 608 toneladas durante 1630-1709, suponiendo importaciones homogéneas durante 1550-1900.
Bakewell, 1977	15,000	Estimación basada en un promedio anual de 608 toneladas durante 1565-1700, suponiendo importaciones homogéneas durante 1550-1900.
Bakewell, 1977	14,000	Estimación basada en el consumo de 3,730 toneladas de Hg durante 1608-1698, suponiendo importaciones homogéneas durante 1550-1900.
Ogura <i>et al.</i> , 2003 (con base en González, 1944; Bakewell, 1977, y Eissler, 1891)	34,000	Estimación basada en la producción de 17,000 toneladas de plata en Zacatecas durante 1550-1900 utilizando el proceso de amalgamación, y en la aplicación a todo este periodo de una tasa de pérdida en 1595 de 2 kg de Hg por 1 kg de plata producida.
Promedio	20,400*	*Esta cantidad considera 2,350 toneladas en la presa El Pedernalillo previamente estimadas (MINCO, 2006). Véase el apartado 3.1.2, <i>infra</i> .
Producción secundaria (1985-2007)	-530	**El total de 19,870 toneladas no considera pérdidas de mercurio en forma de emisiones generadas por el proceso de amalgamación, por jales desde la época colonial y por jales de la producción secundaria. Así, un cálculo más realista de las reservas sería 25% de esa cantidad, es decir,
Total	19,870**	
Pérdidas por liberación de mercurio en los procesos (25%)	4,968**	
<b>Reservas teóricas en Zacatecas</b>	<b>14,902**</b>	

*Fuente:* Ogura *et al.*, 2003.

En su revisión de la literatura histórica sobre producción de plata y uso de mercurio en México, Ogura *et al.* calcularon que la tercera parte de toda la plata producida en México entre 1550 y 1900 se produjo en Zacatecas (y, por tanto, ahí se utilizó también la tercera parte del mercurio), y a partir de dicho cálculo estimaron la cantidad de mercurio desechada por las actividades mineras en esa entidad.

En el cuadro 3-1, la diferencia (25% menos) entre las 19,870 toneladas totales y las reservas teóricas de 14,902 toneladas se estimó con base en los siguientes factores, que no se han investigado:

- Emisiones de mercurio a la atmósfera durante los años en que se utilizó el proceso de amalgamación.
- Emisiones de mercurio a la atmósfera generadas por los jales durante más de 450 años.
- Producción secundaria de estos jales durante los últimos 60 años, y emisiones generadas por dicho proceso.
- Un área importante de jales ya quedó cubierta por la mancha urbana, impidiendo las actividades de beneficio.

### **3.1.2 Presa El Pedernalillo**

Además del mercurio secundario producido por el beneficio de jales en la región de la ciudad de Zacatecas, como se describe en el capítulo 2, hay un importante yacimiento de mercurio y plata en la presa El Pedernalillo, situada en la zona conocida como La Zacatecana; sin embargo, en las últimas décadas no se han realizado actividades de recuperación de plata, por diversos factores políticos, legales y económicos.

Este histórico yacimiento de mercurio es producto de las operaciones mineras de la época colonial en la región de Zacatecas, iniciadas en 1546. El conquistador Juan de Tolosa estableció un puesto militar a los pies del cerro de La Bufa al darse cuenta de que albergaba una rica veta de plata. A cuatro años de la llegada de Tolosa ya había más de 34 minas en el área, número que aumentó a casi 50 al terminar el siglo.

De acuerdo con Lacerda (citado en Barenco Inc., 2002), de mediados del siglo XVI hasta la década de 1880, por lo menos 70% de la plata mexicana se producía en Zacatecas por medio del proceso de patio, creado por Bartolomé de Medina en 1554 y para el cual se utilizaba mercurio en bruto: más de 750 millones de onzas de plata y 5 millones de onzas de oro se produjeron de esta manera (Pan American Silver Corp., 1995). El proceso de patio consiste en mezclar mineral de plata con por lo menos tres reactivos: mercurio, sal y un “magistral” (generalmente sulfato de cobre).

Este proceso creó, según estimaciones, entre 13 y 40 millones de toneladas de jales de amalgamas, a las que históricamente se les han asignado valores de 100-125 gramos por tonelada (g/ton) de plata, 0.5-1,0 g/ton de oro y 300-350 g/ton de mercurio. Los jales depositados en lechos de ríos y arroyos y en barrancos cerca de las muchas minas localizadas en los cerros volcánicos del distrito minero de Zacatecas poco a poco fueron descendiendo de los cerros a los valles, viajando por ríos y arroyos (como el arroyo de la Plata). El área de depósitos de jales contaminados se extiende por lo menos 18-30 kilómetros corriente abajo de Zacatecas hasta llegar a la presa El Pedernalillo, que poco a poco se ha ido llenando de sedimentos, efluentes de aguas negras de Zacatecas y los jales de minería arrastrados por el arroyo de la Plata.

La presa cubre 120 hectáreas y mide 12 x 2 kilómetros de superficie. La profundidad del agua varía de prácticamente cero a más de tres metros, dependiendo de las lluvias. Ya no se vierten aguas residuales a la presa, sino que ahora se desvían mediante una serie de canales, pero el agua aún se utiliza para el riego de cultivos en una ladera corriente arriba (Pan American Silver Corp., 1995).

Según pruebas e información anecdótica, los jales de las operaciones mineras abundaban tanto que eran sacados a mano de los patios de extracción y se usaban como gravilla en campos y terrenos de la localidad. El cuadro 3-2 presenta estimaciones de las reservas de mercurio, con base en información reunida por Núñez Monreal a partir de estudios sobre el contenido de jales dentro de la presa El Pedernalillo.

En uno de los estudios mencionados por Núñez (citado en Kilborn, 1994), la cantidad de mercurio en los jales de El Pedernalillo se estimó en 350 gramos por tonelada (además de 85 gramos de plata y 0.4 gramos de oro). El mismo estudio supone que el proceso químico de lixiviación permite recuperar 60% de la plata, 50% del oro y 70% del mercurio contenidos en los jales; así, una estimación de las reservas probables de mercurio en la zona arroja la cantidad aproximada de 2,500 a 3,000 toneladas.

La CCA está considerando llevar a cabo otro estudio para cuantificar la posible oferta de mercurio de los jales mineros históricos en la región de Zacatecas.

<b>Cuadro 3-2</b> <b>Reservas de mercurio estimadas en la presa El Pedernalillo, Zacatecas</b> <b>(toneladas)</b>				
<b>Estudio</b>	<b>Volumen de jales (kg)</b>	<b>Gramos de Hg por tonelada</b>	<b>Hg total estimado</b>	<b>Hg total a la tasa de recuperación de 70%</b>
EH Stihlkecht, 1916	5,950,000	650	3,867.50	<b>2,707.25</b>
CE Wuench, 1931	9,100,000	346	3,148.60	<b>2,204.02</b>
Comisión de Fomento Minero, 1981	4,210,290	500	2,105.15	<b>1,473.61</b>
Kilborn Engineering Pacific Ltd., 1994	9,100,000	350	3,185.00	<b>2,229.50</b>
<i>Fuente:</i> Núñez Monreal, 2002.				

Con base en otro estudio del contenido de jales al interior de la presa El Pedernalillo, las reservas de mercurio se calculan en 2,349 toneladas (Minco, 2006), cantidad que forma parte de las 19,870 toneladas registradas en el cuadro 3-1.

Estas cifras son muy significativas, tanto en el contexto local como el mundial, por lo que deberían examinarse y verificarse.

### **3.2 Plantas de cloro-álcali**

Hay cinco plantas de cloro-álcali en México, cuya producción combinada es de 447,000 toneladas de gas de cloro al año. Tres de estas plantas están equipadas con tecnología de cátodo de mercurio para utilizar el proceso de producción de celda de Hg, produciendo 147,000 toneladas de cloro al año (Acosta y Asociados, 2001).

De acuerdo con Acosta y según información proporcionada al Instituto Nacional de Ecología (INE) por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), en 2002 había en México tres plantas de

cloro-álcali con tecnología de celda de mercurio, con un total de 120 celdas (tipo ánodo de titanio). Cada celda contiene 2,287 kg de mercurio en promedio, lo que genera un inventario de mercurio en funcionamiento de 274.44 toneladas.

Las plantas operaban ese año a más de 90% de su capacidad de producción total y no había planes para incrementar la capacidad instalada real. El consumo de mercurio de 1998 se estimó en 5.66 toneladas, que equivale a la cantidad anual de mercurio comprado por las plantas de cloro-álcali según informes de la ANIQ (Acosta y Asociados, 2001).

El 21 de noviembre de 2007, Semarnat envió un oficio a la ANIQ solicitando información actualizada de sus agremiados (datos de las reservas y el consumo de mercurio en dichas plantas, así como información de otras empresas que consumen Hg en sus procesos). Esta información aún no se había recibido en el momento de escribir el presente informe.

Del 29 al 31 de marzo de 2006 se celebró en Coatzacoalcos, Veracruz, el Taller Mercury Stewardship, organizado por el World Chlorine Council (WCC1), la ANIQ, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Uno de los objetivos de dicho taller era crear contexto para las discusiones sobre las mejores prácticas ambientales (MPA) para reducir el uso y las emisiones de mercurio y compartir las mejores técnicas disponibles (MTD).

En el curso de este taller, personal de la empresa Mexichem hizo una presentación de la conversión de celda de mercurio a tecnología de membrana que se llevaba a cabo en la planta Santa Clara en el Estado de México, programada para concluir a principios de 2007. Esta planta fue construida en 1957 e inició operaciones en 1958. (Mayor información en línea en: [http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Chlor-alkali\\_sector\(1\).htm](http://www.chem.unep.ch/mercury/Sector-Specific-Information/Chlor-alkali_sector(1).htm).)

El 7 de julio de 2008, Semarnat envió a Mexichem un oficio por el que solicita información de la fecha en que esta planta comenzó a usar tecnología sin mercurio y sobre el manejo y destino del Hg en desuso que resultó del cambio de técnica. La información solicitada aún no se había recibido a la fecha de redacción del presente informe.

El 7 de julio de 2008 también se envió al grupo industrial Cydsa un oficio en el que se le solicitó información sobre las cantidades de mercurio en operación y de mercurio que se consume en las dos plantas de la compañía Industria Química del Istmo, en los estados de Veracruz y Nuevo León. La información solicitada aún no se había recibido a la fecha de redacción del presente informe.

Para calcular los volúmenes de mercurio, a falta de información oficial de estas tres plantas en proceso de cambio tecnológico, se puede hacer una estimación aproximada con base en el informe de Acosta, extrapolando los datos de capacidad de producción de cada planta con las existencias de mercurio en los tres establecimientos (274.44 toneladas). Así, como se presenta en el cuadro 3-3, considerando que la planta Mexichem contribuyó con 12.25% de la producción total de cloro (147,000 toneladas) y la existencia total de mercurio en las tres plantas es de 274.44 toneladas, se estima que esa planta disponía de alrededor de 33.62 toneladas (12.25% de 274.44 toneladas) de mercurio debido al cambio de tecnología. Desafortunadamente, la información presentada por Acosta está agregada y no especifica cuántas celdas de mercurio hay en cada planta. A estas 33.62 toneladas de la planta Mexichem probablemente debería sumarse una cantidad (desconocida) de reservas de mercurio para cubrir las pérdidas sufridas durante el proceso de producción. Como ya se mencionó, Mexichem no proporcionó información oficial del destino del mercurio que quedó sin uso.

<b>Cuadro 3-3 Plantas de cloro-álcali en México</b>					
<b>Ciudad y estado</b>	<b>Productor</b>	<b>Año de construcción</b>	<b>Tipo de celda</b>	<b>Producción de cloro (toneladas)</b>	<b>% de la producción total de cloro</b>
Santa Clara, Estado de México	Mexichem, SA de CV	1958	De Nora 14TGL, 14x3F merc Mathiesen E11 merc. '66	18,000	12.25
Monterrey, Nuevo León	Industria Química del Istmo, SA	1958	Mathiesen E8 merc	29,000	19.75
Coatzacoalcos, Veracruz	Industria Química del Istmo, SA	1967	De Nora 18X4, 18H4'72 merc	100,000	68.00
<b>Total</b>				147,000	100

*Fuente:* Derivado de Acosta y Asociados, 2001.

Los cálculos anteriores arrojan un inventario de mercurio en las dos plantas de cloro-álcali restantes de aproximadamente 240.82 toneladas (274.44 menos 33.62). El consumo total de mercurio en estas dos plantas se puede obtener calculando 87.75% del consumo anual conocido (5.66 toneladas) cuando las tres plantas estaban en operación, lo que resulta en 4.97 toneladas.

### **3.3 Minas en Querétaro y otras minas de mercurio en México**

Durante la década de 1990, el Consejo de Recursos Minerales (CRM) publicó monografías correspondientes a ocho estados e informó de la existencia de 83 minas de mercurio. Esta información no se ha actualizado ni existen datos oficiales de las condiciones de tales minas, algunas de las cuales se presume que están activas, mientras que otras pudieran haberse cerrado o fueron abandonadas.

En 2007, el Servicio Geológico Mexicano (SGM, sucesor del CRM) publicó dos estudios en la serie *Inventarios Físicos de los Recursos Minerales*, que cubrían dos municipios: Peñamiller y Pinal de Amoles, en el estado de Querétaro. El estudio de Peñamiller (SGM, 2007a) registra 14 minas de mercurio, pero no proporciona estimación alguna de las posibles reservas del metal. El estudio de Pinal de Amoles (SGM, 2007b) da cuenta de siete minas de mercurio y proporciona dos estimaciones de las posibles reservas: 2,250 toneladas en la mina La Guadalupana y 9,500 toneladas en la mina La Soledad. Los dos nuevos estudios informan sobre 21 minas de mercurio, 17 de las cuales se incluyen en el cuadro 3-4.

En resumen, Querétaro tiene una posible reserva de 11,750 toneladas de mercurio. Es importante confirmar que todas en todas las minas que contienen estas reservas sea posible la recuperación del metal.

<b>Cuadro 3-4</b>					
<b>Minas de mercurio en México</b>					
<b>Nombre</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Nombre</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
<i>Chihuahua</i>			<i>Querétaro (cont.)</i>		
Luz Julieta	28°26'	107°05'	La Maravilla	20°55'	99°36'
Cerros Prietos	28°01'	105°21'	La Pequeña	20°54'	99°53'
Maijoma	28°56'	104°24'	La Barranca	20°53'	99°37'
San Miguel	28°18'	104°13'	La Lana	20°54'	99°37'
Nuevo Almadén	27°52'	108°30'	San Juan	20°50'	99°35'
Batopilillas	27°53'	108°27'	<i>San Luis Potosí</i>		
Piloncillos	26°51'	104°09'	C. Tecolote	23°11'	100°56'
<i>Durango</i>			El Socorro	23°03'	100°54'
Angelita	24°42'	103°32'	Huancavélica	23°00'	100°57'
Berrendo	24°46'	103°22'	Los Morados	22°50'	100°40'
El Colorado	26°04'	105°42'	San Juan	22°47'	100°40'
El Cuarenta	26°11'	105°30'	El 18	22°46'	100°40'
Guadalupe	25°09'	104°32'	Soc. el Refugio	22°45'	100°36'
La Gaviota	24°42'	103°26'	La Trinidad	22°39'	100°29'
La Perla	24°47'	103°29'	El Picachito	22°38'	101°10'
La Roca	24°27'	103°43'	Arroyo El Barro	22°37'	100°44'
La Sirena	24°42'	103°27'	Santa Julia	22°50'	100°39'
Otinada	24°03'	105°01'	El Socorro	22°50'	100°39'
Pederalillo	24°32'	103°35'	Los Caliches	22°52'	100°35'
Rodeo	25°11'	104°31'	La Vocadora	22°48'	100°33'
San Pedro	24°38'	103°58'	Lupe 1 y 2	22°47'	100°33'
Sonrisa	24°40'	103°41'	Las Narices	22°46'	100°35'
Tebicos	23°58'	105°27'	El Padre	22°36'	100°44'
<i>Estado de México</i>			Agua Nueva	22°36'	99°51'
San José de Solís	nd	nd	<i>Zacatecas</i>		
Cruz del Sur	nd	nd	Carbonerillas	24°29'	101°24'
<i>Guanajuato</i>			El Duraznillo	24°25'	101°25'
Atarjea	21°16'	99°41'	Tanquecito	24°22'	101°39'
<i>Guerrero</i>			San Benito	24°18'	101°34'
La Hedionda	18°15'	100°30'	El Orégano	24°18'	101°32'
Las 3 Marías	18°39'	99°44'	Cortés	24°16'	101°32'
Vicente Guerrero	18°25'	99°38'	La Arracada	24°15'	101°27'
La Cruz o Marina	18°17'	99°20'	C. El Muerto	24°14'	101°28'
<i>Querétaro</i>			Buena Suerte	24°08'	101°55'
La Sonia	21°14'	99°44'	El Triunfo	23°51'	103°24'
La Liga	21°14'	99°44'	El Castro	23°36'	103°13'
Los Banquitos	21°10'	99°40'	El Cuervo	23°25'	103°39'
La Mora	21°08'	99°36'	Los Hornillos	23°31'	103°52'
La Tranca	21°06'	99°43'	Los Cuates	23°12'	102°44'
Morelos	21°05'	99°41'	Mezquitillos	23°10'	102°47'
Soyatal	21°05'	99°41'	Lucía	23°06'	102°20'
El Mono	21°04'	99°42'	Canoas	22°10'	101°52'
Cristo Rey	21°03'	99°42'	Majona	23°50'	101°40'
Todos Santos	21°02'	99°36'	Maravillas	23°21'	103°51'
San Cristóbal	20°57'	99°39'	<b>Total: 83 minas de mercurio</b>		
Las Calabacillas	20°57'	99°38'			

Fuente: Información tomada del Consejo de Recursos Minerales, *Monografía Geológico Minera* de los estados de Chihuahua, 1994; Durango, 1993; Estado de México, 1996; Guanajuato, 1992; Guerrero, 1999; Querétaro, 1992; San Luis Potosí, 1992, 1994; Zacatecas, 1991. Citado en CCA, 2000b.

## POSIBLE OFERTA DE MERCURIO EN MÉXICO

### Resumen

Reservas teóricas en jales en Zacatecas, incluidas las reservas calculadas en la presa El Pedernalillo, Zacatecas	14,902 toneladas
Plantas de cloro-álcali (dos)	240 toneladas
Minas en el estado de Querétaro	<u>11,750 toneladas</u>
<b>Total</b>	<b>26,892 toneladas</b>

### 3.4 Perspectivas de reciclaje de productos que contienen mercurio en México

México no está produciendo mercurio secundario a partir del reciclaje de productos de desecho que contienen Hg debido —entre otras razones— a la falta de empresas interesadas, a lagunas en la legislación y a las posibles repercusiones de una campaña sobre emisiones del metal como resultado de las actividades de reciclaje.

En 2007, el Centro de Análisis y Acción sobre Tóxicos y sus Alternativas (CAATA) organizó una importante iniciativa con el apoyo de la CCA, la coalición internacional Salud sin Daño, el Instituto Nacional de Pediatría (INP) y el Hospital Infantil Federico Gómez, entre otros. Esta iniciativa estratégica está orientada a eliminar el uso del mercurio en el sector salud.

En diez hospitales mexicanos se ha comenzado a recolectar algunos residuos con mercurio a través de un programa para el reemplazo de termómetros. Sin embargo, en el corto plazo se carece de una estrategia en curso para el confinamiento de estos residuos.

La eliminación y el mantenimiento de esfigmomanómetros es otra fuente importante de mercurio elemental, pero en este caso no existe opción de confinamiento porque, de acuerdo con las normas mexicanas, los residuos peligrosos en estado líquido no pueden confinarse sin pasar primero por un proceso de solidificación.

Se espera que en el futuro la creciente demanda de reciclaje del mercurio conduzca a un incremento en las iniciativas de reciclaje y a mayor investigación sobre el confinamiento seguro del metal.

## Capítulo 4: Productos con contenido de mercurio que se venden en el mercado

Este capítulo se divide en cinco partes: el apartado 4.1 describe los objetivos del capítulo, que son identificar y cuantificar productos con contenido de mercurio en México; el apartado 4.2 está dedicado a la revisión de experiencias y criterios previos para la asignación de prioridades a los productos con Hg; el apartado 4.3 trata de la metodología para reunir y organizar la información de los productos en México; el apartado 4.4 trata de identificar en la mayor medida posible a las empresas importadoras o exportadoras de compuestos de mercurio, y el apartado 4.5 lista y describe los productos con contenido de Hg en el mercado mexicano para los que existen alternativas que no contienen dicho metal.

### **4.1 Criterios para identificar y cuantificar productos con contenido de mercurio y sus categorías**

La identificación y reducción del uso de productos que contienen mercurio es un paso necesario para evitar las emisiones de Hg al medio ambiente y, en consecuencia, la exposición de la ciudadanía y los organismos vivos al metal. Las emisiones pueden presentarse en muchos puntos diferentes (fabricación, uso, reciclaje y eliminación) del ciclo de vida de un producto que contiene mercurio.

Por estas razones es importante contar con un panorama lo más amplio posible de los productos que contienen mercurio, que incluya a las empresas que los fabrican, importan o distribuyen en el mercado mexicano y sus sectores. En muchos casos existen alternativas sin Hg para tales productos, por lo que también es importante identificar y recomendar su uso.

Los objetivos de este capítulo son identificar y cuantificar los productos con contenido de mercurio y sus categorías, mediante la aplicación de los siguientes criterios:

- Productos con mercurio fabricados en México y cantidad del metal que consumen.
- Estimación de productos con mercurio importados y exportados.
- Productos con mercurio que se venden en México.
- Identificación de los principales fabricantes, distribuidores y usuarios finales.
- Identificación de alternativas sin mercurio, en los casos en que éstas existen, y de proveedores que las ofrecen.

### **4.2 Recursos y criterios para la asignación de prioridades a los productos con mercurio**

Durante por lo menos las últimas dos décadas, en Canadá y Estados Unidos se ha promovido un número importante de iniciativas dirigidas a reducir las emisiones de mercurio a fin de reducir su impacto en la salud pública y ambiental. Estas iniciativas toman la forma de proyectos, acciones y planes binacionales, federales y estatales o provinciales.

El estudio *An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products*, preparado por el Departamento de Protección Ambiental (DEP) de Maine como parte de una estrategia integral para reducir el contenido de mercurio en los productos, es un recurso valioso para comprender el mercado de los productos con Hg a fin de evitar las emisiones de este metal en México. El DEP de Maine encomendó la realización de este estudio al Lowell Center for Sustainable Production (LCSP, 2003), de la Universidad de Massachusetts en Lowell (Lowell).

El estudio del LCSP incluyó la revisión de los datos de notificación de productos con mercurio presentados por fabricantes al Centro de Intercambio de Información Interestatal sobre Educación y Reducción de Mercurio (*Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse*, IMERC).<sup>8</sup> Tales datos incluían la descripción de los componentes con Hg, el número de componentes, la cantidad de mercurio por unidad, la cantidad de Hg en las ventas nacionales totales y el propósito del mercurio en el producto. A la fecha de la revisión, 76 fabricantes habían presentado datos, informando sobre 390 productos con dicho metal. El estudio del LCSP también incluyó comentarios de expertos en productos con mercurio, discusiones con fabricantes de tales productos, revisión de las respuestas a una carta dirigida por el estado de Maine a fabricantes de productos con mercurio el 1 de mayo de 2002, revisión de estudios publicados sobre productos con mercurio y revisiones de datos pertinentes disponibles en Internet.

El LCSP concluyó que considerando que existen miles de productos con mercurio, era necesario establecer prioridades para determinar un conjunto básico de productos que pudiera entonces someterse a un estudio más detallado.

Los criterios para este establecimiento de prioridades fueron, entre otros:

1. cantidad de mercurio contenida en el producto;
2. cantidad total de mercurio estimada por las ventas totales del producto;
3. efectos en el medio ambiente como resultado de la cantidad de mercurio liberada de acuerdo a la categoría de producto;
4. regulación del producto por los ordenamientos vigentes, y
5. disponibilidad de productos alternativos sin mercurio.

Se revisaron productos y componentes como parte del proceso de determinación de prioridades. Los componentes por lo general se venden a fabricantes de equipo original para su incorporación a un producto. Por ejemplo, los interruptores de inclinación a base de mercurio son componentes que se integran a automóviles, máquinas expendedoras, grúas, sillas de ruedas y muchos otros productos. Siguiendo los criterios anteriores, se consideraron productos como esfígmomanómetros, tubos gastrointestinales, manómetros, termómetros no médicos, barómetros, higrómetros, psicrómetros, hidrómetros, fluxómetros, pirómetros y termostatos (de uso industrial y para manufacturar otros aparatos), entre otros. En el renglón de componentes se consideraron interruptores de flotación, de inclinación, de presión y de temperatura, relevadores de desplazamiento, relevadores de cañuela, relevadores de contacto de mercurio y sensores de flama, entre otros, fueron seleccionados como productos y componentes prioritarios para un estudio más detallado.

Una vez hecha la selección de los productos y componentes prioritarios, se procedió a hacer una investigación y análisis detallados. La investigación arrojó, entre otros, los siguientes resultados:

- descripciones del funcionamiento de los productos o componentes con mercurio;
- aplicaciones ordinarias del producto o componente con mercurio;
- alternativas sin mercurio disponibles;
- rango de costo del producto o componente con mercurio y alternativas sin el metal;
- ventajas y desventajas de los productos o componentes con mercurio y sus alternativas sin el metal;
- información de fabricantes de alternativas sin mercurio, y
- resumen de hallazgos por cada producto o componente con mercurio.

---

<sup>8</sup> Connecticut, Maine, Massachusetts, Nueva Hampshire, Nueva York, Rhode Island y Vermont.

En general, se identificaron alternativas sin mercurio a un costo competitivo que cumplen con los requisitos de funcionalidad para la mayoría de los productos prioritarios. Por tanto, estos productos fueron objetivos viables de las acciones de reducción del mercurio.

Con respecto a los siguientes componentes, se encontraron alternativas sin mercurio disponibles y a un costo competitivo para nuevos productos y aplicaciones: sensores de flama e interruptores de flotación, inclinación, temperatura y presión. Sin embargo, para nuevos productos o aplicaciones de relevadores, los relevadores sin mercurio pueden cubrir la mayoría pero no todas las necesidades relacionadas con los parámetros de diseño.

En ciertos casos existe la posibilidad de sustituir interruptores y relevadores de mercurio si el costo de la alternativa sin Hg no es competitivo. Las medidas para reducir la venta de interruptores y relevadores con mercurio y sustituirlos por productos o aplicaciones existentes deben tomar esta circunstancia en consideración.

Existen numerosas opciones para sustituir productos y componentes con mercurio por alternativas sin Hg, pero en muchos casos la sustitución no es tan simple. Aunque una alternativa sin mercurio a fin de cuentas puede lograr la misma funcionalidad deseada, como medir con exactitud la presión sanguínea o detectar el fuego, con frecuencia se presentan consideraciones de diseño o técnicas o prácticas diferentes que es necesario someter primero a prueba (LCSP, 2003).

Otro importante estudio sobre tendencias del uso de mercurio en productos, *Trends in mercury use in products* (NEWMOA/IMERC, 2008), se concentra principalmente en instrumentos y es una referencia fundamental en relación con la demanda de productos por categoría. De acuerdo con este estudio, el consumo de mercurio en Estados Unidos por categoría se reportó de la siguiente manera:

- Interruptores, relevadores y amalgamas dentales en cápsulas dieron cuenta de aproximadamente 70% del total de mercurio usado en 2001 y en 2004.
- En 2001, aproximadamente 60 toneladas de mercurio fueron vendidas en interruptores y relevadores, volumen que declinó a aproximadamente a 51 toneladas en 2004.
- Aproximadamente 30 toneladas de mercurio se vendieron como amalgamas dentales en 2001 y en 2004, sin cambios sustanciales entre los dos años considerados en el estudio.
- Aproximadamente 15.5 toneladas y 15 toneladas de mercurio se vendieron en termostatos en 2001 y 2004, respectivamente.
- En 2001, los fabricantes de lámparas vendieron aproximadamente 10.7 toneladas de mercurio contenidas en focos fluorescentes con Hg. Esta cantidad decreció en 0.6 toneladas en 2004, lo que representa un 6% de decremento.
- El contenido de mercurio por unidad en instrumentos de medición como barómetros, manómetros y esfigmomanómetros fue mayor que el de otros productos, y estos instrumentos de medición constituyeron 4.5% del total del mercurio consumido en 2001 y 4% de total en 2004.

Además de este estudio, otra fuente de información significativa y complementaria que podría ayudar a elaborar criterios para la asignación de prioridades a los productos con mercurio en México es el *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury [Informe sobre la oferta, el comercio*

y la demanda de mercurio] (PNUMA, 2006), que clasifica los usos y el consumo de mercurio en razón de la demanda. (Información tomada de este estudio se reproduce en el cuadro 4-1.)

De acuerdo con el PNUMA (cuadro 4-1), la extracción artesanal y a pequeña escala del oro es la principal fuente de demanda de mercurio en el mundo. Al parecer México desempeña un papel importante en este rubro, no como consumidor, sino como proveedor, debido a sus exportaciones de mercurio a países en donde es posible que el metal se utilice en la extracción artesanal del oro. Este tema debe ser objeto de un estudio regional separado.

Otro tema de importante preocupación es el creciente uso del mercurio en la producción de monómero de cloruro de vinilo (MCV), como catalizador del cloruro mercúrico, cuando el proceso utiliza como materia prima hidrocarburo acetilénico. Esta situación es especialmente preocupante en China, en donde se utilizan importantes cantidades (se calcula que de varios cientos de toneladas) y aún no se sabe a ciencia cierta a dónde va a parar gran parte del mercurio cuando el catalizador se agota (PNUMA, 2006). Es necesario estudiar esta situación a fin de determinar si México importa cloruro mercúrico o se produce en el país para usarlo en la producción de MCV, o bien si exporta mercurio o cloruro mercúrico para tal efecto. De julio de 2007 a junio de 2008, México importó 173 y exportó 51.2 toneladas de compuestos de mercurio desconocidos, lo que arroja importaciones netas totales de 122.8 toneladas (véase el apartado 4.4, *infra*).

<b>Cuadro 4-1</b>			
<b>Demanda mundial de mercurio por sector (2005) y escenarios de reducción (2015)</b>			
<b>Demanda mundial de mercurio, por sector (toneladas)</b>	<b>Actual (2005)</b>	<b>Escenario “status quo” (2015)</b>	<b>Escenario “centrado en la reducción de Hg” (2015)</b>
1. Extracción a pequeña escala o artesanal de oro	650-1,000	650	400
2. Producción de monómero de cloruro de vinilo (MCV) mediante el proceso de acetileno y un catalizador de mercurio	600-800	1,000	1,000
3. Producción cloroalcalina	450-550	350	250
4. Baterías	300-600	200	100
5. Uso en odontología	240-300	270	230
6. Dispositivos de medición y control*	150-350	125	100
7. Iluminación	100-150	125	100
8. Dispositivos eléctricos y electrónicos	150-350	110	90
9. Otros (pinturas, laboratorios, farmacéutica, usos culturales o tradicionales, etc.)	30-60	40	30
<b>Total</b>	<b>2,670-4,160</b>	<b>2,870</b>	<b>2,300</b>
<p>Nota: La “demanda” también se puede denominar “consumo bruto” y aquí se define como volumen de consumo total anual de mercurio para cada uno de estos sectores. Dichos sectores están llevando a cabo ciertas actividades de reciclaje de Hg, recuperándolo de productos o residuos. Por lo tanto, el “consumo neto” de mercurio en cualquiera de estos sectores puede ser mucho menor al “consumo bruto”. El informe completo del PNUMA, apartados 5.1, 5.2 y 5.3, contiene mayores detalles e incertidumbres.</p> <p>*Probablemente incluye dispositivos utilizados en el sector salud.</p> <p>Fuente: Adaptado de PNUMA, 2006, p. 7 (cuadro 2).</p>			

Con respecto al uso de mercurio en la producción de cloro, una de las tres plantas de cloro-álcali que utilizan el proceso de celda de mercurio en México está en la última etapa para cambiar a un proceso sin mercurio. Información (no actualizada) sobre el consumo de Hg de las otras dos plantas lo coloca en aproximadamente 4.9 toneladas (véase el capítulo 3, apartado 3.2).

En cuanto al sector de las baterías en México es difícil de caracterizar, ya que la información sobre sus importaciones y exportaciones agrupa baterías que contienen mercurio con las que no lo tienen. En México no se producen baterías de ningún tipo.

De manera similar, es difícil saber cuánto mercurio se utiliza en amalgamas dentales en México, ya que la oferta con fines odontológicos en realidad está agrupada con la destinada a otros sectores, incluidos usos de mercurio en pinturas, laboratorios, farmacéutica y usos culturales o tradicionales (como anuncios de neón y fuegos pirotécnicos, entre otros).

El sexto sector en el cuadro del PNUMA abarca dispositivos de medición y control. Si estos dispositivos incluyen aquellos utilizados en el sector salud, es importante saber qué hospitales han erradicado ya el mercurio conforme al programa iniciado en México en 2007, y qué instalaciones siguen utilizando alternativas con Hg. El uso de estos dispositivos para fines científicos específicos es difícil de determinar.

Los últimos tres sectores del cuadro abarcan dispositivos de iluminación, eléctricos y electrónicos, y “otros” (pinturas, laboratorios, farmacéutica, usos culturales o tradicionales, etc.), lo que incluye productos responsables de generar emisiones de mercurio no controladas por la legislación mexicana.

Otras directrices para establecer criterios de selección de productos prioritarios para este estudio podrían tomarse del informe *Mercury Market Background Report* (EPA, 2005), que determinó los porcentajes para los usos y el consumo de mercurio en Estados Unidos de la siguiente forma:

- proceso de producción cloroalcalina, 10 por ciento
- interruptores y relevadores, 38 por ciento
- dispositivos de medición, 25 por ciento
- amalgamas dentales, 13 por ciento
- iluminación, 8 por ciento
- otros, 6 por ciento

De acuerdo con este informe, interruptores, relevadores y dispositivos de medición comprenden 58% del consumo total de mercurio en Estados Unidos.

La guía sobre productos y clasificación elaborada con datos del LCSP, del PNUMA y de la EPA de EU se puede utilizar para ayudar a determinar la jerarquía de los productos y componentes con mercurio en México en relación con sus efectos en el medio ambiente mediante la aplicación de los siguientes criterios:

- cantidad de mercurio contenida en cada pieza de un producto;
- cantidad total estimada de mercurio en todos los productos vendidos;
- efecto en el medio ambiente considerando la cantidad total de mercurio liberado de acuerdo a la categoría de producto, y
- disponibilidad de alternativas sin mercurio.

Luego entonces, si se parte de la información proporcionada por las tres fuentes citadas y se utiliza la clasificación del mercado mexicano del mercurio mostrada en el cuadro 4-2, productos y sectores de productos se pueden evaluar como de alta, media o baja prioridad, de acuerdo con su riesgo en términos de contaminación por mercurio.

### **4.3 Metodología para recopilar y organizar la información sobre productos**

Durante la primera fase de este estudio, en 2007, se reunió un registro de 138 empresas mediante la consulta de fuentes de información comercial y la sección amarilla de directorios telefónicos. En esta segunda fase, en 2008, se revisó la información reunida en 2007 y se hicieron búsquedas complementarias de otras fuentes. Durante la búsqueda de información en diferentes páginas comerciales en Internet se encontraron nombres de vendedores repetidos. En algunos casos no se encontró información relativa al tipo o modelo de los productos, o a las cantidades de mercurio contenidas en cada uno. Se elaboró un cuestionario para reunir información que no se pudo encontrar en fuentes electrónicas comerciales y en principio se envió por correo electrónico a 25 proveedores y compañías para su llenado. Desafortunadamente, nadie respondió, probablemente porque no existe regulación que los obligara a hacerlo.

Este estudio también tiene entre sus objetivos principales organizar y clasificar la información reunida y determinar los medios para recuperarla y difundirla, lo que podría lograrse creando una base de datos similar a la Base de Datos de Productos con Mercurio y sus Alternativas (*Mercury Products and Alternatives Database*) de la EPA. Esta base de datos podría adaptarse al contexto mexicano tomando en cuenta similitudes y diferencias de mercado entre los dos países, diferencias culturales, marcos legales y apoyo institucional.

La Base de Datos de Productos con Mercurio y sus Alternativas de la EPA divide la información en 16 sectores de productos o componentes. Este estudio recomienda considerar para México en principio un número de sectores más reducido, en la inteligencia de que la lista crecerá y sufrirá cambios en la clasificación a medida que se comprendan mejor los aspectos particulares de México. De cualquier forma, la estructura básica de la base de datos sería la misma pero al mismo tiempo daría cabida a particularidades nacionales como productos con mercurio que se venden en México pero no en el mercado estadounidense, o sectores de otros productos (por ejemplo, amalgamas dentales y otros usos del Hg en el sector salud; véase el cuadro 4-2).

Por tanto, la información obtenida se clasificó en principio en seis categorías de sectores principales:

1. Amalgamas y usos del mercurio en el sector salud, que incluye termómetros y esfigmomanómetros (no considerados por la EPA)
2. Producción de sustancias químicas y biofarmacéutica (no considerado por la EPA)
3. Fabricación de computadoras y productos electrónicos
4. Fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos
5. Fabricación de productos diversos
6. Instrumentos y usos para servicios profesionales, científicos y técnicos

Las diferencias en la clasificación de sectores no cambia los objetivos de las dos bases de datos que son identificar, cuantificar y evaluar los usos de productos que contienen mercurio, que siguen siendo pasos necesarios para evitar las emisiones de Hg al medio ambiente y, en consecuencia, limitar la exposición de la población y los organismos vivos al metal.

Otros criterios para compilar información tienen que ver con la prioridad, en función del potencial de emisiones de mercurio como resultado de la cantidad del metal contenida en los productos, o de si se desconocen los riesgos las posibles emisiones de Hg. Así:

- Productos de **prioridad alta** son aquellos que pueden contribuir con importantes emisiones de mercurio toda vez que contienen cantidades considerables del metal, ya sea como elemento o como compuesto, o bien porque se utilizan en cantidades significativas aun cuando su contenido de mercurio sea relativamente menor. Otra condición para considerar un producto como de alta prioridad se da cuando sus impactos o rutas ambientales no se han caracterizado con precisión, pero se consideran importantes.
- Productos de **prioridad media** son aquellos cuyo contenido de mercurio o su volumen de uso no es importante, en términos de las posibles emisiones del metal.
- Productos de **prioridad baja** son aquellos cuyas posibles emisiones de mercurio se consideran menores que las de las dos categorías anteriores.

<b>Cuadro 4-2</b>			
<b>Clasificación de productos y sectores para el mercado mexicano del mercurio</b>			
<b>Producto o componente</b>	<b>Prioridad del producto*</b>	<b>Proveedores identificados**</b>	<b>Categoría del sector</b>
Mercurio triple destilado y usos en el cuidado de la salud	A	3	Amalgamas y usos del mercurio en el sector salud
Óxido de mercurio	A	14	Producción de sustancias químicas y biofarmacéutica
Cloruro mercúrico	A		
Cloruro mercurioso (cloruro de mercurio I, calomel)	A		
Nitrato de mercurio	A		
Nitrato mercúrico	A		
Mercurio tridestilado	A		
Sulfato de mercurio	A		
Otras sustancias	M		
Pantallas LCD	M		Fabricación de computadoras y productos electrónicos
Baterías de mercurio	M	3	Fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos
Relevadores de desplazamiento de Hg	A		
Interruptores de inclinación de Hg	A		
Conectores de mercurio	A		
Lámparas de mercurio	B		
Focos de mercurio	A		
Sistemas de iluminación de Hg para copadoras	M		
Componentes en aparatos electrónicos	M		Tiendas de productos y aparatos electrónicos
No determinado	B		Manufactura de productos de metal fabricados
No determinado	B		Tiendas de muebles y accesorios para el hogar

Partes con contenido de mercurio	M		Fabricación de maquinaria
Manómetros	M		Fabricación de productos diversos
Partes con contenido de mercurio	M		Concesionarios de vehículos y autopartes
No determinado	M		Productos minerales no metálicos
No determinado	M		Fabricación de productos de plástico y caucho
No determinado	M		Impresión y actividades de apoyo relacionadas
Barómetros Flujómetros Termómetros no médicos	B B A		Servicios profesionales, científicos y técnicos
No determinado	M		Fabricación de equipo de transporte
No determinado	A		Comercio al mayoreo, productos duraderos
No determinado	A		Comercio al mayoreo, productos no duraderos
No determinado	A		Usos culturales del mercurio
<b>Total</b>		<b>20</b>	
* Nivel de prioridad del producto: A = alta, M = media, B = baja.			
** Se entregó un cuestionario a estos proveedores identificados, pero no se obtuvo respuesta.			

Por último, se decidió que en esta segunda fase la base de datos incluyera sólo información de los principales fabricantes, grandes importadores y exportadores y detallistas importantes; cabe mencionar que hay un número significativo de pequeñas empresas que no se consideró.

#### 4.4 Importaciones y exportaciones de compuestos de mercurio

La importación y exportación de compuestos de mercurio es un sector muy amplio en el que es difícil obtener datos, ya que las fuentes de información no especifican los Números de Registro del Chemical Abstracts Service (CASRN) o los nombres de los compuestos de Hg importados y exportados. En consecuencia, es difícil cuantificar el contenido de mercurio de estos compuestos importados o exportados.

La información encontrada en el SIAVI y en el *World Trade Atlas* (con datos de la Secretaría de Economía) está clasificada según el Sistema Armonizado (SA); las fracciones arancelarias y sus correspondientes descripciones se presentan en el cuadro 4-3. Las limitaciones del SIAVI son que esta fuente contiene información sobre el número y los nombres de las empresas importadoras o exportadoras sólo si hay más de tres compañías en una categoría específica, además de que no proporciona el nombre aquellas que importan o exportan 80% o más del volumen reportado en cualquier fracción o código SA, y tampoco contiene registros individuales de las cantidades de productos importadas o exportadas por cada compañía, sino que la información está agregada.

**Cuadro 4-3**  
**Fracciones arancelarias del Sistema Armonizado (SA)**  
**para el mercurio y productos que lo contienen**

Fracción arancelaria	Descripción del mercurio y los compuestos de mercurio
28054001	Mercurio líquido
28520001	Compuestos inorgánicos de mercurio, excepto amalgamas
28520099	Demás compuestos inorgánicos y orgánicos de mercurio, excepto amalgamas
28439099	Los demás compuestos, amalgamas
29309039	Tiosalicilato de etilmercurio o la sal de sodio (Timerosal) y compuestos similares.
29310002	Acetato fenilmercúrico, y otros compuestos orgánicos e inorgánicos

*Fuente:* Derivado del SIAVI, en búsquedas realizadas el 2 de diciembre de 2007 y 28 de agosto de 2008.

Según la búsqueda de la fracción arancelaria 28520001 —*Compuestos inorgánicos de mercurio, excepto amalgamas*— realizada en la base de datos del SIAVI en agosto de 2008, durante el periodo de julio de 2007 a junio de 2008 México importó 42.98 toneladas de estos compuestos de Hg de ocho diferentes países. Los principales países exportadores a México fueron Estados Unidos, con 37.03 toneladas, y Alemania, con 5.9 toneladas. México exportó 25.3 toneladas a tres diferentes países, principalmente Filipinas, que recibió 20 toneladas. El SIAVI no contiene información de las empresas importadoras o exportadoras en esta categoría, lo que significa que no más de tres compañías fueron responsables de estas cantidades. El SIAVI tampoco proporciona información de la clase de compuestos inorgánicos de mercurio importados o exportados.

La búsqueda de la fracción arancelaria 28520099 —*Demás compuestos inorgánicos y orgánicos de mercurio, excepto amalgamas*— para el mismo periodo, realizada también en el SIAVI en agosto de 2008, reveló que México importó 129.9 toneladas de estos compuestos de Hg de seis diferentes países, siendo el principal Estados Unidos, con 102.9 toneladas, y exportó 25.9 toneladas a seis diferentes países, siendo Suiza el principal, con 24.3 toneladas. El SIAVI no contiene información de las empresas importadoras o exportadoras en esta categoría, lo que significa que no más de tres compañías fueron responsables de estas cantidades. Tampoco contiene información de la clase de compuestos inorgánicos de mercurio importados o exportados.

En resumen, las importaciones y exportaciones de compuestos de mercurio orgánicos e inorgánicos no especificados durante julio de 2007 a junio de 2008 fueron: 173 toneladas en importaciones y 51.2 toneladas en exportaciones, lo que arroja un total de 121.8 toneladas de importaciones netas de compuestos no especificados de Hg durante ese periodo. El SIAVI no proporciona nombres de las compañías.

Un compuesto de mercurio especificado reportado por el SIAVI es el tiosalicilato de etilmercurio o la sal de sodio (Timerosal). La búsqueda de la fracción arancelaria 29309039 correspondiente a este compuesto, realizada el 2 de diciembre de 2007, indica que en los años 2002-2007 se importó en cantidades que suman 563 kg en total (véase el cuadro 4-4). El Timerosal contiene aproximadamente 50% de mercurio por peso y se utiliza como producto antibacterial, agente antifúngico en vacunas y productos oftalmológicos.

<b>Cuadro 4-4</b> <b>Importaciones de tiosalicilato de etilmercurio o sal de sodio (Timerosal), 2002-2007</b> <b>(kilogramos)</b>							
<b>Fracción arancelaria del Sistema Armonizado (SA)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Año</b>					
		<b>2002 Abr-dic</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007 Ene-jun</b>
29309039	Tiosalicilato de etilmercurio o la sal de sodio (Timerosal) y compuestos similares	40	131	135	76	131	32
<b>Total 563 kilogramos</b>							
<i>Fuente: SIAVI, búsqueda realizada el 2 de diciembre de 2007.</i>							

Desafortunadamente, la categoría para la fracción arancelaria 29309039, correspondiente al Timerosal, que fue creada en 2002, cambió en 2007 y ahora abarca más compuestos, incluidos no mercurícos. Asimismo, cubre otros compuestos como el 2-(dietilamino)-etanotiol y sus sales, sustancias que anteriormente se listaban por separado en las fracciones 29309072 y 28520003 del Sistema Armonizado (SA).

Además de lo anterior, no se obtuvo del SIAVI ninguna otra información cuantitativa y específica importante o detallada en lo que respecta a compuestos de mercurio. En el apartado 4.5.2 sobre el sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas, se analiza más a fondo este sector.

#### **4.5 Productos con contenido de mercurio y sectores**

Comparada con la información oficial sobre importación y exportación de mercurio como producto básico, la información del SIAVI y del *World Trade Atlas* (con datos de la Secretaría de Economía) sobre productos con contenido de mercurio por lo general es mucho menos exacta y más difícil de encontrar. Además, estas fuentes agrupan la información de los productos por tipo y no consideran si los productos contienen mercurio o no.

Un buen ejemplo de esta situación se presenta en el sector de las baterías, en donde se eliminaron cuatro fracciones arancelarias y se sustituyeron por una sola, generando una agrupación de productos más genérica. Por esta razón, al hacer una consulta sobre baterías de mercurio, los resultados muestran una gran cantidad de baterías importadas; sin embargo, no todas contienen Hg. Las mismas inexactitudes ocurren con otros productos, como lámparas, termómetros e interruptores, que están agrupados con otras clases de productos que no contienen mercurio.

Factores como la confidencialidad y el uso de fuentes de información diferentes dificultan la adopción de una metodología uniforme para decidir los criterios a seguir para estimar las cantidades de mercurio utilizadas o contenidas en cada sector o grupo de productos. Por ejemplo, los datos sobre el sector de esfigmomanómetros se reunieron a partir de información del sector salud en vez de utilizar la información del SIAVI. En el caso de los compuestos de mercurio, se utilizó información tanto de fuentes comerciales como del SIAVI.

#### **4.5.1 Sector de servicios dentales y hospitalarios y sus alternativas**

##### **a) Amalgamas y sus alternativas**

**Descripción:** La amalgama dental, aleación que suele contener 50% de mercurio, 25% de plata y 25% de otros elementos como estaño o cobre, se ha usado durante más de cien años por los dentistas para rellenar piezas dentales. En México, los dentistas preparan las amalgamas en el consultorio, usando mercurio líquido embotellado y mezclándolo con los demás metales en polvo; también en el mercado se pueden conseguir cápsulas pre-dosificadas con los componentes de la amalgama en diferentes tamaños. El contenido de cada cápsula puede variar desde >0.1 gramo a 1 gramo de mercurio.

En una búsqueda de la fracción arancelaria 28439099 —*Demás compuestos, amalgamas*— realizada en el SIAVI en agosto de 2008 para el periodo de julio de 2007 a junio de 2008, se encontró que México importó 12.5 toneladas en total de estos compuestos, siendo los dos principales países exportadores Estados Unidos, con 8.4 toneladas, y Argentina, con 1.9 toneladas. Durante este mismo periodo México exportó a otros países 1.4 toneladas en total, siendo Estados Unidos el principal importador, con 1.1 toneladas. En resumen, México fue importador neto de aproximadamente 11.1 toneladas de amalgamas.

El SIAVI proporciona los nombres de cinco empresas exportadoras y 16 importadoras, a saber:

**Exportadoras:** AS Catalizadores Ambientales, Etal Baker, Etal, Minerales y Productos Industriales y Sicor de México.

**Importadoras:** Arj de Yucatán, AS Catalizadores Ambientales, Asofarma de México, Dentsply México, Johnson Matthey de México, Joskes de México, Laboratorios Columbia, Laboratorios Gayz, Laboratorios Pisa, Lemery, Morac México, Philips Mexicana, Productos Roche, Raychem Juárez, Sicor de México y Sigma Aldrich Química.<sup>9</sup>

La información no especifica si la cantidad total se refiere únicamente a mercurio o incluye otros componentes de las amalgamas, como plata o estaño.

Un factor que complica la situación es que el mercurio triple destilado como producto básico para uso en odontología también se vende en farmacias o en otros establecimientos de venta de productos dentales. En México, además de usarse en el sector de salud bucal, el mercurio de amalgamas también se destina a otros usos, como talleres de anuncios de neón, curas tradicionales en tiendas botánicas, joyería, fuegos pirotécnicos y otros usos industriales. Por tal motivo, es difícil determinar el consumo real de Hg en el sector de amalgamas dentales y, en consecuencia, en otros sectores como el biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas. (Si se desea consultar a los proveedoras y detallistas, véase el anexo 2: Cosmos Online y Quiminet.)

Para depurar y comparar la información encontrada sobre consumo de mercurio en el sector de amalgamas, se pueden hacer otros cálculos con base en estadísticas del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (Cenavece), como se muestra en el cuadro 4-5. Se estima que el promedio anual de aplicación de amalgamas dentales en el periodo 2000-2006 fue de 13,457,492 empastes. El promedio anual correspondiente al uso de mercurio es de alrededor de 9,016 toneladas (véase el cuadro 4-5).

---

<sup>9</sup> Fuente: <<http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.jsp>>.

Los cálculos del cuadro 4-5 se basan en un contenido de mercurio de 50% de los 1.34 gramos que contiene cada dosis de amalgama encapsulada, que equivale a 0.67 gramos. Los otros 0.67 gramos corresponden a plata, estaño y cobre (WRPPN Dental P2 Project, 2005). El Cenavece no especifica la proporción en que se usa amalgama encapsulada en comparación con el método tradicional de mezclado con mortero y triturador, que no emplea amalgama encapsulada predosificada y, por tanto, genera más residuos y, en consecuencia, mayor consumo de mercurio. Por otra parte, los datos del Cenavece no especifican si los casos reportados reflejan restauración de amalgamas u otro tipo de tratamiento o curación. Además, el cuadro 4-5 no abarca servicios odontológicos privados.

<b>Cuadro 4-5</b>		
<b>Consumo estimado de mercurio en amalgamas dentales</b>		
<b>(en kg, calculados a la tasa de 0.67 gramos por restauración *)</b>		
<b>Año</b>	<b>Núm. estimado de empastes de amalgamas**</b>	<b>kg</b>
2000	11,172,892	7,485
2001	11,371,235	7,618
2002	12,511,087	8,382
2003	13,408,576	8,983
2004	14,433,367	9,670
2005	17,703,234	11,861
2006	13,602,055	9,113
<b>Total</b>		<b>63,112</b>
Promedio anual	13,457,492	9,016
<p>* WRPPN Dental P2 Project, <i>Dental amalgam use</i>, 2005; &lt;<a href="http://wsppn.org/dental/pages/pdf/Amalgam_Use_01.pdf">http://wsppn.org/dental/pages/pdf/Amalgam_Use_01.pdf</a>&gt;.</p> <p>** Cenavece (Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades), <i>Informe de rendición de cuentas de la Administración 2000-2006</i>, 2006; &lt;<a href="http://www.cenave.gob.mx/archivos/informeetapa3.pdf">http://www.cenave.gob.mx/archivos/informeetapa3.pdf</a>&gt;.</p>		

### **Estimación del consumo de mercurio en amalgamas**

Estimación, basado en información del Cenavece, del consumo anual para el periodo 2000-2006: **9.0 toneladas**.

Estimación del consumo, con base en datos del SIAVI sobre las importaciones netas de amalgamas durante julio de 2007-junio de 2008 (11,087 kg) y calculando que 50% de esta cantidad es mercurio: **5.5 toneladas**.

Tomando en consideración las limitaciones de los datos del SIAVI, sería razonable aceptar la estimación del Cenavece de la cantidad de mercurio consumida por las amalgamas en México: **9.0 toneladas**, de las cuales **5.5** corresponden a importaciones netas de Hg y **3.5** a Hg de producción nacional.

En México existen alternativas para las amalgamas; sin embargo, siguen las discusiones y debates entre dentistas en torno a los beneficios de las amalgamas con mercurio y los demás materiales que no contienen Hg.

## b) Termómetros y sus alternativas

**Descripción:** Utilizados para medir la temperatura corporal, los termómetros de mercurio funcionan con una columna de Hg contenida dentro de un tubo de vidrio que baja o sube en función de la temperatura (NEWMOA/IMERC, 2008). El contenido de mercurio en cada termómetro puede variar de >0.6 a 1 gramo.

El gobierno mexicano es el principal comprador de termómetros para la fiebre, listados en el Cuadro de Medicamentos e Insumos Básicos autorizado para el sector salud y clasificados en las partidas 060.879.0150 y 060.879.0143 de este cuadro, donde se consideran los de tipo oral y rectal. El sector salud privado usa termómetros tanto de mercurio como digitales.

Los datos del SIAVI sobre la fracción arancelaria 90251199, correspondiente a termómetros de líquido, con lectura directa, y otros, muestra que el consumo aparente de México en el periodo 2002-2007 fue de casi 20 millones de termómetros (un promedio anual de 3.7 millones; véase el cuadro 4-6). Es probable que estos datos incluyan otros tipos de termómetro, como los no médicos. El principal país al que México exportó termómetros durante el mismo periodo fue Estados Unidos: 10,814,937 unidades, o 99.75% de las exportaciones mexicanas totales.

No se consideró información de otra categoría, la fracción 90251101 del Sistema Armonizado (SA), correspondiente a termómetros de vidrio con o sin mercurio (sólo el recipiente de vidrio), puesto que es probable que esta fracción arancelaria incluya termómetros sin Hg, como los que contienen una mezcla de galio, indio y estaño u otro tipo de líquido.

De acuerdo con el Censo Industrial 2004 de Inegi, en 2003 sólo se produjeron 64,937 termómetros en México.

Los principales países exportadores de termómetros a México fueron China, con 29,874,822 unidades (88.25%), y Estados Unidos, con 2,861,229 (8.45%); otros países exportaron 1,115,544 unidades (3.30%), lo que arroja un total de 33,851,595 unidades importadas a México.

<b>Cuadro 4-6</b>							
<b>Importaciones y exportaciones de termómetros</b>							
<b>(en unidades)</b>							
<b>Año</b>	<b>2002 Abr-dic</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Total</b>
<b>Importaciones</b>	4,141,077	5,908,154	5,798,757	6,201,528	5,435,603	6,366,476	33,851,595
<b>Exportaciones</b>	3,583,439	1,955,477	3,191,607	1,053,803	552,830	505,225	10,842,381
<b>Importaciones netas</b>	557,638	3,952,677	2,607,150	5,147,725	4,882,773	5,861,251	23,009,214
<i>Fuente: World Trade Atlas, consultado en diciembre de 2007, y SIAVI, consultado en octubre de 2008.</i>							

El SIAVI informa cinco empresas exportadoras y 85 importadoras.

### **Estimación del consumo de mercurio en termómetros**

La importación neta promedio de termómetros de mercurio en México correspondiente al periodo 2002-2007 es de **3,834,869** unidades (véase el cuadro 4-6). Con base en un contenido de Hg de 0.61 gramos por unidad,\* el consumo de mercurio se calcula en aproximadamente 2.3 toneladas más la cantidad de Hg contenido en termómetros producidos en México (64,937 x 0.61 gramos = 40 kg), lo que arroja un total aproximado de **2.4 toneladas**.

\* Véase <[http://www.newmoa.org/prevention/topic/subsection/index.cfm?page=subsection&hub\\_id=101&subsec\\_id=1](http://www.newmoa.org/prevention/topic/subsection/index.cfm?page=subsection&hub_id=101&subsec_id=1)>.

En 2007, México inició un programa piloto para la sustitución de termómetros digitales en dos hospitales, con la intención de extenderlo a diez hospitales más en 2008.

**Consumo:** Los datos sobre estos productos en el sector salud están agregados, debido a la dificultad de separarlos por clases. Hay 32 compañías listadas como vendedoras de “termómetros”, incluida Fisher Scientific de México, SA, y su subsidiaria Casa Rosas.

Además se identificaron dos fabricantes mexicanos de termómetros: BDF de México, SA de CV, y LeRoy. Una importante cadena de tiendas (Chedraui) vende termómetros de mercurio hechos en México.

**Alternativas libres de mercurio:** Existen en el mercado mexicano termómetros digitales, sin contenido de mercurio. Su costo es entre cinco y seis veces más elevado que el de los termómetros de mercurio; sin embargo, representan una alternativa costo-efectiva si se consideran la ruptura de las unidades de mercurio y los costos de disposición y manejo de los residuos.

#### **c) Esfigmomanómetros y sus alternativas**

**Descripción:** Un esfigmomanómetro es un tipo de manómetro usado para medir la presión sanguínea. El mercurio contenido en una columna de vidrio se eleva en la medida en que se inyecta aire con una perilla a un brazalete amarrado al antebrazo; al tiempo que el aire es liberado lentamente, se toman dos lecturas de la presión en miligramos de mercurio: una en el momento en que la sangre empieza pulsar a través de la arteria y la segunda cuando la presión en la arteria excede a la del brazalete (NEWMOA/IMERC, 2008). El contenido de mercurio de cada esfigmomanómetro puede variar de 50 a 140 gramos.

La información oficial disponible sobre los esfigmomanómetros no especifica si las cifras reportadas de unidades (importadas o exportadas) corresponden a aparatos que contienen mercurio, o son aparatos de diferente tecnología sin dicho metal.

De acuerdo con datos del SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 México importó 429,401 y exportó 2,619,662 esfigmomanómetros (bajo la fracción arancelaria 90189003), lo que arroja un saldo negativo de -2,190,261 unidades. Éste no es un resultado razonable, y puede explicarse ya sea porque la maquila de esfigmomanómetros en México fue muy intensa o bien porque la información del SIAVI no es exacta y, por tanto, ha de descartarse.

Según el Censo 2004 de Inegi, se produjeron 30,604 esfigmomanómetros en México en 2003. Esta fuente de información tampoco especifica si las unidades producidas contienen mercurio o son aparatos alternativos sin Hg.

El mercado ofrece dos alternativas importantes para los esfigmomanómetros de mercurio: los esfigmomanómetros aneroides (de marcación mecánica) y los monitores electrónicos de presión sanguínea profesionales de bajo precio, que se consideran sus reemplazos directos. También existen otros monitores de presión sanguínea sin Hg, incluidos monitores domésticos, monitores móviles de presión sanguínea y monitores de signos vitales de bajo costo, pero estos generalmente no se consideran reemplazos directos de los esfigmomanómetros de mercurio (LCSP, 2003).

Debido a la inexactitud de la información sobre los esfigmomanómetros, como antes se menciona, es necesario usar diferentes métodos de cálculo para las estimaciones.

El *Diagnóstico del mercurio en México* (CCA, 2000b) estableció un índice de uso de un esfigmomanómetro de mercurio por cada cuatro camas de hospital y 0.5 unidades por cada consultorio. Con base en esta determinación, el cuadro 4-7 presenta estimaciones del uso de estos dispositivos.

Otra importante consideración para estimar el consumo de mercurio en esfigmomanómetros es el requisito de mantenimiento y limpieza de cada unidad, debido a suciedad o polvo y a la oxidación del mercurio: por lo menos luego de seis meses de uso en un hospital o cada año en consultorios (Bevers, 2007).

**Cuadro 4-7**  
**Cálculo del uso de esfigmomanómetros de mercurio**  
**(considerando el número de camas de hospital y consultorios)**

**Camas de hospital\***

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Públicas	75,303	76,201	75,627	77,705	78,519	75,364	80,066
Privadas	38,437	39,479	40,140	40,214	41,992	41,737	42,744
<b>Total</b>	<b>75,303</b>	<b>115,680</b>	<b>115,767</b>	<b>117,919</b>	<b>120,511</b>	<b>117,101</b>	<b>122,810</b>

El promedio anual de camas de hospital en México correspondiente al periodo 2001-2007 es de **112,156**.  
Calculando una unidad por cada cuatro camas, el promedio anual de uso de esfigmomanómetros es de **28,039** unidades.

**Consultorios\***

Públicos	51,598	52,488	52,532	54,113	54,528	54,765	57,338
Privados	10,093	11,149	11,772	11,699	12,096	12,648	13,130
<b>Total</b>	<b>61,691</b>	<b>63,637</b>	<b>64,304</b>	<b>65,812</b>	<b>66,624</b>	<b>67,413</b>	<b>70,468</b>

El promedio de consultorios en México durante el periodo 2001-2007 es de 65,707.  
Calculando 0,5 unidades por consultorio, el promedio anual de uso de esfigmomanómetros es de **32,854** unidades.

**Total esfigmomanómetros de mercurio utilizados: 60,893**

\*Con base en el Sistema Nacional de Información en Salud (Sinais), disponible en  
<[http://sinais.salud.gob.mx/descargas/xls/infra\\_numeralia\\_rf.xls](http://sinais.salud.gob.mx/descargas/xls/infra_numeralia_rf.xls)>.

### **Estimación del consumo de mercurio en esfigmomanómetros, a partir de fuentes de información disponibles**

Un esfigmomanómetro contiene entre 50 y 140 gramos\* de mercurio. El consumo promedio anual de Hg durante 2001-2007 se puede calcular considerando un contenido promedio de 95 gramos por unidad, multiplicado por 60,893 unidades, lo que equivale a **5.78 toneladas**. Considerando que una unidad puede durar cinco años, y presuponiendo que cada año sólo 20% de las camas o de los consultorios necesitaran reemplazar su esfigmomanómetro, se tiene que una quinta parte de estas 5.78 toneladas corresponderá al consumo anual atribuible a esfigmomanómetros, es decir: 1.16 toneladas (5.78 toneladas x 20 por ciento).

Considerando que todos los esfigmomanómetros en los hospitales necesitan ser limpiados dos veces al año, y que esta operación consume 30% del mercurio contenido (en promedio, 95 gramos), resulta que por cada unidad se consumen alrededor de 60 gramos anuales de Hg (30 g por mantenimiento), lo cual equivale a un total de 1.40 toneladas (60 gramos x 28,039 unidades en hospitales).

Considerando que todos los esfigmomanómetros en los consultorios necesitan ser limpiados una vez al año, y que esta operación consume 30% del mercurio contenido (en promedio, 95 gramos), resulta que por cada mantenimiento se consumen alrededor de 30 gramos de Hg, es decir, 30 gramos anuales por unidad, lo cual equivale a un total de .98 toneladas en el país (30 gramos x 32,854 unidades en consultorios médicos).

A partir de las cantidades referidas anteriormente, se puede estimar el consumo total de mercurio en este sector en los siguientes términos:

Demanda anual de Hg para esfigmomanómetros.....	1.16 toneladas
Mantenimiento de esfigmomanómetros en hospitales .....	1.68 toneladas
Mantenimiento de esfigmomanómetros en consultorio .....	0.98 toneladas

**Total: 3.82 toneladas**

\* Véase <[http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/measuring\\_devices.cfm](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/FactSheets/measuring_devices.cfm)>.

**Alternativas libres de mercurio:** En el mercado Mexicano existen dos alternativas libres de mercurio para la medición clínica de la presión sanguínea: esfigmomanómetros aneroides (de disco mecánico) y esfigmomanómetros electrónicos de monitor, para uso profesional pero muy básicos. Lamentablemente, no es posible calcular el creciente uso de esfigmomanómetros sin mercurio y la proporción de uso en relación con los esfigmomanómetros con mercurio.

Un aspecto a tomar en cuenta es que los esfigmomanómetros son instrumentos de alta durabilidad y que cantidades significativas de éstos se encuentran aún en uso. En 2007 se iniciaron en México, bajo iniciativa de la coalición internacional Salud sin Daño, dos proyectos piloto para sustituir termómetros en hospitales. Con todo, se calcula que en el mediano plazo el uso de esfigmomanómetros aumentará. De hecho, los programas de sustitución apenas han comenzado en algunos hospitales y la evaluación de los costos y eficacia de las alternativas libres de mercurio es también reciente.

#### 4.5.2 Sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas

Este sector incluye la producción industrial de compuestos de mercurio y mercurio elemental para uso en laboratorios (de escuelas y de los sectores salud e industrial), así como el mercurio usado en la industria biofarmacéutica.

De acuerdo con el Censo Industrial de 2004, durante 2003 (véase el apartado 2.2.8, *supra*), el sector de producción de química inorgánica básica en México consumió alrededor de 14 toneladas de mercurio como producto básico. Según datos del SIAVI, durante el segundo semestre de 2007 y el primer semestre de 2008, las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) de compuestos de Hg se estimaron en 122.8 toneladas (véase el apartado 4.4, *supra*). Esta cantidad comprende por lo menos 40% de mercurio, considerando el alto peso atómico de este elemento y el amplio rango de contenido del metal en sus diferentes compuestos (por ejemplo, el yoduro mercúrico contiene 44.14% de Hg, mientras que en el óxido mercúrico el contenido llega a 92.61%). Para calcular el contenido de mercurio en los compuestos de este metal (producidos, importados o exportados) en el mercado mexicano, se considerará un factor de 40 por ciento.

Las fuentes de información comercial del sector químico proporcionan datos sobre la venta de varios compuestos de mercurio abastecidos al mercado mexicano, que son analizados a lo largo de este apartado. En cuanto a la información técnica sobre formulaciones de mercurio, preparaciones y sus principales usos, así como de los principales sectores consumidores y productores, se obtuvo del Banco de Datos de Sustancias Peligrosas (*Hazardous Substances Data Bank*, HSDB),<sup>10</sup> que reúne un compendio general de datos toxicológicos evaluados por grupos de expertos sobre aproximadamente 5,000 sustancias químicas y proporciona un amplio perfil de cada sustancia incluida en el banco. (Para mayor información, consúltese: <<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>>.)

Información sobre los usos del mercurio extraída del HSDB puede ayudar a determinar si ciertos usos que anteriormente se daban a los compuestos de Hg en países desarrollados todavía persisten en México. Es importante hacer un estudio más específico de los usos de estos compuestos en el contexto mexicano (por ejemplo, en biocidas hechos en casa, medicamentos o usos culturales). Dadas las altas cantidades de compuestos de mercurio desconocidos incluidos en las importaciones netas, como se mencionó con anterioridad, la evaluación de este sector es importante desde la perspectiva ambiental.

Las siguientes descripciones de la formulación y los usos principales de cada compuesto de mercurio se reproducen casi literalmente de las fuentes citadas.

##### a) Cloruro mercúrico

CASRN:\* 7487-94-7

##### Formulaciones y preparaciones:

- Polvo humectable (mezcla con cloruro mercurioso); polvo (mezcla con cloruro mercurioso y verde malaquita).<sup>11</sup>

<sup>10</sup> HSDB contiene una descripción completa de cada una de las sustancias que abarca casi todos los aspectos, como fórmula, nombres comerciales, rutas ambientales, etcétera.

\* Número de Registro del Chemical Abstracts Service.

<sup>11</sup> C. R. Worthing (comp.), *Pesticide manual*, 6ª ed., British Crop Protection Council, Worcestershire, 1979, p. 333.

### Principales usos:

- Conservación de madera y muestras anatómicas; embalsamamiento; coloración y grabado de hierro y acero; intensificador en fotografía; impresión de telas; curtido de pieles; despolarizador de baterías secas; electrochapado de aluminio; mordiente en pieles de conejo y castor; fabricación de tintas para impresión con mercurio; reactivo en química analítica; fabricación de otros compuestos de Hg; para liberar oro del plomo; en fotogramas mágicos; teñido de madera y plantas color rosa marfil; en medicina: antiséptico tópico, desinfectante; en medicamentos (veterinaria): cáustico, antiséptico, desinfectante.<sup>12</sup>
- Soluciones usadas como baño para bulbos y tubérculos, incluidas semillas de la papa, en lechos de invernaderos para el control de lombrices y en plagas de pulgones de árboles de membrillo. También se usa como repelente de hormigas, cucarachas y termitas. Insecticida, fungicida (anteriormente).<sup>13</sup>
- Se utiliza en cajas de baterías secas. Agente en la remoción de mercurio de gases derivados de zinc.<sup>14</sup>
- En el siglo pasado se usó como desinfectante. Y como medicamento y en medicamentos veterinarios.<sup>15</sup>
- Hasta casi 1980, el cloruro mercúrico se usaba profusamente como catalizador para la preparación de cloruro de vinilo a partir de acetileno. Pero desde principios de esa década el cloruro de vinilo y el acetato de vinilo se preparan utilizando etileno en vez de acetileno y por tanto el cloruro mercúrico casi ya no se usa como catalizador.<sup>16</sup>
- Sin uso actual registrado en Estados Unidos.<sup>17</sup>

### Empresas:

De acuerdo con Cosmos (compendio en Internet de industrias y productos, <<http://www.cosmos.com.mx>>) y QuimiNet (otra página en Internet de recursos industriales, <<http://www.quiminet.com>>), en México hay 18 empresas proveedoras de cloruro mercúrico: Aslo Reactivos; Central de Drogas (Cedrosa); Grupo Químico Amillan; Jalmek Científica; Macame; Mallincrodt; Materiales y Abastos Especializados, SA de CV (Maesa); OPTA, 2000, SA de CV; Productos Químicos Monterrey; Proquisa; Quanyka; Química Tech; Quimik; Grupo Minero Rago; Sealab; Sigma Aldrich Química, SA de CV; Tecsiquim y United Phosphorus de México.

### b) Nitrato de mercurio (nitrato mercúrico)

CASRN: 10045-94-0

### Formulaciones y preparaciones:

- Ensayo mínimo disponible de 97 por ciento.<sup>18</sup>

---

<sup>12</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N.J., 1996, p. 1003.

<sup>13</sup> *Farm Chemicals Handbook 87*, Meister Publishing Co., Willoughby, Ohio, 1987, p. C-70.

<sup>14</sup> R. D. Ashford, *Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals*, Wavelength Publications Ltd., Londres, 1994, p. 560.

<sup>15</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS), *Environ Health Criteria: Mercury*, 1976, p. 29.

<sup>16</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, 1991 a la fecha, vol. 1, p. V16 (96) 232.

<sup>17</sup> Environmental Protection Agency/Office of Pesticide Program's Chemical Ingredients Database on *Mercuric Chloride* (7487-94-7).

<sup>18</sup> Fluka. Catalog 14, *Chemicals and Biochemicals*, 1984, p. 622.

### Usos principales:

- Fabricación de fieltro; fulminato de mercurio; destrucción de filoxera.<sup>19</sup>
- En bronceado; en el interior de catalejos.<sup>20</sup>
- Reactivo analítico; preparación de solución estándar de nitrato mercúrico.<sup>21</sup>
- Nitración de compuestos orgánicos aromáticos.<sup>22</sup>
- Anteriormente se usaba mucho en la fabricación de sombreros de fieltro de lana.<sup>23</sup>
- Se emplea en síntesis orgánica como materia prima y para la formulación de muchos otros productos de mercurio.<sup>24</sup>
- Determinación del ión de cloruro.<sup>25</sup>

### Empresas:

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay 14 empresas proveedoras de nitrato de mercurio: Análisis y Servicios Integrales; Arequim; Aslo Reactivos; Flash Chemicals; Jalmek Científica; Laboratorios y Teconología México, SA; Macame; Materiales y Abastos Especializados, SA de CV (Maesa); Mallinckrodt; Productos Químicos Monterrey; Prolab de México; Proquisa; Quantika, y Tecsiquim.

### c) Óxido mercúrico

CASRN: 21908-53-2

### Formulaciones y preparaciones:

- Pasta tixotrópica Santar, que contiene 3% de mercurio en forma de óxido mercúrico (uso anterior).<sup>26</sup>
- Grados de pureza: rojo: técnico, reactivo, purificado; amarillo: técnico, NF, reactivo.<sup>27</sup>
- Grado: técnico, pintura, reactivo ACS (rojo); Grado: CP, técnico, NF (amarillo).<sup>28</sup>
- Contiene 99-99.5% de HgO.<sup>29</sup>

---

<sup>19</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1004.

<sup>20</sup> E. Browning, *Toxicity of Industrial Metals*, 2ª ed., Appleton-Century-Crofts, Nueva York, 1969, p. 227.

<sup>21</sup> Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 10ª ed. y suplementos, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 1965 (nuevas ediciones hasta la 13ª, más suplementos, 1982), pp. 12-276, 16.170.

<sup>22</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13ª ed., John Wiley & Sons., Inc., Nueva York, N.Y., 1997, p. 712.

<sup>23</sup> American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., *Documentation of the Threshold Limit Values*, 4ª ed., American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., Cincinnati, Ohio, 1980, p. 254.

<sup>24</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, N.Y., 1991 a la fecha, vol. 1., p. V16 (95) 233.

<sup>25</sup> *Ibid.*, en V4 (92) 554.

<sup>26</sup> *Farm Chemicals Handbook 87*, Meister Publishing Co., Willoughby, Ohio, 1987, p. C-273.

<sup>27</sup> G. Weiss, *Hazardous Chemicals Handbook*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, N. J., 1986, p. 656.

<sup>28</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, 13ª ed., 1997, p. 717.

<sup>29</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1004.

### Usos principales:

- Óxido mercúrico amarillo: para la determinación de cianuro de hidrógeno o zinc; detección de ácido acético en ácido fórmico, CO en mezclas de gas.<sup>30</sup>
- Óxido mercúrico rojo: en pinturas de fondos marinos, dilución de pigmentos para pintar sobre porcelana; con grafito como despolarizador en baterías secas; en la determinación de nitrógeno Kjeldahl; como reactivo para ácido cítrico, tiofeno, glucosa, aldehído, urea, acetona; como reactivo y catalizador en reacciones orgánicas.<sup>31</sup>
- Fungicida: como pasta para sellar heridas y como tratamiento de plagas de árboles frutales y de caucho. No se debe usar para sellar heridas de injertos o para tratar cortaduras de poda durante el primer año luego de la incisión.
- Óxido de mercurio amarillo:<sup>32</sup> restringido principalmente a sustancias protectoras de semillas. Útil, pulverizado, para tratamiento de frutas y follaje (uso anterior).<sup>33</sup>
- Se utiliza como fijador en la determinación de selenio.<sup>34</sup>
- Intermediario químico para sales de mercurio (por ejemplo, Millons Base).<sup>35</sup>
- Intermediario químico para productos de mercurio orgánicos vía acetato mercúrico; modificador de vidrio y pigmento; intermediario químico para monóxido de cloro; fungicida; conservador en cosméticos; reactivo analítico (por ejemplo, para hidrógeno en la atmósfera); medicamentos (veterinaria) y medicinas.<sup>36</sup>
- Material catódico de baterías de celda seca (por ejemplo, de zinc mercurio, cadmio mercurio, indio mercurio, bismuto mercurio).<sup>37</sup>
- Componente de pinturas antimoho (uso anterior).<sup>38</sup>
- Los compuestos de mercurio se pueden utilizar en baterías (óxido mercúrico), pigmentos (importados a Estados Unidos), catalizadores, explosivos (fulminato de mercurio), investigación en laboratorio y en algunas aplicaciones farmacéuticas (mercurio amoniacal y merbromina).<sup>39</sup>
- Sin uso actual registrado en Estados Unidos.

### Empresas:

Según Cosmos y QuimiNet, en México hay 19 empresas proveedoras de óxido mercúrico: American Chemet Corporation; Arequim, SA de CV; Aslo Reactivos, SA de CV; Botica Nueva; Central de Drogas (Cedros); Universal de Industrias, SA de CV; Farbe; Fisher Scientific de México, SA de CV; Grupo Minero Rago; Grupo Químico Amillan; Herschi Trading; Jalmek; Karal, SA; Laboratorios y

---

<sup>30</sup> *Ibid.*, p. 100.

<sup>31</sup> *Ibid.*, p. 1004.

<sup>32</sup> *Farm Chemicals Handbook 2000*, Meister Pub. Co., Wiloughby, OH, 2000, p. C 411.

<sup>33</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, N. Y., vol. 1, 1991 a la fecha, p. V18 (96) 317.

<sup>34</sup> Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 10ª ed. y suplementos, Association of Official Analytical Chemists Washington, D. C., 1965 (nuevas ediciones hasta la 13ª, más suplementos, 1982), pp. 13/410-25.310.

<sup>35</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, N. Y., vol. 1., 1991 a la fecha, p. V16 (95) 224.

<sup>36</sup> *Ibid.*

<sup>37</sup> *Ibid.*

<sup>38</sup> W. Gerhartz (comp.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5ª ed., VCH Publishers, Deerfield Beach, FL, vol. A1, 1985 a la fecha, p. VA16 (90) 287.

<sup>39</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, N. Y., 1991 a la fecha, vol. 1, pp. V16 (95) 212-28.

Tecnología de México; Macame y Cía., SA de CV; Productos Crystal, SA de CV; Productos Químicos Monterrey; Prolab de México; Quankyka, y Tecsiquim.

#### **d) Sulfato de mercurio**

**CASRN:** 7783-35-9

##### **Formulaciones y preparaciones:**

- 100 por ciento.<sup>40</sup>

##### **Usos principales:**

- Electrolito para baterías primarias; con cloruro de sodio; para la extracción de oro y plata de piritas tostadas; como reactivo para la coloración del vino, barbital y cisteína.<sup>41</sup>
- Reactivo para la preparación de calomel y sublimado corrosivo, catalizador en la conversión de acetileno a acetaldehído.<sup>42</sup>
- Se utiliza en química analítica para unir iones de cloro en la determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) de aguas residuales; como catalizador en la producción de acetaldehído y despolarizador en elementos galvánicos.<sup>43</sup>

##### **Empresas:**

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay 14 empresas proveedoras de sulfato de mercurio: Análisis y Servicios Integrales; Distribuidora de Productos Químicos Hidalgo; Fábrica de Sulfato El Águila, SA de CV; Flash Chemicals; Jalmek Científica, SA de CV; Aslo Reactivos, SA de CV; Macame y Cía., SA de CV; Productos Químicos Monterrey; Mallinckrodt: Materiales y Abastos Especializados, SA de CV; Química Alcano, SA de CV; Quimik; Sehyex, y VWR International, S de RL de CV.

#### **e) Yoduro mercúrico**

**CASRN:** 7774-29-0

##### **Formulaciones y preparaciones:**

- Grados: técnico, reactivo.<sup>44</sup>

##### **Usos principales:**

- En química analítica, para la preparación de reactivo de Nessler (solución de yoduro de potasio mercúrico alcalino).<sup>45</sup>
- En fotografía, para intensificar los detalles.<sup>46</sup>

---

<sup>40</sup> G. Weiss, *Hazardous Chemicals Handbook*, Noyes Data Corporation, Park Ridge, N. J., 1986, p. 657.

<sup>41</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1005.

<sup>42</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13ª ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 713.

<sup>43</sup> W. Gerhartz (comp.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5ª ed., VCH Publishers, Deerfield Beach, FL, 1985 a la fecha, vol. A1, p. VA16 (90) 290.

<sup>44</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13ª ed., John Wiley & Sons, Inc. Nueva York, N. Y., 1997, p. 711.

<sup>45</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc. Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1004.

<sup>46</sup> *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4ª ed., John Wiley and Sons, Nueva York, N. Y., vol. 1,

- Tratamiento de enfermedades de la piel. Preparación de fotodetectores de alta calidad.<sup>47</sup>
- Para yoduro mercúrico (Código PC de USEPA/OPP: 052003) hay 0 etiquetas que coinciden. SRP:\* sin uso actual registrado en Estados Unidos.

#### **Empresas:**

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay 19 empresas proveedoras de yoduro mercúrico: Análisis y Servicios Integrales; Aslo Reactivos, SA de CV; Central de Drogas (Cedrosa); Farbe; Fisher Scientific de México, SA; Flash Chemicals; Jalmek Científica, SA de CV; Laboratorios y Tecnología México, SA de CV; Macame y Cía., SA de CV; Materiales y Abastos Especializados, SA de CV (Maesa); Mallinckrodt; Metalúrgica Lazcano, SA de CV; Productos Químicos Monterrey, SA de CV; Prolab de México; Proquisa; Quimik; Sigma-Aldrich Química, SA de CV; Tecsiquim, SA de CV (TSQ), y VWR International, S de RL de CV.

#### **f) Acetato mercúrico**

**CASRN:** 1600-27-7

#### **Formulaciones y preparaciones:**

- Grados de pureza: CP-99+%.<sup>48</sup>

#### **Usos principales:**

- Intermediario químico para acetato fenilmercúrico, un fungicida. Para la absorción de etileno.<sup>49</sup>
- Catalizador en síntesis orgánica, productos farmacéuticos.<sup>50</sup>
- Se utiliza para la síntesis de compuestos orgánicos de mercurio, como catalizador en reacciones de polimerización orgánica, y como reactivo en química analítica.<sup>51</sup>
- Síntesis química de 1-(2,6-dihidroxifenil)-1-alquenones y benzofenona.<sup>52</sup>
- Para acetato mercúrico (Código PC USEPA/OPP: 052104) existen 0 etiquetas que coinciden. SRP: sin uso actual registrado en Estados Unidos.

#### **Empresas:**

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay 10 empresas proveedoras de acetato mercúrico: Ampex Chemicals; Aslo Reactivos; Jalmek; Macame y Cía., SA de CV; Mallinckrodt; Productos Químicos Monterrey; Quimik; Sigma Aldrich; Tecsiquim, SA de CV, y VWR Internacional, S de RL de CV.

1991 a la fecha, p. V18 (96) 953.

<sup>47</sup> *Ibid.*, en V16 (95) 233.

\* Pánel de Revisión Científica (*Scientific Review Panel*, proceso especial de revisión de la EPA).

<sup>48</sup> US Coast Guard, Department of Transportation, *CHRIS—Hazardous Chemical Data*, US Government Printing Office, Washington, D. C., 1984, vol. II.

<sup>49</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1003.

<sup>50</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13ª ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 710.

<sup>51</sup> W. Gerhartz (comp.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5ª ed., VCH Publishers, Deerfield Beach, FL, vol. A1, 1985 a la fecha, p. VA16 (90) 289.

<sup>52</sup> R. D. Ashford, *Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals*, Wavelength Publications Ltd., Londres, 1994, p. 1220.

### g) Bromuro mercúrico

CASRN: 7789-47-1

#### Formulaciones y preparaciones:

- Ensayo mínimo disponible de 98 por ciento.<sup>53</sup>

#### Usos principales:

- En preparación de medicinas.<sup>54</sup>
- Conversión de mercurio orgánico en metilmercurio. Sales mercúricas.<sup>55</sup>
- Se utiliza como reactivo de arsénico y antimonio, como producto intermedio en la producción de compuestos orgánicos de mercurio que contienen bromo y como catalizador en síntesis orgánica. La sustancia derretida se utiliza como solvente no acuoso.<sup>56</sup>

#### Empresas:

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay cuatro empresas proveedoras de bromuro de mercurio: Ampex Chemicals, Distribuidora de los Ríos, Macame y Productos Químicos Monterrey, SA.

### h) Tiocianato mercúrico (sulfocianuro mercúrico)

CASRN: 592-85-8

#### Usos principales:

- En la fabricación de “serpientes de faraón” (fuegos pirotécnicos); intensificador en fotografía.<sup>57</sup>
- Se utiliza como reactivo para el análisis de cloruro en el agua.<sup>58</sup>
- Pirotecnia.<sup>59</sup>

#### Empresas:

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay seis empresas proveedoras de tiocianato mercúrico: Ampex Chemicals, Metalúrgica Lazcano, SA de CV, Fisher Scientific, Jalmek Científica, Macame, Proquisa y Quimik.

---

<sup>53</sup> Fluka. Catalog 14, *Chemicals and Biochemicals*, 1984, p. 621.

<sup>54</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons., Nueva York, N. Y., Inc. 1997.

<sup>55</sup> A. G. Gilman, T. W. Rall, A. S. Nies y P. Taylor (comp.), *Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics*, 8<sup>a</sup> ed., Pergamon Press, Nueva York, N. Y., 1990, p. 1599.

<sup>56</sup> W. Gerhartz (comp.), *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 5<sup>a</sup> ed., VCH Publishers, Deerfield Beach, FL, 1985 a la fecha, vol. A1, p. VA16 (90) 288.

<sup>57</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1005.

<sup>58</sup> NIOSH, Current Awareness Listing, 1985.

<sup>59</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons., Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 713.

### **i) Cianuro mercuríco**

CASRN: 592-04-1

#### **Formulaciones y preparaciones:**

- Grados de pureza: reactivo.<sup>60</sup>
- Grados: técnico.<sup>61</sup>
- La sal comercial de oxicianuro de mercurio con frecuencia es una mezcla de oxicianuro (1/3) y cianuro de mercurio (2/3).<sup>62</sup>

#### **Usos principales:**

- En jabones germicidas; producción de gas cianógeno; en fotografía.<sup>63</sup>
- Se ha utilizado como antiséptico tópico (veterinaria).<sup>64</sup>

#### **Empresas:**

De acuerdo con Cosmos y QuimiNet, en México hay cuatro empresas proveedoras de cianuro de mercurio: Arequim, Galvanoquímica, Grupo Pochteca y Macame.

### **j) Mercurio, elemental**

CASRN: 7439-97-6

#### **Usos principales:**

- En barómetros, termómetros, hidrómetros, pirómetros; en lámparas de arco de mercurio que producen rayos ultravioleta, en interruptores y lámparas fluorescentes; en calderas de mercurio; síntesis de todas las sales de mercurio, espejos; catalizador en la oxidación de compuestos orgánicos; extracción de oro y plata de minerales; rectificadores eléctricos; elaboración de fulminato de mercurio; para reactivo de Millon; como cátodo en electrólisis, electroanálisis.<sup>65</sup>
- Componente de baterías (por ejemplo, celdas de zinc carbono y mercurio), instrumentos industriales y de control (por ejemplo, medidores) y amalgamas (por ejemplo, para preparaciones dentales); agente en la fabricación de alambre y dispositivos interruptores (como osciladores); cátodo en la síntesis electrolítica de cloro y sosa cáustica; catalizador para uretano y resinas epóxicas; reactivo de laboratorio; lubricante (por ejemplo, en turbinas).
- El mercurio metálico (azogue) se ha utilizado en India para fumigar y proteger los granos en contenedores cerrados contra la infestación de insectos.<sup>66</sup>

---

<sup>60</sup> US Coast Guard, Department of Transportation, *CHRIS—Hazardous Chemical Data*, US Government Printing Office, Washington, D. C., vol. II., 1984.

<sup>61</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 711.

<sup>62</sup> R. E. Gosselin, R. P. Smith, H. C. Hodge, *Clinical Toxicology of Commercial Products*, 5<sup>a</sup> ed., Williams and Wilkins, Baltimore, 1984, p. II-114.

<sup>63</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 711.

<sup>64</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1003.

<sup>65</sup> *Ibid.*, p. 1006.

<sup>66</sup> *Farm Chemicals Handbook 2000*, Meister Pub. Co., Wiloughby, OH, 2000, p. C 251.

- Se utiliza en sustancias químicas agrícolas (uso discontinuado) y en pinturas antimoho. SRP: como método de química húmeda.<sup>67</sup>
- Medicinas, medicamentos (veterinaria). Se utiliza como absorbente de neutrones en plantas de energía nuclear.<sup>68</sup>

#### **Empresas:**

La empresa más importante en términos de volumen es Grupo Minero Rago, que abastece a la industria de mercurio elemental. Esta compañía es destiladora certificada de mercurio.

El sector de mercurio elemental y el de amalgamas no están bien diferenciados (como segmentos de mercado) ya que, como antes se menciona, el sector de amalgamas también abastece de Hg a otras industrias. En el capítulo 2 se presenta información del mercado del mercurio.

#### **Estimación del consumo de mercurio en el sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas**

De julio de 2007 a junio de 2008 se importaron 173 toneladas de compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio no especificados y se exportaron 51.2 toneladas, lo que arroja importaciones netas totales de compuestos de mercurio no especificados de **121.8 toneladas**. El SIAVI no registra el nombre de ninguna empresa (véase el apartado 4.4, *supra*). Por tanto, si se calcula el 40% de contenido de mercurio en estos compuestos no especificados, se obtiene una estimación conservadora de **48.72** toneladas de importaciones netas de mercurio elemental.

A partir de ésta y de las cantidades calculadas en los apartados anteriores, es posible derivar una estimación del consumo total de mercurio en el sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas:

Importaciones netas de compuestos de Hg	48.72 toneladas
Industria cloroalcalina	4.97 toneladas
Biofarmacéutica y laboratorios	3.92 toneladas
Química inorgánica básica	9.12 toneladas
<b>Total</b>	<b>66.73 toneladas</b>

#### **4.5.3 Sector de servicios profesionales, científicos y técnicos**

Este sector abarca instrumentos para uso científico y profesional, como barómetros, termómetros no médicos y psicrómetros o higrómetros. Es difícil cuantificar cuánto mercurio se utiliza en este sector porque esta clase de instrumentos son empleados por un sector de consumidores bien definido, pero disperso, por lo que no es fácil determinar el consumo anual de este mercado.

<sup>67</sup> S. Budavari (comp.), *The Merck Index—An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals*, Merck and Co., Inc., Whitehouse Station, N. J., 1996, p. 1006.

<sup>68</sup> R. J. Lewis (comp.), *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, 13<sup>a</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., Nueva York, N. Y., 1997, p. 715.

Por fortuna, la serie Hojas Técnicas (*Fact Sheet*) del Centro de Intercambio de Información Interestatal sobre Educación y Reducción de Mercurio (IMERC) constituye un recurso muy valioso, que proporciona información descriptiva sobre todas las clases de dispositivos e instrumentos con mercurio y sus usos, así como el contenido de mercurio de los productos y sus alternativas sin mercurio.

Las descripciones de los siguientes instrumentos y sus alternativas sin mercurio se reproducen casi textualmente de las fuentes de información citadas.

#### **a) Barómetros**

**Descripción:** Los barómetros se utilizan para medir la presión atmosférica. Se trata de un tubo largo y cilíndrico lleno de mercurio que es desplazado por la presión atmosférica. Cuando el nivel de Hg en un barómetro sube, indica aumento en la presión del aire; cuando baja, indica descenso en dicha presión (LCSP, 2003). La cantidad de mercurio en cada uno de estos aparatos varía entre 400 y 620 gramos (NEWMOA/IMERC, 2008).

**Alternativas:** El barómetro aneroide es más compacto y consta de un diafragma de metal al vacío unido mecánicamente a una aguja indicadora. Cuando la presión atmosférica sube o baja, el diafragma se contrae o expande, haciendo que la aguja indicadora muestre el cambio de presión. El barómetro digital contiene un sensor con propiedades eléctricas (resistencia o capacitancia), que se considera tan exacto como el barómetro tradicional o el aneroide, y cambia según cambia la presión atmosférica. Circuitos electrónicos adicionales convierten la información del sensor en una lectura digital. También hay un dispositivo llamado barómetro de agua similar al barómetro de mercurio tradicional. Los cambios en la presión del aire hacen que el agua suba o baje en el tubo. Un nivel de agua bajo indica presión alta y buen clima. El nivel del agua sube cuando la presión del aire desciende (LCSP, 2003).

Según el SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) al amparo de la fracción arancelaria 9025 8099, que lista 10 tipos de instrumentos similares, incluidos barómetros, fueron de 1,452,501 unidades.

El cálculo del consumo total de mercurio de este sector debe tomar en consideración que el volumen total de unidades incluye diez tipos de instrumentos —incluidos barómetros, de los que hay cuatro tipos (de mercurio, aneroide, eco-celld de líquido y gas de silicio, y digital)— con cinco diferentes tipos de tecnología y que la tasa de obsolescencia de los barómetros de Hg significa que su uso se reduce a alrededor de una quinta parte. Así, suponiendo que cada barómetro de mercurio contenga 400 gramos de Hg en promedio, el consumo total de este metal es de aproximadamente **581 kg**. ( $1,452,501 \div 10$  tipos de instrumentos  $\div 5$  tipos de tecnología  $\div 4$  clases de barómetros  $\div$  obsolescencia de cinco años  $\times 400$  g).

De acuerdo con Cosmos, en México hay ocho empresas proveedoras de barómetros: El Crisol, SA de CV; Suministros para Laboratorio, SA de CV; Laboratorios y Tecnología México, SA de CV; PCA Instrumentación Analítica; WWR Internacional; Coinlab; Industrial Torres Marmex, y Filtramex.

#### **b) Termómetros no médicos**

**Descripción:** Los termómetros no médicos se destinan a diversos usos industriales, de laboratorio y comerciales, incluida la preparación de alimentos, congeladores, refrigeradores de laboratorio y pruebas. El protocolo de ciertos requisitos de laboratorio y códigos de preparación de alimentos exige que los termómetros sean de alta calidad (LCSP, 2003). La cantidad de mercurio en los diferentes tipos de termómetros varía entre 0.5 y 54 gramos (NEWMOA/IMERC, 2008).

**Alternativas libres de mercurio:** El termómetro de líquido de color en vidrio (también llamado “termómetro de líquido”) es el reemplazo más común para el termómetro de mercurio. Su apariencia y estructura son similares a las del termómetro de Hg en vidrio, ya que consta de un tubo cilíndrico que contiene un líquido que se dilata y contrae según la temperatura sube o baja. Los líquidos usados en los termómetros de vidrio son líquidos orgánicos comunes como alcohol, keroseno y solventes basados en extractos cítricos, teñidos de azul, rojo o verde. Ciertos fabricantes ofrecen termómetros de líquido descritos como no tóxicos o respetuosos del medio ambiente. Los termómetros digitales, bimetalicos o infrarrojos también son alternativas para los termómetros de mercurio y se utilizan en muchas de las mismas aplicaciones (LCSP, 2003).

**Consumo:** En la lista de las 32 empresas que venden termómetros están Fisher Scientific de México, SA, y su subsidiaria Casa Rosas.

Según datos del SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) efectuadas bajo la fracción arancelaria 90258099, que incluye 10 tipos de dispositivos e instrumentos de medición, incluidos termómetros no médicos, fueron de 1,452,501 unidades.

Tomando en consideración que esta cantidad incluye diez tipos de instrumentos, incluidos termómetros no médicos, y cinco tipos de termómetros (de líquido, digitales, bimetalicos, infrarrojos y de mercurio), y calculando que cada termómetro de mercurio tiene 25 gramos de Hg en promedio, obtenemos un consumo total aproximado de este metal de **726 kg** ( $1,452,501 \div 10$  tipos de termómetros  $\div 5$  tipos de tecnologías  $\times 25$  g).

### c) Psicrómetros o higrómetros

**Descripción:** El higrómetro es un instrumento que se utiliza para medir el contenido de humedad del aire o de cualquier gas. El tipo de higrómetro más común es el “psicrómetro de bulbo húmedo y seco”. La mejor descripción del psicrómetro es que se trata de dos termómetros de mercurio, uno con una base húmeda y el otro con una base seca. El agua de la base húmeda se evapora y absorbe calor, haciendo que la lectura del termómetro descienda. Usando una tabla de cálculo, con la lectura del termómetro seco y el descenso en la lectura del termómetro húmedo se determina la humedad relativa.

El psicrómetro giratorio también se utiliza para determinar la humedad relativa, la que se mide de manera confiable con los psicrómetros tanto digital como de tipo alcohol. El psicrómetro giratorio es en esencia un termómetro dentro de un mecanismo articulado que oscila dando vueltas a toda velocidad para registrar la lectura exacta de la humedad relativa.

Los psicrómetros funcionan en la misma forma que los higrómetros; sin embargo, los nombres difieren dependiendo de las aplicaciones en las que se utilizan. Por ejemplo, el higrómetro se usa para monitorear la humedad en los lugares donde se guarda tabaco usado por fabricantes y aficionados a los puros.

Científicos dedicados al estudio de la atmósfera y personas interesadas en el clima utilizan el psicrómetro para monitorear la humedad y el contenido de humedad en el exterior (LCSP, 2003). Las cantidades de mercurio contenido en este tipo de aparatos varía entre 5 y 6 gramos (NEWMOA/IMERC, 2008).

**Alternativas libres de mercurio:** Los psicrómetros pueden utilizar termómetros llenos de alcohol en vez de mercurio, con resultados igualmente exactos. Otra alternativa es el higrómetro digital, que utiliza sensores electrónicos y un programa digital para medir la humedad del aire. Tanto el higrómetro digital como el de alcohol son relativamente baratos, fáciles de encontrar y están actualmente en uso (LCSP, 2003).

**Consumo:** De acuerdo con datos del SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) realizadas bajo la fracción arancelaria 9025 8099, que incluye 10 tipos de dispositivos e instrumentos de medición, incluidos psicrómetros o higrómetros fueron de 1,452,501 unidades.

Tomando en cuenta que en esta cantidad se incluyen diez tipos de instrumentos, entre ellos psicrómetros y tres tipos de higrómetros (digitales, de alcohol y de mercurio), y calculando que cada unidad tiene 6 gramos de Hg en promedio, el consumo total aproximado de mercurio es de **290 kg**. ( $1,452,501 \div 10$  tipos de instrumentos  $\div 3$  tipos de tecnología  $\times 6$  g)

**Resumen del uso del mercurio en el sector de prestación de servicios profesionales, científicos y técnicos**

Barómetros	581 kg
Termómetros no médicos	726 kg
Psicrómetros o higrómetros	290 kg
<b>Total</b>	<b>1,597 kg</b>

**4.5.4 Sector de fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos**

Este sector incluye baterías, interruptores, relevadores de desplazamiento, interruptores de inclinación y conectores, todos con mercurio.

Los cambios tecnológicos han ido desplazando cantidades desconocidas de aparatos que contienen mercurio, por lo que resulta difícil establecer las cifras de usos, importaciones y cantidades desechadas de estos productos eléctricos con y sin Hg. Por este motivo sería conveniente poner en marcha un plan de gestión y lanzar un programa para sensibilizar a la ciudadanía sobre los riesgos, que tenga por objeto la recolección y reciclaje de productos gastados y su sustitución por alternativas sin mercurio.

Varias de las descripciones contenidas en los siguientes apartados se reproducen casi textualmente de las fuentes de información citadas.

**a) Baterías de mercurio**

Las pilas de botón que contienen mercurio en pequeñas proporciones incluyen las baterías de zinc-aire, las de óxido de plata y las alcalinas de óxido de manganeso. En todas estas baterías, la corrosión del zinc puede generar hidrógeno, que se libera en forma de gas. A su vez, la acumulación de hidrógeno puede provocar que las baterías chorreen un líquido corrosivo, limitando su funcionamiento. Debido a que el mercurio suprime la corrosión del zinc, se le suele agregar a las pilas de botón (NEWMOA/IMERC, 2008), en cantidades menores a 100 miligramos (LCSP, 2003).

En cuanto a las baterías de óxido de mercurio, el Hg (en un contenido de hasta 40% del peso de la pila) se usa como electrodo. Usadas anteriormente en aparatos para la sordera, este tipo de baterías fueron prohibidas en 1996 y hoy día se usan únicamente en equipo militar y médico, en el que se requiere un flujo de corriente prolongado y estable (NEWMOA/IMERC, 2008).

De acuerdo con datos del SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) realizadas al amparo de la fracción arancelaria 85063001, correspondiente a baterías de óxido de mercurio, fueron de 197,475 kg en total. El contenido de Hg en esta clase de producto fluctúa entre 33 y 40 por ciento de su peso, lo que da como resultado un consumo de mercurio total en apariencia extremadamente alto: entre 65 y 99 toneladas.

Puede ser que se haya cometido un error en el informe sobre importaciones, lo que es común, y que la información anterior no sea correcta. Si el peso total de las baterías de mercurio, cuyo peso promedio es de 3 gramos, se declaró erróneamente en kilogramos cuando en realidad se trataba de gramos, y si calculamos un contenido de Hg promedio por unidad de 40%, el consumo de mercurio resultante total es de aproximadamente **237 kilogramos**.

Es esencial que se tomen medidas para exigir que en Aduanas se registre información más detallada sobre estas baterías, como tamaño y tipo, para que se pueda remitir al SIAVI, sobre todo si consideramos que este tipo de producto supuestamente está prohibido.

Como ya se mencionó en el capítulo 3, la información generada a partir del SIAVI puede ser inexacta en alto grado debido a cambios en las fracciones arancelarias del Sistema Armonizado (SA) y a la reasignación de las mismas. En 2002 se redujo el número de fracciones arancelarias del SA y se conjuntaron los datos estadísticos de productos similares que antes tenían su propia fracción.

Con respecto a otros tipos de baterías (alcalinas, de zinc-carbono y óxido de plata), es necesario analizar su contenido de mercurio y regular el nivel de concentración de acuerdo con el mínimo de mercurio en baterías estipulado en el Protocolo de Aarhus sobre Metales Pesados (1998), Anexo VI, Medidas de Control de Productos, Punto 5, que estipula:

*Cada una de las Partes, en el plazo de cinco años, o diez años en el caso de los países con economías de transición que declaren su intención de adoptar un periodo de diez años en una declaración que depositarán junto con su instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o acceso, a partir de la fecha de entrada en vigor del presente Protocolo, alcanzará niveles de concentración que no superen:*

*(a) el 0.05% en peso de mercurio en baterías alcalinas de manganeso de uso prolongado en condiciones extremas (por ejemplo, temperatura inferior a 0 °C o superior a 50 °C, con exposición a choques térmicos), y*

*(b) el 0.025% en peso de mercurio en todas las demás baterías alcalinas de manganeso.*  
[Véase CCA, 2000, anexo 2.]

De acuerdo con datos del SIAVI, se informaron 14 empresas exportadoras y 53 importadoras. En México no se producen baterías alcalinas, de zinc-carbono o de óxido de mercurio.

## **b) Relevadores**

Un relevador es un dispositivo controlado eléctricamente que abre o cierra contactos eléctricos para hacer funcionar otros dispositivos en el mismo o en otro circuito eléctrico. El uso más común de los relevadores es para conmutar grandes cargas de corriente suministrando corrientes relativamente pequeñas a un circuito de control. Hay dos grupos generales de relevadores: electromecánicos y semiconductores. Los electromecánicos incluyen relevadores de desplazamiento y de contacto, ambos de mercurio. Existen otras clases de relevadores sin Hg y electromecánicos, como el de lengüeta seca.

Los relevadores semiconductores incluyen relevadores de estado sólido y rectificadores controlados con silicio (LCSP, 2003).

Un relevador es un componente versátil utilizado para satisfacer las necesidades de cientos de productos y aplicaciones diversas. Se puede incorporar a un producto (como copadoras, calderas, aeronaves comerciales, conductores de controles de iluminación, telecomunicaciones, computadoras, máquinas de moldeo por inyección, hornos, instrumentos de pruebas de laboratorio, etc.) o se puede comprar como componente para utilizarse en aplicaciones específicas de cada cliente (por ejemplo, procesamiento petroquímico) La cantidad de mercurio en los diferentes tipos de estos aparatos varía entre 0.1 g y más de un gramo (LCSP, 2003).

Entre las alternativas sin mercurio están las siguientes:

1. Relevadores magnéticos de lengüeta seca
2. Otros relevadores electromecánicos
3. Relevadores de estado sólido
4. Rectificadores controlados con silicio
5. Híbridos (electromecánicos y de estado sólido)

De acuerdo con el SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas totales (importaciones menos exportaciones) de relevadores fueron de 284,515 kg (véase el cuadro 4-8). Esta cantidad incluye ocho tipos de relevadores: cinco sin mercurio, con 177.5 toneladas (62.5%), y tres con mercurio, con 107 toneladas (37.5 por ciento).

<b>Cuadro 4-8</b> <b>Importaciones netas de relevadores de mercurio</b> <b>(en kilogramos)</b>		
<b>Fracción arancelaria del Sistema Armonizado (SA)</b>	<b>Descripción</b>	<b>kg</b>
53359014	Relevadores automáticos diferenciales, hasta de 60 amperios	46,668
85359022	Otros relevadores	7,369
85364111	Relevadores auxiliares de bloques de contactos múltiples, de reposición manual o eléctrica, con capacidad inferior o igual a 60 amperes.	114,058
85364905	Relevadores auxiliares de bloques de contactos múltiples, de reposición manual o eléctrica, con capacidad inferior o igual a 60 amperes y tensión máxima de 480 V.	116,150
	<b>Total</b>	<b>284,515</b>

*Fuente:* SIAVI, consultado el 15 de octubre de 2008.

El peso de los relevadores depende de sus componentes: los de desplazamiento de mercurio tienen una cubierta pesada, mientras que los de lengüeta húmeda de Hg están hechos de materiales más ligeros,

como vidrio. Esta situación dificulta todavía más determinar la proporción o el promedio de mercurio contenido en estas 107 toneladas.

Un factor que puede ayudar a hacer esta determinación es que los relevadores de mayor uso son los más pesados; por ejemplo, los que se usan como parte del mecanismo que enciende y apaga el alumbrado de la ciudad y en las líneas de alto voltaje de plantas industriales. La proporción de mercurio en estos relevadores es de casi 10% por peso. Así, una estimación justa del consumo total de mercurio en el grupo de relevadores es de **10.7 toneladas**.

El principal importador de relevadores a México fue Estados Unidos.

### **c) Interruptores**

Los interruptores son dispositivos que abren y cierran un circuito eléctrico, o una válvula para líquido o gas. Los interruptores de mercurio son usados en múltiples aplicaciones de tipo comercial e industrial, incluidos calentadores, hornos, compresoras, sistemas de seguridad, dispositivos elevadores, bombas y apagadores. La cantidad de mercurio contenido en los diferentes tipos de interruptores fluctúa entre 0.1 a 70 gramos por unidad (NEWMOA/IMERC, 2008).

El sector de interruptores tiene alrededor de 20 tipos diferentes de modelos sin mercurio y cinco tipos de modelos con Hg, que a continuación se describen.

#### *Interruptores de flotación de mercurio*

**Descripción:** Un interruptor de flotación de mercurio generalmente se encuentra en una cámara de flotación y se activa con el ascenso y descenso de los niveles de líquido. Este interruptor contiene un tubo pequeño con contactos eléctricos en uno de los extremos. Cuando el tubo sube, el mercurio se concentra en el extremo inferior, creando una ruta de conducción para completar el circuito. Cuando el interruptor vuelve a su lugar, el circuito se interrumpe. Este tipo de interruptor opera en forma similar al de inclinación de mercurio. El contenido de Hg en interruptores de flotación informado por los fabricantes a IMERC estuvo en el rango de más de 1 gramo por interruptor (LCSP, 2003).

#### **Alternativas sin mercurio:**

1. Interruptor de flotación mecánico
2. Interruptor magnético de lengüeta seca
3. Interruptor de flotación óptico
4. Interruptor de flotación de conductividad
5. Interruptor de bola metálica
6. Interruptor de flotación sónico o ultrasónico
7. Interruptor de flotación transmisor de presión
8. Interruptor de aleación de galio-indio
9. Interruptor de flotación térmico
10. Interruptor de flotación de nivel por capacitancia

#### *Interruptores de inclinación a base de mercurio*

**Descripción:** Los interruptores de inclinación a base de mercurio son tubos pequeños con contactos eléctricos en un extremo. Cuando el tubo sube, el mercurio se concentra en el extremo inferior, creando una ruta de conducción para completar el circuito. Cuando el interruptor regresa a su posición, el circuito se interrumpe. El contenido de Hg en interruptores de inclinación informado por los fabricantes a IMERC fluctuó entre 4 y 71 gramos por interruptor (LCSP, 2003).

### **\\Alternativas sin mercurio:**

1. Interruptor de inclinación de bola metálica
2. Interruptor de inclinación electrolítico
3. Potenciómetros
4. Interruptor de inclinación mecánico
5. Interruptor de inclinación de estado sólido
6. Interruptor de inclinación capacitivo

De acuerdo con el sitio en Internet Cosmos, hay seis empresas proveedoras de interruptores de inclinación.

#### *Interruptores de presión de mercurio*

**Descripción:** El interruptor de presión de Hg generalmente utiliza un pistón, diafragma o fuelles que actúan como el sensor de presión para activar el interruptor de mercurio.

El contenido de mercurio en interruptores de presión informado por los fabricantes a IMERC estuvo en el rango de más de 1 gramo por interruptor.

### **Alternativas sin mercurio:**

1. Interruptores de presión mecánicos
2. Interruptores de presión de estado sólido

#### *Interruptores de temperatura de mercurio*

**Descripción:** Este tipo de interruptor emplea un sensor de temperatura acoplado a los medios mecánicos de activación de un interruptor de mercurio. Dicho sensor es por lo general un termopar, detector de temperatura de resistencia (RTD) o tubo Bourdón activado con gas. El contenido de mercurio en interruptores de temperatura informado por los fabricantes a IMERC estuvo en el rango de más de 1 gramo por interruptor (LCSP, 2003).

### **Alternativas sin mercurio:**

1. Interruptores de temperatura mecánicos
2. Interruptores de temperatura de estado sólido

#### *Interruptores automotrices*

Las fuentes de información consultadas no contenían información específica relativa a interruptores u otros dispositivos de mercurio utilizados en automóviles.

Dado que éste es un mercado específico, las posibles acciones que se pueden poner en marcha en el futuro son dos. Una es encontrar cuántas y qué partes que contienen mercurio se están vendiendo en el mercado de venta de partes para automóviles nuevos.

La otra —muy importante— está en el contexto del desmantelamiento de automóviles para chatarra. Cifras considerables de automóviles usados han ingresado al territorio nacional (y muchos más lo harán, gracias al TLCAN) y cuando dichos automóviles ya no funcionan se quedan en México y se venden como chatarra.

México no cuenta con un programa activo de retiro de interruptores de mercurio de los automóviles.

De acuerdo con datos del SIAVI, alrededor de 12 fracciones arancelarias del SA cubren diferentes tipos de interruptores, una de las cuales aplica a los interruptores de inclinación de mercurio (fracción

85365006). De julio de 2007 a junio de 2008, las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) en esta categoría fueron de 78.34 toneladas. Calculando una proporción promedio de contenido de mercurio de casi 2%, el consumo total resultante de Hg de este grupo de productos es de aproximadamente **1.56 toneladas**.

#### d) Lámparas de mercurio

**Descripción:** El mercurio es usado en una amplia variedad de lámparas para interiores y exteriores, desde tubos fluorescentes a anuncios de neón. El uso de lámparas fluorescentes y otras lámparas de mercurio se ha popularizado debido a su eficiencia en el consumo de energía y generalmente son más durables que las lámparas incandescentes. El mercurio es un elemento esencial para el funcionamiento de la lámpara (LCSP, 2003). El contenido individual de mercurio en los diferentes tipos de lámparas va de 3 a 50 miligramos (mg) por lámpara.

Los principales fabricantes de lámparas fluorescentes de mercurio en México son General Electric, Osram y Philips, que las fabrican, importan y exportan. De acuerdo con datos del SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008 las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) de lámparas de mercurio fueron de alrededor de 74 millones de lámparas de diferentes tipos (véase el cuadro 4-9).

<b>Cuadro 4-9</b>				
<b>Importaciones netas de lámparas con mercurio, julio de 2007 a junio de 2008</b>				
<b>Fración arancelaria del Sistema Armonizado (SA)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Importaciones netas (unidades)</b>	<b>Contenido de Hg* (mg)</b>	<b>Total (kg)</b>
85393101	Lámparas fluorescentes tubulares en forma de "O" o de "U" De cátodo caliente Principales exportadores: China y EU	2,717,709	6	16.30
85393201	Lámparas de vapor de mercurio o sodio de alta presión Lámparas de halogenuro metálico Principales exportadores: EU y China	1,006,477	48	48.31
85393202	Lámparas de vapor de mercurio o sodio Lámparas de halogenuro metálico Principal exportador: EU	450,834	48	21.64
85393203	Lámparas de vapor de mercurio o sodio de baja presión Lámparas de halogenuro metálico Principal exportador: EU	210,801	8	1.68
85393299	Otras clases: Lámparas de vapor de mercurio o sodio Lámparas de halogenuro metálico Principal exportador: China y Bélgica	595,774	10	5.95
85393903	Otras clases: Lámparas fluorescentes tubulares en forma de "O" o de "U" Principal exportador: China	11,068,953	6	66.41

85393905	Otras clases: Lámparas de neón Principal exportador: China y EU	17,273,210	3	51.82
85393999	Otras clases: Lámparas y tubos de descarga, excepto los de rayos ultravioleta Principal exportador: China	40,696,999	6	244.18
	<b>Total</b>	<b>74,020,757</b>		<b>456.29</b>
<i>Fuente:</i> SIAVI, consultado el 24 de octubre de 2008.				
* Derivado de Mercurio en Sistemas de Iluminación y de Osram.				

**Alternativas libres de mercurio:** Por su eficacia y bajo consumo de energía, las lámparas de mercurio permanecerán en el mercado por varios años; otras tecnologías como la LED (diodo emisor de luz), cuyo precio es mayor que el de las lámparas de mercurio, con el tiempo compartirán el mercado gracias a que son más eficaces.

Los principales países exportadores de lámparas a México son China y Estados Unidos, mientras que los principales países a los que México exporta son Estados Unidos, Guatemala, Cuba y El Salvador.

#### e) Anuncios de neón

**Descripción:** Los anuncios de neón usan la misma tecnología que las lámparas lineales fluorescentes, con la diferencia de que no se les produce en escala industrial, toda vez que su manufactura depende del tamaño, forma y diámetros requeridos, en función de proyectos publicitarios específicos. El contenido individual de mercurio en las diferentes formas de lámparas va de 0.5 a 5 gramos por lámpara, dependiendo del control de calidad en la manufactura y de su tamaño.

Según el Censo Industrial de 2003, el consumo de mercurio en este sector fue de aproximadamente **1.024 toneladas**. En México, los anuncios de neón se fabrican en forma artesanal y el Hg no se utiliza con cuidado. Es común que el mercurio que utilizan pequeños negocios lo compren en farmacias. De acuerdo con la sección amarilla de la Ciudad de México, hay 97 compañías y talleres dedicados a esta actividad.

**Alternativas libres de mercurio:** Las tendencias en este sector sugieren que se reducirá el consumo de mercurio, a causa del incremento en su precio y de los cambios de moda en la publicidad.

<b>Resumen del sector de fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos</b>	
Baterías de mercurio	0.237 toneladas
Relevadores de mercurio	10.700 toneladas
Interruptores de mercurio	1.560 toneladas
Lámparas de mercurio	0.456 toneladas
Anuncios de neón	1.02 toneladas
<b>Total aproximado</b>	<b>14 toneladas</b>

#### **4.5.5 Sector de fabricación de productos diversos**

Los cambios tecnológicos han desplazado cantidades desconocidas de instrumentos y equipo, lo que hace más difícil estimar las cantidades de mercurio que utiliza o contiene este sector.

Las descripciones de los siguientes productos de mercurio y sus alternativas se reproducen en forma casi textual de las fuentes de información citadas.

##### **a) Fluxómetros de mercurio**

**Descripción:** Los fluxómetros se utilizan en muchos campos para medir el flujo de gas, agua, aire o vapor. Se utilizan en plantas de tratamiento de agua, plantas de aguas negras, estaciones eléctricas y otras aplicaciones industriales (LCSP, 2003). El contenido individual de mercurio en los fluxómetros va de 3 miligramos a 0.5 o más de 1 gramo por aparato. (NEWMOA/IMERC, 2008).

**Alternativas libres de mercurio:** Es posible que en ciertas actividades industriales todavía haya fluxómetros de mercurio en uso o en inventario; no obstante, la investigación indica que los nuevos se fabrican sin dicho metal. Los fabricantes con quienes se tuvo contacto manifestaron no haber utilizado mercurio en la fabricación de fluxómetros nuevos. Entre los fluxómetros sin Hg están los digitales y los accionados por bola (LCSP, 2003; IMERC, Fact Sheet)<sup>69</sup>.

De acuerdo con Cosmos, QuimiNet y Buscador Industrial, hay más de 50 empresas proveedoras de fluxómetros.

##### **b) Manómetros**

**Descripción:** Los manómetros se usan para medir la presión del aire, el gas y el agua. El mercurio que contienen responde a la presión del aire de una forma precisa medible en una escala calibrada. Los manómetros se utilizan en laboratorios, en el proceso de ordeña en la industria lechera y para la calibración de motores fuera de borda y carburadores de motocicletas. Los prestadores de servicios en el giro de calefacción, ventilación y aire acondicionado también los utilizan para hacer pruebas, balancear y dar servicio al equipo (LCSP, 2003). El contenido de mercurio en los manómetros va de 6 a 75 gramos por aparato.

**Alternativas libres de mercurio:** Las tres alternativas para el manómetro de mercurio son el manómetro de Bourdón o de aguja, el aneroide y el digital. El de Bourdón o aguja funciona en vacío con un indicador de aguja como método para medir la presión; el aneroide funciona en forma similar al de Bourdón, y el digital utiliza una memoria digital programada por computadora e indicadores para medir la presión (LCSP, 2003).

**Consumo:** Según el SIAVI, de julio de 2007 a junio de 2008, las importaciones netas (importaciones menos exportaciones) de productos amparados por las fracciones arancelarias 90262002 y 90262006 del SA, que cubren siete tipos de dispositivos de medición, incluidos manómetros, ascendieron a 13,263,909 unidades en total.

Dado que esta cantidad incluye siete tipos de instrumentos, incluidos manómetros, y que hay cuatro clases de manómetros, tres de ellas sin mercurio (el manómetro de Bourdón o aguja, el aneroide y el digital), y además tomando en consideración la obsolescencia y la menor demanda de manómetros de mercurio, la cantidad de Hg se calcula usando un factor de 50 por ciento. Así, si calculamos un peso promedio por unidad de 6 g, el consumo total de mercurio en este grupo de productos es de

---

<sup>69</sup> Véase <[http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring\\_devices.pdf](http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/factsheets/measuring_devices.pdf)>.

aproximadamente **1.421** toneladas ( $13,263,909 \div 7$  clases de instrumentos  $\div 4$  tipos de manómetros  $\div 2$  por menor demanda  $\times 6$  g)

Los principales países exportadores a México son Estados Unidos, China y Alemania.

De acuerdo con el sitio en Internet Cosmos, hay siete empresas proveedoras de manómetros de mercurio, dos de las cuales también los fabrican y ensamblan.

### c) Termostatos

**Descripción:** Los termostatos industriales permiten controlar la temperatura en ambientes de producción e industriales. El termostato de mercurio utiliza un interruptor de Hg para activar el dispositivo de calefacción o refrigeración. El mercurio del interruptor es parte de un relevador de corriente que depende de una corriente eléctrica para activar y desactivar el dispositivo de calefacción o refrigeración cuando el mercurio en el interruptor se desplaza. (LCSP, 2003). El contenido de mercurio para los termostatos fluctúa de 1 a 3 gramos por aparato. (NEWMOA/IMERC, 2008).

**Alternativas libres de mercurio:** Existen termostatos electrónicos digitales para control de temperatura y cargas de trabajo de tipo industrial. Para medir la temperatura los termostatos digitales utilizan un dispositivo simple llamado *termistor*, que es un reóstato cuya resistencia eléctrica cambia con la temperatura. El microcontrolador de un termostato digital puede medir la resistencia y convertir esa cifra en una lectura de temperatura (LCSP, 2003). Según las fuentes de información y distribuidores consultados, ya no hay termostatos con mercurio a la venta en México.

### d) Hidrómetros

**Descripción:** Los hidrómetros son instrumentos utilizados para medir la gravedad específica de un líquido (la relación entre la densidad del líquido y la del agua) y con frecuencia se usan en la elaboración de alimentos, en especial en la producción de cerveza y vino. Por lo general están hechos de vidrio y constan de un cilindro y un bulbo lastrado, que hace que el dispositivo flote recto en la solución líquida. Siempre se había empleado una pequeña cantidad de mercurio elemental en los hidrómetros como lastre, con frecuencia de menos de un gramo, dependiendo del tamaño del instrumento, pero ahora se utilizan hidrómetros sin Hg que usan balasto de plomo como lastre.<sup>70</sup>

**Alternativas libres de mercurio:** Una alternativa para el hidrómetro de mercurio es el de alcohol, que se adapta para satisfacer aplicaciones individuales. Debe consultarse con el fabricante para poder elegir el hidrómetro más apropiado para el uso que se pretenda darle.

#### Resumen del consumo de mercurio en el sector de fabricación de productos diversos

Fluxómetros, termostatos e hidrómetros	(hay pocos en uso o no existen datos)
Manómetros	1.4 toneladas
<b>Total</b>	<b>1.4 toneladas</b>

<sup>70</sup> Para mayor información, ingrese a: <<http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/measdev.cfm#h>>.

#### 4.5.6 Sector de fabricación de computadoras y productos electrónicos

Puesto que cada vez se consume más mercurio en el sector electrónico, como resultado de las cada vez más numerosas aplicaciones del metal en dispositivos electrónicos —sobre todo en lámparas de Hg de pantallas de cristal líquido y otras lámparas especializadas—, resulta sumamente importante destinar recursos a la realización de un estudio que describa estos usos y consumo del mercurio en la industria electrónica mexicana. El cuadro 4-10 presenta lo que actualmente se conoce de estos productos.

<b>Cuadro 4-10</b>				
<b>El mercurio en productos electrónicos</b>				
<b>Producto</b>	<b>Componente</b>	<b>Contenido de Hg por unidad</b>	<b>Número de unidades (importaciones netas)</b>	<b>Consumo de Hg (kg)</b>
Pantallas LCD* ≤14 pulgadas SA 85285101	Foco de luz fluorescente	2.5 mg	69,361	0.173
Pantallas LCD * 14 pulgadas SA 85285199	Foco de luz fluorescente	3.0 mg	2,395,620	7.18
Computadoras portátiles* SA 94713001	Lámpara para LCD	2.5 mg	2,490,646	6.23
Cámaras de video*		2.5 mg	22,975,195	57.44
Cámaras de video**	Pantalla LCD	2.5 mg	362,578	0.906
Computadoras portátiles**	Lámpara para LCD	2.5 mg	1,632,557	4.08
<b>Total</b>				<b>76.01</b>
<i>Fuentes: *SIAVI, consultado el 15 de octubre de 2008; ** Inegi, Censo Económico 2004.</i>				

## Capítulo 5: Resultados y conclusiones

### 5.1 Tendencias actuales en la oferta y la demanda en el mercado mexicano del mercurio

Las conclusiones alcanzadas en los capítulos 1 a 4 sobre las tendencias actuales en la oferta y la demanda en el mercado mexicano del mercurio se pueden resumir de la siguiente manera:

- En la década de 1980 (de 1985 a 1989), México fue país exportador neto de mercurio, con aproximadamente 323 toneladas (600 toneladas exportadas menos 277 importadas).
- Durante la década de 1990 (1990-1999), México cambió a país importador neto de Hg, con aproximadamente 153.5 toneladas (244.8 toneladas importadas, menos 91.3 exportadas).
- En 1994 se suspendió la producción primaria en México a causa de los bajos precios del metal.
- Durante el periodo 2000-2007 México fue importador neto de aproximadamente 138.5 toneladas (203 toneladas importadas, menos 64.5 exportadas).
- La oferta aparente promedio de mercurio de 2000 a 2006 fue de 37.4 toneladas.
- Sin embargo, en 2007, por primera vez, la oferta aparente de mercurio fue negativa, de -8.9 toneladas en ese año y de -34.7 toneladas en 2008 (véase el cuadro 2-5).
- La posible explicación de esta oferta aparente negativa es que de 2005 a 2007 las exportaciones mexicanas a países de América Latina se incrementaron 360%, incremento que llegó a 992% en 2008, según datos publicados en marzo de 2009.
- Lo que esta tendencia parece indicar es que México se desempeñó como intermediario que importó mercurio de países desarrollados (sobre todo Estados Unidos) y lo exportó a países en desarrollo.

### 5.2 Tendencias actuales y futuras en la escena internacional

La Estrategia Comunitaria sobre el Mercurio, de la Comisión de las Comunidades Europeas (CE), propone la eliminación progresiva de las exportaciones de mercurio de la Comunidad hasta eliminarlas totalmente en 2011. La Ley que Prohíbe la Exportación de Mercurio de 2007 de Estados Unidos, firmada por el presidente Bush el 14 de octubre de 2008, prohíbe a las dependencias federales de ese país transferir mercurio elemental, prohíbe las exportaciones estadounidenses de mercurio elemental a partir del 1 de enero de 2013 y exige al Departamento de Energía designar y administrar un establecimiento para almacenar mercurio elemental a largo plazo a partir del 1 de enero de 2010.<sup>71</sup>

Tomando lo anterior en consideración, así como el hecho de que la mayor parte del mercurio importado por México ha provenido de Estados Unidos, se pueden anticipar las siguientes características para el mercado mexicano del mercurio:

- Continuará la producción secundaria de plata y mercurio a partir de antiguos jales de la actividad minera en Zacatecas, en virtud de la demanda internacional de mercurio y los precios del oro y la plata.
- Es probable que se incrementen las actividades de producción primaria, que a la fecha se realizan de manera informal y no se reportan oficialmente.

---

<sup>71</sup> Para mayor información, visite: <<http://www.glin.gov/view.action?glinID=71491>>.

- La prohibición a las exportaciones de mercurio decretada por la CE y Estados Unidos impulsará el desarrollo de infraestructura en México para el reciclaje de productos con contenido de Hg que han llegado al fin de su útil.
- En vista de estas prohibiciones, es posible que México considere el desarrollo de capacidad por cuanto toca a plantas de reciclaje y tecnología limpia, al igual que cambios en su legislación.
- Las importaciones de mercurio a México podrían alcanzar altos niveles durante 2009, dada la futura (planeada) prohibición a las exportaciones de Estados Unidos.

### 5.3 Países que importan las mayores cantidades de mercurio de México

México exportó 5.9 toneladas de mercurio en 2005, 8.2 en 2006 y 21.3 en 2007, es decir, se registró un aumento de 360% en estos tres años (véase el cuadro 5-1); después, un cambio drástico ocurrido en 2008 incrementó 992% las exportaciones mexicanas de 2005 a 2008. Perú es el país al que México exporta la mayor cantidad de mercurio, seguido por Colombia, Brasil y Argentina.

<b>Cuadro 5-1</b>					
<b>Principales países a los que México exporta mercurio</b>					
(toneladas)					
<b>País</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Total</b>
Perú	0	0	2.65	32.88	35.53
Colombia	1.21	3.00	11.95	16.65	32.81
Brasil	0	3.11	5.18	2.07	10.36
Argentina	3.11	0.55	0.55	5.18	9.39
<i>Derivado del cuadro 2-7</i>					

### 5.4 Estimación del consumo de mercurio en México, por sector

Empleando cálculos obtenidos en el capítulo 4, el cuadro 5-2 resume la información del consumo de mercurio en procesos y productos, clasificados por sector.

Dado que fue necesario evaluar la calidad de la información disponible (oficial, técnica y comercial) al calcular los usos y el consumo de mercurio, también fue importante no sobreestimar algunos sectores. Desafortunadamente, es posible que el grado de inexactitud sea mayor en el sector eléctrico (en especial en interruptores y relevadores) que en los demás sectores de productos, ya que gran cantidad de información estaba agregada. El sector de servicios profesionales, científicos y técnicos necesita mayor evaluación y en ambos sectores es importante elaborar un programa de recolección, considerando que muchos de estos productos todavía están en uso.

La prioridad de cada sector depende de su impacto en el medio ambiente: la cantidad de mercurio liberada al final de la vida del producto; la cantidad de Hg contenida en un producto; la cantidad total de mercurio calculada por todas las ventas del producto, y la disponibilidad de alternativas sin el metal. Si un producto satisface tres de estos cuatro criterios, su prioridad es alta.

<b>Cuadro 5-2</b>				
<b>Consumo de mercurio en México, por sector</b>				
<b>(en toneladas)</b>				
<b>Sector</b>	<b>Productos nacionales</b>	<b>Productos importados</b>	<b>Total</b>	<b>Prioridad</b>
<b>Sectores de productos</b>				
<i>Servicios dentales y hospitalarios</i>			<b>15.2</b>	
• Amalgamas	3.5	5.5		A
• Termómetros		2.4		A
• Esfigmomanómetros	1.9	1.9		A
<i>Fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos</i>			<b>14.0</b>	
• Iluminación, producción nacional		0.5		M
• Anuncios de neón	1.0			A
• Baterías, relevadores e interruptores		12.5		A
<i>Fabricación de productos diversos</i>			<b>1.4</b>	
• Fluxómetros, manómetros y termostatos		1.4		A
<i>Fabricación de computadoras y productos electrónicos</i>			<b>0.1</b>	
• Pantallas LCD, computadoras portátiles y videocámaras		0.1		M
<i>Servicios profesionales, científicos y técnicos</i>			<b>1.6</b>	
• Barómetros, termómetros no médicos, psicrómetros o higrómetros		1.6		M
<b>Total sectores de productos</b>	<b>6.4</b>	<b>25.9</b>	<b>32.3</b>	
<b>Sectores de procesos</b>				
<b>Producción de sustancias químicas y biofarmacéutica</b>			<b>66.7</b>	
• Cloro-álcali	5.0			M
• Producción de química inorgánica básica	9.1			A
• Usos en biofarmacéutica y laboratorios	3.9			M
• Importaciones netas de compuestos de mercurio desconocidos (40% de 122.8 toneladas)		48.7		A
<b>Total, sectores de procesos</b>	<b>18.0</b>	<b>48.7</b>	<b>66.7</b>	
<b>Total consumo, sectores de productos y procesos</b>	<b>24.4</b>	<b>74.6</b>	<b>99.0</b>	

## 5.5 Productos y procesos que consumen los mayores volúmenes de mercurio

1. *Sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas.* Este sector es el que consume la mayor cantidad de mercurio (véase el cuadro 5-2). El segmento de producción de química inorgánica básica, que consume 9.12 toneladas, y las importaciones de compuestos de mercurio desconocidos, que ascienden a 48.7 toneladas, tienen una prioridad alta no sólo por el volumen de mercurio consumido, sino también por el ciclo de vida desconocido de estos compuestos y sus rutas ambientales no especificadas.

Los usos del mercurio en el segmento de biofarmacéutica y laboratorios, con consumo aproximado de 3.9 toneladas, incluye un alto número de compuestos de mercurio utilizados en investigación y en laboratorios académicos. Lamentablemente, la información disponible sobre las exportaciones e importaciones y la producción de Hg no indica qué cantidad corresponde a este segmento y qué cantidad corresponde a las ventas de mercurio en otros sectores, como anuncios de neón y usos culturales.

El sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas es una área prioritaria para la evaluación de los posibles impactos y las rutas ambientales de los procesos y las sustancias producidas.

En la industria cloroalcalina, el consumo anual de mercurio se redujo casi 12.25% (de 5.66 a 4.97 toneladas) debido a que una de las tres plantas cambió su tecnología a un proceso sin mercurio.

2. *Sector de servicios dentales y hospitalarios.* Este sector tiene el segundo consumo más alto, con 15.2 toneladas, el que sin embargo se reducirá en el futuro ya que México acaba de iniciar en 2007 un programa para la eliminación de aparatos que contienen mercurio de los hospitales. Entre las dificultades que este programa enfrenta se cuentan las carencias en la tecnología de reciclaje y el escaso número de establecimientos dedicados a la recolección y reciclaje de termómetros y esfigmomanómetros, así como el requisito de las actuales normas mexicanas en cuanto a que el mercurio líquido generado tiene que solidificarse antes de su eliminación, entre otras. Por las razones anteriores, las acciones relativas a estos productos son de alta prioridad.

En lo que se refiere a las amalgamas dentales, el problema es que el mercurio para tal efecto se vende en muchas farmacias y tiendas de productos dentales, ocasionando que el Hg se destine a usos no esenciales y, en consecuencia, se generen emisiones innecesarias del metal.

3. *Sector de fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos.* Este sector ocupa el tercer sitio, con un consumo de mercurio informado que ronda las 14 toneladas. Sin embargo, tal cifra está sin duda subestimada, ya que hay omisiones en la información, en especial en lo que respecta a interruptores y relevadores, y puede ser considerablemente mayor a la informada.

Por esta razón y por la falta de programas de recolección y reciclaje, y sobre todo porque se desconoce la cantidad de mercurio que generan estos productos cuando se desechan (la que se presume es relativamente alta, considerando el contenido de Hg de cada unidad), este sector es de alta prioridad. Otra causa importante de incertidumbre es la enorme cantidad de unidades almacenadas de estos productos eléctricos.

4. *Sector de servicios profesionales, científicos y técnicos.* Este sector ocupa el cuarto lugar de importancia, con un consumo de productos de mercurio estimado en 1.6 toneladas. Al parecer, la perspectiva de este sector es que el consumo de productos que contienen Hg va a descender, gracias a la disponibilidad de tecnología nueva sin mercurio.

5. *Sector de fabricación de productos diversos.* El consumo estimado de mercurio de este sector, el quinto en prioridad, es de 1.4 toneladas. Al igual que ocurre en el sector de fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos, faltan fuentes de información adecuada para cuantificar el consumo y programas de recolección y reciclaje.

6. *Sector de fabricación de computadoras y productos electrónicos.* El sexto lugar lo ocupa un sector difícil de caracterizar en relación con el consumo de mercurio porque la mayoría de sus productos son importados y hay lagunas en la información. El consumo de Hg estimado es de 73 kilogramos. Es importante mencionar que este sector genera otras sustancias tóxicas, motivo por el cual deben emprenderse acciones de manejo de riesgos y sensibilización ciudadana.

## Capítulo 6: Recomendaciones

### 6.1 Recomendaciones relativas a la producción de mercurio y al manejo de las reservas del metal, dependiendo de las tendencias actuales y futuras

**Recomendación 1:** Diseñar un estudio que permita determinar si se está produciendo mercurio primario de manera informal en México.

**Recomendación 2:** Formular una evaluación más detallada que la realizada para el presente informe en relación con la producción secundaria de mercurio a partir de jales en Zacatecas, con el fin de determinar su viabilidad económico-ambiental. Asimismo, sería importante determinar si hay otros poblados con minas de plata en San Luis Potosí, Hidalgo y Guanajuato que tengan potencial para el beneficio de jales.

**Recomendación 3:** Hacer una breve evaluación para determinar el impacto en el mercado mundial si dichas fuentes de suministro llegan a estar disponibles.

**Recomendación 4:** Es necesario reunir y evaluar información relacionada con la producción de mercurio como subproducto y con las considerables emisiones de Hg derivadas de los procesos de extracción de metales de depósitos de cobre, zinc u oro.

**Recomendación 5:** Es importante comenzar a evaluar el desarrollo de capacidades, desde las perspectivas tanto legal como ambiental, ya que México aún no ha puesto en operación instalaciones de reciclaje.

**Recomendación 6:** Llevar a cabo a mediano plazo un estudio sobre desarrollo de capacidades para el retiro y almacenamiento definitivo del mercurio excedente que considere: las entidades (dependencias estatales o empresas privadas) autorizadas para almacenar Hg; las partes responsables de pagar los costos de almacenamiento temporal y definitivo; las normas técnicas para el almacenamiento seguro a largo plazo; los fundamentos legales aplicables a dicho almacenamiento, y los cambios en leyes y reglamentos que podrían necesitarse.

### 6.2 Recomendación relativa a las exportaciones mexicanas a otros países

**Recomendación 7:** Considerar una mejor implementación del Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (PIC) aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional con países de América Latina y otros firmantes. El PIC es un mecanismo para obtener y difundir formalmente las decisiones de Partes importadoras de recibir o no futuros embarques de sustancias químicas del Anexo III, y para garantizar que las Partes exportadoras respeten estas decisiones. El mercurio y algunos de sus compuestos están listados en dicho anexo. La puesta en marcha del Convenio de Róterdam ayudará por lo menos a manejar el riesgo ambiental, así como a validar la información generada por las autoridades aduanales.

### 6.3 Recomendaciones relativas a productos alternos y a su manejo y eliminación al final de su vida útil

#### *Sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas*

**Recomendación 8:** El sector biofarmacéutico y de producción de sustancias químicas, responsable de un elevado tonelaje de mercurio, realmente necesita ser estudiado más a fondo a fin de conocer con mayor precisión las cantidades consumidas y también para tener un mejor conocimiento sobre la eliminación de estos productos y su impacto en la salud humana y el medio ambiente.

La Cédula de Operación Anual (COA) exigida a los establecimientos industriales podría ser una herramienta muy útil para dar seguimiento y evaluar la nueva información sobre el consumo y las emisiones de mercurio en las industrias que presentaron informes durante 2005 y 2006, así como en

años futuros. Dado que esta información es confidencial, corresponde a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) analizarla a efecto de determinar si se está generando contaminación con mercurio.

Es importante determinar en qué procesos se puede sustituir el uso de mercurio o bien aplicar mejores tecnologías disponibles (MTD) y prácticas ambientales (MPA) al interior del sector.

#### Sector de servicios dentales y hospitalarios

**Recomendación 9:** (para la Secretaría de Salud) Considerar, a corto y mediano plazo, un proyecto obligatorio para eliminar en los hospitales todos los aparatos que contengan mercurio y también un programa de recolección de amalgamas.

**Recomendación 10:** (para la Secretaría de Salud) Una medida urgente y altamente prioritaria que las autoridades de salud deben emprender es prohibir la venta de mercurio elemental en las farmacias. En México, el mercurio para amalgamas se compra para usos distintos a los del cuidado dental y los servicios hospitalarios; por ejemplo, para talleres de anuncios de neón, medicina tradicional y joyería. La situación del mercurio en México es contradictoria, ya que por una parte ciertas normas limitan sus emisiones a la atmósfera y al agua y controlan los residuos, pero por otra parte este contaminante no ha sido regulado como producto y tampoco se han elaborado estrategias gubernamentales de sensibilización ciudadana sobre los riesgos y peligros de la exposición al metal.

#### Sector de fabricación de equipo, aparatos y componentes eléctricos

**Recomendación 11:** En el sector de fabricación e importación de equipo, aparatos y componentes eléctricos se precisan acciones urgentes en lo que respecta a relevadores de mediano y gran tamaño, que se utilizan en grandes cantidades y suelen enviarse a fundiciones de reciclaje secundario una vez que desechan. Este asunto ha de investigarse más a fondo, al tiempo que deben ponerse en marcha programas de manejo de riesgos y sensibilización ciudadana. Deben considerarse acciones similares para interruptores, manómetros desechados y, en general, para todos los productos que contienen mercurio y que pueden sustituirse por alternativas sin dicho metal. Estas acciones podrían extenderse a la fabricación de productos diversos, así como a las actividades profesionales, científicas y técnicas de este sector.

El sector genera otras sustancias tóxicas, motivo por el cual resulta de particular importancia emprender acciones de manejo de riesgos y sensibilización ciudadana.

Otros sectores de la economía (incluidos fabricantes y vendedores detallistas de productos que contienen mercurio, instituciones académicas, entidades gubernamentales y ONG) pueden desempeñar papeles de apoyo importante a estas iniciativas.

**Recomendación 12:** Considerando que en el segmento de la producción cloroalcalina el consumo anual de mercurio se redujo aproximadamente 12.25% (de 5.66 a 4.97 toneladas), las dos plantas que todavía utilizan procesos basados en el mercurio deben participar en programas de recolección y reciclaje de Hg, mientras cambian de tecnología.

**Recomendación 13:** Quizá sea necesario elaborar una estrategia junto con las autoridades aduanales para formular un método rápido de análisis de los niveles de mercurio contenido en las baterías.

**Recomendación 14:** Se debe crear una alianza específica en el contexto de Frontera 2012 para que los recicladores de automóviles usados importados retiren de las unidades los interruptores con mercurio. Una acción inicial sería ponerse en contacto con representantes estadounidenses y mexicanos de Frontera 2012.

**Recomendación 15:** Usar información generada a partir de este informe sobre el mercado del mercurio, en relación con productos y procesos que contienen mercurio, para iniciar un *Análisis de uso y sustitución* que identifique las alternativas para estos productos, sus costos, etc. Este análisis podría ayudar al gobierno mexicano a asignar prioridades a las iniciativas de reducción del consumo de mercurio.

**Recomendación 16:** Elaborar un plan de manejo del mercurio conjuntamente con otros sectores de la sociedad (fabricantes y vendedores detallistas de productos que contienen mercurio, instituciones académicas, entidades gubernamentales y ONG) que pueden desempeñar un importante papel de apoyo a estas iniciativas.

**Recomendación 17:** Iniciar un proyecto piloto en hospitales que pueda servir para planear un programa de recolección de termómetros y esfigmomanómetros, así como de manejo de los residuos resultantes y los productos al final de su vida útil, para su almacenamiento temporal o reciclaje.

#### **6.4 Recomendaciones para mejorar las fuentes de información y crear mayor conciencia en la ciudadanía**

**Recomendación 18:** La Administración de Aduanas de Estados Unidos y la Secretaría de Economía de México deben organizar en conjunto un programa inicial que tenga como objetivo depurar y validar los datos sobre las importaciones y exportaciones de mercurio y de productos con Hg reportados por el SIAVI. Los países importadores y exportadores deben validar y analizar las cantidades de mercurio y de productos con Hg importadas y exportadas.

**Recomendación 19:** En relación con la actividad de la industria maquiladora, en la que se permite a ciertas empresas importar mercurio como materia prima y exportarlo en forma de productos con Hg con dispensa especial de las autoridades aduanales, se debe considerar la necesidad de investigar los mecanismos de control y elaboración de informes relativos a estas importaciones y exportaciones temporales. También sería útil comparar los datos al respecto generados por las autoridades mexicanas con los de las autoridades aduanales de los otros países.

**Recomendación 20:** Deben implementarse mecanismos que permitan validar las estadísticas generadas por las autoridades aduanales en relación con los contenidos de mercurio y otras sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables en importaciones y exportaciones. Esta actividad se puede llevar a cabo al amparo del Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) sobre Mercurio. Como alternativa se podrían poner en marcha y mejorar mecanismos ya implementados, como el Convenio de Róterdam, para reunir y organizar información relacionada con el flujo de mercurio generado por las actividades de importación y exportación. De esta forma se ayudará a validar y mejorar las fuentes de información con que se cuenta en México, como el SIAVI; asimismo, la información generada puede contribuir a identificar elementos para una mejor evaluación de los riesgos de estas sustancias tóxicas.

**Recomendación 21:** Proporcionar a la ciudadanía información sobre la toxicidad del mercurio, ya que ésta no se menciona en las etiquetas ni en la publicidad de artículos y productos comerciales que lo contienen.

**Recomendación 22:** Trabajar con la industria y el comercio a fin de lograr una mayor colaboración en la divulgación de información sobre los usos, reservas y oferta del mercurio.

**Recomendación 23:** Poner en marcha una campaña de concientización ciudadana, idealmente a cargo de las secretarías de medio ambiente (Semarnat) y salud (Secretaría de Salud), la Administración General de Aduanas, la industria, la Caname y los proveedores de productos con mercurio. La Semarnat podría organizar una reunión inicial, que contaría con la asistencia de representantes de las partes antes mencionadas y otros participantes clave.

**Recomendación 24:** Diseñar e imprimir folletos, catálogos e información comercial para promover productos alternos sin mercurio.

**Recomendación 25:** Crear un plan nacional para el mercurio basado en acciones propuestas y emprendidas en el contexto de la segunda fase del Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) sobre Mercurio, formulado conjuntamente por Canadá, Estados Unidos y México, a saber:

1. Manejo de las emisiones atmosféricas de mercurio
2. Manejo del mercurio en procesos, operaciones y productos
3. Enfoques para el manejo de los residuos de mercurio
4. Investigación, monitoreo, modelado, evaluación e inventarios
5. Actividades de comunicación
6. Implementación y cumplimiento

# Anexo 1: Estadísticas de las importaciones y exportaciones de mercurio de Canadá, México y Estados Unidos

Un aspecto importante que debe tomarse en cuenta al abordar los retos del mercurio a escalas local, regional y mundial es la comprensión cabal de los flujos comerciales del Hg elemental. Este anexo reúne, analiza y evalúa la información disponible relativa al comercio de mercurio como mercancía en América del Norte, para aportar al conocimiento del mercado de este metal.

La información del comercio internacional del mercurio como producto básico se puede encontrar en dos fuentes nacionales diferentes: por un lado, las estadísticas del comercio de productos, generalmente procesadas por las autoridades aduanales; por el otro, las instituciones oficiales dedicadas a elaborar inventarios y perfiles de los recursos minerales.

Las fuentes de información internacionales son, por ejemplo, organizaciones como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que en 2006 publicó un documento titulado *Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury [Informe sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio]*. El PNUMA ha reunido y procesado datos obtenidos de fuentes de información de comercio nacionales y regionales o de cuestionarios entregados a los países para su llenado.

En el anexo 2 se presenta una breve descripción de las fuentes de información nacionales e internacionales más importantes consultadas para la redacción de este anexo y de los capítulos anteriores.

## a) Criterios de selección de información; omisiones, limitaciones y discrepancias

El cuadro A-1 reúne la información oficial disponible del mercurio elemental en el mercado de productos de América del Norte, a fin de dar seguimiento al comercio del Hg en los tres países. Es importante reconocer que en algunos casos esta información no es del todo confiable; sin embargo, es un punto de partida razonable para futuras discusiones, considerando lo difícil que es determinar datos fidedignos de importaciones y exportaciones, producción secundaria, oferta y consumo de mercurio por cada país.

Para poder comprender el flujo del mercurio en América del Norte, es importante aclarar y definir dos conceptos principales mencionados en este informe: **consumo aparente** y **oferta aparente**.

El **consumo aparente** se refiere al consumo nacional, incluido el mercurio utilizado en el sector de servicios dentales y hospitalarios, la demanda nacional de las actividades industriales y productivas y cualquier otro uso.

Aún no se tienen datos disponibles del consumo aparente, tal vez por la falta de un marco legal para la presentación de informes de los usos del mercurio. En algunos casos, son pocos los datos del consumo nacional que Canadá y Estados Unidos presentan en sus respectivos anuarios de minerales. En el caso de México, la ley obliga a los establecimientos industriales a presentar a Semarnat una Cédula de Operación Anual (COA) con información relativa sobre usos de las sustancias listadas. El mercurio está en esta lista, pero la información es confidencial y no cubre sectores informales ni establecimientos pequeños.

La **oferta aparente** es un concepto más integral que en teoría se puede obtener sumando la producción nacional (primaria, secundaria o como subproducto) más las importaciones y restando las exportaciones y el consumo nacional. El concepto de oferta aparente también incluye las reservas almacenadas por comerciantes durante uno o más años y, en algunos casos, las asociadas con actividades de reciclaje de residuos con contenido de mercurio y al cierre de plantas de cloro-álcali en otros países.

Oficialmente, en ninguno de los tres países se produce mercurio primario; sin embargo, en el caso de México no se dispone de información confiable sobre la producción primaria informal. La producción secundaria de mercurio a partir de jales antiguos que contienen plata y Hg sí se puede calcular o derivar (véanse los cuadros 2-4 y 2-5). En el caso de Estados Unidos y Canadá, se lleva a cabo producción secundaria y como subproducto a partir del reciclaje de residuos con contenido de mercurio.

Como antes se explica, la información oficial disponible sobre importaciones y exportaciones es un buen punto de partida, pero debe ser validada.

Otra causa de inexactitud en los datos es el número importante, pero desconocido, de operaciones de compraventa que han tenido lugar entre Estados Unidos y México durante más de 35 años.

En las fuentes de México y Estados Unidos hay una laguna en la información relativa al movimiento de mercurio a través de las importaciones temporales de la industria maquiladora, en las que el Hg se reporta cuando ingresa a México, pero no cuando sale como parte de los productos. Se necesita mayor investigación para evaluar estas diferencias.

Los datos del comercio de mercurio (importaciones y exportaciones) en América del Norte presentados en el cuadro A-1 se basan principalmente en fuentes oficiales nacionales de cada país y por lo general se obtienen y procesan a partir de sistemas de información estadística aduanal, ya que la información es generada a escala nacional y es probable que sea más exacta que la reunida por las entidades internacionales antes mencionadas.

Asimismo, información generada por el sector minero de cada uno de los tres países se consideró como complemento y como buen marco de referencia. Estas fuentes también proporcionan datos escasos sobre la producción secundaria o como subproducto y el consumo de mercurio que se presentan en los cuadros 2-5 y A-1.

Las estadísticas de comercio de los tres países se han recopilado históricamente utilizando sistemas armonizados de descripción y codificación de productos: en Estados Unidos, el Sistema Arancelario Armonizado (*Harmonized Tariff Schedule*, HTS) y en Canadá y en México, el Sistema Armonizado (SA; en inglés: *Harmonized System*, HS), que es un esquema internacional de clasificación de productos desarrollado bajo los auspicios del Consejo de Cooperación Aduanera (hoy Organización Mundial de Aduanas, OMA). Los códigos o tarifas arancelarias del SA se ampliaron a diez dígitos para las importaciones, a efecto de servir de base tanto para los aranceles como para las estadísticas de comercio internacional. Para efectos de exportación, la “raíz” internacional de seis dígitos se amplió a ocho dígitos.

El SA está estructurado en forma lógica por actividad económica, mercancías o materias primas. Por ejemplo, animales y productos animales están en una partida; maquinaria y aparatos mecánicos, agrupados por función, están en otra. La fracción arancelaria del SA para el mercurio elemental es 2805 4000.

**Cuadro A-1**  
**Oferta aparente de mercurio en América del Norte (1997-2007)**  
**(kilogramos)**

<b>Año</b>	<b>País</b>	<b>Producción</b> (como subproducto y secundaria)	<b>Importaciones<sup>1</sup></b>	<b>Exportaciones<sup>1</sup></b>	<b>Oferta aparente</b>
<b>2007</b>	Canadá	0	*11,075	*18,823	-7,748 <sup>6</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	4,034	21,355	-8,921 <sup>6</sup>
	EU	0	67,080	84,642	-17,562 <sup>6</sup>
<b>2006</b>	Canadá	0	*11,101	*7,892	3,209 <sup>6</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	21,458	8,137	21,721 <sup>6</sup>
	EU	0	94,245	390,457	-296,212 <sup>6</sup>
<b>2005</b>	Canadá	0	10,029	12,875	-2,846 <sup>3</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	26,206	5,916	28,690 <sup>6</sup>
	EU	0	212,106	318,632	-106,526 <sup>6</sup>
<b>2004</b>	Canadá	0	7,285	2,344	4,941 <sup>6</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	24,770	658	32,512 <sup>6</sup>
	EU	0	92,159	278,631	-186,472 <sup>6</sup>
<b>2003</b>	Canadá	0	8,391	6,420	1,971 <sup>3</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	21,089	2,384	27,105 <sup>6</sup>
	EU	0	45,602	287,357	-241,755 <sup>6</sup>
<b>2002</b>	Canadá	0	8,347	11,254	-2,907 <sup>3</sup>
	México	8,400 <sup>5</sup>	43,844	4,390	47,854 <sup>6</sup>
	EU	97,000	209,608	324,033	-17,425 <sup>6</sup>
<b>2001</b>	Canadá	0	7,420	8,045	-625 <sup>3</sup>
	México	30,850 <sup>5</sup>	52,057	15,407	67,500 <sup>6</sup>
	EU	0	99,333	109,494	-10,161 <sup>6</sup>
<b>2000</b>	Canadá	0	11,709	4,108	7,601 <sup>6</sup>
	México	33,300 <sup>5</sup>	9,604	6,220	36,684 <sup>6</sup>
	EU	0	135,695	221,984	-86,289 <sup>2</sup>
<b>1999</b>	Canadá	0	9,434	1,778	7,656 <sup>3</sup>
	México	33,300 <sup>5</sup>	26,382	54,019	5,663 <sup>6</sup>
	EU	0	61,599	203,230	-141,631 <sup>2</sup>
<b>1998</b>	Canadá	0	11,389	8,037	3,352 <sup>3</sup>
	México	33,300 <sup>5</sup>	19,800	243	52,857 <sup>6</sup>
	EU	0	128,344	63,155	65,189 <sup>2</sup>
<b>1997</b>	Canadá	0	7,125	4,264	2,861 <sup>6</sup>
	México	33,300 <sup>5</sup>	8,207	7,013	34,494 <sup>6</sup>
	EU	389,000	163,535	133,774	418,761 <sup>2</sup>
<b>Total</b>		<b>750,450</b>	<b>1,670,062</b>	<b>2,626,728</b>	<b>-256,459</b>

<sup>1</sup> La información de las importaciones y exportaciones se obtuvo: en el caso de Canadá, de la Tarifa Aduanera Canadiense (*Canadian Customs Tariff*), Agencia de Servicios Fronterizos de Canadá (*Canada Border Services Agency*); en el caso de México, de la Secretaría de Economía, *World Trade Atlas*, consultado el 28 de noviembre de 2007 y el 5 de junio de 2008, y en el caso de EU, de la Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (*United States International Trade Commission*, USITC), consultada el 28 de mayo de 2008.

<sup>2</sup> Información obtenida del *Anuario de Minerales* del USGS (años respectivos).

<sup>3</sup> Información obtenida del *Anuario Canadiense sobre Minerales* (años respectivos).

<sup>4</sup> Información obtenida del Inventario preliminar de emisiones atmosféricas de mercurio en México. Preparado para la CCA.

<sup>5</sup> Información obtenida del *Anuario de Minerales* del USGS, Vol. III, *Informes de área: Internacional*.

<sup>6</sup> Cifras derivadas sumando producción e importaciones y restando exportaciones, en los casos en que no se contó con información oficial disponible.

\* Información obtenida de la Base de Datos Estadísticos sobre el Comercio de Mercaderías de las Naciones Unidas, consultada el 29 de mayo de 2008.

Las cantidades en color rojo representan saldos negativos

Otra razón importante para reunir la información con base en los códigos del Sistema Armonizado es que el sector mineral de cada país también usa esta información para recopilar o validar sus estadísticas. La información generada por los sectores de recursos minerales en ocasiones está en un formato diferente a la generada por los sectores aduanales: la primera en cantidades redondeadas de toneladas, la segunda en kilogramos.

También es importante considerar que durante el proceso de recopilación de datos se detectaron problemas y discrepancias en el control de calidad, que probablemente se originaron durante los procedimientos de generación y organización, por ejemplo al trasladar la información del formato impreso al electrónico, o quizá cuando agentes o personal administrativo de las aduanas por error asignaron fracciones arancelarias SA incorrectas.

Se recurrió a las fuentes internacionales sólo para comparar datos obtenidos o para detectar posibles discrepancias en las fuentes de información nacionales, y en ciertos casos para subsanar omisiones en la información contenida en fuentes nacionales.

La información presentada de las importaciones y exportaciones de Canadá se obtuvo del *Anuario Canadiense sobre Minerales* (CMY—disponible en línea en <<http://www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc-eng.htm>>) (1998-2005), así como de la Tarifa Aduanera de la Agencia de Servicios Fronterizos de Canadá (en línea en <<http://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tariff-tarif/menu-eng.html>>). Ambas fuentes de información contienen los mismos datos, con ligeras diferencias. El CMY no contenía datos de 2006-2007, por lo que la información de estos años se obtuvo de la Base de Datos Estadísticos sobre el Comercio de Mercaderías de las Naciones Unidas, consultada el 29 de mayo de 2008.

Por lo que respecta a Estados Unidos, la información sobre las importaciones y exportaciones de mercurio de la Base de Datos Interactiva sobre Aranceles y Comercio (*Interactive Tariff and Trade Database*, disponible en línea en <<http://dataweb.usitc.gov/>>) de la Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (USITC) es similar a la del *Anuario de Minerales* del USGS (MYB, disponible en línea en <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/myb.html>>), excepto por las importaciones de los años 2000, 2004 y 2007. En las exportaciones correspondientes a los años 1999, 2000, 2002 y 2004 se observaron diferencias significativas. Por esta razón, la información del cuadro A-1 correspondiente a Estados Unidos se tomó del USITC, para uniformarla con la información canadiense y mexicana proveniente de fuentes aduanales.

Cabe hacer notar que hay una laguna de información importante en el uso y la producción de mercurio (ya que sólo hay información de unos cuantos años). Por tal motivo, las cifras en las respectivas columnas del cuadro A-1 se derivaron cuando no fue posible encontrarlas en fuentes oficiales.

## **b) Resultados**

De acuerdo con los datos del cuadro A-1, el mercado del mercurio en América del Norte durante el periodo de 11 años de 1997 a 2007 presentaba las siguientes características:

### Importaciones y exportaciones en América del Norte

Durante el periodo de 1997 a 2007 (de 11 años), Canadá y México fueron importadores netos de mercurio de diferentes países del mundo, con 17,465 kg y 131,452 kg, respectivamente. Por su parte, Estados Unidos fue exportador neto (a diferentes países del mundo), con 1,106,083 kg (véase el cuadro A-2). Este patrón de menores importaciones que exportaciones podría deberse a que parte considerable del comercio estadounidense del mercurio no es impulsado sólo por el uso o la producción nacional, sino por la importante actividad que desempeñan recicladores de residuos de Hg y destiladores o comerciantes para su venta posterior a otros mercados.

<b>Cuadro A-2</b>				
<b>Importaciones y exportaciones netas mundiales de los países de América del Norte (1997-2007)</b>				
<b>(kilogramos)</b>				
<b>País</b>	<b>Importaciones</b>	<b>Exportaciones</b>	<b>Importaciones netas</b>	<b>Exportaciones netas</b>
Canadá	103,305	85,840	<b>17,465</b>	
México	257,451	125,499	<b>131,452</b>	
EU	1,309,306	2,415,389		<b>1,106,083</b>
<b>Total</b>	<b>1,670,062</b>	<b>2,626,728</b>		

*Fuente:* Derivado del cuadro A-1.

### Comercio entre México y Estados Unidos

De acuerdo con datos del SIAVI (véase el cuadro 2-6), durante el periodo 1997-2007, Estados Unidos exportó a México 216,740 kg de mercurio elemental, es decir, 8.25% del total de 2,626,728 kg, correspondiente a las exportaciones totales de Estados Unidos a diferentes países del mundo, según el USITC (véase el cuadro A-2). Por su parte, el *Anuario de Minerales* del USGS informa que durante el mismo periodo Estados Unidos exportó a México 215,000 kg de mercurio en total, que es más o menos la misma cantidad. (Véase <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury>>.)

De acuerdo con datos del SIAVI, durante el mismo periodo, México fue importador neto de mercurio de Estados Unidos, con 191,589 kg (véanse los cuadros 2-5 y 2-6) y Estados Unidos importó 25,129 kg de mercurio de México, es decir, 20% de los 125,742 kg de las exportaciones mexicanas totales a diferentes países del mundo.

Cabe mencionar que el *Anuario de Minerales* del USGS informa cero importaciones de México a Estados Unidos durante el mismo periodo (véase <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury>>).

Se detectó una discrepancia entre las bases de datos del SIAVI y el USITC, ya que este último informa que sólo se importó un kilogramo de mercurio de México durante el periodo 1997-2007<sup>72</sup> (véase <<http://dataweb.usitc.gov>>).

<sup>72</sup> Hay otra diferencia cuantitativa importante entre la información aduanal de las bases de datos de Estados Unidos y México: los datos de las importaciones de Estados Unidos no coinciden con los datos de las exportaciones encontrados en las fuentes mexicanas.

### *Comercio entre Canadá y Estados Unidos*

Según el *Anuario de Minerales* del USGS, durante el periodo de 1997-2007, Estados Unidos exportó a Canadá 63,000 kg de mercurio elemental, es decir, 2.4% de los 2,626,728 kg que sumaron las exportaciones totales de Estados Unidos a diferentes países del mundo.

También según el *Anuario de Minerales* del USGS, Canadá exportó a Estados Unidos 85,000 kg de mercurio elemental en el periodo, es decir, 68% de los 125,499 kg de las exportaciones totales canadienses a diferentes países del mundo.

Canadá fue importador neto de mercurio de Estados Unidos durante el mismo periodo, con 22,000 kilogramos.

### *Comercio entre Canadá y México*

De acuerdo con el *World Trade Atlas* (con datos de la Secretaría de Economía), México importó sólo un kilogramo de Canadá en 2002 y no se informaron exportaciones mexicanas a dicho país.

En los cuadros 2-5 a 2-8 se presenta información más detallada de la producción y de las importaciones y exportaciones mexicanas.

### *Producción primaria*

Con respecto a la producción primaria en América del Norte, la información de los respectivos sectores de recursos minerales oficiales señala que Canadá no ha producido mercurio desde 1975, Estados Unidos desde 1992 y México desde 1995.

### *Producción secundaria y como subproducto*

Es poca la información oficial existente en torno a la producción de mercurio de cada país (secundaria o como subproducto) en el periodo 1997-2007.

Por lo que se refiere a Estados Unidos, el *Anuario de Minerales* del USGS sí informó producción durante dos años: 1997, con 389,000 kg, y 2002, con 97,000 kg.

En cuanto a Canadá, el CMY no informa producción alguna para el periodo 1997-2007.

En México, el beneficio de la plata a partir de antiguos jales generó una producción secundaria de mercurio de aproximadamente 530 toneladas durante el periodo 1985-2007. Con respecto a la producción primaria, la información oficial indica que la producción mexicana en el periodo 1984-1994 fue de 2,818 toneladas (véase el cuadro 2-5).

El MYB (vol. III, información internacional) informa que la producción secundaria de mercurio en México fue de 15 toneladas por año durante el periodo 1997-2005 (véase <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury>>).

### *Datos del uso y el consumo de mercurio en América del Norte*

La información oficial sobre consumo o usos del mercurio generada por los sectores mineros de Canadá y Estados Unidos no cubre todos los años. En cuanto a Estados Unidos, sólo se encontraron datos disponibles para el periodo 1997-2000, en tanto que para Canadá la información disponible

corresponde a los años 1998, 1999, 2001, 2002, 2003 y 2005. Estos datos se presentan en el cuadro A-1, en la columna de Oferta Aparente (considerando el consumo como parte de la oferta). Para los años para los que no se encontraron datos de uso o consumo, las cifras se derivaron como si se tratara de oferta aparente, la que se calcula sumando producción secundaria, como subproducto o primaria más importaciones y restando exportaciones y consumo. Los datos de México se calcularon empleando la misma fórmula. Estos datos también se incluyen en el cuadro A-1. Luego entonces, en teoría, se pueden hacer dos clases de cálculos diferentes:

#### Cálculo A:

Información oficial (en su caso) de los usos o el consumo de mercurio, y estimación de los datos faltantes como si se tratara de oferta aparente (producción secundaria, como subproducto y primaria más importaciones menos exportaciones).

<b>Años 1997-2007</b>	<b>Tres países</b>	<b>Producción</b> (como subproducto o secundaria)	<b>Importaciones</b>	<b>Exportaciones</b>	<b>Oferta aparente</b> (incluidos usos oficiales informados) (en kg)
<b>Total</b>		750,450	1,670,062	2,626,728	<b>-256,459</b>

#### Cálculo B:

Se utiliza la fórmula de oferta aparente para todos los años.

<b>Años 1997-2007</b>	<b>Tres países</b>	<b>Producción:</b> (como subproducto o secundaria)	<b>Importaciones</b>	<b>Exportaciones</b>	<b>Oferta aparente</b> (en kg)
<b>Total</b>		750,450	1,670,062	2,626,728	<b>-206,216</b>

La diferencia entre los cálculos A y B es de 50.24 toneladas. En ambos casos la Oferta Aparente es negativa en más de 200 toneladas, quizá por las siguientes causas:

- lagunas en la información relativa a la producción (principalmente secundaria y como subproducto);
- lagunas en la información sobre importaciones de mercurio o bien registro de cantidades menores a las reales;
- disminución del consumo de mercurio en América del Norte;
- que América del Norte es una importante región exportadora, con un promedio de 29 toneladas anuales durante 1997-2007, y que Estados Unidos es el principal país exportador (véanse los cuadros A-1 y A-2);
- que América del Norte redujo su consumo e incrementó sus exportaciones, lo que originó una oferta aparente negativa para Estados Unidos durante 1999-2007 y para Canadá y México en 2007;
- sobreestimación de las exportaciones, y
- la posibilidad de que si los datos de las exportaciones e importaciones son exactos, entonces no se ha informado una cantidad importante de producción.

Los tres países de América del Norte exportaron 337.42 toneladas de mercurio durante 2005, que representan alrededor de 10% de la oferta mundial del metal, calculada entre 2,670 y 4,140 toneladas (véase el cuadro 4-1) según datos mundiales del PNUMA (2006).

## Anexo 2: Descripción de las fuentes de información consultadas

Varias de las siguientes descripciones se reproducen casi textualmente de las fuentes citadas.

### ***Fuentes de información consultadas para los capítulos 2, 3 y 4 y el anexo 1***

- ***Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI)***. Esta base de datos está dentro del sitio en Internet de la Secretaría de Economía y contiene estadísticas nacionales sobre importaciones y exportaciones. Los datos presentados se basan principalmente en estadísticas de comercio, las que se generan con la información que cada importador o exportador está obligado a presentar para obtener un permiso de importación o exportación y para el pago de impuestos o derechos. La información es recopilada por el Banco de México y abarca importaciones y exportaciones correspondientes a los últimos cinco años. Esta base de datos también proporciona los nombres de las empresas importadoras y exportadoras cuando el número en una categoría no excede de tres.

Para obtener información sobre las importaciones y exportaciones de un producto se utiliza el correspondiente código o fracción arancelaria del Sistema Armonizado (SA), o bien una palabra contenida en el nombre del producto. El SIAVI contiene información de los últimos siete años, por mes o por año. La información se muestra en dólares estadounidenses y en la unidad de medida en que se importaron o exportaron los productos, que en el caso del mercurio es en kilogramos. También se puede obtener información de los nombres de las empresas importadoras y exportadoras. La base de datos está disponible en línea en <<http://www.economia-snci.gob.mx>>.

Por otra parte, en el *World Trade Atlas*, en línea en <<http://www.bancomext.com/Bancomext/index.jsp>>, es posible solicitar información histórica de periodos de múltiples años.

- ***Servicio Geológico Mexicano (SGM)***. La misión de esta dependencia es generar y proveer conocimiento en geociencias para la creación de infraestructura y polos de desarrollo y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como prestar apoyo científico y tecnológico para el desarrollo económico y social del país contribuyendo al cuidado y preservación ecológicos. Su predecesor, el Consejo de Recursos Minerales (CRM), que en 2005 se convirtió en el SGM, perseguía objetivos similares.

Entre el gran número de fuentes de información generadas por ambas dependencias (CRM y SGM) están los Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana. Este compendio anual, publicado desde 1968 a la fecha, contiene datos estadísticos de materiales y minerales producidos. De acuerdo con los anuarios, no se ha informado extracción oficial de mercurio virgen en México desde 1994.

Otra fuente de información importante son los Inventarios Físicos de los Recursos de Municipios, que informan de las reservas probables de recursos minerales dentro del área estudiada, incluido mercurio.

- ***Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi)***. Es la dependencia oficial encargada de reunir, depurar y procesar estadísticas nacionales de información económica, social y

geográfica. También se encarga de levantar censos, como los de población o los industriales, entre otros. En línea en <<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx>>.

- **Cosmos Online.** Este sitio en Internet provee un directorio de diversos sectores industriales de México, como laboratorios y las industrias química, alimentaria y farmacéutica, entre otras. Contiene más de 200,000 entradas de productos y proveedores registrados y comprende información de 2,600 proveedores de la industria química. En línea en <<http://www.cosmos.com.mx>>.
- **QuimiNet.** Este sitio en Internet es un servicio de información que abarca un amplio número de sectores industriales en América Latina, como plásticos, farmacéutica, alimentos, pinturas, petroquímica, minería y otros. También ofrece información técnica y científica sobre sustancias y procesos. En línea en <<http://www.quiminet.com>>.
- **Caname** (Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas). Esta asociación agrupa 114 empresas establecidas en México y dedicadas a la producción, importación, exportación y suministro de partes eléctricas para los sectores industrial y doméstico. La búsqueda (por producto) de interruptores y relevadores produjo 23 compañías. En línea en <<http://www.caname.org.mx>>.
- **Buscador Industrial.** Este sitio es una fuente de información importante para todos los sectores industriales. Esta herramienta permite localizar productos y establecer contacto con proveedores de partes para equipo, maquinaria y materias primas. En línea en <<http://www.rim.com.mx/buscador/>>.

#### ***Otras fuentes de información consultadas para el capítulo 4***

- **Serie Fact Sheet del Centro de Intercambio de Información Interestatal sobre Educación y Reducción de Mercurio (IMERC).** Esta importante fuente de información contiene descripciones de todas las clases de dispositivos e instrumentos con mercurio, sus usos y la forma en que están contruidos; datos del Hg contenido en los productos, y alternativas sin dicho metal. En línea en: <<http://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/>>.

#### ***Otras fuentes de información consultadas para el anexo 1***

- **Base de datos de Comercio Internacional de Mercaderías de Canadá (*Canadian International Merchandise Trade*).** Se puede acceder a ella a través del sitio en Internet de la Oficina de Estadísticas de Canadá (*Statistics Canada*), dependencia legislada y centralizada que produce y provee estadísticas nacionales sobre un amplio número de temas económicos, geográficos y sociales, como censos, mapas, turismo, etcétera.

Es posible obtener datos de importaciones y exportaciones de productos utilizando los seis u ocho dígitos del Sistema Armonizado (SA), sistema internacional de clasificación arancelaria (designación y codificación de mercancías) que equivale al Sistema Arancelario Armonizado (*Harmonized Tariff Schedule*, HTS) de Estados Unidos. También se puede acceder a datos de la industria utilizando códigos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIU) y el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SIAN).

Se pueden buscar productos en esta base de datos usando las fracciones de seis a ocho dígitos del HTS. Es posible seleccionar y descargar datos del comercio de productos en formatos “txt.”

“dif,” “cdf,” “slk” o “html”. Este servicio tiene un costo, que se puede pagar con tarjeta de crédito. En línea en <[http://www.statcan.ca/trade/scripts/trade\\_search.cgi](http://www.statcan.ca/trade/scripts/trade_search.cgi)>.

- **Sitio en Internet del Ministerio de Industria de Canadá (Industry Canada).** La principal limitante de esta fuente de información es que sólo proporciona datos económicos en dinero, pero no en términos de peso u otras unidades de medida. El sitio se encuentra en <<http://www.ic.gc.ca/epic/site/tdo-dcd.nsf>>.
- **Anuario Canadiense sobre Minerales.** Esta fuente de información la publica desde 1944 el Sector de Minerales y Metales (*Minerals and Metals Sector*, MMS) del ministerio de Recursos Naturales de Canadá (*Natural Resources Canada*). El MMS hace una revisión general de los hechos en la industria de los minerales y publica los resultados en el Anuario Canadiense sobre Minerales (MYB). Disponible en línea sin costo en <<http://www.nrcan-rncan.gc.ca/mms-smm/busi-indu/cmy-amc-eng.htm>>.

En su sección Informe Estadístico, el MYB da cuenta de las importaciones y exportaciones y de la producción de minerales (en casi todos los años se incluyen datos del mercurio). Con respecto a la producción de Hg secundario, la información en la mayoría de los casos es confidencial. El MYB incluye además una sección con perfiles más detallados de un alto número de minerales, que durante varios años ha proporcionado datos sobre uso y producción (primaria o secundaria). También se presenta información adicional de otros compuestos de mercurio. Los datos de las importaciones o exportaciones de Hg que contiene el MYB son iguales, con pequeñas diferencias, a los obtenidos en la base de datos de Comercio Internacional de Mercaderías de Canadá.

- **Comisión de Comercio Internacional de Estados Unidos (United States International Trade Commission, USITC).** La Base de Datos Interactiva sobre Aranceles y Comercio (*Interactive Tariff and Trade Dataweb*) de la USITC es una base de datos en línea pública y gratuita que proporciona estadísticas de importaciones y exportaciones e información de aranceles estadounidenses, así como otra información sobre importadores y exportadores. Responde a consultas definidas por el usuario integrando estadísticas de comercio internacional con tratamiento arancelario y aduanal complejo. Contiene datos de comercio internacional desde el año 1989 a la fecha, por mes, trimestre, año o acumulados del año a la fecha, los que se pueden recuperar en distintos tipos de sistemas de clasificación, incluido el Sistema Arancelario Armonizado (*Harmonized Tariff Schedule*, HTS), la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUICI) o el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Esta red se encuentra en <<http://dataweb.usitc.gov/>>.
- **United States Geological Survey (USGS).** De acuerdo con la revisión del Programa de Recursos Minerales (*Mineral Resources Program*, MRP) del USGS realizada por el Consejo de Investigación Nacional (*National Research Council*) en 2003, había cuatro funciones federales identificadas en ciencias e ingeniería de los minerales: una fuente nacional e imparcial de ciencia e información; investigación básica en recursos minerales; asesoría, e internacional (que realizaba o apoyaba actividades internacionales de interés nacional).

Entre otras muchas fuentes de información, el USGS elabora el *Anuario de Minerales* (MYB), publicación anual que revisa las industrias de minerales y materiales de Estados Unidos y otros países. El anuario contiene datos estadísticos sobre materiales y minerales e incluye información del desarrollo y las tendencias económica y técnicas. En su volumen III, Informes de área: Internacional, tiene capítulos relativos a aproximadamente 90 productos y más de 175

países. El anuario también contiene información del estado de las reservas de mercurio de Estados Unidos. (En el sitio en Internet del USGS también se encuentran los *Mineral Commodities Summaries*, recopilación que presenta información complementaria sobre minerales, incluido el mercurio.)

Esta publicación anual se publica desde 1932. Para mayor información sobre el USGS y el *Anuario de Minerales*, ingrese a <<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/myb.html>>.

- **Base de Datos Estadísticos sobre el Comercio de Mercaderías de las Naciones Unidas** (Comtrade). Comtrade es una base de datos de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (UNSD) que reúne y almacena estadísticas anuales de comercio internacional entre más de 160 países, desglosadas por producto y por países. Los datos se procesan en un formato estándar con codificación y valuación uniformes. Todos los valores se convierten a dólares estadounidenses utilizando tipos de cambio informados por los países o derivados de volúmenes de comercio y tasas de mercado mensuales. Los volúmenes de comercio (generalmente expresados en peso o número de artículos) son proporcionados por los países y, de ser posible, convertidos a unidades métricas. Para muchos países la cobertura de datos comienza desde 1962 y continúa hasta el último año completo (PNUMA, 2006).

A través de Comtrade, que reúne estadísticas detalladas de importaciones y exportaciones informadas por Aduanas y otras autoridades gubernamentales, la ciudadanía tiene acceso a estadísticas generales del comercio internacional de mercurio elemental entre estados miembro de la ONU. Mayor información en: <<http://unstats.un.org/unsd/comtrade/>>

- **Summary of Supply, Trade and Demand Information on Mercury** [*Informe sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio*]. Uno de los objetivos de este resumen del PNUMA era analizar los datos integrales de Comtrade de la ONU sobre el comercio y las transferencias de mercurio en todo el mundo y publicar tales datos de forma que permita a la comunidad internacional comprender mejor el flujo de mercurio en la economía mundial y la sociedad.

Además de los datos de Comtrade, el resumen del PNUMA toma información de otras fuentes e informes, por ejemplo información presentada por gobiernos; bases de datos de acceso público; artículos, informes y publicaciones con datos de comercio nacional, etc. A medida que se publicaban, artículos e informes revisados por pares se utilizaban en apoyo a este documento. Sin embargo, el número de artículos sobre oferta, comercio y demanda de mercurio que ha aparecido en revistas científicas es más bien limitado en comparación con el de artículos que tratan de muchos otros temas relacionados con el Hg (PNUMA, 2006).

Entre las fuentes de información consultadas por el PNUMA en el resumen se incluye la Oficina Estadística de las Comunidades Europeas (Eurostat), responsable de homologar la legislación de la Comunidad Europea en el campo de estadísticas de comercio de productos y garantizar la aplicación correcta de la misma. Por tanto, las estadísticas proporcionadas a Eurostat están basadas en textos legales precisos, aplicables directamente en los estados miembro de la Unión Europea. Una limitación importante de los datos de Eurostat es que sólo se refieren al comercio relativo a dichos estados miembro (PNUMA, 2006).

Otra fuente de información importante consultada por el resumen del PNUMA es el Sistema de Análisis e Información Comercial (TrAInS), base de datos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD). TrAInS es un sistema computarizado de información integral basado en el HS (Sistema Armonizado) de aranceles, con cobertura de medidas arancelarias, paraarancelarias y no arancelarias y flujo de importaciones por origen

para más de 140 países. Además, el Banco Interamericano de Desarrollo, los secretariados de la Organización de Estados Americanos (OEA), la Asociación Latinoamericana de Integración (Aladi), la Comunidad del Caribe (Caricom) y la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) firmaron un memorando de entendimiento conjunto con la UNCTAD para el establecimiento de un subsistema TrAInS para toda América (PNUMA, 2006).

## Anexo 3: Estimación de la producción secundaria de mercurio en el área de Jales de la Ciudad de Zacatecas

En un estudio sobre los cambios químicos del mercurio y su equilibrio de masas durante el proceso de lixiviado de jales en una de las plantas de beneficio de la región de Zacatecas, Ogura *et al.* (2003) estimaron que una tonelada de tierra colocada en la poza de extracción liberaba 121 gramos (g) de mercurio, quedando 48 g de mercurio en la tierra. Por tanto, la tasa de recuperación del proceso de lixiviado era de 71.60%, y el contenido total de mercurio de los jales de 169 partes por millón (ppm).

Ogura *et al.* consideraron los siguientes supuestos:

- Las cuatro plantas lixiviaron 4,800,000 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) del suelo superficial en los últimos 20 años; como se observó que la densidad de la tierra procesada era de 1.6 g por mililitro, el resultado fue 7,680,000 toneladas (ton) de jales procesados.
- Suponiendo que el contenido de mercurio (Hg) y la eficiencia de lixiviación fueran iguales a los de la planta estudiada,  $7,680,000 \text{ ton} \times 121 \text{ g ton}^{-1} \text{ Hg}$  (liberado en las pozas de extracción) = 929.28 ton de Hg extraído por las cuatro plantas y 360.96 ton de Hg restantes en la tierra abandonada.
- Después del proceso de lixiviación, los lixiviados pasan por otro proceso llamado cementación, para la recuperación del mercurio y la plata como amalgama, en donde Ogura *et al.* estimaron el porcentaje de eficiencia de recuperación en 78% (0.78). Luego entonces, las cuatro plantas produjeron  $929.28 \text{ ton} \times 0.78$ , que equivale a aproximadamente 724.83 ton de Hg. A lo largo de 20 años el resultado es un promedio anual de 36.24 toneladas (derivado de Ogura *et al.*, 2003).

El método de estimación de Ogura *et al.* en lo que se refiere al contenido de mercurio en jales mineros en la región de la ciudad de Zacatecas parece razonable, ya que estudios realizados por otros investigadores reflejan un contenido de Hg promedio en dichos jales (152.86 ppm) similar al de Ogura *et al.*, de 168 ppm (véase el cuadro 2-3).

Con respecto a la tasa de recuperación de mercurio de jales con el proceso de lixiviación, Núñez Monreal encontró una tasa similar analizando jales antes y después de la lixiviación en otra planta: encontró valores de mercurio de 88.1 ppm en jales no beneficiados y de 24.1 ppm en jales después de haber sido beneficiados, lo que representa una eficiencia de 72.65% (Núñez Monreal, 2002), en tanto que la estimación de Ogura *et al.* fue de 71.60 por ciento.

Los valores del mercurio en los jales de Zacatecas también dependen del sitio en el que fueron obtenidos, ya que en algunos sitios tienen más plata y mercurio que otros, y también dependen de las técnicas de análisis utilizadas para obtenerlos (véase el cuadro A-3).

<b>Cuadro A-3</b>				
<b>Análisis del contenido de mercurio en jales de la zona circunvecina a la ciudad de Zacatecas</b>				
<b>Autor o laboratorio</b>	<b>Lugar de muestreo</b>	<b>Valores de Hg reportados antes del beneficio (ppm)</b>	<b>Valores de Hg reportados después del beneficio (ppm)</b>	<b>Método analítico</b>
Ogura <i>et al.</i> , 2003	nd	168	48.00	Absorción atómica por vapor frío ( <i>Cold Vapor Atomic Absorption, CVAA</i> )
Laboratorio de la Unidad de Gestión Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) 2004 *	La Purísima	198.35	nd	Espectrometría de absorción atómica por vapor frío (CVAAS) Método: Hg Total EPA SW 846: 7471A
	El Vivero	90.78	nd	
Flett Research Ltd., Winnipeg, Canadá 2003 *	La Purísima	290.00	nd	Espectrometría de absorción atómica por vapor frío Método: Hg Total EPA SW 846: 7471A
	El Vivero	110.00	nd	
Núñez Monreal, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas	Jales de una de las plantas de reciclaje	88.10	24.10	nd
	Tierra superficial de otra de las plantas de reciclaje	123.80	11.30	
<b>Contenido promedio de Hg</b>		<b>152.86</b>		
* <i>Análisis comparativo de tierras agrícolas contaminadas con arsénico, plomo y mercurio en México. Presentado en la Division of Environmental Chemistry American Chemical Society, Anaheim, CA, 28 de marzo-1 de abril de 2004.</i> nd: <i>No determinado.</i>				

La estimación de Ogura *et al.* de 36.24 toneladas de mercurio secundario producido anualmente a lo largo de los últimos 20 años es un buen punto de partida. Sin embargo, la cantidad podría estar un poco sobrevalorada, considerando que:

- Además de las pérdidas de mercurio que ocurren durante el proceso de lixiviación y el de cementación (que amalgama plata y mercurio), también hay pérdidas durante un tercer proceso para la separación de plata y mercurio, en el que este lodo con amalgama se envía a una retorta para destilar el mercurio y separar la plata, lo que ocasiona que alrededor de 10% del mercurio

se libere a la atmósfera. Por tanto, un estimado de 80 a 85 gramos de mercurio secundario producido a partir de cada tonelada de jales sería más realista.

- Ogura *et al.* supusieron que las cuatro plantas habían estado trabajando a tiempo completo durante todos esos años, pero en realidad no fue así, ya que algunas cerraron en forma temporal o definitiva durante este periodo por razones como temporadas de lluvias que dificultaban las condiciones de trabajo, bajos precios de la plata durante ciertos periodos o auditorías practicadas por la autoridad ambiental. De hecho, en su trabajo citado, Ogura *et al.* mencionan que una de las plantas (Mercurio del Bordo) cerró en 2000, y a pesar de eso el hecho no se consideró en sus cálculos.
- Ogura *et al.* acreditaron a cada planta cinco fosas de extracción; sin embargo, otra información muestra que por lo menos una planta tiene siete de dichas fosas.

Estas 36.24 toneladas de producción secundaria pueden complementarse y compararse considerando otra información disponible relativa a la producción secundaria de mercurio generada por otras fuentes oficiales (véase el cuadro 2-4, en el capítulo 2).

## Bibliografía

Acosta y Asociados, *Inventario preliminar de emisiones atmosféricas de mercurio en México: informe final*, preparado para la Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001.

Barenco Inc., “Feasibility Study to Explore Potential Environmental Contamination in the Vicinity of Mining Operations—Zacatecas, México”, estudio preparado para la CCA, Montreal, Canadá, 2002.

Beevers, D. Garreth, Gregory Y.H. Lip y Eoin O’Brien, *ABC of Hypertension*, 5ª ed., Blackwell Publishing, Malden, Mass., 2007; disponible en: <<http://books.google.com.mx/books?id=JR2GIByaxdwC&pg>>.

Brooks, N., *La situación del mercurio en México y opciones para la gestión ambiental de desechos*, Instituto Nacional de Ecología, México, 1999.

Cenavece, “Informe de rendición de cuentas de la Administración 2000-2006”, Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades, Secretaría de la Función Pública (SFP), México, 2006; disponible en: <<http://www.cenave.gob.mx/archivos/informe.htm>>.

CCA, “Evaluación de la exposición a mercurio en una comunidad de Zacatecas, México”, Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA Contrato 98.03.01 MASQ, 1998.

CCA, *Informe resumido del Taller sobre Evaluación del Mercurio, Zacatecas, México, 25 al 27 de febrero de 1998*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 1998.

CCA, *Plan de Acción Regional de América del Norte sobre Mercurio, fase II*, Comisión para la Cooperación Ambiental Montreal, 2000a.

CCA, *Diagnóstico del mercurio en México*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, 2000b.

Comisión de Fomento Minero, *Sumarios estadísticos de la minería mexicana: mercurio*, México, 1968.

EPA, *Mercury Market Background Report*, US Environmental Protection Agency, mayo de 2005.

EPA, *Background Paper for Stakeholder Panel to Address Options for Managing U.S. Non-Federal Supplies of Commodity-Grade Mercury*, US Environmental Protection Agency, 14 de marzo de 2007.

EPA, *Mercury Storage Cost Estimates, final report*, US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics and Office of Solid Waste and Emergency Response, 6 de noviembre de 2007.

EPA, *Draft EPA Mercury-Containing Products and Alternatives (mercury-free) Products Database*, US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics, 2008.

Gobierno del Estado de Zacatecas, *Plan de acción de la presa La Zacatecana para la contención de metales pesados; municipio de Guadalupe, Zacatecas*, ciudad de Zacatecas, 2002.

Hogue, Cerril, *Chemical and Engineering News*, vol. 86, núm. 40, 6 de octubre de 2008, p. 11.

Hylander, Lars, carta del Centro de Biología de los Metales y el Departamento de Biología Evolutiva de la Universidad de Uppsala dirigida a la comisionada de Medio Ambiente de la Comunidad Europea, Margot Wallström, 20 de junio de 2001.

Inegi, *Anuarios estadísticos de la minería mexicana, 1998*, actualización de 1999, Consejo de Recursos Minerales y Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, 1999.

Inegi, “Censo industrial 2004” en *Censos Económicos 2004*, México, 2005.

Kilborn Engineering Pacific Ltd., *Proyecto jales de la laguna zacatecana*, Proyecto 8648-17, Reporte de la Propiedad. Pan American Minerals Corp., noviembre de 1994.

Lang, Mervin F., *El monopolio estatal del mercurio en el México Colonial (1550-1710)*, Fondo de Cultura Económica, México, 1977.

LCSP, *An Investigation of Alternatives to Mercury Containing Products*, preparado para el Departamento de Protección Ambiental de Maine, Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachussets, Lowell, 2003; disponible en:  
<<http://www.maine.gov/dep/mercury/lcspfinal.pdf>>.

Maxson, Peter, *Taking Stock: Mercury Supply, Demand and Trade. International Mercury Conference: How to Reduce Mercury Supply and Demand*, Bruselas, 26 y 27 de octubre de 2006,  
<<http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/conf/maxson.pdf>>.

*Metal Bulletin*, “Spanish Mercury Producer Restarts But Tightness Remains”, Londres, 28 de enero de 2004.

*Metal Bulletin*, “Mercury Rises to Almost \$500 per Flask on Tight Supply”, Londres, 1 de septiembre de 2004.

Minco, *Description of the Laguna Zacatecana Silver Tailings Project*, 2006; disponible en  
<<http://www.mincopl.com/newsReleases/2006/lagunaSilverProjectUpdate010206.pdf>>.

NEWMOA/IMERC, *Trends in mercury use in products: summary of the Interstate Mercury Education & Reduction Clearinghouse (IMERC) Mercury-added Products Database*, Northeast Waste Management Officials' Association/Interstate Mercury Education and Reduction Clearinghouse, junio de 2008; disponible en:  
<<http://www.newmoa.org/prevention/mercury/imerc/pubs/reports.cfm>>.

Núñez Monreal, J. E., “Metales pesados en La Zacatecana”, en Gobierno del estado de Zacatecas, *Plan de acción de la presa La Zacatecana para la contención de metales pesados, municipio de Guadalupe, Zacatecas*, Ciudad de Zacatecas, 2002 pp. 36-41.

Ogura Tetsuya, J. Ramírez Ortiz *et al.*, “Zacatecas (Mexico) companies extract Hg from surface soil contaminated by ancient mining industries”, *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 148, 2003, pp. 167-177.

Pan American Silver Corp., *Overview of the Zacatecana Project*, Zacatecas, Plata Panamericana, 1995.

Perales Rivas, F. J., “Información sobre el mercurio de La Zacatecana”, Servicios de Salud de Zacatecas, s.f.

PNUMA, *Evaluación mundial sobre el mercurio*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División Productos Químicos, Ginebra, 2002.

PNUMA, *Toolkit for the Identification and Quantification of Mercury Releases [Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio]*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División Productos Químicos, Ginebra, 2005.

PNUMA, *Summary of supply, trade and demand information on mercury [Informe sobre la oferta, el comercio y la demanda de mercurio]*, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, División Productos Químicos, Ginebra, 2006.

Profepa, Oficio del Lic. Jorge D. Rodriguera a la Dra. Cristina Cortinas, Instituto Nacional de Ecología, 6 de agosto de 1996.

QuimiNet, <<http://www.quiminet.com>>, 2007.

SGM, “Panorama minero del estado de Querétaro”, Servicio Geológico Mexicano, México, diciembre de 2006.

SGM, “Inventario físico de los recursos del municipio Peñamiller, Querétaro”, Servicio Geológico Mexicano, Fideicomiso de Fomento Minero, México, septiembre de 2007(a).

SGM, “Inventario físico de los recursos del municipio Pinal de Amoles, Querétaro”, Servicio Geológico Mexicano, Fideicomiso de Fomento Minero, México, septiembre de 2007(b).

WRPPN Dental P2 Project, *Dental amalgam use*, en <[http://wsppn.org/dental/pages/pdf/Amalgam\\_Use\\_01.pdf](http://wsppn.org/dental/pages/pdf/Amalgam_Use_01.pdf)>, 2005.