

**Diagnóstico del Mercurio en México**  
Junio, 2000

Este diagnóstico fue desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) que es un organismo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

El objetivo del presente trabajo es hacer un diagnóstico en México sobre la extracción, usos, transporte y disposición final de residuos contaminados con este metal, con el fin de hacer una evaluación de las cantidades de mercurio que circulan en nuestro país y las emisiones y descargas en el territorio nacional, así como los riesgos que corre la población en general y en especial la que se encuentra en mayor contacto con este metal, ya sea por encontrarse cerca de un lugar con altas emisiones o por las condiciones laborales en las que los procesos involucran el mercurio.

**Participaron en la elaboración y recopilación de la información:**

**José Alfredo Ramírez Alvarez. Consultor Independiente**  
**José Castro Díaz. Subdirector de Planes de Acción Regional**  
**Rocío Alatorre Eden Wynter. Directora de Materiales Tóxicos**

# Contenido

<b>1 SITUACIÓN Y TENDENCIAS</b>	<b>6</b>
<b>1.1. INVENTARIO DE EMISIONES</b>	<b>6</b>
1.1.1. INVENTARIOS DE TÓXICOS EN MÉXICO	6
<b>1.2. MONITOREO AMBIENTAL</b>	<b>7</b>
<b>1.3. TENDENCIAS</b>	<b>8</b>
1.3.1. PATRONES DE PRODUCCIÓN	8
1.3.1.1. Producción Primaria	9
1.3.1.2. Producción Secundaria	9
1.3.2. CONSUMO NACIONAL	10
1.3.2.1. Importación y Exportación	10
1.3.3. PATRONES DE USO	10
1.3.3.1. Plantas de Cloro-álcali	11
1.3.3.2. Termómetros y esfignomanómetros	11
1.3.3.3. Consultorios Dentales	12
1.3.3.4. Termostatos	13
1.3.3.5. Lámparas Fluorescentes	13
1.3.3.6. Usos Artesanales	14
1.3.3.7. Usos Culturales-Religiosos	14
1.3.3.8. Procesos de Producción de Carbón y Coque	14
1.3.3.9. Carboeléctricas	15
1.3.3.10. Fundición de Metales	16
1.3.3.11. Producción de Cemento	17
1.3.3.12. Incineración de Residuos Biológico-Infeciosos e Industriales	17
1.3.3.13. Cremación	20
<b>2 MARCO REGULATORIO PARA EL MANEJO DE RIESGOS Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>2.1 LEGISLACIÓN, REGLAMENTOS Y NORMAS FEDERALES</b>	<b>21</b>
2.1.1. POLÍTICA AMBIENTAL	22
<b>2.2 LEGISLACIÓN, REGLAMENTOS Y NORMAS ESTATALES (PENDIENTE)</b>	<b>24</b>
<b>2.3 INICIATIVAS VOLUNTARIAS (PENDIENTE)</b>	<b>24</b>
<b>3 ACTIVIDADES DE REMEDIACIÓN</b>	<b>24</b>
<b>3.1 SITIOS CONTAMINADOS</b>	<b>24</b>
<b>3.2 RETIRO DE REMANENTES DE MERCURIO (PENDIENTE)</b>	<b>24</b>
BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXO 1. CONSUMO	27
ANEXO 2. EMISIONES	28
ANEXO 3. FACTORES DE EMISIÓN	29
ANEXO 4. INDUSTRIA DE CLORO-ALCALI EN NORTEAMÉRICA Y EUROPA OCCIDENTAL	30

## Indice de Tablas y Figuras

Tabla 1.1. Normatividad Vigente en la Realización del Trabajo del Cinvestav (Hg mg/L). .....	7
Tabla 1.2. Relación de Minas de Mercurio en México.....	8
Tabla 1.3. Mercurio Primario Producido de 1985 a 1998 .....	9
Tabla 1.4. Plantas que Benefician Jales en Zacatecas .....	9
Tabla 1.5. Mercurio Importado y Exportado de 1985 a 1998 .....	10
Tabla 1.6. Industria Mexicana de Cloro-álcali con Celdas de Mercurio .....	11
Tabla 1.7. Servicios Hospitalarios y Odontológicos en México .....	12
Tabla 1.8. Tipos de lámparas y su contenido de mercurio. ....	13
Tabla 1.9. Consumo de Mercurio en la Producción de Lámparas (1996-1999).....	13
Tabla 1.10. Producción Minera de Carbón y Estimación de Emisiones de Mercurio 1994-1998 .....	15
Tabla 1.11. Carbón Coquizado 1994-1999.....	15
Tabla 1.12. Carboeléctricas en Coahuila, México .....	15
Tabla 1.13. Producción Minera Total en México (ton/año).....	16
Tabla 1.14. Factor de Emisión por Metal y Total de Emisiones de Mercurio (Kg) .....	17
Figura 1.1. Distribución de Hornos Cementeros.....	17
Tabla 1.15. Incineradores de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos (RPBI) en México .....	18
Tabla 1.16. Empresas Autorizadas para Incinerar Residuos Industriales Peligrosos (ton/año).....	19
Tabla 2.1 Normatividad del Mercurio en México .....	21
Tabla 2.2 Normas Oficiales Mexicanas para Regular el Uso del Mercurio.....	22
Tabla A1.1. Consumo de Mercurio en México 1998.....	27
Figura A1.1. Consumo de Mercurio en México en 1998 .....	27
Tabla A2.1. Estimación de las Emisiones de Mercurio en México (ton/año) .....	28
Figura A2.1. Estimación de las Emisiones de Mercurio en México en 1998 .....	28
Tabla A3.1. Factores de Emisión de Mercurio.....	29
Tabla A4.1. Producción de Cloro con Tecnología de Celdas de Mercurio (TM/año).....	30

## Abreviaturas

<b>ACAAN</b>	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte
<b>ADM</b>	Asociación Dental Mexicana
<b>ANIQ</b>	Asociación Nacional de la Industria Química
<b>BANCOMEXT</b>	Banco de Comercio Exterior
<b>CANACEM</b>	Cámara Nacional del Cemento
<b>CANACINTRA</b>	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
<b>CCA</b>	Comisión para la Cooperación Ambiental
<b>CEMEX</b>	Cementos Mexicanos
<b>CENICA</b>	Centro Nacional de Información y Capacitación Ambiental
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad
<b>CINVESTAV</b>	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
<b>CNA</b>	Comisión Nacional del Agua
<b>COA</b>	Cédula de Operación Anual
<b>CONAE</b>	Comisión Nacional de Ahorro de Energía
<b>CRETIB</b>	Se forma con las iniciales de: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infecioso
<b>COREMI</b>	El Consejo de Recursos Minerales
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DGMRYAR</b>	Dirección General de Materiales Residuos y Actividades Riesgosas
<b>DMT</b>	Dirección de Materiales Tóxicos
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
<b>IMSS</b>	Instituto Mexicano del Seguro Social
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Ecología
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
<b>ISSSTE</b>	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado
<b>LAU</b>	Licencia Ambiental Unica
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
<b>NOM</b>	Norma Oficial Mexicana
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
<b>PARAN</b>	Programa de Acción Regional del América del Norte
<b>PEMEX</b>	Petróleos Mexicanos
<b>PROFEPA</b>	Procuraduría Federal de Protección Ambiental
<b>PUMA</b>	Programa Universitario para el Medio Ambiente
<b>RPBI</b>	Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos
<b>RETC</b>	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
<b>SAAM</b>	Sustancias Activas al Azul de Metileno
<b>SAGAR</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SECOFI</b>	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
<b>SEDENA</b>	Secretaría de la Defensa Nacional
<b>SEDUE</b>	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
<b>SEMARNAP</b>	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SNIA</b>	Sistema Nacional de Información Ambiental
<b>SSA</b>	Secretaría de Salud
<b>SST</b>	Sólidos Suspendidos Totales
<b>STPS</b>	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
<b>TLC</b>	Tratado de Libre Comercio
<b>TM</b>	Toneladas Métricas

## **1 Situación y Tendencias**

### **1.1. Inventario de Emisiones**

#### **1.1.1. Inventarios de Tóxicos en México**

##### **Emisiones Industriales**

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA) en el que se integra la información sobre emisiones contaminantes al aire, agua y suelo a través de bases de datos relacionales, Sistema de Información Geográfica (SIG) y métodos de estimación de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales y generación de residuos peligrosos. Mediante este inventario se podrán conocer las emisiones y transferencias de 105 contaminantes en los diferentes sectores industriales del país, a la fecha, aún no se han registrado emisiones de mercurio en este inventario debido a que se está implementando la fase final de capacitación a las empresas y estableciendo la obligatoriedad legal (INE-SEMARNAP, 1999).

##### **Emisiones al aire en grandes ciudades**

Existe en México un inventario de emisiones al aire que incluye 14 ciudades (Aguascalientes, Cananea, Coahuila, Distrito Federal, Guadalajara, Cd. Juárez, Manzanillo, Mexicali, Monterrey, Nacozari, Querétaro, San Luis Potosí, Tijuana y Toluca). Entre los 7 contaminantes que son monitoreados se encuentran Ozono (O<sub>3</sub>), Partículas Fracción Inhalable (PM10), Bióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Partículas Suspendidas Totales (PST) y Plomo (Pb). El mercurio es monitoreado dentro de los metales pesados. El Instituto Nacional de Ecología (INE) a través de su Centro Nacional de Información y Capacitación Ambiental (CENICA), ha iniciado actividades para desarrollar la capacidad de medición de mercurio.

##### **Emisiones por incineración**

Está en proceso de aprobación un anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-098-ECOL/99, que regula y establece los requisitos y especificaciones para la operación adecuada y los límites máximos permisibles a la atmósfera, descarga de aguas residuales y los productos sólidos de la combustión generados en el proceso de incineración de residuos sólidos municipales, residuos peligrosos, industriales no peligrosos y biológico-infecciosos, a fin de reducir sus posibles riesgos a la salud y al ambiente.

Esta norma fija como límite máximo permisible 0.07 mg/m<sup>3</sup> para las emisiones de mercurio. Las mediciones deberán hacerse cada 4 meses y el muestreo tendrá un tiempo de captación de 1 hora, con un promedio de 3 muestreos en 8 horas. Los datos que se han empezado a generar, aún no se han sistematizado.

## 1.2. Monitoreo Ambiental

La Comisión Nacional del Agua (CNA) que depende de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), realiza las actividades de observación sistemática de la calidad del agua en el país, a través de su Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM) que funciona desde 1974. En este año se implementó un primer programa de seguimiento periódico de la calidad de las aguas nacionales, que comprendió 239 estaciones para la toma de muestras, en 14 regiones o zonas de trabajo, cada una con un laboratorio.

Para 1998, se realizaron un total de 3,345 muestreos que produjeron un total de 101,576 análisis, y el número de estaciones creció a 743; en 1999 fueron 3,365 muestreos y 102,179 análisis.

La información generada por la CNA fundamentalmente contiene datos de pH, dureza, alcalinidad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), etc., respecto al mercurio se encontró que en 1991 el río Cuautitlán en el Estado de México y el Gran Canal en el Distrito Federal rebasaron la norma con 0.3 y 0.2 mg/L, respectivamente. Cabe mencionar que estos ríos reciben descargas de la zona industrial metropolitana. De 1994 a 1998, en la información proporcionada por la CNA no se reporta ningún río que rebase la norma.

**Tabla 1.1. Normatividad Vigente en la Realización del Trabajo del Cinvestav (Hg mg/L).**

Crterios Ecológicos de la Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Hg = 0.001
Norma Técnica Ecológica NTE-CRP-001/88 de Residuos Peligrosos (Sedimentos). Hg = 0.2
NOM-127-SSA1-1994 Agua potable (Agua superficial). Hg = 0.001

Fuente Cinvestav. 1994. Evaluación de los posibles efectos sobre la salud. SEDESOL. INE.

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en un estudio financiado por el INE en 4 ríos de la República, aportó un número relativamente importante de datos sobre muestreos en diversos ríos y cuerpos de agua en México para el periodo de 1984 a 1994. Se desconocen las metodologías analíticas empleadas, la información presenta una dispersión en el sentido espacio-temporal y debido a que difícilmente se realiza una investigación estacional completa y con la secuencia adecuada de todos los ríos y cuerpos de agua en el territorio nacional, no se puede obtener una caracterización de la situación del mercurio. Además de lo anterior, aunque fueran estudios similares no se persiguieron los mismos objetivos, ni prevalecen las mismas condiciones, por lo cual es muy difícil hacer comparaciones, extrapolar e interpolar datos. Lo que se observó de manera general, es que aproximadamente el 60% de los análisis hechos rebasan la norma de mercurio en muy poca proporción (p.e. de 0.001 a 0.0017 mg/L), sin embargo, aproximadamente un 5% de las muestras presentaron valores significativamente altos y que si pueden causar severos daños a la salud. Se utilizaron como referencia los límites máximos permisibles vigentes en el estudio que se muestran en el recuadro anterior. A continuación se presentan los valores más altos observados en agua superficial en 3 de los 4 ríos:

- En el río San Juan se rebasó la norma en 9 (32%) de 28 estaciones muestreadas, la concentración de mercurio se elevó 11 veces por arriba de la norma, siendo el valor más alto registrado para mercurio de 11 µg/L (Cinvestav, 1994).
- En el Sistema Lerma-Chapala-Santiago se rebasó la norma en 6 (33%) de 18 estaciones, la concentración de mercurio se elevó 2 veces por arriba de la norma, siendo el valor más alto registrado para mercurio de 0.0021 mg/L (Cinvestav, 1994).

Junio 2000

- En el río Coatzacoalcos se rebasó la norma en 3 (14%) de 22 estaciones muestreadas, la concentración de mercurio se elevó 380 veces por arriba de la norma, siendo el valor más alto registrado para mercurio de 0.38 mg/L, en la estación de la laguna Pajaritos (Cinvestav, 1994).

### 1.3. Tendencias

Minerales con mercurio se encuentran en 21 estados mexicanos (Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Colima, Estado de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas), localizados en las zonas norte y centro del país. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de 1994 sobre la historia de la producción de mercurio, esta actividad se ha realizado desde 1891. De 1920-1929 la producción fue mínima y se incrementó a partir de esa fecha para alcanzar 1,118 toneladas en 1942. La tendencia a la baja en el precio de este elemento en los mercados mundiales, redujo la producción en México de 6,100 toneladas métricas en 1990 a 2,200 toneladas métricas en 1994, año en que México contribuyó solamente con el 0.5% de la producción mundial (11 toneladas) y de 1995 a 1999, no hubo ningún registro oficial de producción primaria en México (Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1999).

#### 1.3.1. Patrones de Producción

El Consejo de Recursos Minerales (COREMI) en sus Monografías Geológico-Mineras por estados, indica que se han detectado un total de 4,705 minas, de las cuales 83 son de mercurio, ubicadas en 8 estados (Chihuahua, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas), de las cuales 66 reportan que producen sólo mercurio y 17 mercurio y algún otro u otros minerales (Tabla 1.2). Aún no se ha hecho un estudio sobre la situación de cada una de estas minas, ya que ninguna ha reportado producción a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), en los últimos 5 años (Tabla 1.3), sin embargo, pueden estar siendo explotadas de manera artesanal con el fin de vender el mercurio en el mercado informal.

**Tabla 1.2. Relación de Minas de Mercurio en México**

Estado	Minas que Producen Solo Hg	Minas que Producen Hg y otros metales	Minas que producen Hg
Chihuahua	6	1	7
Durango	6	9	15
Estado de México	2		2
Guanajuato	1		1
Guerrero	1	3	4
Querétaro	14	3	17
San Luis Potosí	18		18
Zacatecas	18	1	19
Total	66	17	83

Fuente: Consejo de Recursos Minerales. Monografía Geológico-Minera de los Estados de: Chihuahua, 1994; Coahuila, 1993; Colima, 1994; Durango, 1993; Estado de México, 1996; Guanajuato, 1992; Guerrero, 1999; Hidalgo, 1992; Jalisco, 1992; Michoacán, 1995; Nayarit, 1994; Oaxaca, 1996; Puebla, 1995; Querétaro, 1992; San Luis Potosí, 1992; Sinaloa, 1991; Sonora, 1992; Veracruz, 1994; Zacatecas, 1991.

### 1.3.1.1. Producción Primaria

**Tabla 1.3. Mercurio Primario Producido de 1985 a 1998**

Año	Producción (ton)
1985	394
1986	185
1987	124
1988	345
1989	651
1990	735
1991	340
1992	21
1993	12
1994	11
1995	0
1996	0
1997	0
1998	0
1999	ND

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1998. Edición 1999. Consejo de Recursos Minerales. Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, 1998.

### 1.3.1.2. Producción Secundaria

Existe en México producción secundaria de mercurio por reprocesamiento de antiguos jales mineros en algunas exhaciendas de beneficio de metales en los estados de Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí, en donde se usó el sistema de patio de amalgamación para la obtención de plata y oro. Hoy en día se usa un sistema de lixiviación para recuperar de estos jales mineros plata, mercurio y oro, siendo este último el de menor proporción. En el estado de Zacatecas se encuentran registradas 4 plantas (Tabla 1.4) en donde tan solo en 1996 se produjeron entre 30 y 33 toneladas de mercurio según la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). También en el estado de Zacatecas, en la Presa del Pedernalillo se ha encontrado mercurio en los sedimentos como resultado de la contaminación por jales mineros.

**Tabla 1.4. Plantas que Benefician Jales en Zacatecas**

Razón Social	Productos	Subproductos
Jales de Zacatecas, S.A. de C.V.	Precipitado de Plata: 600-900 Kg/mes	Mercurio 350 Kg/mes
Beneficiadora de Jales de Zacatecas, S.A. de C.V.	Precipitado de Oro y Plata: 1 ton/mes	Mercurio 1,207 Kg/mes
Jales del Centro, S.A. de C.V.	Precipitado de Oro, Plata y Cobre: 2 ton/mes	Mercurio 690 Kg/mes
Mercurio del Bordo, S.A. de C.V.	Precipitado de Oro, Plata y Mercurio: 0.5 ton/mes	Mercurio 518 Kg/mes

Fuente: Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, PROFEPA. Julio, 1996. Directorio de la Minería Mexicana, 1999.

En un estudio preliminar de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en 1999 se obtuvieron datos similares para 2 de las empresas referidas en la tabla 1.4, por lo que se considera que la producción se ha mantenido en la misma proporción hasta este año.

### 1.3.2. Consumo Nacional

En México el mayor consumo de mercurio, generalmente de origen secundario, está relacionado con la producción de cloro, fabricación de lámparas, amalgamas e instrumentos. El consumo de mercurio en México en el año de 1996 fue de entre 30 y 33 toneladas.

Existe una producción artesanal aún no cuantificada, lo que corresponde a un consumo de mercurio para usos no esenciales (sección 1.3.3.6 usos artesanales y religiosos).

#### 1.3.2.1. Importación y Exportación

Salvo en 1998, en los últimos años México no requirió comprar mercurio del exterior en grandes cantidades. Según el Catálogo de Empresas Exportadoras e Importadoras (SECOFI-BANCOMEXT) en el año de 1998, hubo 6 compañías que adquirieron 13.7 toneladas de mercurio en el exterior, incluyendo 2 fabricantes de tubos fluorescentes y una compañía de restauraciones dentales. En los últimos años (1994-1998) se exportaron casi 12 toneladas de mercurio, observándose un máximo de 7 toneladas en 1997 (Tabla 1.5).

**Tabla 1.5. Mercurio Importado y Exportado de 1985 a 1998**

Año	Importación (ton)	Exportación (ton)
1985	7	92
1986	0	154
1987	0	121
1988	0.4	142
1989	276.1	91
1990	0.4	23.2
1991	2.15	0.3
1992	101.9	1.9
1993	40.5	0.3
1994	27.8	0.3
1995	5.78	0.3
1996	0.85	4
1997	0.87	7.0
1998	13.74	0.24

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1998. Edición 1999. Consejo de Recursos Minerales. Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, 1998.

### 1.3.3. Patrones de Uso

**Nota Aclaratoria:** Debido a la ausencia de metodologías para la estimación de emisiones, desarrolladas específicamente para México, los resultados de los cálculos en esta sección se obtuvieron a partir de factores de emisión tanto de la EPA (Environmental Protection Agency, 1997. Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds), como de Parcom-Atmos (Emission Factors Manual Parcom-Atmos, Netherlands, 1992), y deben considerarse con reserva (Anexo 3), debido a que la situación en México tiene diferencias en cuanto a tecnología, clima, o como en el caso de la industria minera, no se ha analizado el contenido de mercurio en los minerales que se extraen. Respecto a los datos sobre consumo, éstos se estimaron a partir de estadísticas oficiales y datos proporcionados por los respectivos sectores. La diferencia entre las emisiones y el consumo es que para las primera su destino es la atmósfera, mientras que para la segunda no se sabe con exactitud que destino (agua, aire, suelo o si los productos han sido transformados o permanecen como tales). Los resultados se presentan individualmente en cada sección de los sectores productivos y de servicios y de manera general en las gráficas de los Anexos 1 y 2 de Consumo y Emisiones, respectivamente.

### 1.3.3.1. Plantas de Cloro-álcali

La Industria Mexicana de Cloro-Alcali (IMCA), produce actualmente 447,000 Toneladas Métricas (TM) de cloro al año, de las cuales 147,000 toneladas (33% de la producción nacional), se producen mediante la tecnología de cátodo de mercurio. Desde 1967, año en que se instaló la última planta de este tipo, no se ha vuelto a instalar otra y actualmente no existen planes sobre la creación de una nueva planta con esta tecnología. Es importante señalar que el mercurio utilizado en estas plantas, es principalmente de origen secundario que procede de plantas de reciclado en jales mineros.

**Tabla 1.6. Industria Mexicana de Cloro-álcali con Celdas de Mercurio**

Año	Producción de Cloro (ton/año)	Mercurio Usado (ton Hg/año)
1995	121,846	5.258
1996	131,211	5.174
1997	134,786	5.403
1998	141,446	5.658
1999	133,352	5.767
Total	662,641	27.26

Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química, A.C. 2000.

En la generación de residuos derivada del proceso de tratamiento de la salmuera, se generan lodos que son principalmente compuestos de calcio y magnesio (hidróxidos, sulfuros) y trazas de mercurio (< 0.001 mg/L de descarga), los cuales después de filtrarlos y deshidratarlos parcialmente, se envían a disposición controlada, cumpliendo con la normatividad establecida.

En cuanto al programa de 50% de reducción de uso de celdas de mercurio para el año 2005, propuesto por el Instituto del Cloro establecido en 1995, la IMCA está en posibilidad de adoptar dicho programa, pero tomando como base el año 2001, por lo que la meta sería alcanzada en el año 2011.

Como información adicional, en el Anexo 4 se presenta una tabla proporcionada por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), que compara a México en cuanto a producción de cloro con tecnología de celdas de mercurio con respecto a Norte América y Europa Occidental.

Cálculo de consumo.

Capacidad Instalada con producción anual = 147,000 ton.

Factor de emisión = 41.2 g/ton de acuerdo a las compras de mercurio (promedio).

Total de emisiones en 1998 = 5.658 toneladas (Anexo 1).

### 1.3.3.2. Termómetros y esfignomanómetros

El mercurio es utilizado en diferentes tipos de termómetros por el sector salud, los laboratorios, la industria y otros, con un contenido aproximado de 1 g de mercurio por pieza. Según estadísticas oficiales existen en el país un total de 160,017 camas en las diferentes instituciones hospitalarias públicas y privadas en la República. Si consideramos que hay un termómetro por cada cama y que se rompe 1 de cada 4 por semana, se sustituyen un total de 40,000 termómetros por semana y multiplicado por 52 semanas se obtiene un total de 2,080,000 más los 160,000 iniciales son 2,240,000 termómetros utilizados en un año, siendo el contenido de

Junio 2000

mercurio de 2,240 Kg/año.

Cálculo de consumo.

En el caso de los esfignomanómetros con un contenido promedio de mercurio de 6 gramos y que se tiene 1 por cada 4 camas, nos daría un total de 40,000, los cuales requieren de un mantenimiento de 4 veces al año, en este proceso de limpieza, en el cual se pierde en promedio un gramo. Haciendo los cálculos se obtiene un total de 160 Kg/año de mercurio (Anexo 1).

Este valor sumado con el de termómetros equivale a un consumo total 2,400 Kg de mercurio en hospitales para todo el país en un año (Anexo 1).

### 1.3.3.3. Consultorios Dentales

Según estadísticas oficiales, existen 10,781 odontólogos (Tabla 1.7) de los cuales, según encuesta de la Asociación Dental Mexicana, el 70% de estos profesionales, utiliza todavía mortero y pistilo, generando como consecuencia de esta práctica aproximadamente 200 g/año de mercurio por profesional, mientras que el restante 30% utiliza amalgama encapsulada.

**Tabla 1.7. Servicios Hospitalarios y Odontológicos en México**

Institución	Entidad	Hospitales	Camas	Consultorios Dentales	Odontólogos
<b>(IMSS)</b>	D.F.	-----	27,616 * <sup>3</sup>	132 * <sup>1</sup>	1,834 Total * <sup>2</sup>
	Interior de la República	-----	7,683 * <sup>3</sup>	691 * <sup>1</sup>	-----
<b>(ISSSTE)</b>	D.F.	99 Total +	4,154 +	108 +	946 Total * <sup>2</sup>
	Interior de la República		9,358 +	324 +	-----
<b>(SSA) Centros de Salud, todos los centros de 3<sup>er</sup> nivel</b>	D.F.	-----	2,012 * <sup>2</sup>	185 * <sup>2</sup>	356 * <sup>2</sup>
	Interior de la República	-----	54,036 * <sup>2</sup>	2,009 * <sup>2</sup>	2,084 * <sup>2</sup>
<b>Privados</b>	D.F.	228 * <sup>2</sup>	7,191 * <sup>3</sup>	79 * <sup>2</sup>	4,613 Total * <sup>2</sup>
	Interior de la República	1944 * <sup>2</sup>	34,456 * <sup>3</sup>	359 * <sup>2</sup>	-----
<b>Estatales PEMEX, SEDENA, Marina, DIF</b>	D.F.	-----	4,255 * <sup>3</sup>	-----	928 Total * <sup>2</sup>
	Interior de la República	-----	7,340 * <sup>3</sup>	-----	-----
<b>Cruz Roja</b>	D.F.	1	85 * <sup>3</sup>	-----	20 * <sup>2</sup>
	Interior de la República	-----	1,831 * <sup>3</sup>	-----	
<b>Totales</b>		<b>2,271</b>	<b>45,313 114,704 160,017</b>	<b>3,887</b>	<b>10,781</b>

\*<sup>1</sup> Dirección Administrativa; Coordinación de Construcción, Equipamiento y División de Conservación; Área de Normatividad e Innovación Tecnológica; Innovación y Adaptación Tecnológica. IMSS. 1999.

\*<sup>2</sup> Página de la SSA: <http://www.ssa.gob.mx/dgei/> nov-99.

\*<sup>3</sup> Página del INE: <http://www.ine.gob.mx/dgrmar> ene-99.

+ Anuario estadístico 1998, de la Subdirección General de Finanzas, ISSSTE.

++ Dentistas particulares, Asociación Dental Mexicana, 1999.

Nota: Cabe señalar que los datos anteriores se encuentran en un proceso de validación.

Junio 2000

Cálculo de consumo.

En la odontología se tienen registrados un total de 10,781, de los cuales un 70% (7,547) aun utiliza mortero y pistilo, lo cual genera una emisión aproximada de 200 g/año por profesional.

Emisión de mercurio = 1.51 ton (Anexo 1).

#### 1.3.3.4. Termostatos

Cálculo de consumo.

Los termostatos se utilizan en el país para regular equipo de aire acondicionado. Según fuentes de la industria, se venden entre 36,000 y 40,000 unidades cada año en México. Cada termostato contiene 1 ó 2 cápsulas con 3 g de mercurio, aproximadamente, por lo tanto considerando un promedio de 4 g de mercurio por unidad, se calcula un consumo promedio de 152 Kg en la construcción de estos equipos (Anexo 1).

#### 1.3.3.5. Lámparas Fluorescentes

En el mercado existen varios tipos de lámparas que contienen mercurio: lámparas fluorescentes, haluros metálicos, lámparas de sodio a alta presión y lámparas de neón, todas las lámparas fluorescentes contienen mercurio elemental, el contenido aproximado en un tubo de un metro con veinte centímetros es de 15 a 25 mg (Tablas 1.8 y 1.9). En México existen 3 fabricantes principales (General Electric, Osram, Phillips). A la fecha no se ha establecido un programa de recolección y reciclado en México.

**Tabla 1.8. Tipos de lámparas y su contenido de mercurio.**

Año	Tipos de Lámparas	Producción	Contenido Hg/lámp	Contenido Total Hg	Producción Nacional (%)
1996	Fluorescentes	22 Millones	40mg	880 Kg	100%
	Compactas (112/T8)	4 Millones	10 mg	40 Kg	20%
1997	Fluorescentes	25 Millones	40 mg	1000 Kg	95%
	Compactas (112/T8)	5 Millones	10 mg	50 Kg	20%
1998	Fluorescentes	27 Millones	35 mg	945 Kg	80%
	Compactas (112/T8)	6 Millones	10 mg	60 Kg	20%
1999	Fluorescentes	30 Millones	30 mg	900 Kg	75%
	Compactas (112/T8)	7 Millones	5 mg	35 Kg	20%

Fuente: Información proporcionada por CANAME el 7 de febrero del 2000.

**Tabla 1.9. Consumo de Mercurio en la Producción de Lámparas (1996-1999)**

Año	Producción	Contenido Total de Hg
1996	26 Millones	920 Kg
1997	30 Millones	1,050 Kg
1998	33 Millones	1,005 Kg
1999	37 Millones	935 Kg

Fuente: Información proporcionada por CANAME el 7 de febrero del 2000.

Cálculo de consumo.

En la elaboración de lámparas aproximadamente se consume una tonelada de mercurio al año (Anexo 1).

#### **1.3.3.6. Usos Artesanales**

En el mercado nacional (informal en la mayoría de los casos) existen artesanías como los dijes de cristal con mercurio líquido encapsulado que entre 0.8 a 4.5 g de mercurio mezclado con agua o glicerina y adornado con piedras, chaquira, cristales o simplemente solo. Se han encontrado 4 modelos diferentes.

Cálculo de consumo.

En una encuesta hecha en la ciudad de México en tres mercados donde se venden estos collares al mayoreo se detectó una venta mensual aproximada de 3000 collares por mercado, es decir, 9000 collares al mes. Considerando que cada collar tiene un promedio de 2.65 g por dije, se calcula un consumo de mercurio equivalente a 23.85 Kg.

Además de la ciudad de México, otras ciudades como Querétaro y Zacatecas también son distribuidores importantes, por tanto una estimación conservadora del consumo de mercurio en México por este concepto sería de 75 Kg/mes o de 900 Kg/año (Anexo 1).

El INE ha establecido comunicación con las autoridades con competencia en la materia, para eliminar el consumo de mercurio en este uso no esencial.

#### **1.3.3.7. Usos Culturales-Religiosos**

En una encuesta realizada por el INE en el mercado herbolario de Sonora, se encontraron 35 puestos que distribuyen mercurio líquido en recipientes pequeños de vidrio o plástico, cuyos contenidos van de 7 a 15 g. El promedio de venta diario según la encuesta fue de 1 por puesto (35 frascos) con un contenido promedio de 12.5 g, lo que equivaldría a un consumo aproximado mensual de 9.375 Kg (112.5 Kg/año) (Anexo 1).

Cabe mencionar que el destino de este mercurio vendido en botellitas generalmente es el suelo de habitaciones y negocios por la creencia de que atrae la buena suerte, a la fecha no se han evaluado riesgos por exposición ambiental a mercurio, sin embargo se tienen registradas en los últimos 4 años 5 intoxicaciones por mercurio elemental atribuidas a este uso no esencial.

#### **1.3.3.8. Procesos de Producción de Carbón y Coque**

En México existen 2 tipos principales de carbón: térmico (Tabla 1.10), para combustión directa en carboeléctricas y coquizable (Tabla 1.11), para uso metalúrgico. No se han analizado los contenidos de mercurio en el carbón de México.

**Tabla 1.10. Producción Minera de Carbón y Estimación de Emisiones de Mercurio 1994-1998**

Año	Producción de Carbón (ton/año)	Estimación de Emisiones (Kg Hg/año)
1994	11,432,222.00	1,557.07
1995	11,800,258.00	1,607.20
1996	13,745,528.00	1,872.14
1997	12,707,443.30	1,730.75
1998	12,378,788.40	1,685.99
Total	62,064,239.70	8,453.15

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1998. Edición 1999. Consejo de Recursos Minerales. SECOFI.

**Tabla 1.11. Carbón Coquizado 1994-1999**

Año	Producción de Coque (ton/año)	Estimación de Emisiones (Kg Hg/año)
1994	1,984,730	54.1
1995	2,147,602	58.5
1996	2,184,364	59.5
1997	2,139,376	58.3
1998	2,202,558	60.0
1999	2,219,845	60.5
Total	12,878,475	350.9

Fuente: Página INEGI, 2000. Sector Minero.

Cálculo de emisiones.

Producción de carbón = 62,064,239.70 ton (Periodo de 1994 a 1998).

Factor de emisión =  $1.362 \times 10^{-4}$  Kg Hg/ton (EPA, 1997).

Total de emisiones = 8.45 ton (Anexo 2).

Coquizado = 12,878,475 ton (Periodo de 1994 a 1998).

Factor de emisión =  $2.724 \times 10^{-5}$  Kg Hg/ton (EPA, 1997).

Total de emisiones = 0.351 ton (Anexo 2).

### 1.3.3.9. Carboeléctricas

La generación de energía eléctrica en México se realiza por medio de todas las tecnologías disponibles. Al terminar 1994, la Comisión Federal de Electricidad contaba con una capacidad productiva de más de 31,600 megawatts (MW) de los cuales el 28.8% correspondió a centrales hidroeléctricas, el 6% a carboeléctricas, el 2.38% a geotermoeléctricas, el 54.02% a termoeléctricas que consumen hidrocarburos, 6.64% a la central dual, 2.13% a la nucleoelectrica y 0.01% a la central eoloeléctrica.

Actualmente sólo un 6% de la electricidad en México se genera en 2 plantas carboeléctricas, localizadas en el estado de Coahuila (Tabla 1.12).

**Tabla 1.12. Carboeléctricas en Coahuila, México**

Junio 2000

<b>Planta</b>
Planta Río Escondido, (Presidente José López Portillo). 24 Km al sur de Piedras Negras. 4 Unidades, con capacidad de 300 Megawatts (Mw) cada una. Capacidad de producción total: 1,200 Mw. Consumo anual de carbón: 4.2 millones de toneladas.
Planta Carbón II. 24 Km al sur de Piedras Negras. 4 Unidades, con capacidad de 350 Mw cada una. Capacidad de producción total: 1,400 Mw. Consumo anual de carbón: 6.3 millones de toneladas.

Fuente: CFE, Carbón II. Boletín Informativo. Sin año.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), pondrá en funcionamiento la conversión de una planta termoeléctrica de petróleo a carboeléctrica en Petacalco, Guerrero, para mediados del año 2000 con 6 Unidades con capacidad de 350 Mw cada una y capacidad de producción total de 2,100 Mw. El consumo anual de carbón se estima aproximadamente en 8 millones de toneladas, no se han hecho análisis del contenido de mercurio en el carbón extraído en México.

Cálculo de emisiones.

Consumo anual de carbón = 10.500,000 ton.

Factor de emisión = 0.25 g/ton (Parcom-Atmos, 1992).

Total de emisiones = 2.625 ton (promedio para los años 1997 y 1998) (Anexo 2).

#### 1.3.3.10. Fundición de Metales

La industria fundidora en México, forma parte de la Sociedad Mexicana de Fundidores y en 1999, según su Directorio Nacional existen 482 empresas fundidoras tanto de metales primarios como reciclados (secundarios), de las cuales, 2 son micro con capacidad en toneladas por mes menor a 200, 194 son pequeñas con 200 a 500, 193 son medianas con 500 a 1000 y 93 son grandes con más de 1000.

Muchas de estas empresas se dedican a la fundición de diversos metales, se observa en los datos obtenidos que las empresas pequeñas se diversifican más en sus actividades, dedicándose algunas a la fundición de hasta 5 metales diferentes, mientras que las grandes son más especializadas en su actividad dedicándose a la fundición de 1 o 2 metales.

Aún no existe un estudio sobre tipo de tecnología y combustible que utilizan; ni se cuenta con datos precisos de producción (Tabla 1.13); como tampoco se tiene conocimiento acerca de si su producción es primaria o secundaria, así como sobre sus emisiones de mercurio.

**Tabla 1.13. Producción Minera Total en México (ton/año).**

	1995	1996	1997	1998	1999	Total
<b>Plata</b>	2,495,522	2,536,465	2,701,329	2,868,099	2,337,554	24,581,545
<b>Oro</b>	20,902	24,083	26,032	25,983	22,285	172,945
<b>Cobre</b>	339,347	327,976	338,932	344,753	321,041	3,143,436
<b>Plomo</b>	179,741	167,115	180,349	171,611	125,956	1,680,597
<b>Zinc</b>	354,673	348,329	377,861	371,899	321,205	3,411,664

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 1998. Edición 1999. Consejo de Recursos Minerales. SECOFI. Página Internet del Sector Minero en INEGI, 1999.

Cálculo de emisiones.

Junio 2000

Se han considerado tres metales en cuyo proceso de producción puede estar involucrado el mercurio. No se estimaron los valores para oro y plata por no contar con factores de emisión, únicamente se presentan los datos de producción (Tabla 1.14). También es importante aclarar que el cálculo para los otros tres metales, fue hecho con los datos gruesos de producción minera, sin distinguir tecnología utilizada ni valores de mercurio en los minerales.

**Tabla 1.14. Factor de Emisión por Metal y Total de Emisiones de Mercurio (Kg)**

	<b>Factor de emisión*</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>Total de Emisiones</b>
<b>Cobre</b>	0.1 g/Ton	33,9	32,8	33.9	34.5	32.1	167.2
<b>Plomo</b>	3 g/Ton	539,2	501,3	541.1	514.8	377.9	2,474.3
<b>Zinc</b>	20 g/Ton	7,093.5	6,966.6	7,557.2	7,438.0	6,424.1	35,479.4
<b>Total</b>		7,666.6	7,500.7	8,132.2	7,987.3	6,834.1	38,120.9

\* (Parcom-Atmos, 1992). (Anexo 3).

### 1.3.3.11. Producción de Cemento

Existen 3 grandes compañías en México con 29 hornos de cemento (Figura 1.1), de los cuales 24 tienen autorización para utilizar combustible alterno, el resto utiliza combustóleo. Cemex tiene un total de 16 plantas, cementos APASCO 6 y la Cooperativa La Cruz Azul 3 en el país.

**Figura 1.1. Distribución de Hornos Cementeros**



Fuente: Cámara Nacional del Cemento (CANACEM).

Cálculo de emisiones.

Producción de cemento = 30,000,000.00 ton (INEGI).

Factor de emisión = 0.087 g/ton (EPA).

Total de emisiones = 2.61 ton (Anexo 2).

### 1.3.3.12. Incineración de Residuos Biológico-Infeciosos e Industriales

Junio 2000

Existen 24 incineradores de residuos biológico-infecciosos autorizados en la República Mexicana (Tabla 1.15) y según la NOM 098 se deberán reportar emisiones de plomo, partículas suspendidas totales, dioxinas, furanos y mercurio, entre otros, la temperatura de incineración en estas instalaciones no es superior a los 300 °C.

**Tabla 1.15. Incineradores de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) en México**

Empresa	Estado	Capacidad (Kg/h)
Tradem.	Distrito Federal	1000
Control de Desechos Ind. y Monit. Amb.	Coahuila	200
Tradem.	Estado de México	500
Sterimed.	Estado de México	109
Soluciones Ecológicas Integrales.	Estado de México	1400
Protección Integral del Medio Ambiente.	Estado de México	45
Desechos Biológicos.	Estado de México	250
Proterm-JV de México.	Estado de México	350
Proterm-JV de México.	Estado de México	200
Tecnología Especializada en Reciclaje.	Hidalgo	1000
Alicia Chávez González.	Jalisco	360
Ciba Especialidades Químicas México.	Jalisco	588
Servicios de Tecnología Ambiental.	Nuevo León	350
Bio-System Technology.	Nuevo León	270
Ecotérmica de Oriente.	Puebla	350
Marepel.	Sinaloa	200
Secam.	Tamaulipas	220
Ecología del Mayab.	Yucatán	270
Incineradores, Mantenimiento y Equipo.	Jalisco	420
Centro Ambiental.	San Luis Potosí	90
Bio-Tratamientos.	Estado de México	340
Ameq de México.	Coahuila	112.5
Técnicas Especiales Reducción de Altamirano.	Tamaulipas	250
Control Ambiental del Bajío.	Guanajuato	83
Total de empresas 24		8,957.5

Fuente: Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. Instituto Nacional de Ecología. Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas. Reporte Interno. Marzo, 2000.

La capacidad instalada de incineración de residuos biológico infecciosos en México, hasta diciembre de 1999 es de 18,632 ton/año considerando 260 días laborales, 8 horas diarias. Si se toma en cuenta que la aplicación de la normatividad lleva aproximadamente 3 años, se estima que se está operando al 40% de la capacidad, por tanto, el volumen de incineración se estima en 7,453 ton/año. Por lo anterior, si se aplica un factor de emisión de 0.96 g/ton se calcula un total aproximado de 7.15 ton/año de emisiones de mercurio.

Cálculo de emisiones.

Incineración anual promedio para 1997-1999 = 7,453 ton.

Factor de emisión = 0.96 g/ton (Parcom-Atmos, 1992).

Estimación de emisiones anuales (1997- 1999) = 7.15 ton (Anexo 2).

En cuanto a residuos industriales peligrosos existen 11 incineradores en México, con una capacidad instalada de 65,400 toneladas al año, de la cual se utiliza al 10%. Dentro de los

Junio 2000

residuos que se incineran se encuentran aceites y grasas, trapos impregnados con solventes, residuos de la industria farmacéutica, entre otros.

**Tabla 1.16. Empresas Autorizadas para Incinerar Residuos Industriales Peligrosos (ton/año)**

Empresa	Residuo Peligroso	Capacidad Instalada
Tecnología Especializada en Reciclaje, Tepeji del Río, Hgo.	Residuos industriales y biológico infecciosos.	7,500
Ciba Geigi Mexicana, Atotonilco, Jal.	Residuos provenientes de las empresas, así como de empresas farmacéuticas.	2,075
Kodak de México, Zapopan, Jal.	Residuos de la producción de película fotográfica, papel filtro, lodos activados, escorias de fundición y lodos del proceso de recuperación de plata.	613
Bayer de México, Ecatepec, Edo. de Méx.	Incineración de residuos peligrosos generados en la empresa.	1,752
Aceros Nacionales, Tlalnepantla, Edo. de Méx.	Incineración de aserrín, estopas, guantes y rebaba impregnados con aceites y grasas.	183
Siderúrgica Lázaro Cárdenas. Las Truchas, Lázaro Cárdenas, Mich.	Incineración de guantes, estopas y trapos impregnados con solventes, aceites y grasas.	22
Laboratorios Julián de México, Jiutepec, Mor.	Incineración de residuos peligrosos generados en sus instalaciones.	20,000
Sintex, Jiutepec, Mor.	Productos farmacéuticos caducos y fuera de especificación.	840
Hylsa, San Nicolás de Los Garza, N.L.	Incineración de aceites gastados.	246
Síntesis Orgánica, Xalostoc, Tlax.	Incineración de bloques sólidos de breas de destilación de anhídrido ftálico.	2,160
Pemex-Petroquímica, Coatzacoalcos, Ver.	Operación del incinerador (Complejo Pajaritos) para tratamiento térmico de efluentes con clorohidrocarburos pesados.	30,000
<b>Total capacidad de empresas <sup>(2)</sup></b>		<b>65,391</b>
<b>Total capacidad cementeras <sup>(1)</sup></b>		<b>1,227,414</b>
<b>Total capacidad instalada</b>		<b>1,292,805</b>
<b>Estimación del 10% de residuos incinerados</b>		<b>129,281</b>

Fuente: (1) Páginas de Internet de Cementos APASCO; CEMEX; Cementos Cruz Azul, 1999.

(2) INE, DGMRAR. 2000

También el INE ha autorizado incinerar residuos peligrosos a la mayoría de las cementeras que operan en el país, la capacidad instalada para incineración (1,227,414 ton) es mayor de lo que realmente se incinera de residuos peligrosos, que equivale al 10% de esta capacidad mientras que el 90% de su consumo de energía corresponde a combustóleo.

Cálculo de Emisiones.

Del total de la capacidad instalada se utilizó para incinerar residuos peligrosos un 10% durante los años 1998-1999.

Residuos incinerados por empresas = 6,539.1

Residuos usados como combustible alterno por cementeras = 122,741.4

Total incinerado = 129,280.5

Factor de emisión (Parcom-Atmos, 1992) = 3.0 g/ton

Junio 2000

Total de emisiones de mercurio = 0.388 ton (Anexo 2).

### **1.3.3.13. Cremación**

En el Distrito Federal (D.F.) existen 9 crematorios, con 18 hornos, los cuales creman entre 4 y 7 cadáveres diarios. En un crematorio de mediana capacidad creman 5 diarios, reportando que en lo que va del año la cantidad asciende a 1,600 cuerpos incinerados. Los servicios crematorios presentan un incremento aproximado del 30% anual.

Tomando como promedio 5 cremaciones al día por cada uno de los 8 crematorios en operación y haciendo el cálculo correspondiente, tenemos que se hacen 14,600 incineraciones al año en el distrito federal y al aplicarle el factor de emisión, obtenemos 21.9 Kg de emisiones al año por este concepto.

Cálculo de emisiones.

Cremaciones aproximadas al año = 14,600.

Factor de emisión =  $1.5 \times 10^{-3}$  Kg/cremación (EPA,1997).

Emisiones = 21.9 k (Anexo 2).

## 2 Marco Regulatorio para el Manejo de Riesgos y Prevención de la Contaminación

### 2.1 Legislación, Reglamentos y Normas Federales

La percepción de los riesgos del mercurio no ha sido muy amplia en México, y aún no se han desarrollado normas muy precisas en cuanto al manejo de productos específicos, sin embargo, hay elementos en las leyes que derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que permiten regular este contaminante (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1 Normatividad del Mercurio en México**

Ley	Reglamento	Normas Oficiales Mexicanas	Entidad Responsable
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)	Reglamento de Residuos Peligrosos.	NOM-052-ECOL-1993 NOM-053-ECOL-1993	SEMARNAP, INE, PROFEPA
Ley de Aguas Nacionales	Reglamento de Aguas Nacionales.	NOM-031-ECOL-1993 NOM-071-ECOL-1994	SEMARNAP, INE, PROFEPA
Ley General de Salud	Reglamento para el Control Sanitario de las Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios.	NOM-071-ECOL-1994 NOM-118-SSA1-1994	SSA
Ley Federal del Trabajo	Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo.	NOM-010-STPS-1994	STPS
Ley Federal de Sanidad Animal		NOM-016-ZOO-1994	SAGAR
Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.	NOM-002-SCT2/1994	STC
Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos	Reglamento de Armas de Fuego y Explosivos.	No existe un reglamento oficial mexicano. Sin embargo, el Art. 41 indica que el fulminato de mercurio está sujeto a los reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.	SEDENA
Ley de Industrias Mineras	Reglamento para las Actividades Mineras.	No existe un reglamento oficial mexicano. Sin embargo, el Art. 41 indica que el fulminato de mercurio está sujeto a los reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.	SECOFI

De las leyes y los reglamentos, se derivan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son de aplicación federal y son redactadas con la participación de los diferentes sectores de gobierno, academia e industria y sometidas a consulta pública antes de su publicación definitiva; hasta la fecha se han publicado las normas listadas en la Tabla 2.2.

Junio 2000

La entidad encargada de vigilar el cumplimiento de estas normas, es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y cuenta con las oficinas generales en la Ciudad de México y representaciones en cada estado de la República Mexicana.

**Tabla 2.2 Normas Oficiales Mexicanas para Regular el Uso del Mercurio**

Norma	Tipo de Reglamento
NOM-052-ECOL-93.	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-93.	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-001-ECOL-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-ECOL-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-117-SSA1-1994.	Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM-048-SSA1-1993.	Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.
NOM-118-SSA1-1994.	Bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes y pigmentos inorgánicos. Especificaciones sanitarias.
NOM-016-ZOO-1994.	Análisis de mercurio en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por espectrometría de absorción atómica.
NOM-010-STPS-1994.	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
NOM-002-SCT2/1994.	Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

Está en proceso de ser aprobado el Anteproyecto de NOM-098-ECOL/99, que regula la incineración de residuos provenientes de cualquier actividad en su operación y las emisiones, descargas y productos sólidos de la combustión generados al ambiente. Esta norma regula y establece los requisitos y especificaciones para la operación adecuada y los límites máximos permisibles a la atmósfera, descarga de aguas residuales y los productos sólidos de la combustión generados en el proceso de incineración de residuos sólidos municipales, residuos peligrosos, industriales no peligrosos y biológico-infecciosos, a fin de reducir sus posibles riesgos a la salud y al ambiente. Esta norma establece como límites de emisión de mercurio  $0.07 \text{ mg/m}^3$ , indica también que el muestreo tendrá un tiempo de captación de 1 hora, con un promedio de 3 muestreos en 8 horas.

### 2.1.1 Política Ambiental

La LGEEPA fue modificada por el Congreso de la Unión y sus reformas fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1996. El propósito fundamental de estas

reformas fue plasmar en la Ley las orientaciones y los principios de una nueva política ambiental, fundada en el principio del desarrollo sustentable (INE-SEMARNAP, 1999).

La SEMARNAP cuenta con una amplia gama de instrumentos de regulación ambiental derivada de la Ley y del reglamento interior que establece las facultades de instituciones que integran a la Secretaría. En la modernización de los procedimientos de licenciamiento de establecimientos industriales y de reporte de emisiones, se ha procurado afianzar las características de aplicación, alcance y eficacia de la Licencia Ambiental Unica (LAU) y promover la utilización de la Cédula de Operación Anual (COA).

Características de la LAU:

- Única por establecimiento industrial.

Integra los siguientes elementos:

- Evaluación de Impacto Ambiental.
- Estudio de Riesgo.
- Emisiones Atmosféricas.
- Residuos Peligrosos
- Descargas de agua residual.
- Participan establecimientos nuevos o que deban regularizarse.
- Pueden participar también quienes así lo soliciten vía relicenciamiento.

Características de la COA:

- Genera información anual actualizada sobre emisiones, manejo y transferencia de contaminantes.
- Dar seguimiento a la operación del establecimiento.
- Apoya la toma de decisiones en materia de protección ambiental.
- Contribuye a la formulación de criterios y políticas ambientales.

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental en el que se integra la información sobre emisiones contaminantes al aire, agua y suelo, sistema de información geográfica y métodos de estimación de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales y generación de residuos peligrosos.

Mediante este registro se podrán conocer las emisiones y transferencias de 105 contaminantes en relación con los sectores de la economía que entreguen anualmente a lo largo de los municipios y estados del país, a través de:

- Datos anuales de emisiones al aire, agua y suelo y transferencias de residuos peligrosos para su tratamiento y/o confinamiento detallados por especie química particular y por tipo de establecimiento, sector económico y región geográfica.
- Ubicación geográfica, datos generales y características operativas y de prevención y control de la contaminación de las fuentes de emisión, así como datos de fuentes no puntuales, como operaciones agrícolas o de transporte.

Una vez integrado este inventario deberá, se espera alcanzar los siguientes objetivos:

*Junio 2000*

- Contar con una base de datos confiable y actualizada sobre emisión y transferencia de sustancias tóxicas.
- Simplificar y racionalizar la recolección de información.
- Ayudar en la toma de decisiones de las empresas referente a su gestión ambiental.
- Seguir y cuantificar los avances en el abatimiento de emisiones y descargas.
- Proporcionar información sobre sustancias químicas que representen un riesgo para la salud y el ambiente.
- Generar un sistema de información sobre emisiones y transferencias para la elaboración de reportes con información accesible y disponible para el público en general.
- Generar un instrumento que sirva de base para que México cumpla con sus obligaciones internacionales de información ambiental.

El diseño e instrumentación de un procedimiento de reporte de emisiones de contaminantes y la integración de un RETC en México, se fundamentan en los preceptos contenidos en el “Programa de Medio Ambiente 1995-2000” y en las atribuciones que le concede a la SEMARNAP la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (INE-SEMARNAP, 1999).

## **2.2 Legislación, Reglamentos y Normas Estatales (pendiente)**

## **2.3 Iniciativas Voluntarias (pendiente)**

# **3 Actividades de Remediación**

## **3.1 Sitios Contaminados**

En datos obtenidos por la PROFEPA, Delegación Zacatecas en diciembre de 1996, en la Laguna la Zacatecana con una extensión aproximada de 120 hectáreas y a escasos 10 Km de la ciudad de Zacatecas, existen 4 plantas (Jales de Zacatecas, S.A. de C.V., Beneficiadora de Jales de Zacatecas, S.A. de C.V., Jales del Centro, S.A. de C.V. y Mercurio del Bordo, S.A. de C.V.), que benefician jales por el proceso de lixiviación con hiposulfito de sodio y que se encuentran aguas abajo de la presa en cuestión. La separación de los valores (oro, plata como productos y mercurio como subproducto, principalmente) se realiza mediante un proceso térmico, en el cual se condensa el mercurio. Cabe señalar que los jales que benefician estas plantas y los jales depositados en la laguna tienen el mismo origen, es decir, en el Distrito de Zacatecas, el producto de los 3 principales grupos de vetas, Veta Grande, San Bernabé y La Cantera fue procesado, hasta en 48 haciendas de beneficio situadas en la Serranía de Zacatecas. Estas haciendas que laboraron por 300 años hasta principios del presente siglo, tiraban los deshechos en los cauces de los arroyos, los cuales fueron arrastrados hacia los valles por las lluvias, formando en estos depósitos muy importantes. En el caso de la presa del Pedernalillo, se acumularon 5 millones de toneladas de materia mineralizada, conteniendo un promedio de 60 g de plata y 180 g de mercurio por tonelada, lo que equivale aproximadamente a un total de 300 toneladas de plata y 900 toneladas de mercurio.

## **3.2 Retiro de Remanentes de Mercurio (pendiente)**

## Bibliografía

1. Comisión Federal de Electricidad. Sin año. Carbón II. Boletín Informativo.
2. Cinvestav. 1994. Evaluación de los posibles efectos sobre la salud. Secretaría de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología.
3. Consejo de Recursos Minerales. 1998. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana. Edición 1999. Banco Nacional de Comercio Exterior, SNC, 1998.
4. Consejo de Recursos Minerales. 1999. Directorio de la Minería Mexicana.
5. Consejo de Recursos Minerales. 1994 Monografía Geológico-Minera del Estado de Chihuahua.
6. Consejo de Recursos Minerales. 1993 Monografía Geológico-Minera del Estado de Coahuila.
7. Consejo de Recursos Minerales. 1994 Monografía Geológico-Minera del Estado de Colima.
8. Consejo de Recursos Minerales. 1993 Monografía Geológico-Minera del Estado de Durango.
9. Consejo de Recursos Minerales. 1996 Monografía Geológico-Minera del Estado de México.
10. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de Guanajuato.
11. Consejo de Recursos Minerales. 1999 Monografía Geológico-Minera del Estado de Guerrero.
12. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de Hidalgo.
13. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de Jalisco.
14. Consejo de Recursos Minerales. 1995 Monografía Geológico-Minera del Estado de Michoacán.
15. Consejo de Recursos Minerales. 1994 Monografía Geológico-Minera del Estado de Nayarit.
16. Consejo de Recursos Minerales. 1996 Monografía Geológico-Minera del Estado de Oaxaca.
17. Consejo de Recursos Minerales. 1995 Monografía Geológico-Minera del Estado de Puebla.
18. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de Querétaro.
19. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de San Luis Potosí.
20. Consejo de Recursos Minerales. 1991 Monografía Geológico-Minera del Estado de Sinaloa.
21. Consejo de Recursos Minerales. 1992 Monografía Geológico-Minera del Estado de Sonora.
22. Consejo de Recursos Minerales. 1994 Monografía Geológico-Minera del Estado de Veracruz.
23. Consejo de Recursos Minerales. 1991 Monografía Geológico-Minera del Estado de Zacatecas.
24. Environmental Protection Agency. 1997. Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds.

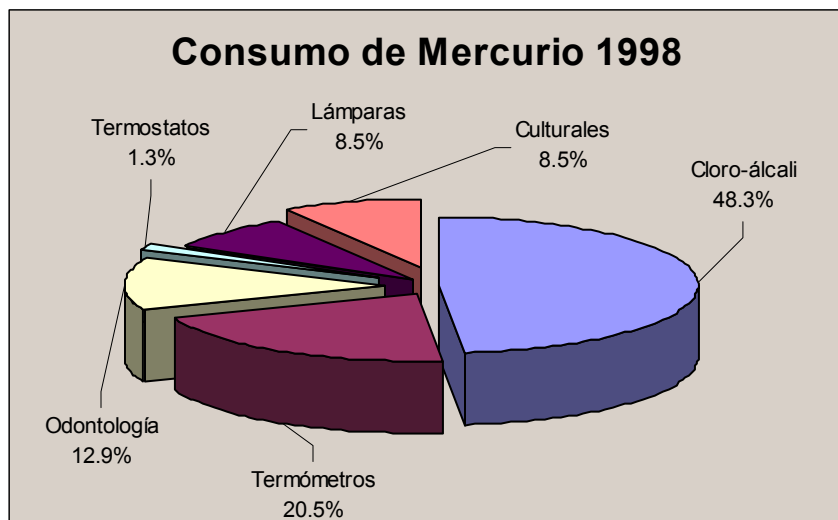
25. INE\_SEMARNAP. 1996. Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México”.
26. INE-SEMARNAP. 1999. Informe Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes 1997-1998. Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
27. Sociedad Mexicana de Fundidores, A.C. 1999. Directorio Nacional de la Industria de la Fundición. Edición 1999-2000.

## Anexo 1. Consumo

**Tabla A1.1. Consumo de Mercurio en México 1998**

Producto	Cantidad Hg (ton/año)
Cloro-álcali	5.658
Termómetros y esfignomanómetros	2.4
Odontología	1.51
Termostatos	0.152
Lámparas fluorescentes	1.0
Usos culturales	1.0
<b>Total</b>	<b>11.72</b>

**Figura A1.1. Consumo de Mercurio en México en 1998**

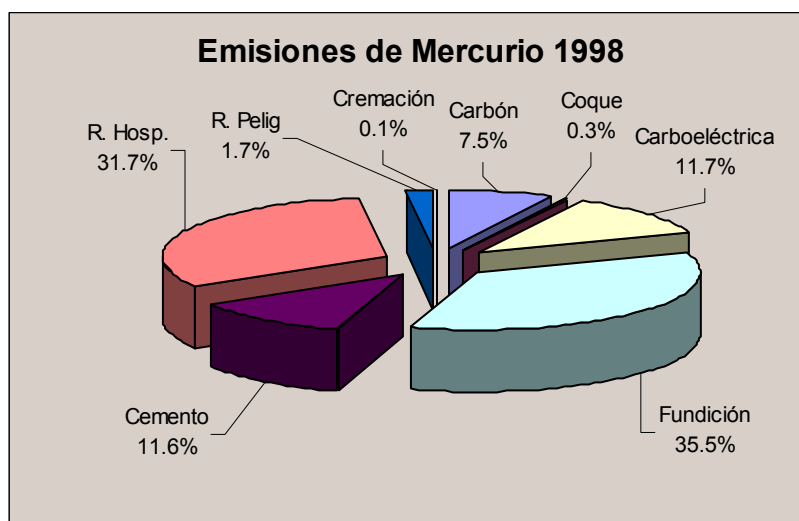


## Anexo 2. Emisiones

**Tabla A2.1. Estimación de las Emisiones de Mercurio en México (ton/año)**

Fuente	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Producción de Carbón	1.557	1.607	1.872	1.731	1.686	
Producción de Coque	0.054	0.059	0.060	0.058	0.060	0.061
Carboeléctricas				2.625	2.625	
Fundición (cobre, plomo y zinc)		7.667	7.501	8.132	7.987	6.834
Producción de Cemento				2.61	2.61	
Residuos Hospitalarios				7.15	7.15	7.15
Residuos Peligrosos				0.390	0.390	0.390
Cremación				0.022	0.022	0.022
<b>Total</b>				22.718	22.53	

**Figura A2.1. Estimación de las Emisiones de Mercurio en México en 1998**



### Anexo 3. Factores de Emisión

**Tabla A3.1. Factores de Emisión de Mercurio**

Productos	Factor de Emisión Parcom Atmos (g/Mg)	Factor de Emisión (Hg) (EPA)
Sinter Plants	0.02	
Pellet Plants	Falta página	
HM in dust blast furnaces	0.02	
HM in dust basic oxygen furnaces	0.003	
HM in electric arc furnaces (steel and construction steel and stainless steel)	0.15	
Producción de Coque		6 X 10 <sup>-5</sup> lb/ton 2.724 X 10 <sup>-5</sup> Kg/ton
Coke ovens	0.03	6 X 10 <sup>-5</sup> lb/ton (2.724 X 10 <sup>-5</sup> Kg/ton)
Producción primaria de <b>Cobre</b>	0.1	0.1 g/Ton
Producción primaria de <b>Plomo</b>	3.0	3 g/Ton
Producción primaria de <b>Zinc</b>	20.0	20 g/Ton
Producción secundaria de Zinc	0.02	0.02
Manufactura de Carbón Negro		3 X 10 <sup>-4</sup> lb/ton 1.362 X 10 <sup>-4</sup> Kg/ton
<b>Carboeléctricas</b>	0.25, 0.18	0.15 g/Mg (3 X 10 <sup>-4</sup> lb/ton, 1.362 X 10 <sup>-4</sup> Kg/ton)
HM brown coal combustion	0.06	
Natural gas	5 µg/m <sup>3</sup>	
Wood combustion	0-0.2	
Percentage in dust waste incineration	0.6	
<b>Residuos Industriales Peligrosos</b>	3.0	
<b>Residuos Peligrosos Biológico Infecciosos</b>	0.96	
HM sewage sludge incineration	1.0	
Chloralkali industry	3.1	41.2 g/ton (Méx) 4.071 g/ton (USA)
Manufactura de Cemento Pórtland		1.3 X 10 <sup>-4</sup> lb/ton 5.902 X 10 <sup>-5</sup> Kg/ton
Producción de Cemento	0.275	0.087 g/ton (8.7 X 10 <sup>-5</sup> Kg/ton) 6.5 X 10 <sup>-5</sup> Kg/Mg (1.3 X 10 <sup>-4</sup> lb/ton, 5.902 X 10 <sup>-5</sup> Kg/ton)
Glass production (NA)	0.05	
Batteries	-----	
Cremación	1.0 Hg/body (Swit.) 0.6 g/filling (UK)	3.3 X 10 <sup>-3</sup> lb/cremación (1.5 X 10 <sup>-3</sup> Kg/cremación)
Odontología		40 lb/ton 20 Kg/ton

Fuente: EMISSION FACTORS MANUAL PARCOM-ATMOS Emission factors for air pollutants. Netherlands, 1992. Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury Compounds. EPA, 1997

#### Anexo 4. Industria de Cloro-Alcali en Norteamérica y Europa Occidental

**Tabla A4.1. Producción de Cloro con Tecnología de Celdas de Mercurio (TM/año)**

	Capacidad Instalada (C.I.) (T.M. Cloro)	% de C.I. contra Capacidad Total	Comparativo de C.I. contra la de USA (%)
<b>México</b>	147,000	33	8.2
<b>Canadá</b>	37,700	2.8	2.1
<b>Estados Unidos</b>	1,800,000	14	---
<b>Europa Occidental</b>	6,300,000	70	350

Fuente: Información proporcionada por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ). 2000.