

**Diagnóstico del mercurio en México
Primer borrador (Junio, 2000)**

Este informe fue elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap).

El propósito es hacer un diagnóstico nacional de la extracción, usos, transporte y destino final de residuos contaminados con este metal en México, a fin de obtener una evaluación de las cantidades de mercurio que circulan y las emisiones y descargas en el territorio nacional. Se abordan también los riesgos que corre la población en general y en especial los sectores más expuestos, sea por estar ubicados cerca de fuentes importantes de emisión, sea por realizar actividades laborales que implican el uso de mercurio.

Elaboración y recopilación de la información:

José Alfredo Ramírez Álvarez, Consultor independiente
José Castro Díaz, Subdirector de Planes de Acción Regional
Rocío Alatorre Eden Wynter, Directora de Materiales Tóxicos

Contenido

1	SITUACIÓN Y TENDENCIAS	1
1.1.	INVENTARIO DE EMISIONES	1
1.1.1.	INVENTARIOS DE TÓXICOS EN MÉXICO	1
1.2.	MONITOREO AMBIENTAL	2
1.3.	TENDENCIAS	3
1.3.1.	PATRONES DE PRODUCCIÓN	3
1.3.1.1.	Producción primaria	4
1.3.1.2.	Producción secundaria	5
1.3.2.	CONSUMO NACIONAL	5
1.3.2.1.	Importación y exportación	6
1.3.3.	PATRONES DE USO	6
1.3.3.1.	Plantas de cloro y sosa cáustica	7
1.3.3.2.	Termómetros y esfignomanómetros	8
1.3.3.3.	Consultorios dentales	8
1.3.3.4.	Termostatos	9
1.3.3.5.	Lámparas fluorescentes	10
1.3.3.6.	Usos artesanales	11
1.3.3.7.	Usos culturales-religiosos	11
1.3.3.8.	Procesos de producción de carbón y coque	12
1.3.3.9.	Carboeléctricas	13
1.3.3.10.	Fundición de metales	13
1.3.3.11.	Producción de cemento	15
1.3.3.12.	Incineración de residuos biológico-Infeciosos e industriales	15
1.3.3.13.	Cremación	18
2	MARCO REGULATORIO PARA EL MANEJO DE RIESGOS Y LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN	19
2.1	LEGISLACIÓN, REGLAMENTOS Y NORMAS FEDERALES	19
2.1.1	POLÍTICA AMBIENTAL	21
3	ACTIVIDADES DE REHABILITACIÓN	23
3.1	SITIOS CONTAMINADOS	23
	BIBLIOGRAFÍA	1
	ANEXO 1. CONSUMO	3
	ANEXO 2. EMISIONES	4
	ANEXO 3. FACTORES DE EMISIÓN	5
	ANEXO 4. INDUSTRIA DE CLORO Y SOSA CÁUSTICA EN AMÉRICA DEL NORTE Y EUROPA OCCIDENTAL	7

Indice de cuadros y gráficas

Cuadro 1.1. Normatividad vigente en la realización del trabajo del Cinvestav (Hg mg/L).	2
Cuadro 1.2. Relación de minas de mercurio en México	4
Cuadro 1.3. Producción primaria de mercurio 1985-1998	4
Cuadro 1.4. Plantas que benefician jales en Zacatecas	5
Cuadro 1.5. Importación y exportación de mercurio 1985-1998	6
Cuadro 1.6. Industria mexicana de cloro y sosa cáustica con celdas de mercurio ..	7
Cuadro 1.7. Servicios hospitalarios y odontológicos en México	8
Cuadro 1.8. Tipos de lámparas y contenido de mercurio.	10
Cuadro 1.9. Consumo de mercurio en la producción de lámparas (1996-1999)	10
Cuadro 1.10. Producción minera de carbón y estimación de emisiones de mercurio 1994-1998	12
Cuadro 1.11. Carbón coquizado 1994-1999	12
Cuadro 1.12. Carboeléctricas en Coahuila, México	13
Cuadro 1.13. Producción minera total en México (ton/año).	14
Cuadro 1.14. Factor de emisión por metal y total de emisiones de mercurio (Kg) 14	
Gráfica 1.1. Distribución de hornos cementeros	15
Cuadro 1.15. Incineradores de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPBI) en México	15
Cuadro 1.16. Empresas autorizadas para incinerar residuos industriales peligrosos (ton/año)	17
Cuadro 2.1 Normatividad del mercurio en México	19
Cuadro 2.2 Normas Oficiales Mexicanas para regular el uso del mercurio	20
Cuadro A1.1. Consumo de mercurio en México, 1998	3
Gráfica A1.1. Consumo de mercurio en México en 1998	3
Cuadro A2.1. Estimación de las emisiones de mercurio en México (ton/año)	4
Gráfica A2.1. Estimación de las emisiones de mercurio en México en 1998	4
Cuadro A3.1. Factores de emisión de mercurio	5
Cuadro A4.1. Producción de cloro con tecnología de celdas de mercurio (TM/año)	7

Abreviaturas

ACAAN	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte
ADM	Asociación Dental Mexicana
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
Bancomext	Banco Nacional de Comercio Exterior
Canacem	Cámara Nacional del Cemento
Canacintra	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte
Cemex	Cementos Mexicanos
Cenica	Centro Nacional de Información y Capacitación Ambiental
CFE	Comisión Federal de Electricidad
Cinvestav	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN
CNA	Comisión Nacional del Agua
COA	Cédula de Operación Anual
Conae	Comisión Nacional de Ahorro de Energía
CRETIB	Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infecioso
Coremi	Consejo de Recursos Minerales
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
Dgmryar	Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas
DMT	Dirección de Materiales Tóxicos
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental, EU)
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para los Trabajadores del Estado
LAU	Licencia Ambiental Única
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
NOM	Norma Oficial Mexicana
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
PARAN	Plan de Acción Regional de América del Norte
Pemex	Petróleos Mexicanos
Profepa	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PUMA	Programa Universitario para el Medio Ambiente
RPBI	Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SAAM	Sustancias Activas al Azul de Metileno
Sagar	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
Secofi	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
Sedena	Secretaría de la Defensa Nacional
Sedue	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
Semarnap	Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SIG	Sistema de Información Geográfica

SNIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
Ssa	Secretaría de Salud
SST	Sólidos Suspendidos Totales
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
TM	Tonelada Métrica

NOTA: Los datos y cantidades presentados en este borrador han sido obtenidos de fuentes oficiales y no oficiales, nacionales e internacionales y se están revisando para ser validados o bien para obtener datos más precisos

1 Situación y tendencias

1.1. Inventario de emisiones

1.1.1. Inventarios de tóxicos en México

Emisiones industriales

El Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) es un componente del Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA) en el que se integra información sobre emisiones contaminantes al aire, agua y suelo por medio de bases de datos relacionales, herramientas del Sistema de Información Geográfica (SIG) y métodos de estimación de emisiones atmosféricas, descargas de aguas residuales y generación de residuos peligrosos. Gracias a este inventario se podrán conocer las emisiones y transferencias de 105 contaminantes de los diferentes sectores industriales del país. Por ahora no se han registrado las emisiones de mercurio ya que todavía está en proceso la fase final de capacitación a las empresas y el establecimiento de la obligatoriedad legal (INE-Semarnap, 1999).

Emisiones al aire en grandes ciudades

Existe en México un inventario de emisiones al aire que abarca 14 ciudades (Aguascalientes, Cananea, Coatzacoalcos, Distrito Federal, Guadalajara, Ciudad Juárez, Manzanillo, Mexicali, Monterrey, Nacozari, Querétaro, San Luis Potosí, Tijuana y Toluca). Los siete contaminantes que se monitorean y que están regulados son: ozono (O₃), partículas fracción inhalable (PM₁₀), bióxido de nitrógeno (NO₂), bióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas totales (PST) y plomo (Pb).

El mercurio aun no está regulado y por tanto no se monitorea; el Instituto Nacional de Ecología (INE), por medio de su Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA), ha emprendido 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 regirá y determinará los requisitos y especificaciones para la operación adecuada de incineradores así como los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera, las descargas de aguas residuales y el manejo de desechos sólidos producto de los procesos de incineración de residuos sólidos municipales, residuos

peligrosos, residuos industriales no peligrosos y biológico-infecciosos, a fin de reducir sus posibles riesgos para la salud y el ambiente.

Esta norma fija como límite máximo permisible 0.07 mg/m³ para las emisiones de mercurio. Las mediciones deberán hacerse cada cuatro meses y el tiempo de captación será de una hora, con un promedio de 3 muestreos en 8 horas. Los datos que se han empezado a generar aún no están sistematizados.

1.2. Monitoreo ambiental

La Comisión Nacional del Agua (CNA), que depende de la Semarnap, realiza las actividades de observación sistemática de la calidad del agua en el país por medio de su Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNM). La RNM opera desde 1974, año que aplicó un primer programa de seguimiento periódico de la calidad de las aguas nacionales en 14 regiones o zonas de trabajo, cada una con un laboratorio, y 239 estaciones de muestreo. El programa evolucionó de modo que en 1998 se realizaron 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 contiene sobre todo datos de pH, dureza, alcalinidad, Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). En cuanto a mercurio, en 1991 el río Cuautitlán, en el Estado de México, y el Gran Canal, en el Distrito Federal, con 0.3 y 0.2 mg/L, respectivamente, habían rebasado la norma. Es preciso señalar que estos ríos reciben descargas de la zona industrial metropolitana. Entre 1994 y 1998 la información de la CNA no reportó ningún río que rebasara la norma.

Cuadro 1.1. Normatividad vigente en la realización del trabajo del Cinvestav (Hg mg/L).

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

Fuente Cinvestav. 1994. Evaluación de posibles efectos sobre la salud. Sedesol, INE.

El Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), con financiamiento del INE, realizó un estudio de cuatro ríos de la República para el periodo 1984-1994, mismo que aportó un número relativamente importante de datos de muestreos en diversos ríos y cuerpos de agua, aunque se desconoce la metodología analítica empleada y la información presenta dispersión espacio-temporal. Por otra parte, y debido a que resulta difícil realizar una investigación estacional completa y con la secuencia adecuada de todos los ríos y cuerpos de agua en el territorio nacional, el estudio no permitió obtener una caracterización de la situación del mercurio. Además, aunque haya similitud entre un estudio y otro, los

objetivos no son los mismos, ni tampoco las condiciones, por lo que es muy difícil hacer comparaciones, extrapolar e interpolar datos. Lo que se observó de manera general es que en aproximadamente 60% de los análisis se rebasa la norma de mercurio en muy poca proporción (entre 0.001 y 0.0017 mg/L); sin embargo, aproximadamente 5% de las muestras presentaron valores significativamente altos, que pueden en efecto causar severos daños a la salud. Se utilizaron como referencia los límites máximos permisibles (véase recuadro previo), vigentes en el momento del estudio. A continuación se presentan los valores más altos observados en agua superficial en tres de los cuatro ríos:

- En el río San Juan se rebasó la norma de mercurio en 9 (32%) de las 28 estaciones de muestreo; la concentración de mercurio excedió 11 veces la norma, y se registró un valor máximo para mercurio de 0.0011 mg/L (Cinvestav, 1994).
- En el Sistema Lerma-Chapala-Santiago se rebasó la norma en 6 (33%) de 18 estaciones; la concentración de mercurio excedió 2 veces la norma, y se registró un valor máximo de 0.0021 mg/L (Cinvestav, 1994).
- En el río Coatzacoalcos se rebasó la norma en 3 (14%) de 22 estaciones de muestreo, y la concentración de mercurio excedió 380 veces la norma, con un valor máximo de 0.38 mg/L registrado en la estación de la laguna Pajaritos (Cinvestav, 1994).

1.3. Tendencias

Se encuentran minerales con mercurio 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), del norte y centro del país. De acuerdo con un informe de 1994 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) sobre la historia de la producción de mercurio, esta actividad se ha realizado desde 1891. De 1920 a 1929 la producción fue mínima, y se incrementó a partir de esa fecha hasta alcanzar 1,118 toneladas en 1942. La tendencia a la baja en el precio de este elemento en los mercados mundiales redujo la producción: la producción mundial pasó de 6,100 TM en 1990 a 2,200 TM en 1994, año en que México contribuyó con un escaso 0.5% (11 ton). Entre 1995 y 1999 no se registra oficialmente 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 éstas, 66 declaran que producen sólo mercurio, y 17 mercurio y algún otro u otros minerales (Cuadro 1.2).

Aún no se ha hecho un estudio sobre la situación de cada una de estas minas, ya que ninguna ha declarado producción a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi) en los últimos 5 años (Cuadro 1.3). No obstante, puede que sean explotadas de manera artesanal con el fin de vender el mercurio en el mercado informal.

Cuadro 1.2. Relación de minas de mercurio en México

Estado	Minas que producen sólo Hg	Minas que producen Hg y otros metales	Total
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

Cuadro 1.3. Producción primaria de mercurio 1985-1998

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.

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 Zacatecas, Guanajuato y San Luis Potosí, donde se usaba 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, este último en menor proporción. En Zacatecas se encuentran registradas 4 plantas (Cuadro 1.4) en donde tan sólo en 1996 se produjeron de 30 a 33 toneladas de mercurio, según la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). También en Zacatecas, en la Presa del Pedernalillo, se ha encontrado mercurio en los sedimentos como resultado de la contaminación por jales mineros.

Cuadro 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 dos de las empresas referidas en el cuadro 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 1996 fue de 30 a 33 toneladas.

Existe una producción artesanal aún no cuantificada 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 1998 hubo 6 compañías que adquirieron 13.7 toneladas de mercurio en el exterior, entre ellas dos fabricantes de tubos fluorescentes y una compañía de restauraciones dentales. En los últimos años (1994-1998) se exportaron en total casi 12 toneladas de mercurio, de las que 7 corresponden a 1997 (Cuadro 1.5.)

Cuadro 1.5. Importación y exportación de mercurio 1985-1998

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: A falta de metodologías de estimación de emisiones elaboradas 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, Países Bajos, 1992). Estos resultados deben tomarse con reserva (Anexo 3) ya que, entre otros aspectos, la situación de México presenta diferencias tecnológicas y climáticas, y que 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, se estimaron a partir de estadísticas oficiales y datos proporcionados por los sectores respectivos. La diferencia entre las emisiones y el consumo es que el destino de las emisiones es la atmósfera, mientras que no se sabe con exactitud el destino del mercurio consumido (agua, aire, suelo o si los productos han sido transformados o permanecen como tales). Los resultados se

presentan individualmente en secciones según sectores productivos y de servicios y en forma global en las gráficas de los Anexos 1 y 2, sobre Consumo y Emisiones, respectivamente.

1.3.3.1. Plantas de cloro y sosa cáustica

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

Cuadro 1.6. Industria mexicana de cloro y sosa cáustica 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, AC, 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), que una vez filtrados y parcialmente deshidratados se envían para su eliminación bajo control, cumpliendo con la normatividad establecida.

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

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

Cálculo de consumo.

Capacidad instalada de producción anual = 147,000 ton

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

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

1.3.3.2. Termómetros y esfignomanómetros

El mercurio se usa en diferentes tipos de termómetros en el sector salud, laboratorios, industria y otros sectores, 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. Si consideramos que hay un termómetro por cama y que se rompe uno de cada cuatro por semana, se sustituyen un total de 40,000 termómetros por semana que, multiplicados por 52 semanas, dan un total de 2,080,000; sumándoles los 160,000 iniciales, la cifra total de termómetros utilizados en un año es de 2,240,000, y el contenido total de mercurio es de 2,240 Kg/año.

Cálculo de consumo.

En el caso de los esfignomanómetros, cuyo contenido promedio de mercurio es de 6 gramos, si tenemos uno por cada cuatro camas, la cifra total es de 40,000, que requieren mantenimiento cuatro veces al año. En este proceso de limpieza se pierde en promedio un gramo, lo que representa un consumo de 160 Kg/año (Anexo 1).

Sumados estos dos valores tenemos un consumo hospitalario total nacional de 2,400 Kg anuales (Anexo 1).

1.3.3.3. Consultorios dentales

Según estadísticas oficiales, hay 10,781 odontólogos (Cuadro 1.7) de los cuales, según encuesta de la Asociación Dental Mexicana, el 70% utiliza todavía mortero y pistilo. Esta práctica genera aproximadamente 200 g/año de mercurio por profesional. El restante 30% utiliza amalgama encapsulada.

Cuadro 1.7. Servicios hospitalarios y odontológicos en México

Institución	Entidad	Hospitales	Camas	Consultorios dentales	Odontólogos
(IMSS)	D.F.	-----	27,616 ^{*3}	132 ^{*1}	1,834 Total ^{*2}
	Interior de la República	-----	7,683 ^{*3}	691 ^{*1}	-----
(ISSSTE)	D.F.	99 Total +	4,154 +	108 +	946 Total ^{*2}
	Interior de la República		9,358 +	324 +	-----
(Ssa) Centros de Salud, todos los	D.F.	-----	2,012 ^{*2}	185 ^{*2}	356 ^{*2}
	Interior	-----	54,036 [*]	2,009 ^{*2}	2,084 ^{*2}

centros de 3^{er} nivel	de la República				
Privados	D.F	228 * ²	7,191 * ³	79 * ²	4,613 Total * ²
	Interior de la República	1944 * ²	34,456 * ³	359 * ²	-----
Estatales Pemex, Sedena, Marina, DIF	D.F	-----	4,255 * ³	-----	928 Total * ²
	Interior de la República	-----	7,340 * ³	-----	-----
Cruz Roja	D.F	1	85 * ³	-----	20 * ²
	Interior de la República	-----	1,831 * ³	-----	
Totales		2,271	45,313 114,704 160,017	3,887	10,781

*¹ Dirección Administrativa; Coordinación de Construcción, Equipamiento y División de Conservación; Area de Normatividad e Innovación Tecnológica; Innovación y Adaptación Tecnológica. IMSS. 1999.

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

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

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

++ Dentistas particulares, Asociación Dental Mexicana, 1999.

Nota: Datos en proceso de validación.

Cálculo de consumo.

En odontología se tienen registrados un total de 10,781 profesionales, de los cuales 70% (7,547) aún utiliza mortero y pistilo, con lo que se 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 de 36,000 a 40,000 unidades cada año en México.

Borrador: No citar o referenciar

Junio 2000

Diagnóstico del Mercurio en México

Cada termostato contiene una o dos cápsulas con 3 g de mercurio, aproximadamente. Si tomamos como promedio por unidad 4 g de mercurio, la estimación de consumo promedio para la construcción de estos equipos es de 152 Kg (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, y el contenido aproximado en un tubo de 120 cm es de 15 a 25 mg (Cuadros 1.8 y 1.9). En México operan tres fabricantes principales (General Electric, Osram, Phillips). A la fecha no se ha establecido un programa de recolección y reciclado en el país.

Cuadro 1.8. Tipos de lámparas y contenido de mercurio.

Año	Tipos de lámparas	Producción	Contenido Hg/unidad	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.

Cuadro 1.9. Consumo de mercurio en la producción de lámparas (1996-1999)

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

Fuente: Información proporcionada por Caname el
7 de febrero de 2000.

Cálculo de consumo.

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

1.3.3.6. Usos artesanales

En el mercado nacional (mayormente informal) se venden productos de artesanía, como los dijes de cristal con mercurio líquido encapsulado que pueden contener de 0.8 a 4.5 g de mercurio mezclado con agua o glicerina. Se presentan con o sin adornos de piedras, chaquira, o cristales. Se han encontrado cuatro 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 3 mil collares por mercado, es decir, 9 mil collares al mes. Considerando que cada collar tiene un promedio de 2.65 g por dije, se calcula un consumo de mercurio de 23.85 Kg.

Además de la Ciudad de México, otras ciudades, como Querétaro y Zacatecas, también son distribuidoras importantes, lo que permite hacer una estimación conservadora del consumo de mercurio en México por este concepto de 75 Kg/mes o 900 Kg/año (Anexo 1).

El INE ha establecido comunicación con las autoridades competentes 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 Sonora, en el Distrito Federal, se encontraron 35 puestos que distribuyen mercurio líquido en recipientes pequeños de vidrio o plástico, cuyos contenidos van de 7 a 15 g. La venta diaria promedio, según la encuesta, es de un frasco 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, debido a la creencia de que el mercurio atrae la buena suerte, éste se esparce en el suelo de habitaciones y negocios. Hasta la fecha no se han evaluado los riesgos por exposición ambiental a mercurio; sin embargo, en los últimos cuatro años se han registrado cinco intoxicaciones por mercurio elemental atribuidas a este uso no esencial.

1.3.3.8. Procesos de producción de carbón y coque

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

Cuadro 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.

Cuadro 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 1994-1998).
Factor de emisión = 1.362×10^{-4} Kg Hg/ton (EPA, 1997).
Total de emisiones = 8.45 ton (Anexo 2).

Coquizado = 12,878,475 ton (Periodo 1994-1998).
Factor de emisión = 2.724×10^{-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. A fines de 1994, la Comisión Federal de Electricidad contaba con una capacidad productiva de más de 31,600 megawatts (MW) de los cuales 28.8% correspondía a centrales hidroeléctricas, 6% a carboeléctricas, 2.38% a geotermoeléctricas, 54.02% a termoeléctricas a base de hidrocarburos, 6.64% a la central dual, 2.13% a la nucleoelectrica y 0.01% a la central eoloeléctrica.

Actualmente sólo 6% de la electricidad en México se genera en las dos plantas carboeléctricas, localizadas ambas en el estado de Coahuila (Cuadro 1.12).

Cuadro 1.12. Carboeléctricas en Coahuila, México

Planta
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 fecha.

A mediados de 2000, en Petacalco, Guerrero, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), pondrá en marcha la conversión a carboeléctrica de una planta termoeléctrica actualmente a base de petróleo. La nueva planta tendrá 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. En 1999, según su Directorio Nacional, había 482 empresas fundidoras, tanto de metales primarios como reciclados (secundarios), de las cuales dos son

microempresas, con capacidad mensual menor a 200 ton; hay 194 empresas pequeñas, de 200 a 500 ton; 193 medianas, de 500 a 1000 ton, y 93 grandes, de más de 1000 ton mensuales.

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: algunas llegan a fundir hasta 5 metales diferentes. Las grandes, en cambio, están más especializadas y se concentran en uno o dos metales.

Aún no existe un estudio sobre el tipo de tecnología y combustible que utilizan; no se cuenta con datos precisos de producción (Cuadro 1.13), tampoco se sabe si su producción es primaria o secundaria, ni la magnitud de sus emisiones de mercurio.

Cuadro 1.13. Producción minera total en México (ton/año)

	1995	1996	1997	1998	1999	Total
Plata	2,495,52 2	2,536,46 5	2,701,32 9	2,868,09 9	2,337,55 4	24,581,5 45
Oro	20,902	24,083	26,032	25,983	22,285	172,945
Cobre	339,347	327,976	338,932	344,753	321,041	3,143,43 6
Plomo	179,741	167,115	180,349	171,611	125,956	1,680,59 7
Zinc	354,673	348,329	377,861	371,899	321,205	3,411,66 4

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.

Se han considerado tres metales en cuyo proceso de producción puede intervenir el mercurio. No se han estimado los valores para oro y plata por no contar con factores de emisión; por lo tanto, se presentan sólo los datos de producción (Cuadro 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.

Cuadro 1.14. Factor de emisión por metal y total de emisiones de mercurio (Kg)

	Factor de emisión*	1995	1996	1997	1998	1999	Total de Emisiones
Cobre	0.1 g/Ton	33,9	32,8	33,9	34,5	32,1	167,2
Plomo	3 g/Ton	539,2	501,3	541,1	514,8	377,9	2,474,3
Zinc	20 g/Ton	7,093.5	6,966.6	7,557.2	7,438.0	6,424.1	35,479.4
Total		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

Hay en México tres grandes compañías, con un total de 29 hornos de cemento (Gráfica 1.1) de los cuales 24 tienen autorización para utilizar combustible alterno, y el resto utiliza combustóleo. Cemex tiene un total de 16 plantas, cementos Apasco, seis, y la Cooperativa La Cruz Azul, tres.

Gráfica 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-Infecciosos e industriales

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

Cuadro 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.	Coahuila	200

Amb.		
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, era de 18,632 ton/año, considerando 260 días laborables, a 8 horas diarias. Si se toma en cuenta que la aplicación de la normatividad lleva aproximadamente tres años, se estima que se está operando a 40% de la capacidad, con lo que el volumen de incineración debe ser de 7,453 ton/año. Aplicando a esta cifra un factor de emisión de 0.96 g/ton, tendríamos un cálculo 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).

Borrador: No citar o referenciar

Junio 2000

Diagnóstico del Mercurio en México

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

En cuanto a residuos industriales peligrosos existen en México 11 incineradores, con una capacidad instalada de 65,400 toneladas al año, que se utiliza al 10%. Entre los residuos que se incineran se encuentran aceites y grasas, trapos impregnados con solventes y residuos de la industria farmacéutica, entre otros.

Cuadro 1.16. Empresas autorizadas para incinerar residuos industriales peligrosos (ton/año)

Empresa	Residuo peligrosos	Capacidad instalada
Tecnología Especializada en Reciclaje, Tepeji del Río, Hgo.	Residuos industriales y biológico infecciosos.	7,500
Ciba Geigy Mexicana, Atotonilco, Jal.	Residuos industriales y 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 caducados 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
Total capacidad de empresas ⁽²⁾		65,391
Total capacidad cementeras ⁽¹⁾		1,227,414

Total capacidad instalada		1,292,805
Estimación del 10% de residuos incinerados		129,281

Fuente: (1) Páginas de Internet de Cementos Apasco; Cemex; Cementos Cruz Azul, 1999.

(2) INE, DGMRAR, 2000

El INE ha autorizado también a 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 en residuos peligrosos, que equivale al 10% de esta capacidad. El 90% de su consumo de energía proviene del combustóleo.

Cálculo de Emisiones.

Durante 1998-1999, se utilizó 10% del total de la capacidad instalada para incinerar residuos peligrosos.

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

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

1.3.3.13. Cremación

En el Distrito Federal (D.F.) hay nueve crematorios, con un total de 18 hornos, los cuales creman entre cuatro y siete cadáveres diarios. En un crematorio de mediana capacidad creman cinco cadáveres diarios, e informa que en lo que va del año la cantidad asciende a 1,600 cuerpos incinerados. Los servicios crematorios presentan un incremento aproximado de 30% anual.

Tomando como promedio cinco cremaciones al día por cada uno de los ocho crematorios en operación y haciendo el cálculo correspondiente, se hacen 14,600 incineraciones al año en el Distrito Federal. Aplicando a esta cifra el factor de emisión, el resultado es de 21.9 Kg de emisiones al año por este concepto.

Cálculo de emisiones.

Cremaciones aproximadas al año = 14,600.

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

Emisiones = 21.9 k (Anexo 2).

2 Marco regulatorio para el manejo de riesgos y la prevención de la contaminación

2.1 Legislación, reglamentos y normas federales

La percepción de los riesgos del mercurio no es muy generalizada en México, y aún no se han formulado normas lo bastante precisas para el manejo de productos específicos; sin embargo, en las leyes que derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos hay elementos que permiten regular este contaminante (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Normatividad del mercurio en México

Ley	Reglamento	Normas Oficiales Mexicanas	Entidad responsable
Ley General del Equilibrio Ecológico y la 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	Sedena

		reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.	
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, han sido redactadas con la participación de los diferentes sectores gubernamentales, académicos y la industria, y sometidas a consulta pública antes de su publicación definitiva; hasta la fecha se han publicado las normas que figuran en el Cuadro 2.2.

La entidad encargada de vigilar el cumplimiento de estas normas es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa); sus oficinas generales están en la Ciudad de México y tiene representaciones en cada estado de la República.

Cuadro 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, fierro, 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.

Norma	Tipo de reglamento
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 y establece los requisitos y especificaciones para la operación adecuada de incineradores y los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera, descargas de aguas residuales y manejo de desechos sólidos producto de la incineración de residuos sólidos urbanos, residuos peligrosos, industriales no peligrosos y biológico-infecciosos, a fin de reducir sus posibles riesgos para la salud y el ambiente. Esta norma, que establece como límite de emisión de mercurio 0.07 mg/m³; indica también que el tiempo de captación del muestreo será de una 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 derivados de la Ley y del reglamento interior que establece las facultades de las dependencias que integran 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 Única (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 renovación de licencia

Características de la COA:

- Genera información anual actualizada sobre emisiones, manejo y transferencia de contaminantes
- Da 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 Transferencias 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 por medio del 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, gracias a la información entregada por todos los municipios y estados del país, las emisiones y transferencias de 105 contaminantes relacionados por sector económico por medio de:

- Datos anuales de emisiones al aire, agua y suelo, y de transferencias de residuos peligrosos para su tratamiento y/o confinamiento, desglosados 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 las operaciones agrícolas o de transporte.

Con este inventario se espera alcanzar los siguientes objetivos:

- Obtener una base de datos confiable y actualizada sobre emisión y transferencia de sustancias tóxicas
- Simplificar y racionalizar la recolección de información
- Ayudar a las empresas a tomar decisiones de gestión ambiental
- Dar seguimiento y cuantificar los avances en la reducción 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 informes con información accesible y a disposición del público en general
- Generar un instrumento que sirva de base para que México cumpla con sus obligaciones internacionales de información ambiental

La formulación e instrumentación de un procedimiento de notificación 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 concede a la Semarnap la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (INE-Semarnap, 1999).

3 Actividades de rehabilitación

3.1 Sitios contaminados

En datos obtenidos por la delegación de la Profepa en Zacatecas, en diciembre de 1996, en la Laguna la Zacatecana, que tiene una extensión aproximada de 120 hectáreas y se encuentra 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 localizan aguas abajo de la laguna en cuestión. La separación de los valores (oro y plata como productos, y mercurio como subproducto, principalmente) se realiza mediante un proceso térmico en el cual se condensa el mercurio. Hay que señalar que los jales que benefician estas plantas y los jales depositados en la laguna tienen el mismo origen, es decir, 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 durante 300 años, hasta principios del presente siglo, tiraban los desechos en los cauces de los arroyos. De ahí fueron arrastrados hacia los valles por las lluvias, y formaron en ellos depósitos muy importantes. En el caso de la presa del Pedernalillo, se acumularon 5 millones de toneladas de materia mineralizada, con 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.

NOTA: Los datos y cantidades presentados en este borrador han sido obtenidos de fuentes oficiales y no oficiales, nacionales e internacionales y se están revisando para ser validados o bien para obtener datos más precisos

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.

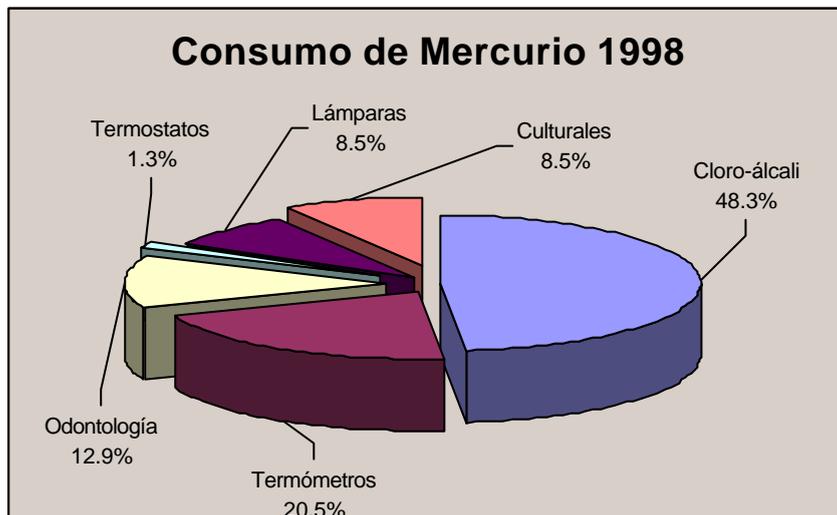
22. Consejo de Recursos Minerales. 1994 Monografía Geológico-Minera del Estado de Veracruz.
23. Consejo de Recursos Minerales. 1991 Monografía Geológico-Minera del Estado de Zacatecas.
24. Environmental Protection Agency. 1997. Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Mercury and Mercury 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

Cuadro A1.1. Consumo de mercurio en México, 1998

Producto	Cantidad Hg (ton/año)
Cloro y sosa cáustica	5.658
Termómetros y esfignomómetros	2.4
Odontología	1.51
Termostatos	0.152
Lámparas fluorescentes	1.0
Usos culturales	1.0
Total	11.72

Gráfica A1.1. Consumo de mercurio en México en 1998

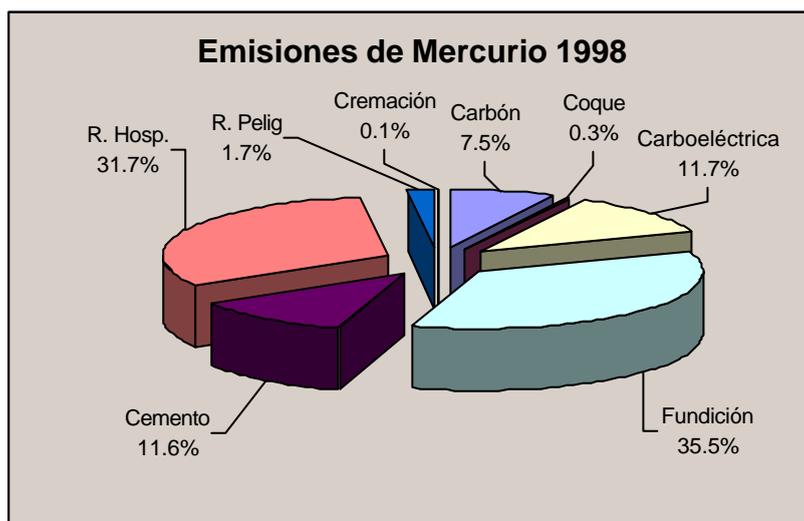


Anexo 2. Emisiones

Cuadro 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
Total				22.718	22.53	

Gráfica A2.1. Estimación de las emisiones de mercurio en México en 1998



Anexo 3. Factores de emisión

Cuadro A3.1. Factores de emisión de mercurio

Productos	Factor de emisión Parcom Atmos (g/Mg)	Factor de emisión (Hg) (EPA)
Plantas sinterizadoras	0.02	
Plantas nodulizadoras	Falta página	
MP en polvos para altos hornos	0.02	
MP en polvos para convertidores básicos	0.003	
MP en hornos de arco eléctrico (acero, acero para construcción y acero inoxidable)	0.15	
Producción de coque		6 X 10 ⁻⁵ lb/ton 2.724 X 10 ⁻⁵ Kg/ton
Hornos de coque	0.03	6 X 10 ⁻⁵ lb/ton (2.724 X 10 ⁻⁵ Kg/ton)
Producción primaria de Cobre	0.1	0.1 g/Ton
Producción primaria de Plomo	3.0	3 g/Ton
Producción primaria de Zinc	20.0	20 g/Ton
Producción secundaria de Zinc	0.02	0.02
Manufactura de carbón negro		3 X 10 ⁻⁴ lb/ton 1.362 X 10 ⁻⁴ Kg/ton
Carboeléctricas	0.25, 0.18	0.15 g/Mg (3 X 10 ⁻⁴ lb/ton, 1.362 X 10 ⁻⁴ Kg/ton)
MP de combustión de lignito	0.06	
Gas natural	5 µg/m ³	
Combustión de leña	0-0.2	
Porcentaje en polvos para incineración de desechos	0.6	
Residuos industriales peligrosos	3.0	
Residuos peligrosos biológico-infecciosos	0.96	
MP en la incineración de	1.0	

Iodos de alcantarilla		
Industria del cloro y sosa cáustica	3.1	41.2 g/ton (Méx) 4.071 g/ton (USA)
Manufactura de cemento Portland		1.3×10^{-4} lb/ton 5.902×10^{-5} Kg/ton
Producción de cemento	0.275	0.087 g/ton (8.7×10^{-5} Kg/ton) 6.5×10^{-5} Kg/Mg (1.3×10^{-4} lb/ton, 5.902×10^{-5} Kg/ton)
Producción de vidrio (NA)	0.05	
Acumuladores	-----	
Cremación	1.0 Hg/cuerpo (Suiza) 0.6 g/obturación dental (Reino Unido)	3.3×10^{-3} lb/cremación (1.5×10^{-3} 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 y sosa cáustica en América del Norte y Europa Occidental

Cuadro A4.1. Producción de cloro con tecnología de celdas de mercurio (TM/año)

	Capacidad Instalada (CI) (TM Cloro)	% de CI / Capacidad Total	Comparativo de CI / EU (%)
México	147,000	33	8.2
Canadá	37,700	2.8	2.1
Estados Unidos	1,800,000	14	---
Europa Occidental	6,300,000	70	350

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