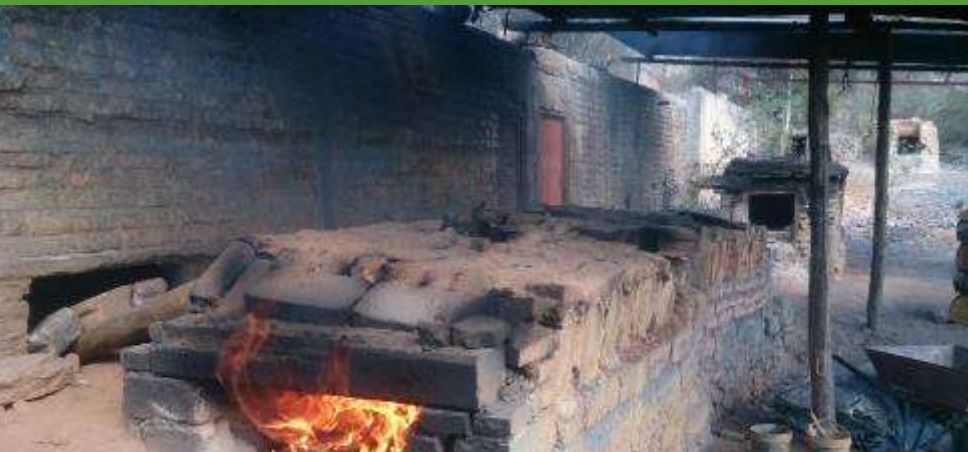


DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN INICIAL DEL CONVENIO DE MINAMATA EN MÉXICO

Informe Final



2019

Coordinación General de Contaminación y Salud



Preparado por:

Coordinación General de
Contaminación y Salud Ambiental

Instituto Nacional de Ecología y Cambio
Climático

Bld. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col.
Jardines en la Montaña, Tlalpan, Ciudad de
México, C.P. 14210,

Tel 5424 6400. Fax. +52 (55) 54245404.

<http://www.gob.mx/inecc>

Enero de 2019

DR © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Bvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña,
Tlalpan, Ciudad de México, C.P. 14210, Tel 5424 6400.
<http://www.gob.mx/inecc>

Directorio

Dra. María Amparo Martínez Arroyo
Directora General del INECC

Dr. J. Víctor Hugo Páramo Figueroa
Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

Dr. Arturo Gavilán García
Director de Investigación de Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad

M. en C. Miguel Ángel Martínez Cordero
Subdirector de Investigación sobre Sustancias y Residuos

Autores

Arturo Gavilán García.

Miguel Ángel Martínez Cordero

Tania Ramírez Muñoz

Contenido

Prólogo	20
Resumen Ejecutivo	21
Introducción.....	26
Capítulo 1 Información Nacional Básica	28
1.1 Geografía y población	28
1.1 Perfil Político y Legal	30
1.2 Perfil de los Sectores Económicos	31
1.2.1 Subsector Energético.....	31
1.2.2 Subsector Minero.....	31
1.3 Contexto Ambiental	32
Capítulo 2 Inventario e identificación de emisiones y liberaciones de Mercurio.....	36
2.1 Metodología	36
2.2 Extracción y Uso de Combustibles/Fuentes de Energía (Categoría 5.1 de PNUMA) 38	
2.2.1 Combustión de Carbón en Grandes Centrales Eléctricas (>300MW) (Subcategoría 5.1.1 de PNUMA)	40
2.2.2 Otros Usos del Carbón (Subcategoría 5.1.2 de PNUMA)	45
2.2.3 Aceites Minerales. Extracción, Refinación y Uso (Subcategoría 5.1.3 de PNUMA) 48	
2.2.4 Gas Natural –Extracción, Refinación y Uso-(Subcategoría 5.1.4 de PNUMA)	54
2.2.5 Energía a Base de Quema de Biomasa y Producción de Calor (Subcategoría 5.1.6 de PNUMA)	57
2.2.6 Producción de Energía Geotérmica (Subcategoría 5.1.7 de PNUMA)	58
2.3 Producción Primaria de Metales (Categoría 5.2 de PNUMA)	60
2.3.1 Extracción Primaria y Procesamiento de Mercurio (Subcategoría 5.2.1 de PNUMA).....	62
2.3.2 Extracción de Oro y Plata con Amalgamación de Mercurio (Subcategoría 5.2.2 de PNUMA).....	70
2.3.3 Extracción y Procesamiento Inicial del Zinc (Subcategoría 5.2.3 de PNUMA)	86
2.3.4 Extracción y Procesamiento Inicial del Cobre	92
2.3.5 Extracción y Procesamiento Inicial de Plomo	97
2.3.6 Extracción y Procesamiento Inicial de Oro por Procesos Distintos de la Amalgamación de Mercurio.....	103
2.3.7 Extracción y Procesamiento de Otros Metales No Ferrosos	109

2.4	Producción Primaria de Metales Ferrosos	110
2.5	Producción de Otros Minerales y Materias con Impurezas de Mercurio	115
2.5.1	Producción de Cemento.....	117
2.5.2	Producción de Pulpa y Papel.....	122
2.5.3	Producción de Cal y Hornos de Agregados Ligeros	125
2.6	Uso Deliberado de Mercurio en Procesos Industriales	126
2.6.1	Producción de Cloro-Álcali	127
2.6.2	Producción de MCV (monómeros de cloruro de vinilo) con Cloruro de Mercurio (HgCl ₂) como Catalizador	130
2.6.3	Producción de Acetaldehídos con Sulfato de Mercurio (Hg SO ₄) como Catalizador 131	
2.7	Productos de Consumo con Uso Deliberado de Mercurio.....	132
2.7.1	Termómetros con Mercurio	134
2.7.2	Interruptores Eléctricos y Relevadores con Mercurio.....	137
2.7.3	Fuentes de Luz con Mercurio	139
2.7.4	Pilas que contienen Mercurio	143
2.7.5	Poliuretano con Catalizador de Mercurio.....	145
2.7.6	Biocidas y Pesticidas	149
2.7.7	Pinturas	150
2.7.8	Productos Farmacéuticos de Uso Humano y Veterinario	151
2.7.9	Cosméticos y Productos Relacionados	152
2.8	Otros Usos Deliberados de Productos/Procesos	153
2.8.1	Amalgamas Dentales de Mercurio	155
2.8.2	Manómetros y Medidores	158
2.8.3	Químicos y Equipos de Laboratorio.....	161
2.9	Producción de Metales Reciclados (Producción “Secundaria” de Metales)	163
2.9.1	Producción de Mercurio Reciclado (“producción secundaria”).....	164
2.9.2	Producción de Metales Ferrosos Reciclados (Hierro y Acero).....	165
2.10	Incineración de Residuos	166
2.10.1	Incineración de Residuos Peligrosos.....	168
2.10.2	Incineración de Residuos Médicos	170
2.10.3	Quema a cielo abierto	172
2.11	Disposición de Residuos. Rellenos Sanitarios y Tratamiento de Aguas Residuales.....	174
2.11.1	Rellenos Sanitarios / Depósitos Controlados	175

2.11.2 Disposición informal de residuos	178
2.11.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales	180
2.12 Crematorios y Cementerios	185
2.12.1 Crematorios.....	186
2.12.2 Cementerios	189
2.13 Identificación de Sitios contaminados.....	191
2.14 Impactos del mercurio en la salud humana y en el ambiente	193
2.14.1 Toxicocinética.....	195
2.14.2 Toxicidad.....	196
Capítulo 3 Política, regulación y evaluación del marco institucional	198
3.1 Capacidad e infraestructura institucional	198
3.2 Marco regulatorio del mercurio hacia el Convenio de Minamata	199
3.3 Marco regulatorio del mercurio hacia el cumplimiento del	201
Convenio de Minamata	201
3.3.1. Fuentes de suministro y comercio de mercurio	203
3.3.2 Productos con mercurio añadido.....	206
3.3.3 Procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio	209
3.3.4 Extracción de oro artesanal y en pequeña escala	212
3.3.5 Emisiones y liberaciones de mercurio.....	213
3.3.6 Almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio.....	218
3.3.7 Residuos de mercurio	219
3.3.8 Sitios contaminados	220
3.3.9 Aspectos relacionados con la salud.....	221
3.3.10 Aspectos de aplicación y otros aspectos del Convenio	222
3.3.11 Conclusiones.....	225
3.3.12 Reformas al marco legal para el manejo racional del mercurio	228
Capítulo 4 Identificación de poblaciones en riesgo y perspectiva de género.....	235
4.1 México ante el Convenio de Minamata	235
4.2 Programa Minamata - México para la Salud.....	235
4.2.1 Identificación de Regiones Impactadas por Mercurio.....	236
4.2.2 Priorización de Regiones Impactadas por Mercurio	238
4.3 Comité Regional para la Atención del Riesgo por Mercurio	241

4.4	Metodología para la Evaluación y Atención al Riesgo por la Exposición al Mercurio.	241
4.4.1	URGE.....	242
4.4.2	STOP.....	243
4.4.3	Salud Total.....	243
4.4.5	Perspectiva de género.....	245
Capítulo 5	Evaluación de los desafíos, necesidades y oportunidades para implementar el Convenio de Minamata en sectores prioritarios.....	248
5.1	Metodología.....	249
5.2	Acciones de atención inmediata.....	254
5.2.1	Normatividad.....	254
5.2.2	Gestión.....	254
5.2.3	Planes Nacionales.....	255
5.2.4	Diagnóstico de los efectos del mercurio en ambiente y salud.....	255
5.2.5	Información y Difusión del Convenio.....	256
5.2.6	Cooperación Internacional sobre el mercurio.....	256
5.2.6	Otras acciones a mediano y largo plazo.....	256

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.1. Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio por categoría</i>	22
<i>Tabla 2.1. Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "5.1 Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía".</i>	38
<i>Tabla 2.2. Registro de centrales carboeléctricas en 2015</i>	40
<i>Tabla 2.3 Resultados del muestreo de carbón mineral para la región de Sabinas Coahuila</i>	42
<i>Tabla 2.4. Factores de distribución de salida empleados en la combustión de carbón en centrales carboeléctricas.</i>	42
<i>Tabla 2.5. Emisiones de mercurio durante la combustión de carbón en centrales eléctricas...</i>	43
<i>Tabla 2.6. Factores de distribución de salida por defecto empleados para la producción de coque de carbón y la combustión de carbón en otras industrias distintas a las eléctricas.</i>	46
<i>Tabla 2.7. Emisiones y liberaciones de mercurio para la producción de coque de carbón y combustión de carbón en otras industrias distintas a las eléctricas.</i>	47
<i>Tabla 2.8. Extracción de crudo por región en 2015</i>	48
<i>Tabla 2.9. Infraestructura del sistema mexicano de refinación</i>	48
<i>Tabla 2.10. Procesamiento de petróleo crudo en refinerías de PEMEX, 2015</i>	49
<i>Tabla 2.11. Consumo nacional de productos petrolíferos, 2015</i>	50
<i>Tabla 2.12 Factores de entrada de mercurio para petróleo y productos derivados</i>	50
<i>Tabla 2.13. Factores de distribución de salida de mercurio para las etapas del ciclo de vida del petróleo y productos derivados</i>	51
<i>Tabla 2.14 Emisiones de mercurio en la extracción/refinación de petróleo y uso de productos petrolíferos</i>	51
<i>Tabla 2.15 Producción de gas natural en 2015</i>	54
<i>Tabla 2.16 Factores de distribución de salida de mercurio para la extracción, procesamiento y uso del gas natural</i>	55
<i>Tabla 2.17 Emisiones y liberaciones de mercurio en los procesos de extracción/refinación y uso de gas a natural</i>	55
<i>Tabla 2.18 Generación eléctrica en 2015 por plantas geotérmicas</i>	58
<i>Tabla 2.19. Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción primaria de metales"</i>	60
<i>Tabla 2.20 Minas de mercurio autorizadas por SEMARNAT en el Estado de Querétaro</i>	66
<i>Tabla 2.21 Factores de distribución de salida mercurio por extracción primaria y procesamiento de mercurio</i>	67

Tabla 2.22 Emisiones y liberaciones de mercurio por extracción primaria y procesamiento de mercurio.....	68
Tabla 2.23 Estimación del volumen de la producción de oro artesanal.....	80
Tabla 2.24 Cifras estimadas para el consumo probable de mercurio en la minería artesanal de oro y plata. Se desconoce la proporción que se recupera y reutiliza del mercurio evaporado.	81
Tabla 2.25 Factores de de entrada de mercurio por extracción de oro con amalgamación de mercurio.....	81
Tabla 2.26 Factores de distribución de salida mercurio por extracción de oro con amalgamación de mercurio.....	82
Tabla 2.27 Emisiones y liberaciones en la extracción de oro con amalgamación de mercurio	83
Tabla 2.28 Producción minera de zinc por entidad federativa del periodo 2010 a 2015.....	87
Tabla 2.29 Contenidos de mercurio en concentrados de plomo y zinc muestreados.....	89
Tabla 2.30 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de zinc a partir de concentrados.....	90
Tabla 2.31 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de zinc.....	91
Tabla 2.32 Producción minera de cobre por entidad federativa del periodo 2010 a 2015.	92
Tabla 2.33 Contenido de mercurio en muestras de concentrados de cobre.....	95
Tabla 2.34 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de cobre a partir de concentrados.....	95
Tabla 2.35 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de cobre.	96
Tabla 2.36 Producción minera de plomo por entidad federativa del periodo 2010 a 2015. ...	97
Tabla 2.37 Contenidos de mercurio en concentrados de plomo y zinc muestreados.....	100
Tabla 2.38 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de plomo a partir de concentrados.....	100
Tabla 2.39 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de plomo.	101
Tabla 2.40 Producción minera de oro por entidad federativa del periodo 2010 a 2015, en kg.	103
Tabla 2.41 Resultados de análisis químicos de Hg, Au y Ag en muestras colectadas.	106
Tabla 2.42 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de oro sin amalgamación de mercurio.....	107
Tabla 2.43 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de oro sin amalgamación con mercurio.....	108
Tabla 2.44 Producción minera de Hierro por entidad federativa del periodo 2010 a 2015. .	110
Tabla 2.45 Factores de distribución de mercurio en la producción de metales ferrosos	113

Tabla 2.46 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de metales ferrosos	113
Tabla 2.47 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción de otros minerales y materias con impurezas de mercurio"	115
Tabla 2.48 Empresas que integran la industria del cemento en México (2015)	117
Tabla 2.49 Valores estadísticos de las muestras de la materia prima de la industria calera y cementera (mg de mercurio/kg).....	118
Tabla 2.50 Factores de distribución en la producción de cemento	120
Tabla 2.51 Entrada de mercurio en la producción de cemento.....	120
Tabla 2.52 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de cemento.....	121
Tabla 2.53 Consumo de fibras de celulosa virgen empleadas en la producción nacional de papel, 2015	122
Tabla 2.54 Factores de distribución de salida de mercurio en la producción de pulpa y papel	123
Tabla 2.55 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de pulpa y papel.....	123
Tabla 2.56 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Uso deliberado de mercurio en procesos industriales"	126
Tabla 2.57 Datos generales de las plantas de producción de Cloro-álcali en México	127
Tabla 2.58 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio para la producción de cloro-álcali.....	128
Tabla 2.59 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de cloro-álcali	129
Tabla 2.60 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Productos de consumo con uso deliberado de mercurio"	132
Tabla 2.61 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de termómetros con mercurio.....	135
Tabla 2.62 Entrada de mercurio por uso y disposición por tipo de termómetros.....	135
Tabla 2.63 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de termómetros con mercurio.....	135
Tabla 2.64 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de relevadores e interruptores con mercurio.....	138
Tabla 2.65 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de interruptores y relevadores con mercurio.....	138
Tabla 2.66 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de lámparas con mercurio. Fuente: PNUMA, 2015.....	140
Tabla 2.67 Entrada de mercurio por uso y disposición por tipo lámparas.....	141

Tabla 2.68 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de lámparas con mercurio.....	141
Tabla 2.69 Factores de distribución de salida de mercurio en la disposición de pilas con mercurio.....	144
Tabla 2.70 Entrada de mercurio en la disposición de pilas	144
Tabla 2.71 Emisiones y liberaciones de mercurio en la disposición de pilas con mercurio.....	145
Tabla 2.72 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición para desechos de catalizadores de mercurio para la producción de poliuretano	147
Tabla 2.73 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de residuos de catalizadores de mercurio empleados en la producción de poliuretano	147
Tabla 2.74 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Otros usos deliberados de productos/procesos"	153
Tabla 2.75 Factores de distribución por defecto en las salidas de mercurio causadas por amalgamas dentales	156
Tabla 2.76 Estimaciones de entrada de mercurio en el ciclo de vida de amalgamas dentales	156
Tabla 2.77 Emisiones y Liberaciones de mercurio por amalgamas dentales	157
Tabla 2.78 Factores de distribución para el uso de disposición de manómetros y medidores de presión.....	159
Tabla 2.79 Emisiones y liberaciones de mercurio por uso y disposición de manómetros y medidores de mercurio.....	160
Tabla 2.80 Factores de distribución para el uso de disposición de manómetros y medidores de presión.....	162
Tabla 2.81 Emisiones y liberaciones de mercurio por uso y disposición de manómetros y medidores de mercurio.....	162
Tabla 2.82 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción de metales reciclados (Producción "Secundaria de metales"	163
Tabla 2.83 Plantas beneficiadoras de jales en Zacatecas.....	164
Tabla 2.84 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Incineración de residuos"	166
Tabla 2.85 Factores de distribución para la incineración de residuos peligrosos	168
Tabla 2.86 Emisiones de mercurio durante la incineración de residuos peligrosos.....	169
Tabla 2.87 Factores de distribución de mercurio para la incineración de residuos médicos...	170
Tabla 2.88 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la incineración de residuos médicos	171
Tabla 2.89 Factores de distribución para la quema informal de residuos	172

Tabla 2.90 Entrada de mercurio correspondiente a la quema informal de residuos.....	173
Tabla 2.91 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Disposición de residuos/rellenos sanitarios y tratamiento de agua residuales".....	174
Tabla 2.92 Factores de distribución de salida de mercurio en disposición de residuos en rellenos sanitarios.....	176
Tabla 2.93 Emisiones de mercurio durante la disposición de residuos en rellenos sanitarios.	177
Tabla 2.94 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio para la disposición informal de residuos.....	178
Tabla 2.95 Emisiones de mercurio durante la disposición de residuos informales	179
Tabla 2.96 Caudal de aguas residuales, 2015.	180
Tabla 2.97 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio a partir de las condiciones de tratamiento de aguas residuales	181
Tabla 2.98 Cálculo de la entrada total de mercurio en el agua residual generada.....	182
Tabla 2.99 Emisiones y liberaciones de mercurio en el tratamiento de aguas residuales	182
Tabla 2.100 Fuentes de liberación y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Crematorios y cementerios"	185
Tabla 2.101 Factores de distribución de salida de mercurio en crematorios	187
Tabla 2.102 Emisiones y liberaciones de mercurio por crematorios.....	187
Tabla 2.103 Factores de distribución de salida de mercurio en cementerios	189
Tabla 2.104 Entrada de mercurio por cementerios	190
Tabla 2.105 Identificación de sitios contaminados con mercurio en México	192
Tabla 3.1 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto al suministro y comercio de mercurio.....	204
Tabla 3.2 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los productos con mercurio añadido.....	207
Tabla 3.3 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los procesos de fabricación que utilizan mercurio	210
Tabla 3.4 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a la extracción artesanal de oro y plata	212
Tabla 3.5 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a las emisiones a la atmósfera.....	214
Tabla 3.6 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a las liberaciones en suelo y agua.....	215
Tabla 3.7 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto al almacenamiento provisional.....	218

<i>Tabla 3.8 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los residuos con mercurio.....</i>	<i>219</i>
<i>Tabla 3.9 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a sitios contaminados</i>	<i>221</i>
<i>Tabla 3.10 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a salud.....</i>	<i>222</i>
<i>Tabla 3.11 Aspectos relacionados con la aplicación del Convenio de Minamata</i>	<i>223</i>
<i>Tabla 4.1 Indicadores para la priorización de Regiones Impactadas por Mercurio.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabla 4.2 Plataforma RISC para la evaluación de riesgos</i>	<i>241</i>
<i>Tabla 4.3 PROIGUALDAD 2013-2018.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabla 5.1 Escala fundamental para establecer la importancia de los criterios de acuerdo....</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 5.2 Criterio uno: ciclo de vida</i>	<i>251</i>
<i>Tabla 5.3 Criterio dos: destino</i>	<i>251</i>
<i>Tabla 5.4 Criterio tres: exposición</i>	<i>252</i>
<i>Tabla 5.5 Criterio cuatro: regulación</i>	<i>252</i>
<i>Tabla 5.6 Criterio cinco: prioridades de los criterios establecidos</i>	<i>253</i>
<i>Tabla 5.7 Criterio seis: Priorización de criterios por expertos.....</i>	<i>253</i>

Índice de Figuras

Figura 1.1 Diagrama general de las emisiones y liberaciones de mercurio en 2015.....	23
Figura 1.2. Ciclo de vida del mercurio.....	26
Figura 2.1 Emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría: Extracción y Uso de Combustibles/Fuentes de Energía.....	39
Figura 2.2 Balance nacional de carbón 2015, (ton).....	41
Figura 2.3 Balance nacional de coque de carbón 2015 (ton).....	45
Figura 2.4 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la extracción primaria y procesamiento de mercurio.....	61
Figura 2.5 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la extracción y procesamiento de zinc, plomo, oro, aluminio, metales ferrosos, otros metales no ferrosos y; extracción de oro y plata con proceso de amalgamación con mercurio y con procesos disntintos a la amalgamación de mercurio.....	62
Figura 2.6 Localización de los depósitos y manifestaciones de mercurio a nivel nacional.	64
Figura 2.7 Cartas geológico-mineras del SGM consultadas para la búsqueda de información de gambusinaje y/o pequeña minería a nivel nacional.	74
Figura 2.8 Densidad de Kernel de minas de Oro-plata en la República Mexicana.	75
Figura 2.9 Réticula generada para el conteo de minas de oro-plata de la República Mexicana.	76
Figura 2.10 Número de minas y clústeres por clase.....	77
Figura 2.11 Municipios considerados para la estimación del número de gambusinos en la República Mexicana.....	78
Figura 2.12 Estimación del número de gambusinos por Entidad Federativa.....	79
Figura 2.13 Estimación por Entidad Federativa del No. de mujeres que se relacionan con alguna actividad del gambusinaje.....	79
Figura 2.14 Estimación por Entidad Federativa del No. de menores de edad, entre 12 y 18 años que posiblemente se relacionan con alguna actividad del gambusinaje.....	80
Figura 2.15 Distribución de las minas de Pb-Zn por Entidad Federativa.	86
Figura 2.16 Mapa de producción minera de zinc por entidad federativa, periodo 2010-2015.	88
Figura 2.17 Producciones anuales de zinc de producción minera y minero-metalúrgica.....	89
Figura 2.18 Mapa de producción minera de cobre por entidad federativa, periodo 2010-2015.....	93
Figura 2.19 Valores anuales de cobre de producción minera y minero-metalúrgica.....	94
Figura 2.20 Producción minero-metalúrgica de cobre por forma de presentación.....	94

Figura 2.21 Mapa de producción minera de plomo por entidad federativa, periodo 2010-2015	98
Figura 2.22 Valores anuales de plomo de producción minera y minero-metalúrgica	99
Figura 2.23 Producción minero-metalúrgica de plomo por forma de presentación.....	99
Figura 2.24 Mapa de producción minera de oro por entidad federativa, periodo 2010-2015	104
Figura 2.25 Valores anuales de oro de producción minera y minero-metalúrgica	105
Figura 2.26 Producción minero-metalúrgica de oro por forma de presentación	105
Figura 2.27 Extracción nacional de mineral de hierro.....	111
Figura 2.28 Mapa de producción minera de hierro por entidad federativa, periodo 2010-2015	111
Figura 2.29 Producción nacional de arrabio.....	112
Figura 2.30. Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a la producción de otros minerales y materias con impurezas de mercurio	116
Figura 2.31 Usos deliberados de mercurio en procesos industriales	127
Figura 2.32 Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	133
Figura 2.33 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a otros usos del mercurio en productos y procesos.....	154
Figura 2.34 Emisiones y liberaciones correspondientes a a la incineración de residuos	167
Figura 2.35 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a la disposición de residuos. Rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	175
Figura 2.36 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a cementerios y crematorios	186

Índice de Fotografías

<i>Fotografía 2.1 Horno artesanal en funcionamiento para el beneficio de mercurio por calcinación</i>	<i>63</i>
<i>Fotografía 2.2 Varias vistas de 2 tipos de “taunas” para la molienda de mineral.....</i>	<i>70</i>
<i>Fotografía 2.3 Sección de cuerno de toro para realizar “tentaduras”. (tomada de www.periodicomirador.com, Zacatecas)</i>	<i>71</i>
<i>Fotografía 2.4 Copelas o amalgamas de oro y producto terminado</i>	<i>73</i>

Acrónimos

AMEXPILAS	Asociación Mexicana de Pilas A.C.
AMIA	Asociación Mexicana de la Industria Automotriz
ANAFAPYT	Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C.
ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones
CAMIMEX	Cámara Minera de México
CANACEM	Cámara Nacional del Cemento
CANACINTRA	Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CANAME	Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas
CANIFARMA	Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica
CANIPEC	Cámara Nacional de la Industria de los Productos Cosméticos
CENAPRECE	Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades
CENAM	Centro Nacional de Metrología
CFE	Comisión Federal de Electricidad
COFEMER	Comisión Federal de Mejora Regulatoria
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
COMESEF	Consejo Mexicano de Empresas de Servicios Funerarios
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
DGGIMAR	Dirección General Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INSP	Instituto Nacional de Salud Pública
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SEDESU	Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro
SGM	Servicio Geológico Mexicano
SE	Secretaría de Economía

SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SIAVI	Sistema de Información Comercial Vía Internet

Abreviaturas

BF	Bolsa de filtros
CIC	Ciclones
DP	Depuradores de partículas
PE	Precipitadores electrostáticos

Prólogo

El Convenio de Minamata es un acuerdo ambiental mundial que tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio. En él, se recogen diversas medidas para cumplir este objetivo. México suscribió el Convenio de Minamata en 2013 y lo ratificó en 2015, sin embargo el gobierno mexicano ha realizado importantes esfuerzos para afrontar los problemas que representa el mercurio a nivel local, regional y mundial, desde 1997; en este sentido México ha emprendido una serie de acciones para el control de los movimientos transfronterizos, el comercio, el manejo y confinamiento, gestión de productos de mercurio, inventario de emisiones y comunicados, así como investigación, evaluación, diagnóstico y seguimiento en matrices ambientales y biológicas.

Como parte de estos esfuerzos, México publicó en el 2008 un inventario de emisiones y liberaciones de mercurio empleando herramientas desarrolladas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y usando 2004 como año base, asimismo en el marco de la Comisión para la Cooperación Ambiental, durante el período 2000-2010 el gobierno mexicano apoyó, junto con Canadá y Estados Unidos, el Plan de Acción Regional de América del Norte, a fin de reducir los niveles de mercurio en algunas matrices ambientales.

Ante la necesidad de la actualización del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio para una eficaz implementación del Convenio de Minamata, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF, por sus siglas en inglés) proporcionó fondos para desarrollar el presente documento denominado **“Desarrollo de la Evaluación Inicial del Convenio de Minamata en México”**, en donde se presenta la situación actual sobre el manejo del mercurio y sus compuestos en el país y sea un insumo para la tomadores de decisiones en el proceso de control y reducción de los impactos del mercurio en el medio ambiente, principalmente aquellos debidos a la minería primaria de mercurio ya que con la entrada en vigor del Convenio de Minamata en 2016, la Secretaría de Economía reportó un incremento en la producción nacional que alcanzó 804.6 ton de mercurio en ese año, así como alcanzar a ser el principal exportador, principalmente hacia Bolivia.

Durante la elaboración de esta evaluación inicial, se demuestra el compromiso del Gobierno de México ya que se contó con la participación de todos los actores relevantes del sector gubernamental, industrial, académico y de la sociedad civil, quienes permitieron que el grado de detalle en esta evaluación alcanzara un alto grado de precisión y se calcularan valores de fuente por fuente. Esta información permitirá la definición de medias adecuadas para la correcta implementación del Convenio de Minamata, los reportes nacionales, y la protección de la salud humana y del medio ambiente.

Resumen Ejecutivo

El proyecto “Desarrollo de la Evaluación Inicial del Convenio de Minamata en México” tuvo una duración de 2 años (2015-2017) y presenta los resultados del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio, además evalúa el marco regulatorio actual para la gestión del mercurio y resume las medidas estratégicas para avanzar en la implementación temprana del Convenio en el país.

Resultados del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio en México

Para la realización del Inventario Nacional de Emisiones y Liberaciones de Mercurio, se utilizó la **metodología descrita en el “Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio, versión 1.2” desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).**

Para facilitar los cálculos el PNUMA ha dividido las fuentes de mercurio en once categorías, las cuales integran 54 subcategorías de fuentes de emisiones y liberaciones:

1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía
2. Producción primaria (virgen) de metales
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio
6. Otros usos deliberados en productos/procesos
7. Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)
8. Incineración de desechos
9. Disposición de desechos/ rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales
10. Crematorios y cementerios
11. Identificación de sitios contaminados

México cuenta con 38 fuentes de emisiones y liberaciones de mercurio de las 54 identificadas por el PNUMA. Considerando estas fuentes, se tuvo una entrada de mercurio total de 1,178 ton durante 2015, las cuales se distribuyeron a las distintas matrices ambientales como se muestra en la Tabla 1.1. De éstas, la principal fuente de mercurio corresponde a la producción primaria de metales con un 41%. Cabe destacar que esta categoría incluye la producción primaria de diferentes metales ferrosos y no ferrosos, sin embargo la minería primaria de mercurio es la principal causante de estas emisiones y liberaciones de mercurio al ambiente debido a que es una actividad que se realiza de manera informal en México y que como resultado de la presente evaluación se ha convertido en punto clave para la implementación del Convenio de Minamata en el país.

La Fig. 1.1 desglosa las once categorías y sus subcategorías antes descritas con sus respectivas salidas de mercurio a cada una de las matrices ambientales, de las cuales la fuente más relevante de liberación de mercurio al aire fue debida a la quema informal de residuos, por otro lado los sistemas de tratamiento de aguas residuales fueron la fuente más importante de mercurio al agua, mientras que la minería primaria de mercurio fue la principal liberación al suelo, cabe destacar que la minería de oro y plata con amalgamación de mercurio fue la

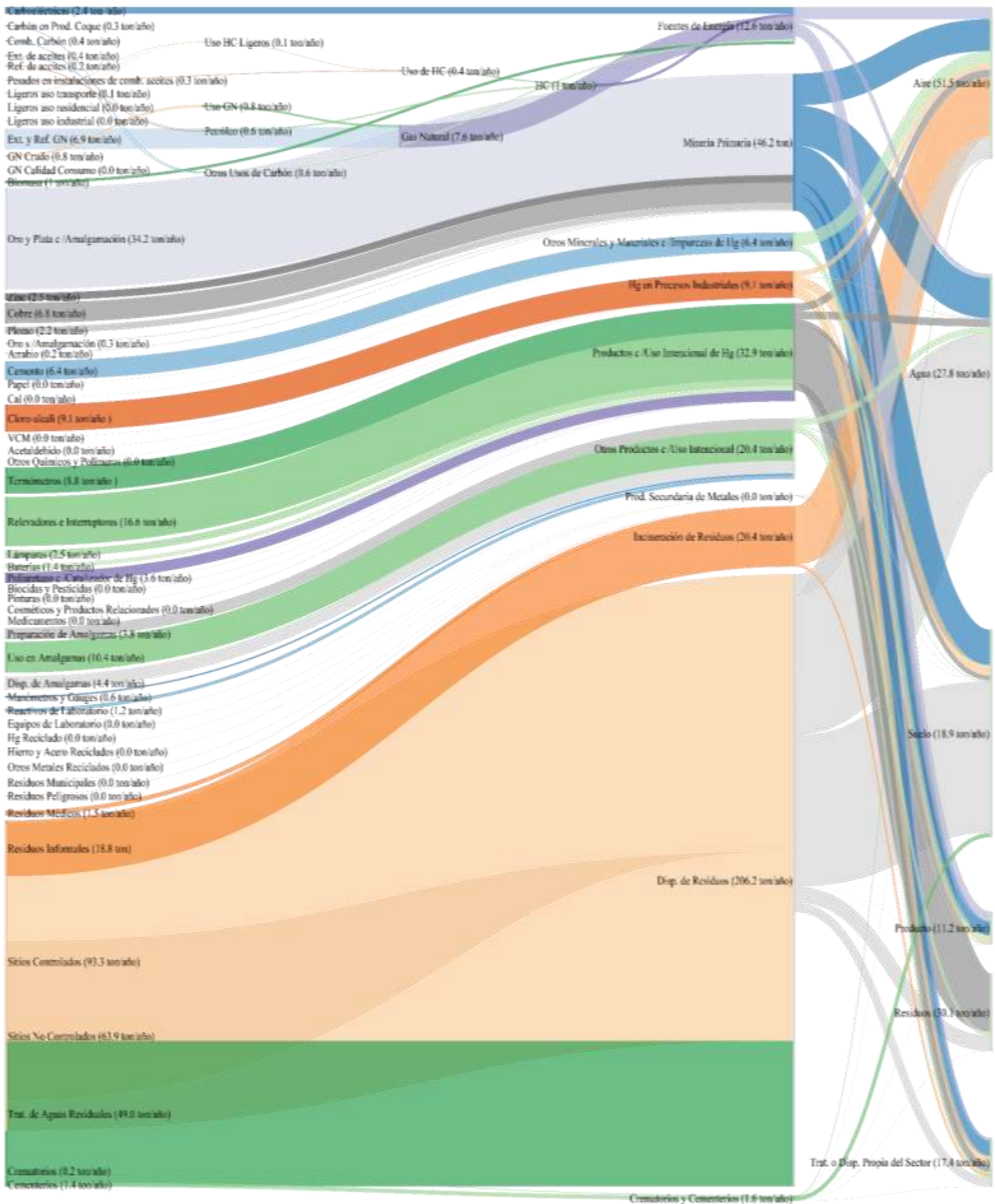
segunda fuente más importante de emisión y liberación de mercurio al aire, el agua y el suelo. Finalmente, la mayor cantidad de mercurio registrado en productos fue en el gas natural y las entradas de mercurio más importantes en los residuos generales fue por los switches y relevadores eléctricos así como por los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 1.1. Resumen de emisiones y liberaciones de mercurio por categoría

Nombre de la categoría	Entrada de mercurio (kg/año)	Salida de mercurio (kg mercurio/año)						Porcentaje total (%)
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuos	Tratamiento específico	
Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	12,559	4,304	1,453	-	3,430	-	960	6%
Producción primaria (virgen) de metales	873,631*	16,608	14,955	28,603	4,165	-	4,699	41%
Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	6,380	4,467	-	-	1,913	0,4	-	4%
Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	9,093	1,819	182	3,455	909	-	2,728	5%
Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	27,509	2,127	1,035	1,657	-	18,104	1,035	14%
Otros usos deliberados en productos/procesos	20,416	136	2,238	351	263	1,166	811	3%
Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)	-	-	-	-	-	-	-	0%
Incineración de desechos	20,393	19,594	-	-	-	-	801	12%
Disposición de desechos/ rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	206,243	7,320	46,855	51,094	-	5,318	3,271	13%
Crematorios y cementerios	1,639	189	-	1,451	-	-	-	1%

*La minería primaria de mercurio representó una entrada de 828, 738 toneladas de las reportadas en la categoría: Producción primaria de metales, es decir, es la fuente más relevante en México. Fuente: elaboración propia a partir del instrumental del PNUMA, versión 1.2

Figura 1.1 Diagrama general de las emisiones y liberaciones de mercurio en 2015



Principales hallazgos de las evaluaciones políticas y regulaciones institucionales

Para implementar el Convenio de Minamata en México, se requiere actualizar algunos instrumentos normativos ya existentes y la creación de algunas normas adicionales. A continuación se muestran las normas a considerar en una primera etapa:

- NOM-013-SSA2 para amalgamas dentales, con la finalidad de que se limite el uso de cápsulas para la preparación de amalgamas, de acuerdo a lo dispuesto en el ANEXO A, parte II del Convenio.
- NOM-040-ECOL-2002 para la protección ambiental de cemento hidráulico-niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera, con el fin de que se incluya una medición más fiable mercurio y sin importar el tipo de combustible.
- Se recomienda considerar el establecimiento de una Norma Mexicana para medición de emisiones y liberaciones de mercurio en sus distintas especies químicas.

Con respecto a la gestión del mercurio, se recomienda en una primera instancia lo siguiente:

- Realizar las gestiones necesarias para que no se autoricen nuevas actividades mineras o renueven las existentes, ya que actualmente diversas minas de mercurio cuenta con su Manifestación de Impacto Ambiental, otorgadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Actualizar el umbral de reporte de mercurio en la Cédula de Operación Anual (COA), para hacerlo compatible con la elaboración del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio de acuerdo a la metodología de las Naciones Unidas.
- No autorizar exportaciones de mercurio metálico para su uso en minería artesanal de oro. Actualmente la SEMARNAT autoriza dichas exportaciones en virtud del “Acuerdo que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de las dependencias que integran la comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas”.
- Incluir en el acuerdo antes mencionado a otras formas explotables de mercurio, como es el caso del cinabrio.
- Implementar un procedimiento de consentimiento informado previo (similar al del Convenio de Rotterdam) para el caso de las exportaciones de mercurio y garantizar con ello el comercio únicamente en usos permitidos.
- Elaborar un patrón de recicladores de mercurio y sus compuestos. Vigilar el comercio de dicho mercurio para garantizar su aprovechamiento en usos permitidos.

Puntos estratégicos para avanzar en la implementación del Convenio de Minamata

El Convenio de Minamata solicita la elaboración de diversos planes nacionales, para lo cual se requiere detonar el inicio del mismo:

Declaratoria de extracción de oro artesanal y en pequeña escala “más que insignificante”

México requiere elaborar y aplicar un plan de acción nacional de conformidad con el anexo C en donde se tratará de adoptar medidas para reducir y, si es viable, eliminar el uso de mercurio. Este plan se presentará a más tardar tres años después de la entrada en vigor del Convenio.

Plan nacional de reducción de emisiones y liberaciones de fuentes pertinentes

México cuenta con las fuentes pertinentes de mercurio enlistadas en el anexo D (Calderas industriales de carbón, centrales eléctricas de carbón, procesos de fundición y calcinación utilizados en la producción de metales no ferrosos (plomo, zinc, cobre, oro industrial), Plantas de incineración de residuos y fábricas de cemento Clinker), es por eso que el plan nacional que se implementará permitirá adoptar medidas para el control de emisiones y liberaciones. Dichos planes deben contemplar:

- Un objetivo cuantificado para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
- Valores límite de emisión para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
- El uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
- Una estrategia de control de múltiples contaminantes que aporte beneficios paralelos para el control de las emisiones de mercurio.
- Otras medidas encaminadas a reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.

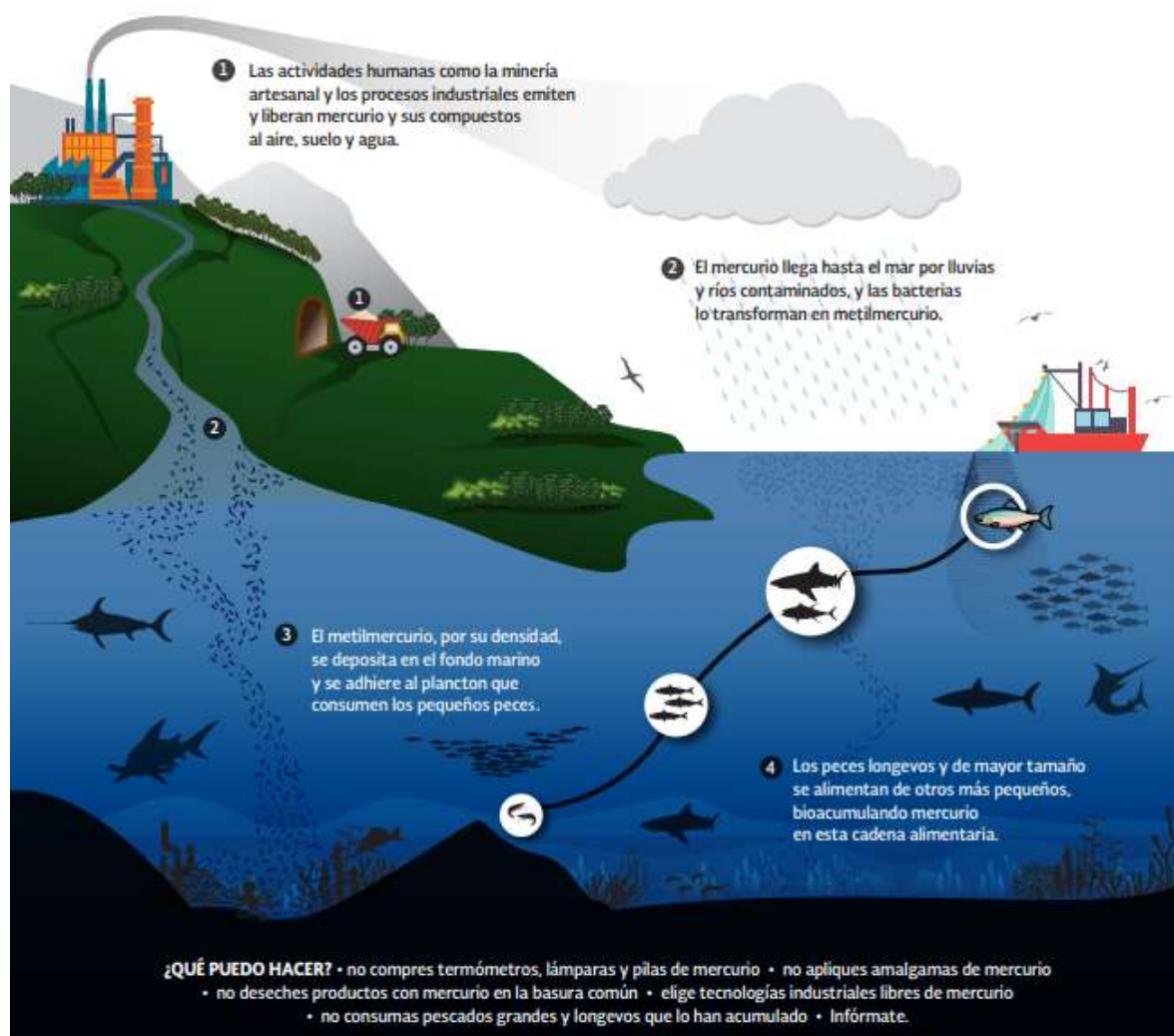
Adicionalmente el país deberá integrar y mantener de forma continua el inventario nacional de emisiones y liberaciones de mercurio para dichas fuentes, a más tardar en 2022.

Finalmente, se deberán realizar esfuerzos adicionales para valoración económica de los efectos en la salud por la exposición al mercurio, en este sentido se propone establecer un programa nacional para identificar las poblaciones vulnerables con un enfoque de perspectiva de género, así como la difusión y comunicación de los riesgos ambientales y a la salud humana por la exposición al mercurio.

Introducción

El mercurio es una sustancia altamente tóxica que provoca daños neurológicos especialmente en el feto y en niños durante los primeros años del desarrollo, este metal pesado se encuentra en la corteza terrestre y se puede liberar por movilización natural, actividad volcánica o erosión de las rocas. Sin embargo, las actividades humanas como la minería y la industria emiten y liberan dos terceras partes del mercurio al ambiente, como se muestra en la Figura 1.2.

Figura 1.2. Ciclo de vida del mercurio



Fuente: elaboración propia

El mercurio se combina y transforma en el ambiente aumentando su toxicidad y capacidad para incorporarse a la red alimenticia, una vez que ingresa en el organismo humano no se elimina; 95% del que se ingiere es absorbido por el tracto gastrointestinal y transportado por el torrente sanguíneo hasta órganos y tejidos, especialmente al sistema nervioso central y particularmente cuando se encuentra en desarrollo, es decir, desde el primer trimestre de gestación, hasta los cinco años de edad. Es un síndrome neurológico grave y permanente

causado por el consumo de productos altamente contaminados por mercurio, principalmente pescados y mariscos. Los síntomas de esta enfermedad son: descoordinación y alteración sensorial en manos y pies, deterioro de los sentidos de la vista y el oído, problemas de aprendizaje, de memoria y del sistema inmune, debilidad y, en casos extremos, parálisis y muerte. Estas características de peligrosidad a la salud humana y sobre todo el transporte del mercurio en el medio ambiente de todo el planeta son las razones fundamentales que alentaron a la comunidad internacional para precisar medidas de alcance mundial que hagan frente a la contaminación por mercurio.

El Convenio de Minamata debe su nombre a la hermosa ciudad de Minamata en Japón donde – a finales de los años 50– las comunidades locales sufrieron los efectos del envenenamiento por el mercurio que contaminaba las aguas residuales industriales. Con el Convenio de Minamata sobre el Mercurio, la comunidad mundial recuerda las numerosas vidas perdidas a causa del envenenamiento por mercurio y tiene por objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio, y en él se recogen diversas medidas para cumplir dicho objetivo, este tratado internacional se acordó el 19 de enero de 2013 en la quinta sesión del Comité Intergubernamental de Negociación sobre el mercurio en Ginebra, Suiza, y se adoptó el 10 de octubre en Kumamoto, Japón, donde México lo firmó. Dicho convenio fue ratificado por nuestro país el 29 de septiembre de 2015.

El “Desarrollo de la Evaluación Inicial del Convenio de Minamata en México” es un proyecto de evaluación realizado en 102 países, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) para apoyar la implementación del Convenio de Minamata. En México, dicha evaluación se llevó a cabo de 2015 a 2017 y fue coordinada por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). El proyecto integra cinco componentes:

1. Establecimiento de un mecanismo de coordinación y organización del proceso
2. Evaluación de la infraestructura nacional y la capacidad para la gestión y monitoreo del mercurio, incluyendo la legislación nacional
3. Desarrollo de un inventario de mercurio mediante la utilización de las herramientas desarrolladas por el PNUMA e identificación de estrategias para evaluar mercurio en sitios contaminados
4. Identificación de los retos, necesidades y oportunidades para aplicar el Convenio de Minamata
5. Preparación y validación del informe nacional

Para la elaboración del proyecto se contó con la participación de los actores involucrados en el manejo de mercurio incluyendo al sector gubernamental, industrial, académico y sociedad civil, como se describe en el Capítulo 2.

Capítulo 1 Información Nacional Básica

1.1 Geografía y población

Nombre oficial

“Estados Unidos Mexicanos” de acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2017).

Lenguas oficiales

El español y 68 lenguas indígenas reconocidas en la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas (2015) y el Catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales: Variantes Lingüísticas de México con sus autodenominaciones y referencias geoestadísticas, 2008.

Organización política

La Ciudad de México es la capital del país donde tienen sede los Poderes de la Unión Ejecutivo, Legislativo y Judicial. La división política de México se compone de 32 entidades federativas de acuerdo con la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 2017b, art. 43, (2017).

Territorio

México abarca una extensión de 1, 959, 248 km² en superficie continental, 5, 127 km² de superficie insular, adicionalmente deben considerarse 3.1 millones de kilómetros cuadrados de zona económica exclusiva, por lo que la superficie total del país supera los cinco millones de kilómetros cuadrados (INEGI, 1998).

Fronteras

México comparte 3, 152 km de frontera con Estados Unidos de América y 1, 149 km con Guatemala y Belice. La longitud total de la línea de costa es de 11, 122 kilómetros. (INEGI, 2017).

Población

En 2015, México contaba con una población de 119 millones 530 mil 753 habitantes, siendo 61 millones mujeres y 58 millones hombres. La población menor de 15 años representó el 27% del total, el 65% la población de 15 a 64 años el 65% y el 11% los mayores de 65 años. En ese mismo año, de cada 100 personas, 49 eran hombres y 51, mujeres y la edad mediana de la población era de 27 años. (INEGI, 2015)

Distribución

De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes. Para 2010, el 78% de la población mexicana era considerada urbana y el 22% población rural (INEGI, 2015)

Salud

En México, la esperanza de vida para el 2015 fue de 77 años para mujeres y de 72 años para hombres y las enfermedades que generaron las principales causas de muerte en la población mexicana en ese mismo año fueron: diabetes mellitus (15%), enfermedades isquémicas del corazón (13.4%), enfermedades del hígado (5.4%), enfermedades cerebrovasculares (5.2%), enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (4%), hipertensivas (3.5%) y las agresiones (3.2%) (INEGI, 2017a).

Por otro lado se observó una disminución en la mortalidad infantil, pasando de 14.08 niños fallecidos por cada mil nacidos vivos en 2010 a 12.03 en 2015 (CONAPO, 2012).

Nutrición

La prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en la población de 5 a 11 años para el 2016 fue del 33%; para adolescentes de entre 12 y 19 años alcanzó el 36%; y para adultos de 20 años en adelante fue de 72.5%. Por otra parte, el porcentaje de población que consumió carnes no procesadas (entre los que se encuentra el pescado) alcanzó el 40% (INSP, 2016).

Empleo

Los resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del INEGI para agosto del 2017, indica que todas las modalidades de empleo informal sumaron 29.5 millones de personas representando 56.7% de la población ocupada (INEGI, 2017b).

Educación

En 2013, el porcentaje de adolescentes de 15 a 19 años dentro del sistema educativo fue del 54% (OCDE, 2015). En el 2016, la población de 25 a 34 años en México que contaba con educación por debajo de la media superior fue del 53%. Sólo el 17% de las personas entre 25 a 64 años de edad había cursado la educación superior en el 2016. Se espera que 26% de los jóvenes mexicanos ingrese a la educación terciaria en el transcurso de su vida, (OCDE, 2017). Finalmente, cerca del 4% obtendrá un título de maestría en su vida y que menos de 1% completará un programa de doctorado (OCDE, 2015).

Índice de Desarrollo Humano

El IDH para México en el 2015 fue del 0.76, por lo cual ocupó el lugar 77 entre las naciones. Ajustado por desigualdad, el IDH baja a 0.58 y México cae 12 lugares entre los países (PNUD, 2016).

Pobreza

El porcentaje de la población en situación de pobreza en 2016 fue del 43.6%, el cual representa 53.4 millones de personas. El porcentaje de la población en situación de pobreza extrema en el mismo año alcanzó el 7.6%, es decir, 9.4 millones de mexicanos (CONEVAL, 2017).

Finalmente, en términos de género, del total de mujeres que habitan en el país el 44% sufre de alguna carencia de acuerdo a los indicadores de pobreza definidos por el CONEVAL, así mismo del total de hombres que habitan en el país, el 43% se reporta con algún grado de pobreza (CONEVAL, 2017).

Rezagos

De acuerdo con el CONEVAL, el porcentaje de población en el año 2016 con alguna carencia para el 2016 fue el siguiente: rezago educativo 17.4%; acceso a los servicios de salud 15.5%; acceso a la seguridad social 55.8%; calidad y espacios de la vivienda 12.0%; acceso a los servicios básicos en la vivienda 19.3%; y acceso a la alimentación 20.1% (CONEVAL, 2017).

Desigualdad

Durante 2016, 53.4 millones de personas reportaron algún grado de pobreza en México. En zonas rurales, el 58.2% se reporta con algún grado de pobreza y 39.2% en zonas urbanas.

Respecto al total de personas hablantes de alguna lengua indígena, la encuesta intercensal 2015 estima que 25.7 millones de personas se auto reconocen indígenas, las cuales representan 21.5% de la población mexicana y el 77.6% se encuentra en situación de pobreza (INEGI, 2015)

Ecosistemas

Los grandes grupos de vegetación en México incluyen: bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, pastizal, matorral xerófilo, bosque de Quercus, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y vegetación acuática y subacuática (CONABIO, 2008a). Por su tamaño, localización geografía y geología, México es un país con una gran riqueza de biodiversidad, encontrándose en él, el 10% del total de las especies de animales y vegetales que existen en el planeta (CONABIO, 2008b).

Agua

En la zona centro, norte y noroeste del país se concentran cuatro quintas partes de la población y se genera el 79% del PIB, en esta misma zona se cuenta con una tercera parte del agua renovable; las otras dos terceras partes se concentran en la región sureste, en donde se asienta sólo una quinta parte de la población y se genera la quinta parte del PIB (CONAGUA, 2016).

1.1 Perfil Político y Legal

Para gobernar, organizar y administrar su territorio, México se organiza en 32 entidades federativas, cada entidad federativa se constituye en municipios, en total, el país cuenta con 2,457 municipios. De acuerdo con su constitución política, México es una República representativa, democrática y federal, donde el poder Ejecutivo se deposita en el Presidente de la República. El Poder Legislativo reside en el Congreso de la Unión, el cual está conformado por la Cámara de Diputados y Senadores. La Cámara de diputados consta de 500 diputados federales y la Cámara de Senadores se integra por 128 miembros. El Poder Judicial es ejercido por la Suprema Corte de Justicia, el tribunal Electoral, los tribunales colegiados y unitarios de circuito, y los juzgados de distrito.

El artículo 4 de la constitución Mexicana declara que el varón y la mujer son iguales, que toda persona tiene derecho de protección a la salud, en este sentido la ley definirá las bases y modalidades para el acceso a los servicios de salud y establecerá la concurrencia de la

Federación y las entidades federativas en materia de salubridad general; además, en este mismo artículo se menciona que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. Por otra parte, los derechos humanos de la infancia están contemplados dentro de la Ley General de los Derechos de Niñas, Niños y Adolescentes; que en su capitulo señala el derecho a la salud, el derecho a vivir en condiciones de bienestar y el derecho a un sano desarrollo integral.

Con respecto al Convenio de Minamata, el 31 de octubre del 2017 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto Promulgatorio del Convenio de Minamata (2017) sobre el Mercurio, dicho convenio fue firmado previamente por el Presidente de la República, Enrique Peña Nieto en Kumamoto, Japón, el 10 de octubre de 2013.

1.2 Perfil de los Sectores Económicos

México es un país con amplia variedad de recursos naturales. Por lo que las actividades económicas están divididas en tres sectores; primario, secundario y terciario. El sector primario incluye todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza, por ejemplo: agricultura, explotación forestal, ganadería y pesca. El sector secundario, se caracteriza por el uso de maquinaria y de procesos automatizados, por ejemplo: minería, construcción y la industria manufacturera. El sector terciario de la economía no produce bienes materiales, incluye por ejemplo al comercio, a los servicios y al transporte. En cuanto a su participación en el PIB mexicano, durante el primer trimestre de 2017, el sector primario representó el 3.5%, el sector secundario un 33.9% y el sector terciario el 62.6% restante (INEGI, 2017c).

En México el comportamiento del sector industrial en el último año (agosto 2016-2017), fue el siguiente: la minería descendió 9.6%, la construcción bajó 1.5% y la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor final retrocedió un 0.5%; mientras que las industrias manufactureras se elevaron 3.1% (INEGI, 2017d).

1.2.1 Subsector Energético

Las fuentes para producir electricidad en México son varias, predomina el uso de fuentes fósiles que en 2014 representó el 82%. El gas natural representó un 57% de la producción eléctrica, la hidroelectricidad el 12%, el carbón aportó el 11%, y la energía nuclear el 3%. En tanto las energías limpias como la geotermia, la solar y la eólica apenas alcanzan el 2%. Sin embargo, la energía eólica ha tenido una fuerte participación logrando aumentar en un 100% la capacidad construida durante la última década (SENER, 2015).

1.2.2 Subsector Minero

La Ley Minera (2014) y su reglamento definen y establecen los derechos y obligaciones que asumirá un particular al obtener una concesión minera. De acuerdo con esta Ley los minerales se clasifican en concesibles y no concesibles. Los minerales concesibles deberán contar con una asignación para su extracción y se consideran dentro de esta clasificación los metales

preciosos, metales industriales no ferrosos, metales y minerales siderúrgicos y minerales no metálicos. Para el caso de los minerales no concesibles podrán ser extraídos sin una concesión y entre ellos se consideran los agregados pétreos para la construcción como arena, grava, calizas, barro, cantera etcétera (INEGI, 2014).

A través de la historia, la industria minera y su proceso productivo (exploración, extracción, concentración, fundición y refinación) han tenido importantes aportaciones a la economía del país, representando oportunidades de empleo e inversión.

En el año 2016, México fue líder mundial en la producción de plata, ocupó el segundo lugar en la producción de fluorita, tercero en la producción de bismuto, celestita y wollastonita; quinto en la producción mundial de molibdeno, plomo y zinc; sexto en la producción de cadmio y selenio; séptimo en cobre y diatomita y octavo en la producción de oro y sal (SGM, 2016).

Durante 2016, el valor de la producción a precios corrientes de la minería mexicana ampliada alcanzó un monto total de 473.8 mil millones de pesos (Mmp), monto que representó un incremento de 12.9% con relación a 2015 (419.5 Mmp).

La minería mexicana ampliada considera la actividad minera incluyendo minerales metálicos, no metálicos y productos metalúrgicos exceptuando petróleo, gas y minerales radiactivos (SGM, 2016).

Los principales minerales de la producción nacional durante 2016 fueron oro (21.0%), basalto (16.2%), cobre (14.7%), plata (11.7%), agregados pétreos (9.0%), caliza (6.1%), zinc (5.6%) y arena (1.9%) estos ocho minerales representaron el 86% de la producción nacional durante el año en mención, los cuales constituyeron en precios corrientes el 91.4% (433 Mmp) del valor de la producción nacional (SGM, 2016).

1.3 Contexto Ambiental

En México los temas ambientales son atendidos por los tres niveles de gobierno: Federal, Estatal y Municipal, los cuales comparten de forma diferenciada responsabilidades y atribuciones en la materia. El principal instrumento legislativo que establece la distribución de obligaciones en materia ambiental es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). A continuación se describen algunos datos generales de la situación ambiental en México:

Fuentes de Agua Potable: En México, 76% del agua concesionada es para riego agrícola, 15% para uso humano y el restante 9% para uso industrial. Los ríos y arroyos de México constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud. Por los cauces de los 51 ríos principales fluye el 87% del escurrimiento superficial de la república y sus cuencas cubren el 65% de la superficie territorial continental del país. En lo que respecta a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos. Al cierre de 2015 se tenían 105 acuíferos sobreexplotados, 18 con intrusión marina y 32 bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres (CONAGUA, 2016a).

Aguas Residuales: En 2015, las 2 477 plantas municipales en operación en el país trataron 120.9 metros cúbicos por segundo, es decir, el 57.0% de los 212 metros cúbicos por segundo de aguas residuales municipales recolectados en el alcantarillado (CONAGUA, 2016a).

Aire: En el inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (INEGyCEI) con año base 2013 se generó un total de 492,307.31 Gg de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq.) de emisiones netas (emisiones totales-absorciones por permanencias) (SEMARNAT, 2013).

El Informe de la Situación del Medio Ambiente en México (SEMARNAT, 2015) basado en la información del INEGyCEI reporta que las emisiones totales de CO₂ equivalente en 2013 fueron de 665 Mton. Donde las fuentes móviles, principalmente el autotransporte aportaron el 26.2% de las emisiones, seguido por la generación de energía eléctrica con un 19%, le siguen en importancia el sector industrial con 17.3%, el de petróleo y gas con 12.1% y el agropecuario 12%. Las emisiones correspondientes a los residuos y uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura no sobrepasaron el 5% cada una.

Bibliografía

Catálogo de Lenguas Indígenas (2008). *Diario oficial de la Federación*. Publicado el 14 de Enero de 2008. Disponible en: http://www.inali.gob.mx/pdf/CLIN_completo.pdf. Consultado en abril, 2018.

Challenger, A., y J. Soberón (2008). Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: Conabio pp. 87-108.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2017). *CONEVAL informa la evolución de la pobreza 2010-2016*. México: CONEVAL. Disponible en: <https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/Comunicado-09-Medicion-pobreza-2016.pdf>. Consultado en abril, 2018.

CONAGUA. (2016). *Atlas del Agua en México 2016*. México: CONAGUA. Disponible en: http://201.116.60.25/publicaciones/AAM_2016.pdf. Consultado en abril, 2018.

CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*. México: CONAGUA. Disponible en: http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf. Consultado en abril, 2018.

Consejo Nacional de Población (2012). *Proyecciones de la población de México 2010-2050*. México: CONAPO. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/63977/Documento_Metodologico_Proyecciones_Mexico_2010_2050.pdf. Consultado en abril, 2018.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2017, 15 de Septiembre). *Diario oficial de la Federación*. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf. Consultado en abril, 2017.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2017b, 15 de Septiembre). Artículo 43. *Diario oficial de la Federación*. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_150917.pdf. Consultado en abril, 2017.

- Decreto Promulgatorio del Convenio de Minamata. *Diario Oficial de la Federación* (2017, 31 de Octubre). México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502988&fecha=31/10/2017. Consultado en abril, 2017.
- Espinosa, D., S. Ocegueda et al (2008). El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. México: Conabio pp. 33-65
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1998). *Superficie Continental e Insular del Territorio Nacional*. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. México: INEGI. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/1GeografiaDeMexico/MAN_REFGEOG_EXTTERR_VS_ENERO_30_2088.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014). *La industria minera ampliada: Censos Económicos 2014*. México: INEGI. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/CE_2014/702825089214.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). *Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015*. México: INEGI. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825078966.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos*. México: INEGI. Disponible en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGEUM_2017/702825097912.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017a). *Estadísticas a propósito del día de muertos. Datos Nacionales*. México: INEGI. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/aproposito/2017/muertos2017_Nal.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017b). *Resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Cifras durante el tercer trimestre de 2017*. México: INEGI. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/enoe_ie/enoe_ie2017_11.pdf. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017c). *PIB a precios corrientes. Cifras durante el primer trimestre de 2017*. México: INEGI. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/notasinformativas/2017/pib_preocr/pib_preocr2017_05.pdf, México. Consultado en abril, 2017.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017d). *Información oportuna sobre la actividad industrial en México durante Agosto de 2017*. México: INEGI. Disponible en:

http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/boletines/2017/actind/actind2017_10.pdf.
[Consultado en abril, 2017.](#)

Instituto Nacional de Salud Pública. (2016). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino*, 2016. México: INSP. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/209093/ENSANUT.pdf>. [Consultado en abril, 2017.](#)

Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas (2015, 17 de Diciembre). Artículos 4 y 20. *Diario oficial de la Federación*. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/257_171215.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Ley Minera (2014, 11 de Agosto). *Diario oficial de la Federación*. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151_110814.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2015). *México, Panorama de la Educación 2015*. México: OCDE. Disponible en: <https://www.oecd.org/mexico/Education-at-a-glance-2015-Mexico-in-Spanish.pdf>. [Consultado en abril, 2017.](#)

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2017). *México, Panorama de la Educación 2017*. México: OCDE. Disponible en : <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/EAG2017CN-Mexico-Spanish.pdf>. [Consultado en abril, 2017.](#)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016). *Informe sobre Desarrollo Humano 2016. Desarrollo humano para todos*. México: PNUD. Disponible en: http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Secretaría de Energía. (2015). *Prospectiva del Sector Eléctrico*. México: SENER. Disponible en: [Consultado en abril, 2017.](#)

Servicio Geológico Mexicano. (2016). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2016*. Subsecretaría de Minería. México: SGM. Disponible en: https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2016_Edicion_2017.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2013*. México: SEMARNAT. Disponible en: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2016/archivos/01_atmosfera/D3_AI_REO2_08.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde*. México: SEMARNAT. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/161446/Cap_CC_completo.pdf. [Consultado en abril, 2017.](#)

Capítulo 2 Inventario e identificación de emisiones y liberaciones de Mercurio

2.1 Metodología

Para la realización del Inventario Nacional de Emisiones y Liberaciones de Mercurio, se utilizó la metodología descrita en el “Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio, versión 1.2” (PNUMA, 2015).

El objetivo principal del instrumental de Naciones Unidas consiste en calcular las liberaciones o emisiones de mercurio anuales en cada compartimento (aire, agua, suelo, productos, residuos generales, tratamiento específico de desechos de cada sector) por cada fuente identificada. Los cálculos de liberaciones y emisiones están basados en el principio de balance de masa, por lo tanto, la metodología de cálculo precisa conocer la cantidad de mercurio en cada etapa de su ciclo de vida. Esta cantidad de mercurio se debe expresar en unidades de masa por unidades de producto. Con ello, las emisiones y liberaciones de mercurio resultan de aplicar la ecuación básica:

$$\text{Liberación estimada de mercurio por la vía X} = \text{Tasa de actividad} * \text{Factor de entrada} * \text{Factor de distribución de emisión o liberación, vía X}$$

En donde:

Tasa de actividad: Corresponde a la cantidad de materia prima procesada, productos manufacturados o unidad funcional utilizados por unidad de tiempo (por ejemplo, toneladas producidas, piezas utilizadas, kilogramos usados). En ocasiones es muy difícil estimar la unidad funcional, por ejemplo: número de amalgamas aplicadas por año o el número de relevadores en uso, en estos casos se calcula un subrogado con algún indicador conocido, para el caso de las amalgamas el número de dentistas per-capita o para los relevadores el porcentaje de electrificación nacional.

Factor de entrada: Es la cantidad de mercurio presente por la unidad de tasa de actividad correspondiente. Por ejemplo: en la combustión de carbón en carboeléctricas el factor de entrada es el contenido de mercurio por tonelada de carbón incinerado.

Factor de distribución de la emisión o liberación, vía X: Se denomina a la fracción (adimensional) de reparto del mercurio que se emite o libera a través de una vía en particular (agua, suelo, productos, residuos generales, tratamiento específico de residuos de cada sector).

De acuerdo a la naturaleza de las diferentes fuentes es posible aplicar un enfoque de fuente puntual o una aproximación nacional, y en casos excepcionales optar por un enfoque u otro, en función de la información disponible.

Para facilitar los cálculos el PNUMA ha dividido las fuentes de mercurio en once categorías de fuentes de emisiones y liberaciones:

1. Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía
2. Producción primaria (virgen) de metales
3. Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio
4. Uso deliberado de mercurio en procesos industriales
5. Productos de consumo con uso deliberado de mercurio
6. Otros usos deliberados en productos/procesos
7. Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)
8. Incineración de desechos
9. Disposición de desechos/ rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales
10. Crematorios y cementerios
11. Identificación de sitios contaminados

2.2 Extracción y Uso de Combustibles/Fuentes de Energía (Categoría 5.1 de PNUMA)

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio derivadas del uso de combustibles fósiles para generar energía, identificada en la hoja de cálculo del PNUMA como 5.1. Las actividades en México que conforman a esta categoría se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "5.1 Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía".

Subcategoría PNUMA	Nombre de la subcategoría	Principales vías de liberación de mercurio					Enfoque sugerido
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
5.1.1	Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas	X	x	x	x	X	FP
5.1.2	Otros usos del carbón	X		x	x	x	EG
5.1.3	Aceites Minerales-extracción, refinación y uso	X	X	x	x	x	EG/FP
5.1.4	Gas Natural-extracción, refinación y uso	X	X	X	x	X	EG/FP
5.1.5	Biomasa para la generación de calor	X					EG
5.1.6	Producción de energía geotérmica	X					FP

FP =Enfoque de fuente puntual.

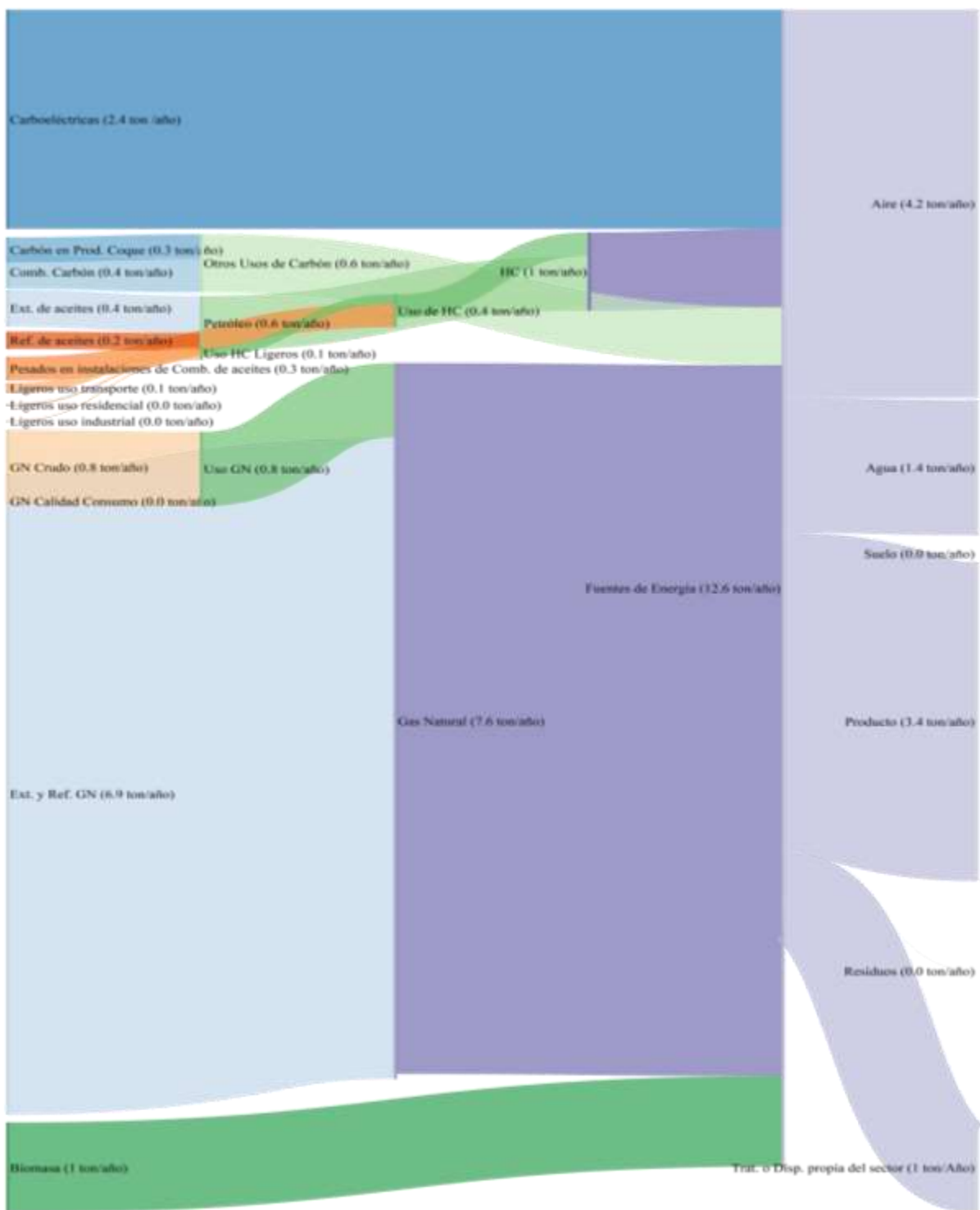
EG=Enfoque nacional/general.

X = Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría.

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica.

Las emisiones y liberaciones de mercurio de estas seis subcategorías se muestran en la Fig. 2.1, de las cuales la mayor entrada total de mercurio fue la debida a la extracción, refinación y uso de gas natural con 7, 645 kg en el año 2015.

Figura 2.1 Emisiones y liberaciones de mercurio de la categoría: Extracción y Uso de Combustibles/Fuentes de Energía



2.2.1 Combustión de Carbón en Grandes Centrales Eléctricas (>300MW) (Subcategoría 5.1.1 de PNUMA)

La combustión de carbón en grandes centrales eléctricas de México, se remonta a finales del siglo XIX, época en la que se inicia la generación de energía eléctrica en el país (CFE, 2014). Actualmente, existen tres centrales carboeléctricas operadas por la CFE, dos de ellas localizadas en el estado de Coahuila y una en el estado de Guerrero (Tabla 2.2).

En 2015, la generación de energía en las centrales carboeléctricas fue de 36,600 Gigawatts hora, es decir, el 21.2% del total de energía producida en todas las centrales eléctricas operadas por CFE (171, 984 Gigawatts hora) (SENER, 2016).

Tabla 2.2. Registro de centrales carboeléctricas en 2015

Nombre de la central termoeléctrica ¹	Ubicación ¹	Combustible empleado ¹	Unidades de generación ²	Capacidad de generación (MW) ²
José López Portillo	Nava, Coahuila	Carbón	4	1, 200
Carbón II	Nava, Coahuila	Carbón	4	1, 400
Presidente Plutarco Elías Calles	La Unión, Guerrero	Carbón y combustóleo	7	2, 778

Fuente: CFE, 2016 y SENER, 2017.

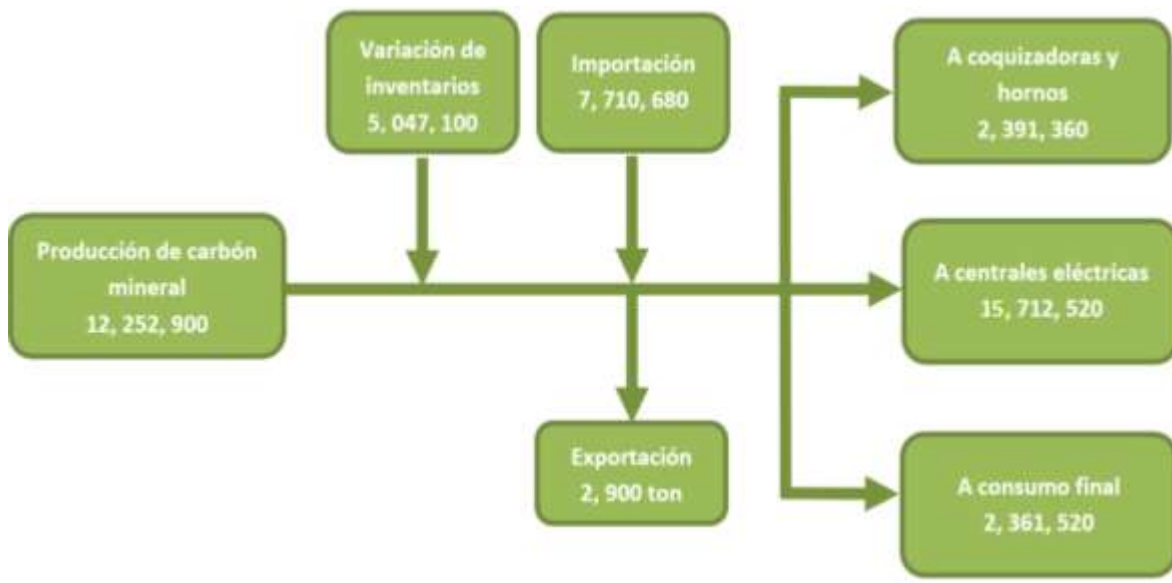
El tipo de carbón adquirido por CFE para la generación de electricidad en 2015 fue del tipo sub-bituminoso (CFE, 2016).

En las centrales eléctricas “José López Portillo” y “Carbón II”, solo se consume carbón nacional extraído de la región de Sabinas en el estado de Coahuila (CFE, 2016), que de acuerdo al Balance Nacional de Energía en 2015, fueron aproximadamente 12, 252, 900 ton de las cuales se lavaron 4, 768, 588 ton (INECC, 2017). En la central “Presidente Plutarco Elías Calles”, el carbón que se emplea es importado. El carbón utilizado en 2015 en esta última central provino de Estados Unidos (40%), Australia (56%) y Colombia (4%) (CFE, 2016).

La producción nacional total de carbón en 2015 fue de 12, 252, 900 ton. En ese mismo año se importaron 7, 710, 680 ton principalmente de Estados Unidos, Australia, Croacia, Chile y Colombia, mientras que las exportaciones totales fueron 2, 900 ton, principalmente a Guatemala (SENER, 2016).

En 2015 se destinaron a la generación de energía eléctrica 15, 712, 520 ton de carbón, 2, 391, 360 ton a coquizadoras y hornos y 2, 361, 520 ton a consumo final (SENER, 2016),
¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Figura 2.2 Balance nacional de carbón 2015, (ton).



Fuente: SENER (Diagrama 3, p. 66), 2016

Tasa de Actividad

La tasa de actividad fue de 15,712,520 ton de carbón tipo sub-bituminoso que se consumieron en las tres carboeléctricas operadas por CFE (SENER, 2016).

Factor de Entrada

En México existen principalmente dos regiones carboníferas, una en el municipio de San Javier, Sonora y la otra en la región carbonífera de Sabinas y municipios aledaños en el estado de Coahuila, siendo esta última la que consta en cuentas nacionales ya que produce la gran mayoría del carbón en México, cerca del 95% del carbón mineral que se utiliza en el país. El 5% restante, proviene del estado de Sonora, de la región de San Javier (INECC, 2017).

De estas dos zonas se realizó un muestreo aleatorio, obteniendo 10 muestras de Coahuila, 11 de Sonora y una de Nuevo León, de antracita y carbón bituminoso. Los resultados de estos muestreos se pueden consultar en INECC, 2017

Debido a que el 95% del carbón que consume CFE proviene de Coahuila, la cantidad de mercurio presente en las muestras de carbón de esta región reportaron una media de 0.14 mg de mercurio/kg, una mediana de 0.10 mg de mercurio/kg y una desviación estándar de ± 0.11 mg de mercurio/kg, con un valor mínimo de 0.01 mg de mercurio/kg y un máximo de 0.39 mg de mercurio/kg (Tabla 2.3).

Tabla 2.3 Resultados del muestreo de carbón mineral para la región de Sabinas Coahuila

Estado	Municipio	Latitud	Longitud	Material muestreado	Hg detectado (mg/kg)
Coahuila	Escobedo	27.267	-101.169	Carbón	0.065
Coahuila	Múzquiz	27.789	-101.386	Carbón	0.138
Coahuila	Abasolo	27.048	-101.255	Carbón	0.166
Coahuila	Juárez	27.513	-100.894	Carbón	0.07
Coahuila	Juárez	27.49	-100.887	Carbón	0.01
Coahuila	Múzquiz	27.651	-101.377	Carbón	0.072
Coahuila	Sabinas	27.791	-101.109	Carbón	0.128
Coahuila	Escobedo	27.33	-101.254	Carbón	0.388
Coahuila	Múzquiz	27.861	-101.453	Carbón	0.079
Coahuila	San Juan de Sabinas	27.951	-101.236	Carbón	0.27
Media					0.14
Mediana					0.10
Desviación estándar					0.11

Fuente: INECC, 2017.

El factor de entrada utilizado fue de 0.14 mg de mercurio/kg de carbón.

Factores de Distribución

Las centrales carboeléctricas operadas por CFE cuentan con PE como tecnología para el control de emisiones atmosféricas (CFE, 2016). Por tal motivo, se emplearon los factores de distribución correspondientes al sistema de reducción de emisiones y carbón de tipo Sub-bituminoso Nivel 1: Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE (PNUMA, 2015), tal y como se indican en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Factores de distribución de salida empleados en la combustión de carbón en centrales carboeléctricas.

	Distribución de la porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
Combustión de carbón sub-bituminoso Nivel 1: Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE	0.9					0.1

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

La cantidad de entrada de mercurio para la combustión de carbón en centrales eléctricas fue de 2,200 kg de mercurio /año. Las emisiones y liberaciones de mercurio para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.5

Tabla 2.5. Emisiones de mercurio durante la combustión de carbón en centrales eléctricas.

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)					
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos generales	Tratamiento / disposición propia del sector
2,200	Combustión de carbón sub-bituminoso Nivel 1: Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE	1,980					220

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de CFE, 2016; SENER, 2016.

Las emisiones atmosféricas fueron de 1,980 kg de mercurio/año, mientras que las liberaciones correspondientes al tratamiento o disposición propia del sector fueron de 220 kg de mercurio/año.

Bibliografía

CFE. 2014. *CFE y la electricidad en México*. México, Disponible en: <http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx> Consultado en marzo, 2017.

CFE. 2016. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Hoja de cálculo para la subcategoría 5.5.1 con datos 2015 y Solicitud de comentarios de factores de entrada y distribución por defecto propuestos por PNUMA (doc.). Oficio CGT-00005/2016 enviado el 20 de Julio de 2016.

INECC. 2017. *Informe Final, "Generar información cualitativa y cuantitativa de las fuentes minero-metalúrgicas en México"*. (inf.), Elaborado por Servicio Geológico Mexicano para la Coordinación de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático pp. 27-31.

SENER. 2014. *Perfil de mercado del carbón*. (inf). SENER, Coordinación General de Minería.. México. pp. 29-35. Disponible en : <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5564/pm_carbon_2014.pdf> Consultado en mayo, 2017.

SENER. 2016. *Balance Nacional de Energía 2015*. (Inf.) Dirección General de Planeación e Información Energéticas. México: SENER. pp 33-37, 50, 87. Disponible en:

<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf> Consultado en marzo, 2017.

SENER. 2017. *Datos de las principales centrales de CFE en operación 2015*. México. Disponible en: < <http://egob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html>> Consultado en abril 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.2.2 Otros Usos del Carbón (Subcategoría 5.1.2 de PNUMA)

El carbón se usa también en plantas pequeñas de combustión con capacidades térmicas inferiores a los 300MW.

De acuerdo con la Figura 2.3, se destinaron 2, 391, 360 toneladas de carbón a coquizadoras y hornos, de los cuales 1, 599, 920 m³ se emitieron al aire como gases derivados del carbón y se produjeron 1, 795, 880 ton de coque de carbón.

Figura 2.3 Balance nacional de coque de carbón 2015 (ton)



Fuente: SENER (Diagrama 5, p. 68), 2016

Tasa Actividad

Producción de coque de carbón

La producción en 2015 de coque de carbón obtenido en coquizadoras y hornos fue de 1, 795, 880 ton (SENER, 2016).

Combustión de carbón

La tasa de actividad fue de 2, 391, 360 ton de carbón del tipo sub bituminoso, consumido en otras instalaciones diferentes a centrales eléctricas (INECC, 2017).

Factores de Entrada

Producción de coque de carbón

El factor de entrada empleado fue de 0.14 g de mercurio por tonelada de coque de carbón producido (PNUMA, 2015).

Combustión de carbón

El factor de entrada de mercurio utilizado fue 0.14 g de mercurio por tonelada de carbón consumida (INECC, 2017).

Factores de Distribución

Producción de coque de carbón

Se asume que la totalidad del mercurio presente en el coque de carbón se libera a la atmósfera (PNUMA, 2015).

Combustión de carbón

Los factores de distribución utilizados para esta subcategoría fueron los correspondientes al Nivel 1: *Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE*, Tabla 2.6

Tabla 2.6. Factores de distribución de salida por defecto empleados para la producción de coque de carbón y la combustión de carbón en otras industrias distintas a las eléctricas.

Producción y Combustión de Carbón	Factores de distribución, porción de las entradas mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
Producción de coque de carbón	1					
Combustión de carbón sub-bituminoso <i>Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE</i>	0.95					0.05

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

Los resultados de las emisiones y liberaciones de mercurio para la producción de coque de carbón y combustión de carbón en otras industrias distintas a las eléctricas se muestran en la Tabla 2.7. La cantidad total de mercurio de entrada en 2015 en el proceso de producción de coque de carbón fue de 251 kg/año, cantidad que se asume fue emitida a la atmósfera en su totalidad.

La cantidad de mercurio debida a la combustión del carbón en otras instalaciones distintas a las centrales eléctricas fue de 512 kg/año, de los cuales 487 kg de mercurio se emitieron a la atmosfera, mientras que la liberación de mercurio en los residuos propios del sector fue de 25 kg.

Tabla 2.7. Emisiones y liberaciones de mercurio para la producción de coque de carbón y combustión de carbón en otras industrias distintas a las eléctricas.

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenario de salida	Cálculo de salida de mercurio, (kg/año)					
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
251	Producción de coque de carbón	251					
512	Combustión de carbón sub-bituminoso <i>Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE</i>	487					25

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de SENER, 2016

Bibliografía

INECC. 2017. *Informe Final, "Generar información cualitativa y cuantitativa de las fuentes minero-metalúrgicas en México"*. (inf.), Elaborado por Servicio Geológico Mexicano para la Coordinación de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático pp. 27-31.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

SENER. 2016. *Balance Nacional de Energía 2015*. (Inf.) Dirección General de Planeación e Información Energéticas. [En Línea]. México: SENER. pp 33-37, 50, 87. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf> Consultado en Marzo, 2017.

2.2.3 Aceites Minerales. Extracción, Refinación y Uso (Subcategoría 5.1.3 de PNUMA)

Debido a su ubicación geográfica, México se encuentra entre los países que cuentan con una amplia reserva de yacimientos petrolíferos. El beneficio de estos yacimientos en el país comenzó hace más de tres siglos; actualmente, la industria petrolera representa uno de los principales recursos económicos nacionales (Industria Petrolera Mexicana, 2013).

En 2015, la institución clave en el país encargada de la exploración, explotación refinación, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos fue PEMEX.

Las plantas de PEMEX reportaron, en 2015, una extracción total de 117, 119, 342 ton de petróleo. El tipo de crudo extraído y la ubicación de los activos donde se realiza la extracción se muestran en la Tabla 2.8

Tabla 2.8. Extracción de crudo por región en 2015

Región	Ubicación	Tipo de crudo extraído	Crudo extraído (ton)
Región Noreste	Marina Aguas territoriales	Pesado y ligero	60,019,748
Región Suroeste	Marina Aguas territoriales	Pesado, ligero y súper ligero	31,603,976
Región Sur	Veracruz Tabasco Chiapas	Pesado, ligero y súper ligero	19,618,840
Región Norte	Tamaulipas Veracruz Golfo de México	Pesado y ligero	5,876,778
Total			117,119,342

Fuente: PEMEX, 2016a

En la Tabla 2.9 se muestra el sistema mexicano de refinación y su producción nominal. La refinería con mayor producción nominal es la de Salina Cruz con 330 millones de barriles diarios, mientras que Madero es la de menor producción con 190 millones de barriles diarios y la más antigua (inicio operaciones en 1914). En 1998 la demanda nacional de destilados superó la oferta doméstica (SENER 2016). Debido a volúmenes menores de producción, en 2015 se tuvo que recurrir a importaciones adicionales de gasolinas y diesel para garantizar el suministro en el mercado nacional (PEMEX, 2016).

Tabla 2.9. Infraestructura del sistema mexicano de refinación

Nombre	Capacidad Nominal (Mbd)	Zona de Abastecimiento	Estado de la reconfiguración	Inicio de operaciones
Salina Cruz	330	Litoral del pacífico	En fase de planeación	1979
Tula	315	CDMX	En ejecución	1977

Minatitlán	285	Sur y Península de Yucatán	Completada (2011)	1956
Cadereyta	275	Norte	Completada (2003)	1979
Salamanca	220	Región Central y lubricantes para todo el país	En ejecución	1950
Madero	190	Centro y Golfo	Completada (2003)	1914

Fuente: SENER, 2016a

En la Tabla 2.10 se muestra la cantidad de crudo refinado por el sistema mexicano en cada una de sus seis plantas. De forma similar que en la capacidad nominal de producción, la refinería de Salina Cruz es la planta que más refinados produjo con 12.7 millones de ton en 2015 (PEMEX, 2016).

Tabla 2.10. Procesamiento de petróleo crudo en refinerías de PEMEX, 2015

Ubicación	Petróleo crudo refinado (ton)
Salina Cruz, Oaxaca	12,768,890
Tula de Allende, Hidalgo	11,801,435
Cadereyta de Jiménez, Nuevo León	8,167,461
Minatitlán, Veracruz	8,093,799
Salamanca, Guanajuato	7,969,180
Ciudad Madero, Tamaulipas	6,918,407
Total	55,719,172

Fuente: PEMEX, 2016a

Tasa de Actividad

Extracción

Las plantas de PEMEX reportan una extracción total de 117, 119, 342 ton de petróleo en 2015 (PEMEX, 2016a).

Refinación

En 2015, las seis refinerías que conforman el Sistema Nacional de Refinación de PEMEX reportaron una cantidad total de refinación de 55, 719, 172 ton de crudo pesado y ligero procesado (PEMEX, 2016a).

Uso

Las tasas de actividad para el uso o consumo según el tipo de producto petrolífero se muestran en la en la Tabla 2.11. Los consumos de derivados del petróleo fueron reclasificados de acuerdo con las subcategorías del PNUMA a partir de lo reportado en el Balance Nacional de Energías, 2015 (SENER, 2016a).

Tabla 2.11. Consumo nacional de productos petrolíferos, 2015

Derivados de petróleo	Consumo- (ton)*
Uso de aceites pesados en instalaciones de combustión (coque de petróleo y combustóleo)	12,795,041
Uso de Gasolinas y Naftas, Diesel, Querosenos y Gas LP (GLP) en transporte y otros usos distintos a la combustión	51,696,924
Uso de Gasolinas y Naftas, Diesel, Querosenos y Gas LP (GLP) en calefacción residencial sin sistemas de control	9,821,076
Uso de Gasolinas y Naftas, Diesel, Querosenos y Gas LP (GLP) en otras instalaciones de combustión	4,462,960

Fuente: SENER, 2016a

Factores de Entrada

Se utilizaron los factores de entrada del PNUMA 2015 como se indican en la Tabla 2.12, y fueron avalados por PEMEX, 2016a.

Tabla 2.12 Factores de entrada de mercurio para petróleo y productos derivados

	mg de mercurio/ton
Petróleo crudo	3.4
Combustóleo y coque de petróleo	20
Destilados ligeros e intermedios (Gasolinas y Naftas, Diesel, Querosenos y Gas LP)	2

Fuente: PNUMA, 2015

Factores de Distribución

Extracción /Refinación

La estimación del cálculo de emisiones de mercurio en estos procesos se hizo empleando los factores de distribución que se indican en la Tabla 2.13 (PNUMA, 2015).

Uso

Para el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio por consumo de aceites pesados y de productos petrolíferos ligeros e intermedios se emplearon los factores de distribución por defecto para un Nivel 1: *Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE* que se muestran en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13. Factores de distribución de salida de mercurio para las etapas del ciclo de vida del petróleo y productos derivados

Fases del ciclo de vida	Factores de distribución, porción de las entradas mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
Extracción		0.2				
Refinación	0.25	0.01				0.15
Usos sin control de emisiones	1					
Instalaciones de combustión con Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE	0.9					0.1

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

Los resultados de emisiones y liberaciones por parte del proceso de producción y consumo del petróleo y sus derivados se presentan en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14 Emisiones de mercurio en la extracción/refinación de petróleo y uso de productos petrolíferos

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Etapas de Ciclo de Vida y Usos	Cálculo de salida de mercurio, kg/año			
		Aire	Agua	Residuos generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
398	Extracción		80		
189	Refinación	47	2		28

256	Uso de combustibles pesados en instalaciones de combustión con Nivel 1: <i>Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE</i>	230			26
103	Uso de combustibles en ligeros en transporte y otros usos distintos a la combustión sin control de emisiones	103			
20	Uso de combustibles ligeros en calefacción residencial sin control de emisiones	20			
9	Uso de combustibles ligeros en otras instalaciones de combustión con sistemas de control de PM usando PES o depuradores	9			

Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de PEMEX, 2016a; SENER, 2016a.

Extracción/Refinación

El proceso de extracción del crudo aporta un estimado de 398 kg de mercurio, de los cuales 80 kg de mercurio fueron liberados al agua.

El proceso de refinación del crudo contribuyó con 189 kg de mercurio de los cuales 47 kg se emitieron al aire y 28 kg fueron liberados en residuos con una disposición propia del sector.

Uso

El consumo de aceites pesados (combustóleo y coque de petróleo) en instalaciones de combustión con Nivel 1: *Dispositivos de control de materia particulada simple: CIC, DP o PE* aportó 256 kg de mercurio, de ellos se estimó que 230 kg fueron emitidos a la atmósfera.

En las instalaciones donde se consumieron combustibles ligeros e intermedios sin sistemas de control, el total del mercurio de entrada fue emitido a la atmósfera, ejemplo de ello son los casos del sector de transporte con 103 kg y el residencial con 20 kg.

Bibliografía

- Industria petrolera. 2013. Historia de la Industria Petrolera en la República Mexicana. México, Disponible en: <<http://www.industriapetroleramexicana.com/2012/03/historia-de-la-industria-petrolera-en-la-republica-mexicana/>> Consultado en abril 2017
- PEMEX. 2016. Informe Anual 2015. (Inf.). México: PEMEX. pp. 8-11. Disponible en: <http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/Informe-Anual/Informe_Anual_2015.pdf> Consultado en abril, 2017
- PEMEX. 2016a. Información enviada a la coordinación del proyecto. Hoja de cálculo para las categorías de Toolkit; 5.3.1 Aceites minerales, 5.4.1 Gas natural, 5.4.2 Producción de monómeros de cloruro de vinilo, y la 5.4.3 Producción de acetaldehídos (doc.). Oficio DCPCD-SDSSSTPA-30-586-2016 del 20 de Julio de 2016
- PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.
- SENER, 2016, Diagnóstico de la industria de petrolíferos en México (Inf.). México: SENER. pp 19. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/92090/DGP_Diagn_stico_petrol_feros_Mayo_2016_FINAL.pdf. Consultado en abril, 2017.
- SENER. 2016a. Balance Nacional de Energía 2015. (Inf.) Dirección General de Planeación e Información Energéticas. México: SENER. pp 33-37, 50, 87. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf> Consultado en abril, 2017

2.2.4 Gas Natural –Extracción, Refinación y Uso- (Subcategoría 5.1.4 de PNUMA)

Además del crudo y sus derivados, PEMEX se encarga de extraer, procesar, transportar y comercializar gas natural en el país. El gas natural es extraído por cuatro plantas: Región Marina Noreste, Región Marina Suroeste, Región Sur y Región Norte. Los datos de ubicación y producción de dichas plantas se muestran en la Tabla 2.15. La planta más productiva está ubicada en la región Marina Noreste, municipios de Cantarell y Ku- Maloon- Zaap, con 18.9 millones de Nm³ en 2015 (PEMEX, 2016).

Tabla 2.15 Producción de gas natural en 2015

Nombre de la Planta que extrae el gas natural	Municipio	Estado	Volumen de extracción (mil millones de Nm ³)
Región Marina Noreste	Cantarell Ku- Maloon- Zaap	Aguas territoriales	18.9
Región Marina Suroeste	Abkatún-Pol-Chuc Litoral de Tabasco	Aguas territoriales	14.9
Región Sur	Cinco Presidentes Bellota-Jujo Samaria-Luna Macuspana-Muscipac	Veracruz Tabasco Tabasco Chiapas	14.2
Región Norte	Burgos Poza Rica- Altamira Aceite Terciario del Golfo Veracruz	Tamaulipas Veracruz Golfo de México	17.9
Total			65.9

Fuente: PEMEX 2016

Tasas de Actividad

Extracción/Refinación

El Balance Nacional de Energía reportó una extracción y refinación de gas natural de 68, 590, 487, 970 Nm³ (SENER, 2016).

Uso

En el Balance Nacional de Energía se reporta un consumo total de gas natural crudo de 7, 722, 836, 631 Nm³ y de 64, 664, 293, 694 Nm³ para el consumo final de gas seco (SENER, 2016).

Factores de Entrada

Los factores de entrada de mercurio utilizados fueron 100 µg de Mercurio por Nm³ de gas natural previa limpieza y 0.22 µg de mercurio por Nm³ de gas calidad consumo (PNUMA, 2015), previa consulta con PEMEX, 2016.

Factores de Distribución

De acuerdo con la información de PEMEX sobre los sistemas de control de emisiones de las plantas de refinación de gas natural, los factores de distribución por defecto empleados corresponden a los de extracción y refinación sin remoción de mercurio (PNUMA, 2015) ver Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Factores de distribución de salida de mercurio para la extracción, procesamiento y uso del gas natural

Fases del ciclo de vida	Factores de distribución, porción de las entradas mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ disposición propia del sector
Extracción y refinación sin remoción de mercurio	0.2	0.2		0.5	0.1	
Combustión/uso	1					

Fuente: PNUMA, 2015 y PEMEX, 2016

Resultados y Discusión

La Tabla 2.17 muestra los resultados de emisiones y liberaciones de mercurio en 2015.

En 2015, el mercurio aportado por la extracción o refinación de gas natural fue de 6, 859 kg de los cuales 3, 430 kg se estima permanecieron en el producto, mientras que al agua y aire se liberaron o emitieron 1, 372 kg respectivamente.

El mercurio presente en estas dos clases de calidades de gas natural se estará emitiendo en su totalidad a la atmosfera en los procesos de combustión, 772 kg en el uso de gas previa limpieza y 14 kg en el uso de gas calidad consumo.

Tabla 2.17 Emisiones y liberaciones de mercurio en los procesos de extracción/refinación y uso de gas a natural

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenarios de salidas	Cálculo de salida de mercurio, kg/año				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos generales

6,859	Extracción y refinación sin remoción de mercurio-	1,372	1,372		3,430	686
772	Uso de gas crudo o pre lavado	772				
14	Uso de gas entubado (calidad consumo)	14				

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de SENER, 2016; PEMEX 2016

Bibliografía

PEMEX, 2016. Información enviada a la coordinación del proyecto. Hoja de cálculo para las categorías de Toolkit; 5.3.1 Aceites minerales, 5.4.1 Gas natural, 5.4.2 Producción de monómeros de cloruro de vinilo, y la 5.4.3 Producción de acetaldehídos (doc.). Oficio DCPCD-SDSSSTPA-30-586-2016 del 20 de julio de 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

SENER. 2016. *Balance Nacional de Energía 2015*. (Inf.) Dirección General de Planeación e Información Energéticas. México: SENER. pp 33-37, 50, 87. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf> Consultado en mayo 2017

2.2.5 Energía a Base de Quema de Biomasa y Producción de Calor (Subcategoría 5.1.6 de PNUMA)

Dentro de las fuentes renovables de energía a partir de procesos naturales se encuentra el uso de biomasa. El uso de esta fuente de energía puede aprovecharse en el sector eléctrico, industrial y doméstico. En México, los principales materiales que se emplean como biomasa son: el bagazo de caña y la leña.

En el país se reporta que el consumo de biomasa aporta el 5.7% del consumo total energético. Con respecto a esto, la generación de energía por consumo de bagazo de caña y leña disminuyó en 2015 (359.84 PJ) un 1 % en comparación la generación en 2014 (363.28 PJ) (SENER, 2016). El consumo de biomasa en 2015 se distribuyó con un 29% al consumo de bagazo de caña y un 70.3% al consumo de leña (SENER 2016).

Existen diversas maneras o tecnologías para producir calor o energía a partir de biomasa. Las tecnologías varían desde estufas rurales hasta plantas modernas de generación como las centrales eléctricas o industrias como la azucarera en donde emplean la producción de bagazo de caña para su autoconsumo (SENER, 2016).

El 89% de la población rural en México (25 millones de personas) generan calor a partir de la leña, principalmente para la cocción de alimentos y como combustible en pequeñas industrias como ladrilleras, panaderías, tortillerías, entre otras (SENER, 2012).

Tasa de Actividad

El consumo total de biomasa en 2015 fue de 32, 454, 093 ton (SENER, 2016).

Factor de Entrada

El factor de entrada considerado fue 0.03 g de mercurio por tonelada de biomasa que entra a combustión. (PNUMA, 2015)

Factores de Distribución

La emisión de mercurio para esta categoría es solamente al aire, por lo que se empleó el factor de distribución de 1 para este compartimiento (PNUMA, 2015).

Resultados y Discusión |

La entrada de mercurio es de 974 kg y son liberados en su totalidad a la atmósfera.

Bibliografía

SENER, 2012. *Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026*.(Inf.). México. SENER. pp. 99 y 100. Disponible en: <[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva de Energ as R enovables_2012-2026.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2012-2026.pdf)> Consultado en junio, 2017

SENER. 2016. *Balance Nacional de Energía 2015*. (Inf.) Dirección General de Planeación e Información Energéticas. México: SENER. pp 33-37, 50, 87. Disponible en: <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177621/Balance_Nacional_de_Energ_a_2015.pdf> Consultado en mayo, 2017

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.2.6 Producción de Energía Geotérmica (Subcategoría 5.1.7 de PNUMA)

En 2015, se reportaron 8 centrales geotérmicas: cuatro ubicadas en el estado de Baja California en el campo de Cerro Prieto; una en Nayarit en Domo de San Pedro; otra en Michoacán en Los Azufres; una en Puebla en Los Humeros, y la última en Baja California Sur, llamada Las tres Vírgenes, ver Tabla 2.18. La industria geotérmica presentó decaimiento entre 2011 y 2014 debido a la declinación de los pozos productores del campo geotérmico Cerro Prieto, lo cual tuvo como consecuencia la reducción en la capacidad instalada y la caída de la generación de electricidad (SENER, 2016).

Tabla 2.18 Generación eléctrica en 2015 por plantas geotérmicas

Central	Entidad Federativa	Región de Control	Esquema ¹	Capacidad Efectiva Total (MW)	Capacidad en contrato de interconexión ² (MW)	Generación Bruta (GWh)
Geotérmica para el Desarrollo, S.A.P.I. de C.V.	Nayarit	03-Occidental	AUT.	52.0	10.0	39.8
Cerro Prieto I	Baja California	08-Baja California	CFE	30.0	30.0	4,028.3
Cerro Prieto II	Baja California	08-Baja California	CFE	220.0	220.0	0.0
Cerro Prieto III	Baja California	08-Baja California	CFE	220.0	220.0	0.0
Cerro Prieto IV	Baja California	08-Baja California	CFE	100.0	100.0	0.0
Los Azufres	Michoacán	03-Occidental	CFE	225.0	225.0	1,749.8
Los Humeros	Puebla	02-Oriental	CFE	68.6	68.6	465.1

Tres Vírgenes	Baja California Sur	10-Mulegé	CFE	10.0	10.0	48.0
Total				925.6	883.6	6,331.0

¹ AUT: Autoabastecimiento; CFE: Comisión Federal de Electricidad.

² Centrales con contrato de interconexión con el CENACE (S/C: sin contrato de interconexión).

Fuente: SENER, 2016

Naciones Unidas no indica factores de entrada ni de distribución para esta subcategoría (PNUMA, 2015).

Bibliografía

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

SENER, 2016. Prospectiva de Energías Renovables 2016-2030. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177622/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2016-2030.pdf> Consultado en agosto, 2017.

2.3 Producción Primaria de Metales (Categoría 5.2 de PNUMA)

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir de la extracción o procesamiento de algunos metales de importancia. Las actividades identificadas en México que conforman a esta categoría se muestran en la siguiente Tabla 2.19.

Tabla 2.19. Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción primaria de metales"

Sub-categoría	Nombre de la subcategoría	Principales vías de liberación de Hg					Enfoque sugerido
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.2.1	Extracción primaria y procesamiento de mercurio	X	X	X	X	X	FP
2.2.2	Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio	X	X	X			EG
2.2.3	Extracción y procesamiento inicial de zinc	X	X	X	X	X	FP
2.2.4	Extracción y procesamiento inicial de cobre	X	X	X	X	X	FP
2.2.5	Extracción y procesamiento inicial de plomo	X	X	X	X	X	FP
2.2.6	Extracción y procesamiento inicial de oro por procesos distintos de amalgamación de mercurio	X	X	X	X	X	FP
2.2.7	Extracción y procesamiento inicial de aluminio	X	X				FP
2.2.8	Extracción y procesamiento de otros metales no ferrosos	X	X	X		X	FP
2.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	X					FP

** Principal enfoque para el inventario FP =Enfoque de fuente puntual. EG=Enfoque nacional/general

X = Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

Fuente: PNUMA, 2015

La Figura 2.4 muestra las emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la extracción y procesamiento de mercurio, las cuales fueron separadas de las otras ocho subcategorías debido a que es la entrada de mercurio más importante de toda la categoría con 828, 738 kg de los 873, 630 kg de toda la categoría. Las emisiones y liberaciones de mercurio causadas por el resto de las subcategorías pueden verse en la Figura 2.5.

Figura 2.4 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la extracción primaria y procesamiento de mercurio

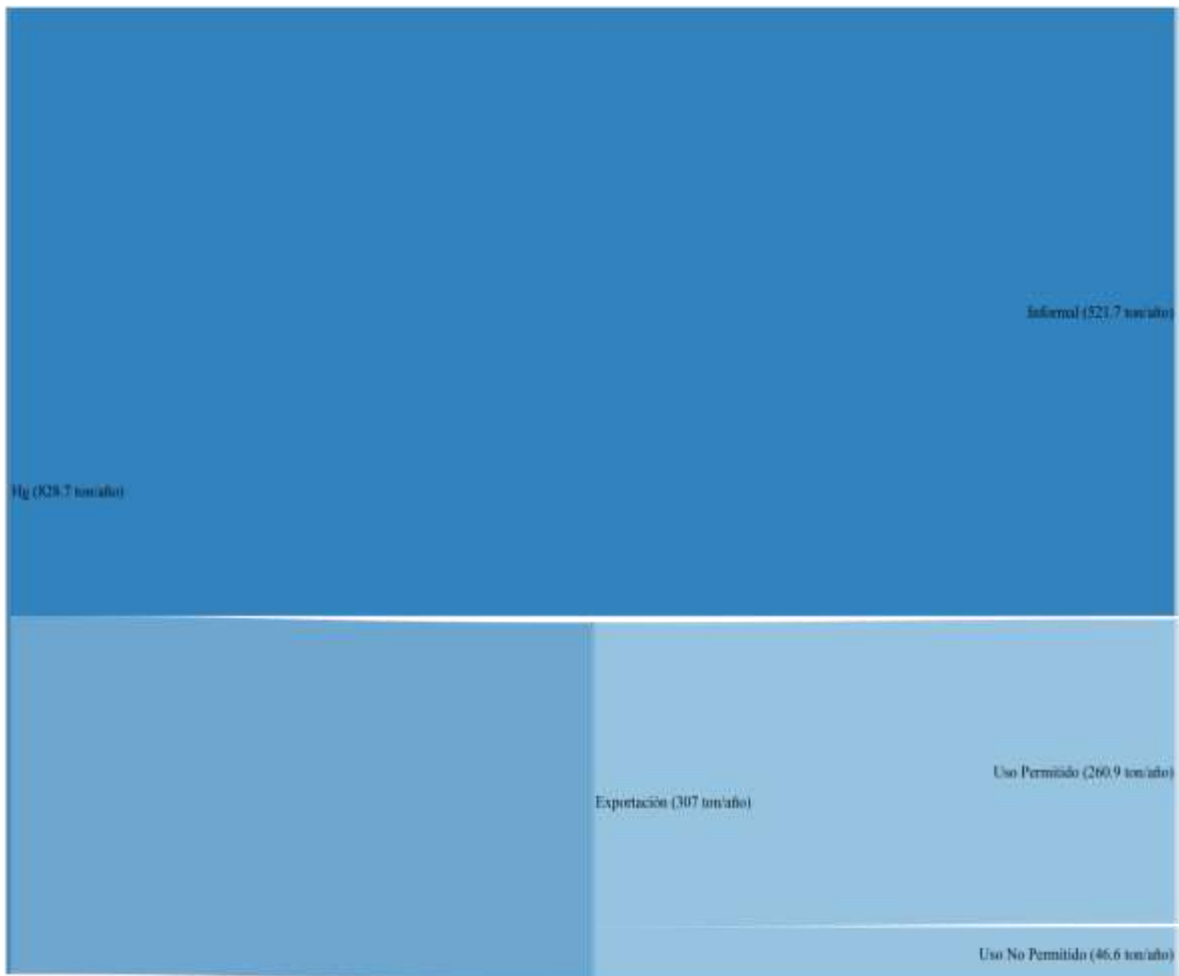
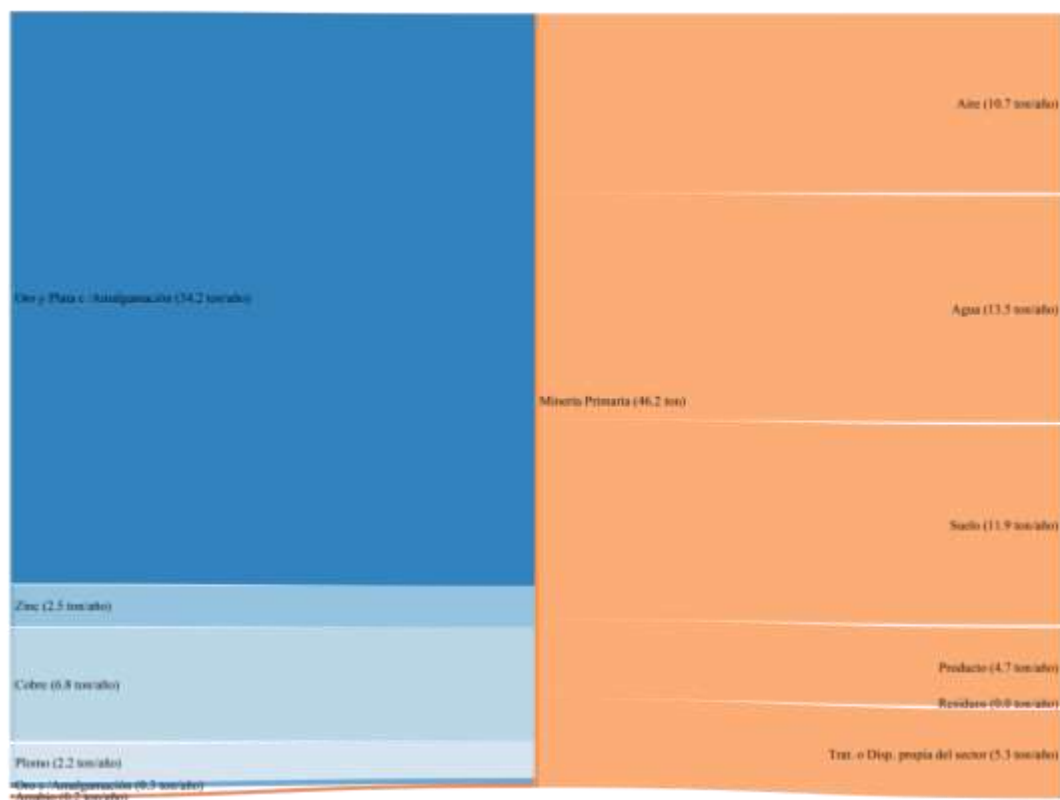


Figura 2.5 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la extracción y procesamiento de zinc, plomo, oro, aluminio, metales ferrosos, otros metales no ferrosos y; extracción de oro y plata con proceso de amalgamación con mercurio y con procesos distintos a la amalgamación de mercurio



2.3.1 Extracción Primaria y Procesamiento de Mercurio (Subcategoría 5.2.1 de PNUMA)

El INECC en colaboración con el SGM realizó el proyecto de investigación “Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México”, estudio que es la base de información para esta subcategoría (INECC, 2017).

La principal región productora de mercurio en México se encuentra en la Sierra Gorda de Querétaro, en la región central de la Sierra Madre Oriental, en donde afloran rocas sedimentarias del Cretácico medio-tardío, identificadas como las formaciones Trancas, El Doctor, Tamaulipas y Soyatal-Mexcala (Levresse, 2008). Según los registros del Servicio Geológico Mexicano, en la década de 1970, los municipios que integran esta región colocaron a Querétaro como primer productor de mercurio a nivel nacional (De la Torre, 2007), dichos municipios fueron Pinal de Amoles, Peñamiller, Jalpan, San Joaquín, y Cadereyta de Montes.

La explotación del mercurio se ha convertido para muchas familias de la Sierra Gorda queretana en la única opción para lograr un ingreso económico. El mercurio representa alrededor de 30% de la actividad minera del estado de Querétaro (Flores, 2014). Una parte de

los mineros dedicados a su extracción trabaja de forma clandestina, sin las más mínimas medidas preventivas para su salud y seguridad, ver Fotografía 2.1, son auténticos gambusinos que buscan el metal en las minas abandonadas o que trabajan a cambio de una comisión por sus hallazgos. En la Sierra Gorda existe un número indeterminado de pequeñas obras mineras de mercurio (según autoridades estatales, alrededor de 300); la mayoría de ellas actualmente abandonadas, de las cuales, las que aún laboran, trabajan en la informalidad (Flores, 2014).

En la Sierra Gorda queretana los yacimientos de mercurio se alojan frecuentemente en estratos de caliza de la formación El Doctor, facies La Negra, o cerca de sus contactos, en forma de vetas controladas por fallas. Las vetas son en general angostas (de 5 cm a 2 m de espesor), y presentan rumbos diversos e inclinaciones casi verticales. Un zonamiento mineral aparece a escala de la sierra, marcado por la presencia de metales asociados al mercurio (plata y antimonio), así como a escala del yacimiento, por la presencia de zonas de oxidación cercanas a la superficie actual, con mejora de la ley en profundidad. En el municipio de San Joaquín, la mineralización de mercurio se aloja en rocas clásticas de la formación Las Trancas, en particular en los estratos algo carbonosos y asociada a fallas o fracturas. (Levresse, 2008).

Fotografía 2.1 Horno artesanal en funcionamiento para el beneficio de mercurio por calcinación



Fuente: INECC, 2017.

Hay dos áreas mercuriales importantes en la Sierra Gorda, en el estado de Querétaro: la de San Joaquín y la de Plazuela-Bucareli, en las que se identifican varias minas que en el pasado fueron productoras.

En el área de Plazuela-Bucareli, la mineralización de cinabrio y de metacinabrio se presenta en vetas, fracturas y relleno de cavidades. En Bucareli, la roca encajonante es la caliza de la Formación el Doctor, del Cretácico Temprano, mientras que en Plazuela, la lutita-caliza de la Formación Soyatal-Mexcala, del Cretácico Tardío. Los minerales presentes son cinabrio (HgS), seleniuro de mercurio (tiemanita: HgSe), y mercurio nativo con o sin ganga de calcita.

Además de la Sierra Gorda, existen otros depósitos de menor importancia en los estados de Durango, San Luis Potosí, Jalisco, Zacatecas y Guerrero (.

Figura 2.6). Es de resaltar, que el distrito minero de Guadalcázar, San Luis Potosí, da nombre al mineral de sulfuro de mercurio y zinc, la guadalcazarita, identificada por primera vez en esta zona (Morales-Ávila, 2008).

En el sur de México, en el distrito mercurial de Huahuaxtla, Guerrero, descubierto en 1923, los depósitos se hallan en calizas del Cretácico Tardío. Los principales clavos de mineral se hallan a lo largo de la falla de Huahuaxtla y están controlados por brechas y crestón.

Figura 2.6 Localización de los depósitos y manifestaciones de mercurio a nivel nacional.



Fuente: INECC, 2017.

Varios de los escasos depósitos de mercurio que cuentan con dataciones confiables, ubicados en el norte de México, están emplazados cerca del contacto entre rocas sedimentarias del Mesozoico y rocas volcánicas suprayacentes. En el distrito de Canoas, Zacatecas, los depósitos tienen una edad que llega a ser tan joven como el Oligoceno (23 Ma).

Otros depósitos están situados en roca encajonante del Cretácico, como en Nuevo Mercurio, Zacatecas. Los depósitos de mercurio encajonados por rocas sedimentarias del Cretácico de la Sierra Gorda, Querétaro, son probablemente del Cretácico Tardío-Cenozoico (Clark, 2009).

Aunque la presencia de mercurio en la Sierra Gorda es conocida y explotada desde la época prehispánica, aún falta detalle en la caracterización de los yacimientos, debido a la falta de estudios académicos sobre su génesis y la complejidad geológica del área (Levresse, 2008).

En la Tabla 2.20 se muestran las minas autorizadas por SEMARNAT en el Estado de Querétaro. El número de proyectos mineros autorizados vigentes desde 2010 asciende a 9 y en total son 34 las minas autorizadas con condicionantes, principalmente por el control de sus emisiones contaminantes (SEMARNAT, 2017).

Tabla 2.20 Minas de mercurio autorizadas por SEMARNAT en el Estado de Querétaro

AÑO	NOMBRE DEL PROYECTO	MUNICIPIO	NO.	MINA	ESTATUS	FECHA DEL RESOLUTIVO	VIGENCIA	
2012	Actividad minera de la mina Cristo Vive y La Peña, Comunidad de La Plazuela, Municipio de Peñamiller, en el Estado de Querétaro	Peñamiller	1	Cristo Vive	Autorizada condicionada	19 de diciembre de 2013	4 años 8 meses	25 de octubre de 2018
			2	La Peña	Autorizada condicionada			
2013	Actividad minera del distrito Minero del Soyatal, Comunidad de Maguey Verde	Pinal de amoles y Peñamiller	1	El Tepozán	Autorizada condicionada	05 de diciembre de 2013	5 años	16 de enero de 2019
			2	El Rincón	Autorizada condicionada			
			3	La Providencia	Autorizada condicionada			
2013	Exploración, explotación y beneficio de mercurio en la mina Los Santos, Bucareli, Pinal de Amoles, Querétaro	Pinal de amoles	1	Los Santos	Autorizada condicionada	07 de noviembre de 2013	5 años	28 de noviembre de 2018
2013	Actividad minera en tres lotes mineros, comunidad de Palo Grande, Delegación de Bucareli, Municipio de Pinal de Amoles, Oro.	Pinal de amoles	1	Las Cumbres	Autorizada condicionada	17 de febrero de 2014	5 años	14 de mayo de 2019
2014	Actividad minera en el lote minero Camargo, comunidad de Camargo, Municipio de Peñamiller, Oro.	Peñamiller	1	La Tranca	Autorizada condicionada	30 de agosto de 2015	5 años	22 de septiembre de 2020
			2	La Laja	Autorizada condicionada			
			3	La Estrella	Autorizada condicionada			
2014	Explotación, exploración y beneficio de mercurio (Hg) en las minas: San José, Santo Niño y San Judas 2, ubicadas en los Municipios de Pinal de Amoles y Peñamiller	Pinal de amoles y Peñamiller	1	Santo Niño	Autorizada condicionada	30 de octubre de 2015	5 años	17 de noviembre de 2020
			2	San José	Autorizada condicionada			
			3	San Judas 2	Autorizada condicionada			
2015	Exploración, extracción y beneficio de mercurio (Hg) en la mina La Fe (Fracción B), La Plazuela Peñamiller, Oro.	Peñamiller	1	La Fe	Autorizada condicionada	05 de octubre de 2015	5 años	08 de diciembre de 2020

Fuente: SEMARNAT, 2017.

De acuerdo a la Ley Minera vigente en México, el mineral de mercurio se tipifica como mineral concesible, debiendo tener como obligación reportar la producción de este metal a la Dirección General de Regulación Minera, perteneciente a la Secretaría de Economía, organismo oficial para poder emitir y validar cifra alguna, desde 1994 y hasta 2015, no se reportaron cifras de producción (INECC, 2017).

Con la entrada en vigor del Convenio de Minamata en 2016, la SE reportó una producción de 804.6 ton de mercurio a nivel nacional, provenientes únicamente del Estado de Querétaro, específicamente de los municipios de Pinal de amoles, Peñamiller, San Joaquín y Cadereyta de Montes (SE, 2017). Cabe aclarar que la cifra reportada por la SE es resultado de la obligación que los concesionarios tienen de elaborar reportes de producción y entregarlos a dicha secretaría.

Tasa de Actividad

La tasa de actividad que se maneja es la estimación de 804.6 ton de mercurio producidas al año (SE, 2017).

Factor de Entrada

Como factor de entrada se emplea la cantidad de 1, 030 kg de mercurio por tonelada de mineral mercurio producido (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Los factores de distribución de la salida de mercurio en el proceso de extracción primaria de mercurio propuestos por PNUMA se muestran en la Tabla 2.21.

Tabla 2.21 Factores de distribución de salida mercurio por extracción primaria y procesamiento de mercurio

Fases del ciclo de vida	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Extracción primaria y procesamiento de mercurio	0.0073	0.0017	0.02			

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

En la Tabla 2.22 se muestran las emisiones y liberaciones de mercurio por el proceso de extracción primaria de mercurio en 2015. La cantidad estimada de entrada de mercurio en 2015 por la actividad de minería primaria de mercurio fue de 828, 738 kg.

México exportó en 2015 casi 307 ton de mercurio, principalmente a Bolivia 139 ton y a Colombia 111 ton según el SIAVI (<http://www.economia-snci.gob.mx/>). La diferencia entre lo reportado por SE y SIAVI podría deberse al comercio informal del mercurio.

La mayor liberación de mercurio se presentó al suelo (16, 655 kg), ya que como es de esperarse, es el medio en donde se lleva a cabo la mayor parte de la actividad minera.

Tabla 2.22 Emisiones y liberaciones de mercurio por extracción primaria y procesamiento de mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año		
		Aire	Agua	Suelo
828, 738	Extracción primaria y procesamiento de mercurio	6, 035	1, 448	16, 655

En este escenario no existen salidas a productos, residuos generales o en sistemas de tratamiento o disposición por sector. Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INECC, 2017.

Bibliografía

De la Torre, K. 2007. Minería al límite: la pesadilla del mercurio en México, México, Mongabay Latam. Disponible en: < <https://es.mongabay.com/2017/03/mineria-contaminacion-mercurio-biodiversidad-mexico/>> Consultado en agosto, 2018.

Clark, K. F., and Fitch, D.C. 2009. Evolución de los depósitos metálicos en el tiempo y el espacio en México. Geología Económica de México, 2ª Edición. Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, XIII Convención Nacional, Memoria Técnica, p. 8-57

Flores , F. 2014. Explotación ilegal de mercurio, actividad para la sobrevivencia, México. El Financiero-Economía. Disponible en: < <http://www.elfinanciero.com.mx/economia/explotacion-ilegal-de-mercurioactividad-para-la-sobrevivencia.html>> Consultado en agosto, 2018.

INECC. 2017. “Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México”. (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 3, 51-54.

Levresse G., Tritlla J., Corona-Esquivel R., Pinto-Linares. 2008. Los yacimientos de mercurio, México. Informe FOMIX, Querétaro, México. SCRIBD. Disponible en: < <https://es.scribd.com/document/11499204/Los-yacimientos-de-mercurio-Mexico-Informe-FOMIX>> Consultado en agosto, 2018.

Morales Ávila, V.R. 2008. Estudio de inclusiones fluidas de los yacimientos de mercurio en el área de Guadalcázar, S.L.P., Tesis de Ingeniero Geólogo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

SE. 2017. Comunicado emitido por la Dirección General de Desarrollo Minero de la Secretaría de Economía, el 08 de septiembre de 2017.

SEMARNAT. 2017. Correo electrónico recibido de la Subdelegación de Gestión para la Protección Ambiental y Recursos Naturales de Querétaro, el 14 de septiembre de 2018.

2.3.2 Extracción de Oro y Plata con Amalgamación de Mercurio (Subcategoría 5.2.2 de PNUMA)

El INECC en colaboración con el SGM realizó el proyecto de investigación “*Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México*”, estudio que es la base de información para esta subcategoría (INECC, 2017).

En el beneficio artesanal de oro, pueden distinguirse dos tipos principales de minería en México:

- El obtenido de placeres y
- El obtenido de la minería artesanal propiamente dicha.

En el caso de los placeres, se procesan los sedimentos acarreados por ríos y arroyos, en zonas ya plenamente identificadas como portadoras de pequeñas cantidades de oro (placeres). Estos sedimentos son procesados gravimétricamente y cribados con diferentes mallas para **obtener visualmente pequeños fragmentos o “pepitas”**. Las porciones de sedimento más fino, son también frecuentemente tratadas con mercurio para amalgamar y recuperar el polvo fino de oro que puedan contener.

En el caso de la minería artesanal; el gambusino obtiene pequeñas cargas de mineral, en botes o costales, que él mismo extrae de pequeñas y estrechas obras mineras, con barreta, pico y pala; ocasionalmente también con un limitado uso de explosivos. Estas cargas de material pueden contener material fino y fragmentos de roca de distintos tamaños, mismos que pueden ser reducidos manualmente a esquirlas y fragmentos de hasta media pulgada. Posteriormente, este material es procesado en molinos rudimentarios, conocidos como taunas o “**tahonas**” (Fotografía 2.2).

Fotografía 2.2 Varias vistas de 2 tipos de “taunas” para la molienda de mineral.





Fuente: INECC, 2017.

Posteriormente, se añaden a la tauna aproximadamente una cantidad de mercurio 10 veces superior a la cantidad de oro que se espera obtener de la carga de mineral en proceso. Esta cantidad de oro, se estima de acuerdo a la experiencia del gambusino, con relación al mineral que este extrae, la mina o sitio del que procede, etc. Asimismo, el gambusino efectúa **“tentaduras” que son estimaciones visuales y empíricas de la ley del mineral**. La cantidad de mercurio añadida, es variable, aunque puede ser de un mínimo de aproximadamente 150 gramos.

Para realizar una tentadura, el gambusino selecciona una fracción fina del mineral, frecuentemente finamente molida con el uso de una maza o martillo y un yunque, que puede ser una gran roca con una superficie cercanamente lisa. El material fino obtenido, se mezcla con agua, en una pequeña batea o recipiente poco fondo y se remueve, para propiciar el asentamiento de la fracción más pesada. Es común el **uso de una sección de un “cuerno” hueco de toro**, para esta tarea (Fotografía 2.3). Con la habilidad que da la práctica y la experiencia, el gambusino va desechando los fragmentos de roca y material de grano más grueso, para poder visualizar mejor la fracción más fina remanente. Al balancear suavemente el recipiente con la mezcla de agua y material fino, se favorece que el polvo de oro se asiente y acumule en una cantidad suficiente para poder visualizarse. Según la cantidad observada, junto con su experiencia, estas personas estiman la cantidad aproximada de oro que pueden obtener de una carga conocida de mineral.

Fotografía 2.3 Sección de cuerno de toro para realizar “tentaduras”. (tomada de www.periodicomirador.com, Zacatecas)



Fuente: INECC, 2017.

La cantidad de mercurio utilizada por estos gambusinos es variable y difícil de precisar, dependiendo de la cantidad de material que cada uno procesa y la calidad del mineral que tienen a su disposición. Sin embargo, durante la verificación de campo, se recabaron algunas referencias a este respecto por parte de personas dedicadas a este tipo de gambusinaje. Entre las guías y datos proporcionados más relevantes, destacan:

- Grupos pequeños de trabajadores en el procesamiento de sedimentos en placeres, pueden consumir aproximadamente 10 kg de mercurio al mes, sin embargo no se conoce el número de estos grupos. Los placeres se trabajan prácticamente todo el año, exceptuando los períodos en que ocurren las crecidas de los ríos y arroyos. El caudal del río Yaqui se aprovecha y controla mediante importantes presas hidroeléctricas: El Novillo (Plutarco Elías Calles), Lázaro Cárdenas (Angostura) y la presa Álvaro Obregón (El Oviáchic). De tal manera, que los placeres a lo largo de la mayor parte del curso del río, pueden trabajarse la mayor parte del año, salvo cuando se vierten excedentes por los embalses. En estos casos, se ha considerado un período de 8 meses en que puede desarrollarse la actividad de gambusinaje.
- En una tauna, pueden procesarse de 500 a 800 kg de mineral en un día, con leyes aproximadas de oro de entre 10 y 30 g/ton o incluso un poco más. En algunos de los talleres o instalaciones de este proceso artesanal se cuenta con más de una tauna. En el proceso, se recuperan aproximadamente de un 50% a 60% del contenido total de oro de la carga mineral.
- Al material de molienda, se le añade aproximadamente una cantidad de mercurio 10 veces superior a la cantidad de oro esperada; aproximadamente 150 g. En ocasiones se añade el mercurio directamente en la tauna o por separado, al material molido traspasado a un recipiente o pequeño barril giratorio (amalgamador).
- Se requiere de un turno de 12 horas para moler alrededor de 500 kg de mineral, del que se pueden obtener aproximadamente de entre 10 a 15 g de oro, por lo que con un suministro adecuado de mineral, pueden producirse aproximadamente desde 45 a 150 g de oro a la semana, por tauna.
- La amalgama resultante contiene aproximadamente una proporción dos a uno, de mercurio con respecto a la cantidad de oro.

El minero artesanal recupera la mayor parte del mercurio no amalgamado para reutilizarlo posteriormente, aunque inevitablemente, una pequeña porción no determinada de este, puede desecharse en los jales. En el cálculo de consumo de mercurio realizado en este apartado, se ha considerado conservadoramente que esta pérdida podría ser de al menos un 1%.

Finalmente, la masa de amalgama resultante, se quema, en un crisol (que puede ser una cuchara metálica) o especie de mufla o incluso comal, así como al soplete, para separar y vaporizar el mercurio, dejando como producto final una pequeña cantidad de oro casi puro (Fotografía 2.4). En este proceso se utiliza en ocasiones una cámara o cápsula metálica (que puede ser un bote de lámina), a manera de un sistema de retorta para condensar y recuperar parte de los vapores de mercurio liberados. En distintos casos, este sistema puede ser muy rudimentario o ser más o menos elaborado. No se contó con información precisa al respecto de la proporción de estos gambusinos que utilizan este sistema, ni de la eficacia del mismo,

como para estimar la cantidad evaporada de mercurio que se pierde como emisión a la atmósfera.

Fotografía 2.4 Copelas o amalgamas de oro y producto terminado



Fuente: INECC, 2017.

Determinar con precisión el número de personas dedicadas a la minería artesanal de oro y plata con uso de mercurio, es una tarea que encierra varias dificultades, pues se trata de una actividad que se desarrolla en situaciones de informalidad, por tanto, hay fuertes reticencias para proporcionar información precisa sobre los diferentes aspectos de la actividad, particularmente sobre las cantidades de mercurio utilizadas, las fuentes proveedoras y compradoras, tanto de los insumos de mercurio como de los metales producidos. Muchas áreas en las que se desarrolla esta actividad son de difícil acceso, en zonas serranas, cañadas y barrancas, sitios en los que, en algunos casos, coexisten con prácticas como la producción de estupefacientes.

La estimación del número posible de personas dedicadas al gambusinaje de oro y plata con amalgamación, se realizó a partir de entrevistas con diversos grupos mineros, autoridades estatales y municipales, así como con asociaciones y dependencias de minería, además del análisis de la información cartográfica y demográfica. Con base en la distribución de las minas de oro y plata de una amplia base de datos, con información derivada de la cartografía realizada por el SGM, de más de 11 mil minas en todo el país, así como en verificaciones directas en campo, en algunos de los principales estados con este tipo de gambusinaje, así se logró identificar las zonas y municipios con mayores probabilidades y condiciones para la existencia de este tipo de minería.

Asimismo, se revisaron informes técnicos correspondientes a 199 cartas, comprendidas dentro de un total de 12 estados: Sonora, Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Baja California, Coahuila, Zacatecas y Estado de México. De estos documentos, se encontraron referencias, menciones u observaciones sobre la actividad de minería artesanal o gambusinaje de oro y plata, en 77 informes complementarios, por parte de los geólogos de campo encargados de elaborar las cartas correspondientes, (INECC, 2017).

Figura 2.7 (INECC, 2017).

Figura 2.7 Cartas geológico-mineras del SGM consultadas para la búsqueda de información de gambusinaje y/o pequeña minería a nivel nacional.



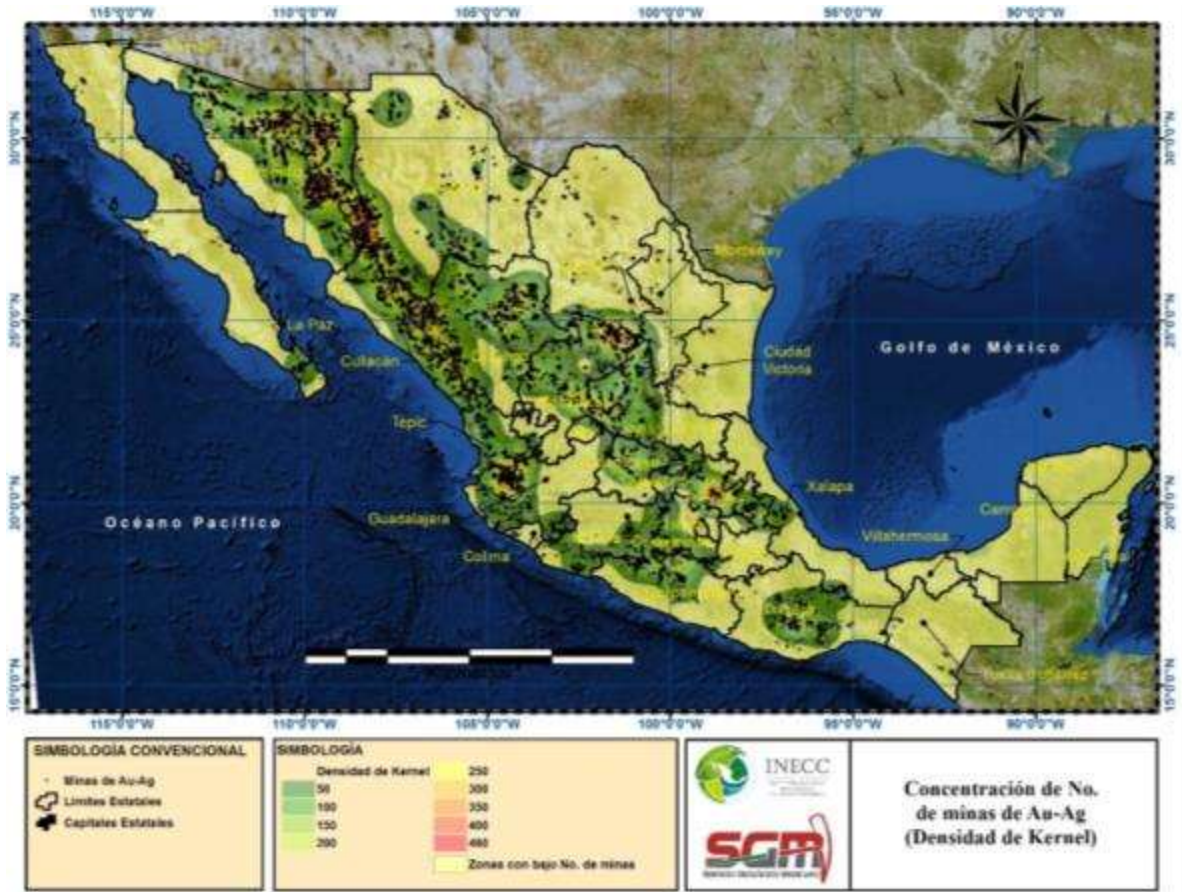
Fuente: INECC, 2017.

Las anotaciones u observaciones sobre gambusinaje o pequeña minería que están descritas en los informes de las cartas geológico-mineras se reportan en INECC, 2017.

Para priorizar aquellas zonas donde exista alta concentración de minas de yacimientos minerales de oro y plata, se utilizaron dos técnicas complementarias entre sí, densidad de Kernel y densidad de atributo por superficie determinada. Su adopción, se respalda sobre dos tipos de valores que son representativos: la del fenómeno estudiado, que en este caso es la densidad de minas (Kernel) y la superficie de referencia determinada de acuerdo a las dimensiones del área de estudio (kilómetros cuadrados).

El método de cálculo de densidad de Kernel de Arc-GIS consiste en la ubicación de las 11,082 minas de oro-plata reportadas por el SGM, con base a su geoposicionamiento y su transformación en píxeles. Las referencias geográficas de las minas de oro y plata transformadas en píxeles sirven para calcular la densidad de observaciones alrededor de un píxel. Dicho proceso permitió crear áreas de densidad de las minas y visualizar las regiones clasificadas de acuerdo al conjunto de minas localizadas en una región, ver Figura 2.8, (INECC, 2017).

Figura 2.8 Densidad de Kernel de minas de Oro-plata en la República Mexicana.



Fuente: INECC, 2017

El resultado de la densidad de Kernel se clasificó en nueve rangos, en intervalos de 50, obteniendo como resultado que en el país se cuenta con una pequeña región que tiene una abundancia de hasta 460 minas localizada hacia la porción oeste del estado de Chihuahua en los municipios de Uruachi y Chinipas.

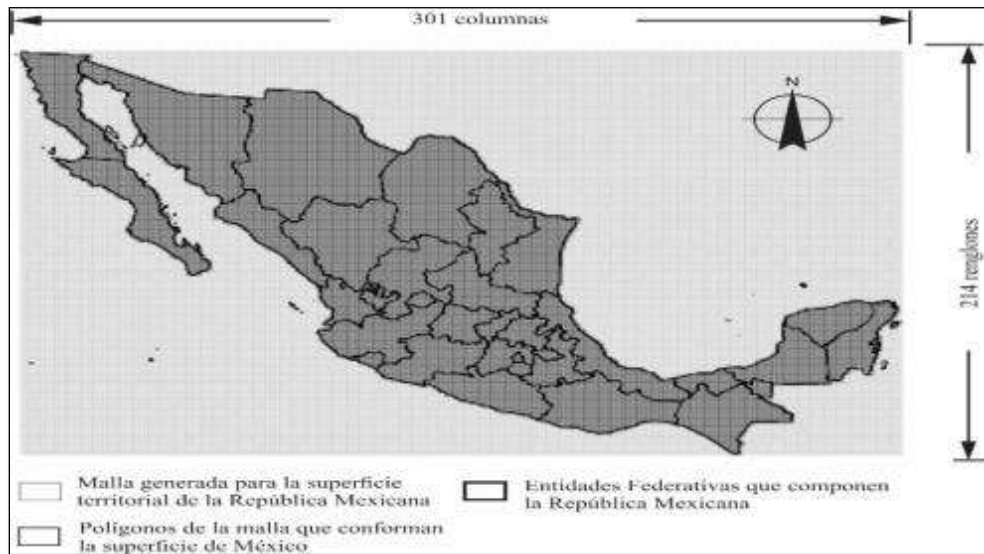
Seguidas en orden de importancia con una densidad entre las 300 y 400 minas se identifican varias regiones.

- En Sonora se localizan tres, hacia las partes centro y norte de la Entidad, en los municipios de la parte central son Soyopa, San Javier, Bacanora, Yecora y del norte Cumpas, Villa Hidalgo, Huásabas, Moctezuma y Nacozari.
- En el oeste de Chihuahua se distingue una extensa región que abarca los municipios de Guazapares, Urique, Ocampo, Moris, además de los ya mencionados Uruachi y Chinipas.
- Otra región con alta probabilidad de encontrar MOAyPE se localiza en las superficies municipales de Tamazula, Topia, Canelas y Santiago Papasquiario al oeste de Durango en la colindancia con el estado de Sinaloa.
- De la misma manera en el norte de Zacatecas en los municipios de Mazapil, Concepción del Oro y Melchor Ocampo,

- Así como en la porción centro-oeste de Jalisco en la colindancia con Nayarit en los municipios de Guachinango, Mixtlán, Mascota, San Sebastián del Oeste y San Marcos se delimitan dos regiones con alta densidad de minas.
- Por último hacia la parte sur de Hidalgo, en los límites municipales de Mineral del Chico, Pachuca, El Arenal, Atotonilco El Grande, Huasca y Actopan.

El segundo método “de densidad de puntos por superficie definida”, describe para cada celda o polígono el conjunto de minas que se localizan dentro de su superficie.

Figura 2.9 Retícula generada para el conteo de minas de oro-plata de la República Mexicana.



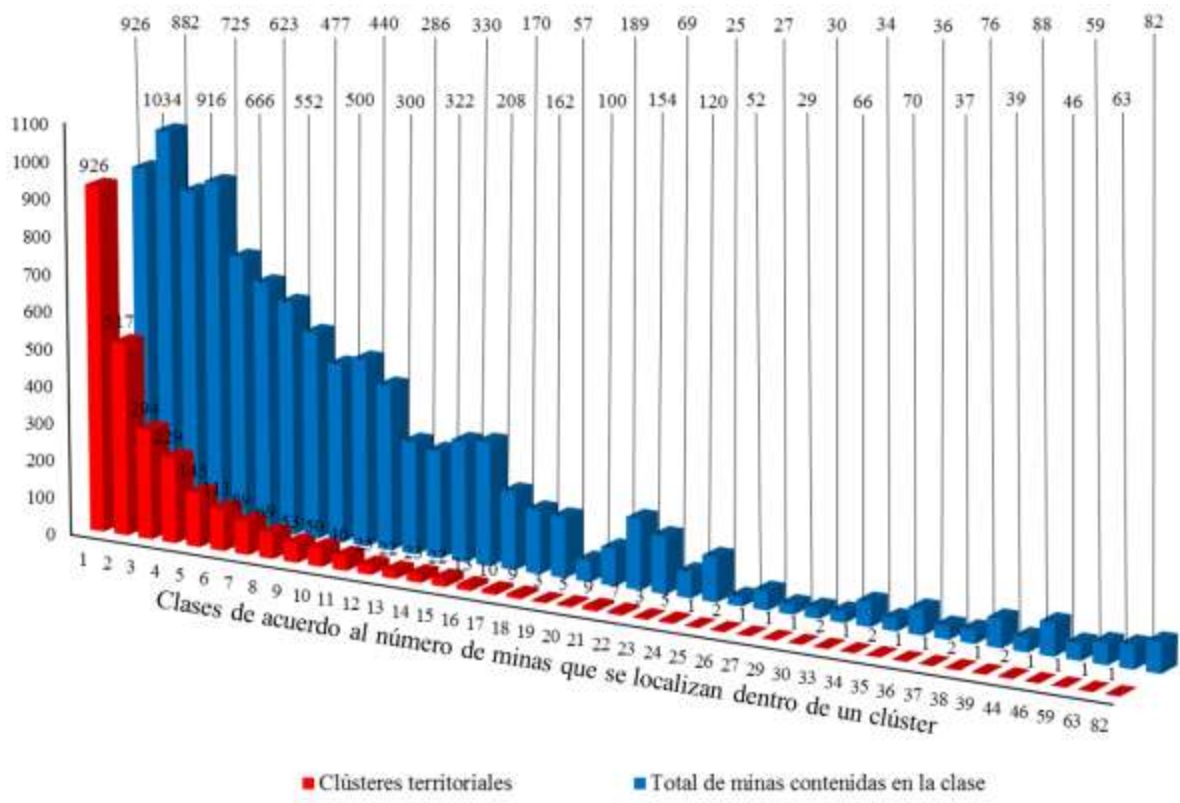
Fuente: INECC, 2017.

Por tanto, se dividió la superficie de la República en 20,706 polígonos denominados en adelante como Clúster Territorial del MOAyPE y plata (CTOP) (Figura 2.90). Considerando que las características del gambusinaje de oro-plata se desarrollan en serranías alejadas en la mayoría de las ocasiones, trabajando en pequeños grupos de mineros, y utilizando técnicas tradicionales de extracción de mineral.

Después de geolocalizar las minas de oro y plata en el CTOP en 2, en 701 clusters se registró la presencia de minas de oro-plata, lo que corresponde a una superficie de 270,100.00 km², que representa el 13.79% de la superficie nacional, presentando un mínimo error de detección del 0.14%, debido a que el proceso no registró a 15 de las 11, 082 minas de oro-plata.

Estadísticamente la media del número de minas de oro-plata por cada clúster territorial es de cuatro, la mediana es de dos, la moda es uno y la desviación estándar es 5.2. Lo anterior representa que en la mayoría de los 2,701 clústeres, hay una existencia entre 1 y 10 minas por cada 100 km², demostrado en la Figura 2.10. La gráfica muestra 42 clases con base en el número de minas que se registraron por clúster, donde el rango fue de mínimo una y máximo 82 minas.

Figura 2.10 Número de minas y clústeres por clase.



Fuente: INECC, 2017.

El análisis estadístico permitió dividir las clases en cuatro grandes grupos de prioridad

- *Áreas de prioridad nula*, se compone con los clústeres que reportaron 0 minas
- *Áreas de prioridad baja* se compone por las clases de una a 10 diez minas por clúster, conteniendo 7,301 de las minas oro-plata, equivalente al 66%
- *Áreas de prioridad media*, está compuesta por las clases de 11 a 19 minas por clúster, representando el 21% con 2,275 minas
- *Áreas de prioridad alta* que engloba a las clases de 20 a 82 por clúster, enumera a 1,491 minas y representa el 13% del total de minas de oro-plata

En el mapa cartográfico las áreas de alta y media prioridad facilitaron establecer las regiones que probablemente en la actualidad se desarrollen actividades de minería artesanal de oro-plata. Descritos geográficamente de norte a sur, destacan los municipios que se localizan en clústeres de prioridad alta y media, de los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Sinaloa y Nayarit.

Partiendo de estas áreas identificadas, se realizó una sobreposición de niveles de información con la distribución de población en dichas zonas y se aplicó un factor proporcional del número de personas que probablemente se dediquen a esta actividad. Este valor propuesto fue calculado a partir de consultas y verificaciones en campo, en los sitios en los cuales se pudieron obtener estimaciones aproximadas del número de taunas y personas que se relacionan directamente con el proceso de la obtención del oro de manera artesanal con uso

de mercurio, con estos datos y la información poblacional contenida en el ITER-2010, se obtuvieron las proporciones de la población dedicada a esta actividad. Cabe destacar que los municipios de los cuales se obtuvieron datos son los más representativos para dicha actividad, y están ubicados en 19 municipios de Sonora, Sinaloa y Durango. El factor obtenido y que se aplicara como constante en todos los municipios es mínimo de 0.012 y máximo de 0.02.

La estimación del número de personas dedicada a la minería artesanal de oro, podría tener valores mínimos y máximos de 18,348, y 22,887 personas respectivamente, con un promedio de 20,618 individuos.

Se estima un mayor número de personas dedicadas a la minería artesanal de oro en Sinaloa, Durango, Zacatecas, Sonora y Chihuahua, debido a las condiciones de la Sierra Madre Occidental que favorecen las características geológicas para llevar a cabo este tipo de actividades (Figura 2.11 y

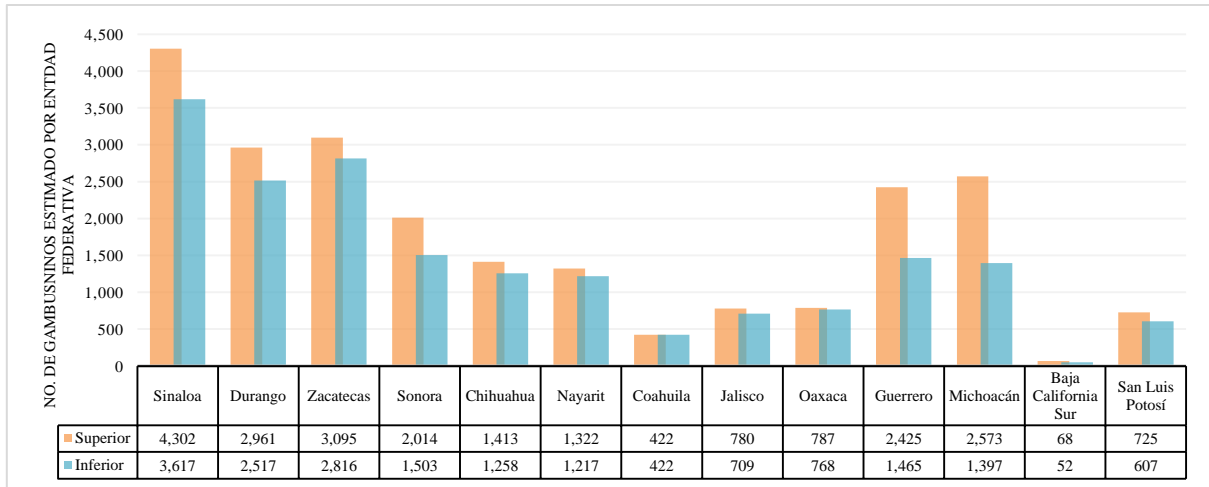
Figura 2.12).

Figura 2.11 Municipios considerados para la estimación del número de gambusinos en la República Mexicana.



Fuente: INECC, 2017.

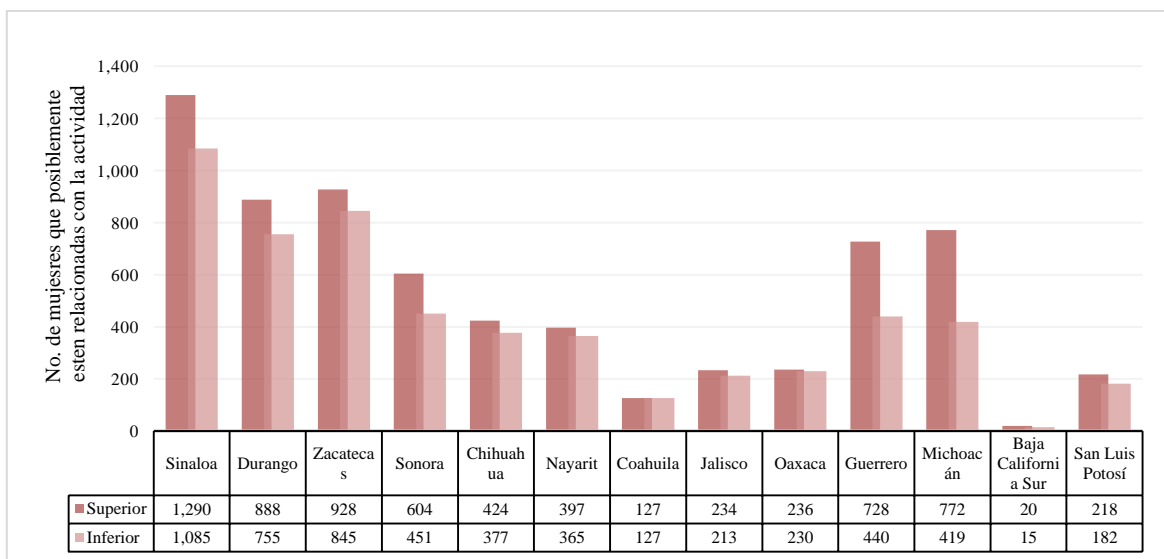
Figura 2.12 Estimación del número de gambusinos por Entidad Federativa



Fuente: INECC, 2017.

El factor de mujeres que se estima tiene alguna relación con las actividades de la minería artesanal de oro, es la tercera parte del total, de esta manera, la proyección indica que aproximadamente existen entre 5,505 y 6,866 mujeres en este sector, atribuyendo mayormente a este rubro los Estados de Sinaloa, Durango, Zacatecas, Chihuahua y Sonora. En menor medida Coahuila, Jalisco, Oaxaca y San Luis Potosí.

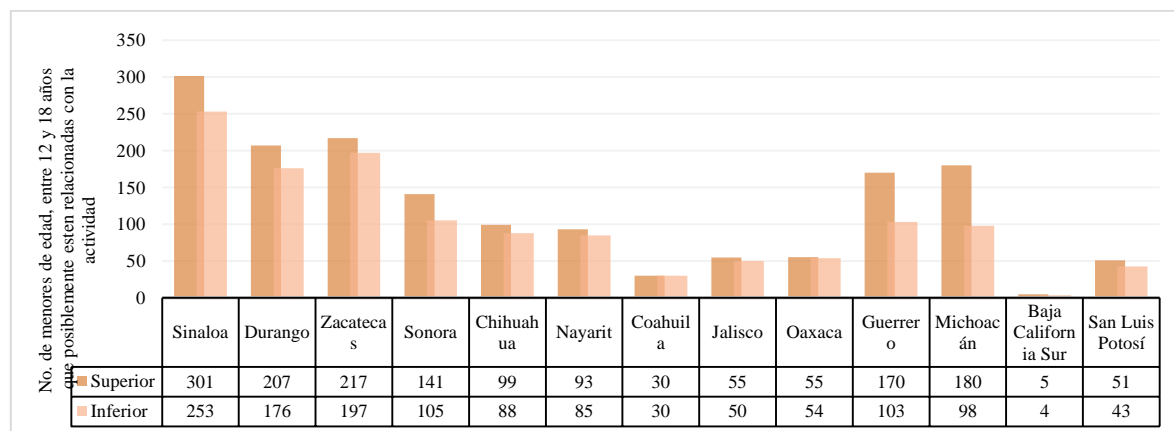
Figura 2.13 Estimación por Entidad Federativa del No. de mujeres que se relacionan con alguna actividad del gambusinaje.



Fuente: INECC, 2017.

En México se considera menor de edad a la población de hasta 18 años, entonces la estimación de menores de edad relacionada con el gambusinaje, representa a la población entre 12 y 18 años de edad, que en el caso de la proyección más alta en este rubro serían los Estados de Guerrero, Michoacán, Zacatecas y Sinaloa, *Figura 2.14*.

Figura 2.14 Estimación por Entidad Federativa del No. de menores de edad, entre 12 y 18 años que posiblemente se relacionan con alguna actividad del gambusinaje.



Fuente: INECC, 2017

A partir de verificaciones de campo, se estimó que existen en México aproximadamente entre 3,670 y 4,577 taunas, produciendo en promedio entre 45 y 150 gramos de oro a la semana, se consideró que en promedio cinco personas extraen, transportan y procesan el mineral en una tauna. Con relación al período de trabajo por año, se consideraron 34 semanas (ocho meses). Según el número estimado del total de taunas en el país, se tendría un volumen de producción probable de entre 5,615.00 y 23,345 kg de oro por año (con 13,600 kg como punto medio), proveniente de la minería artesanal, ver *Tabla 2.23*

Tabla 2.23 Estimación del volumen de la producción de oro artesanal.

Rango considerado	No. de gambusinos	No. de personas por Tauna	No. de taunas estimadas	Oro producido tauna/semana (gramos)	Semanas trabajadas al año	Volumen probable de oro producido al año (kilogramos)
Valor mínimo estimado	18,348	5	3670	45	34	5,615
Valor promedio estimado	20,618	5	4124	97	34	13,600
Valor máximo estimado	22,887	5	4577	150	34	23,345

Fuente: INECC, 2017

A grosso modo, de acuerdo con los valores promedio recabados en campo, se estima que la cantidad de mercurio consumida en las amalgamas producidas durante el proceso de beneficio del oro artesanal, es de dos gramos de mercurio por cada gramo de oro producido, guardando

una relación 2 a 1. Bajo estos criterios la cantidad probable de mercurio utilizado en amalgamas de oro, se encontraría entre los 11,230.00 y 46,690.00 kg por año. De esta manera, es razonable suponer que dentro de este rango, puede encontrarse la cantidad de mercurio que se quema y evapora para separar el oro de la amalgama.

Adicionalmente, se considera, en forma conservadora, una pérdida de mercurio del orden del 1% en el proceso de amalgamación y desecho de jales, de cada carga de mineral, de aproximadamente 500kg. Considerando que en dicho proceso se utilizan aproximadamente 0.150 kg de mercurio en cada molienda, operando 6 días a la semana por 34 semanas, así como el número probable de taunas estimado en el país, se tendría una pérdida de aproximadamente 1,123 kg de mercurio al año, para el valor mínimo probable estimado de taunas.

La

Tabla 2.24 resume las cantidades de mercurio estimadas a utilizarse en la minería artesanal de oro y plata, para los límites mínimos y máximos considerados de taunas existentes.

Tabla 2.24 Cifras estimadas para el consumo probable de mercurio en la minería artesanal de oro y plata. Se desconoce la proporción que se recupera y reutiliza del mercurio evaporado.

Rango número de taunas consideradas	Cantidad probable de mercurio amalgamada con el oro (kg/año)	Otras pérdidas (1%) kg/año	Pérdidas probables totales de mercurio (kg/año)	Oro producido por tauna al año (kg)	Consumo anual de mercurio por tauna (kg)
Valor mínimo estimado	11,230.00	1,123.00	12,353.00	1.53	3.37
Valor promedio estimado	28,960.00	1,162.00	30,122.00	3.30	7.30
Valor máximo estimado	46,690.00	1,400.00	48,090.00	5.10	10.51

Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

En 2015, la producción de oro a partir de la mena fue de 10, 880 kg (se estima en 80% del valor promedio estimado de la Tabla 2.23: 13, 600 kg), mientras que la producción a partir del concentrado fue de 1,360 kg, y con uso de retorta y reciclado de mercurio se produjeron 1,360 kg de oro, todo ello estimado por medios geo estadísticos y entrevistas directas con pequeños productores y artesanales (INECC, 2017).

Factor de Entrada

Tabla 2.25 Factores de de entrada de mercurio por extracción de oro con amalgamación de mercurio

Escenario	Factor de entrada
-----------	-------------------

	(kg de mercurio/kg de oro producido)
Extracción de la mena	3
Extracción de oro a partir de concentrados	1
Extracción del concentrado, con uso de retorta y reciclaje de mercurio	0.1

Fuente: PNUMA, 2015

Factores de Distribución

Los escenarios de distribución se muestran en la Tabla 2.26 y corresponden a los propuestos por PNUMA, 2015.

Tabla 2.26 Factores de distribución de salida mercurio por extracción de oro con amalgamación de mercurio

	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Extracción de la mena sin uso de retorta	0.25	0.4	0.35			
Extracción de oro a partir de concentrados, sin el uso de retorta	0.75	0.13	0.12			
Extracción del concentrado, con uso de retorta y reciclaje de mercurio	0.2	0.4	0.4			

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

La MOAYPE y plata en México es una actividad informal, difícil de valorar a partir de información oficial. Sin embargo, se contactó con diversas agrupaciones gambusinas que proporcionaron alguna información acerca de las características bajo las cuales se realiza dicha actividad (INECC, 2017).

A partir de modelos de estimación estadística y geográfica, aplicados al conocimiento de la distribución de los yacimientos de oro en el país y reportes de históricos de gambusinaje, se establecieron zonas en las cuales la MOAyPE podría tener lugar. Ello condujo a identificar a algunas regiones de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Sinaloa, Hidalgo y Nayarit como prioritarias en el estudio de la MOAyPE con uso de mercurio.

A partir de ello, se verificó en 19 municipios de Sonora, Sinaloa y Durango dicha información con trabajo de campo y se obtuvo un coeficiente de ocupación poblacional en la MOAyPE con

uso de mercurio. Con base en dichos datos se estimó que en México aproximadamente existen entre 3,670 y 4,577 taunas, que producen en promedio a la semana entre 45 y 150 gramos de oro con amalgamación de mercurio. De igual manera se estimó que en promedio cinco personas son quienes extraen, transportan y procesan el mineral en una tauna. A pesar de los dichos de los gambusinos entrevistados, no se constató en campo el trabajo con retortas para el control de emisiones de mercurio y reuso.

En la Tabla 2.27 se muestran los escenarios de emisiones y liberaciones para la MOAyPE y plata. Se dio mayor importancia a la extracción de oro directo del mineral, que lo obtenido de concentrados, que en este caso equivaldría al trabajo en los placeres. El uso de retorta se estimó como al menos un 10% del total. El uso de mercurio asociado a la MOAyPE y plata durante 2015 en México se estimó en 34, 160 kg, valor calculado a partir de la estimación de producción, por dicha actividad, de 13, 600 kg de oro en el mismo año.

Tabla 2.27 Emisiones y liberaciones en la extracción de oro con amalgamación de mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-máx.]	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año		
		Aire	Agua	Suelo
32, 664	Extracción de la mena sin uso de retorta	8,166	13,066	11,432
1, 360	Extracción de oro a partir de concentrados, sin el uso de retorta	1,020	177	163
136	Extracción del concentrado, con uso de retorta y reciclaje de mercurio	27	54	54

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INECC, 2017

Incertidumbres

EXTENSIÓN GEOGRÁFICA DE LA ACTIVIDAD.

El SGM reporta una distribución por el territorio nacional de 11,082 minas de oro-plata, algunas de ellas abandonadas pero susceptibles a ser reactivadas por gambusinos. El análisis realizado a partir de técnicas estadísticas y geográficas coincide en ubicar a los estados de Sonora Chihuahua, Durango y Zacatecas, además de algunas zonas cercanas a Sinaloa y Nayarit, como sitios donde la MOAyPE y plata con uso de mercurio podría ocurrir. Ambas

valoraciones parten del número de minas de oro y plata, así como de su ubicación, registradas por el trabajo de campo realizado por ingenieros del SGM en los últimos años.

Por lo que respecta al método de kernel se ubicaron regiones de densidades de minas de 300 a 460 unidades mismas que coinciden con las regiones de alta y mediana prioridad del método de densidad puntos por superficie definida. Por tratarse de estimaciones estadísticas y geográficas verificables con trabajo de campo se considera que dichos datos son un buen punto de partida para caracterizar la actividad de MOAyPE y plata. Sin embargo, debe precisarse la validez de las estimaciones con supervisión permanente en campo, a través de la colaboración con los municipios identificados.

POBLACIÓN DEDICADA A LA ACTIVIDAD DE MOAYPE Y PLATA Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Para la estimación de los datos de población se utilizó la información correspondiente a los Principales Resultados por Localidad (ITER) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el cual se compone del conjunto de indicadores de población y vivienda a nivel localidad de todo el país, dicha información proviene del Censo de Población y Vivienda 2010.

Se consideró que donde se localizan en operación grandes mineras, existen pequeños mineros en las inmediaciones de minas y por ende los habitantes de las localidades cercanas tienen una muy alta probabilidad de dedicarse a la MOAyPE y plata. Además se discriminó a aquellas localidades urbanas con una densidad de población superior a 10, 000 habitantes, por considerarse que en grandes poblaciones es muy poco probable que exista población dedicada a la MOAyPE y plata. La validez de dicha afirmación podría ser cuestionada por episodios como el registrado por la PROFEPA, en 2017, de la operación de MOAyPE y plata con uso de mercurio en la localidad de Acaponeta que supera los 10, 000 habitantes. En dicho episodio las denuncias ciudadanas de contaminación de suelos y cuerpos de agua de una instalación que recuperaba oro con amalgamación de mercurio llevó a las autoridades a iniciar un procedimiento legal.

Adicionalmente, se descartó de la estimación la participación de adultos mayores a 65 años y tan solo se consideró a la población económicamente activa, lo cual conlleva un sesgo y podría discrepar de la realidad, dadas las condiciones de pobreza de las regiones y su alta probabilidad de incidencia de trabajo infantil (menores a 12 años).

Posteriormente, a partir de consultas y verificaciones en campo, en 19 municipios de las entidades federativas de Sonora, Sinaloa y Durango, considerados los más representativos de la MOAyPE y plata se estimó el número de taunas y personas que se relacionan directamente con dicha actividad. Con estos datos y la información poblacional contenida en el ITER-2010, se obtuvieron proporciones del porcentaje de la población dedicada a esta actividad.

Por otro lado, a través de dicho trabajo de campo que se obtuvo información sobre las condiciones de uso del mercurio y el trabajo con retortas. Sin embargo, no fue posible verificar dicha información por otros medios que no fueran las entrevistas con los mineros. Por tanto, se requiere trabajo adicional para cuantificar las cantidades de mercurio utilizado por los gambusinos, establecidos en este trabajo en el rango de 2 a 10 g de mercurio por gramo de oro recuperado, así como en la elaboración de un censo de taunas en operación y descartar el

uso de otras tecnologías de beneficio de oro con amalgamación de mercurio diferentes a las identificadas en este trabajo.

Por último, al caracterizar la MOAyPE y plata se hace frente a la desconfianza de los mineros y la poca información oficial al respecto. Para mejorar las estimaciones y el conocimiento de la actividad de la MOAyPE y plata será necesario establecer programas institucionales que contemplen el trabajo con las comunidades y asociaciones gambusinas mediante proyectos demostrativos que contribuyan a mejorar las condiciones bajo las que realizan la actividad de la MOAyPE y plata, y contribuyan a garantizar su operación en el marco legal, así como a identificar y atender problemas relacionados con la salud de los gambusinos y sus familias derivados del uso del mercurio.

Bibliografía:

INECC. 2017. “Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México”. (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 176-190

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.3.3 Extracción y Procesamiento Inicial del Zinc (Subcategoría 5.2.3 de PNUMA)

En México, el plomo y el zinc se encuentran íntimamente asociados dentro de los mismos yacimientos. Estos metales se presentan frecuentemente acompañados de otros muchos metales, de entre los que destacan la plata, el cobre y el oro, por lo que se habla de yacimientos polimetálicos. Sin embargo, en un gran número de minas, se identifican claramente al plomo y al zinc como los principales productos, aunque puedan venir acompañados de cantidades significativas de los metales mencionados (INECC, 2017)

El Servicio Geológico Mexicano tiene contabilizadas un total de 2,227 minas de plomo-zinc, la mayoría de ellas inactivas, distribuidas en casi todos los estados de la República Mexicana. En la Tabla 2.28 se enumeran las minas por Entidad Federativa; el mayor número de ellas se localizan en el estado de Chihuahua con 586, y también el mayor número de minas activas (19), en el estado de Zacatecas se contabilizan 268 minas, en Coahuila 199, en Durango 181, en San Luis Potosí 178 y en Sonora 172. Después de Chihuahua, los estados con mayor número de minas activas son: Coahuila, Durango, Michoacán y San Luis Potosí cada uno con tres y Sonora con dos, Figura 2.15 (INECC, 2017).

Figura 2.15 Distribución de las minas de Pb-Zn por Entidad Federativa.



Fuente: INECC, 2017

Para el periodo que comprende del 2010 a 2015, son tres las entidades federativas que aportaron el 73.24% de la producción minera, en primer lugar Zacatecas con 43.69% del volumen producido, seguido de Chihuahua con el 18.53%, en tercer lugar Durango, con el 11.03%, principalmente por el aumento en el volumen que se ha venido registrando en el municipio de Cuencamé, desde el año 2013. Ya con producciones menores a las 50,000 ton/año, destacan el Estado de México, Aguascalientes y San Luis Potosí (Ver Tabla 2.28).

Tabla 2.28 Producción minera de zinc por entidad federativa del periodo 2010 a 2015

Entidad Federativa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aguascalientes	38,169.00	38,036.00	29,754.00	31,935.00	25,646.00	30,529.00
Chihuahua	133,734.00	122,254.00	125,995.00	124,866.00	120,359.00	104,851.00
Durango	14,848.00	18,754.00	22,028.00	67,120.00	109,426.00	203,635.00
Guerrero	44,512.00	45,090.00	43,103.00	27,254.00	24,495.00	495.00
Hidalgo	5,960.00	7,120.00	8,526.00	10,600.00	7,819.00	12,119.00
Jalisco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
México	35,562.00	37,371.00	39,685.00	43,586.00	45,737.00	46,385.00
Oaxaca	0.00	4,018.00	10,317.00	8,154.00	14,242.00	14,964.00
Querétaro	3,154.00	2,096.00	5,866.00	7,975.00	994.00	537.00
San Luis Potosí	58,040.00	53,489.00	50,774.00	46,792.00	24,156.00	28,728.00
Sinaloa	7,100.00	9,640.00	7,876.00	6,967.00	6,155.00	5,838.00
Zacatecas	228,925.00	293,991.00	316,425.00	267,293.00	280,849.00	338,689.00
TOTAL (ton/año)	570,004.00	631,859.00	660,349.00	642,542.00	659,878.00	786,774.00

Fuente: INECC, 2017

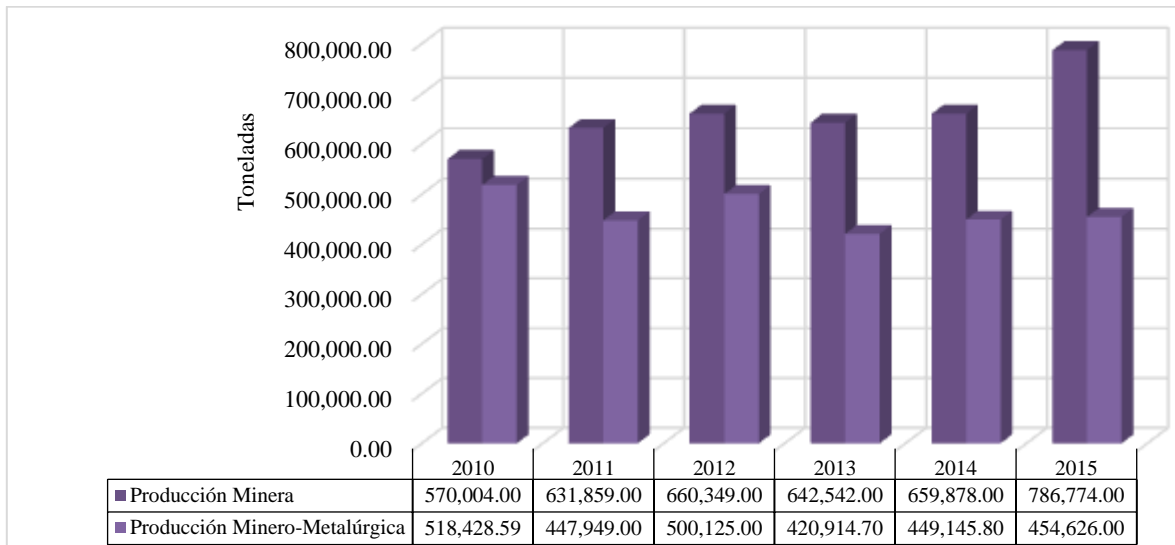
Figura 2.16 Mapa de producción minera de zinc por entidad federativa, periodo 2010-2015.



Fuente: INECC, 2017

En cuanto a la producción minero-metalúrgica nacional de zinc, para el 2011 alcanzó un volumen de 447,949 ton, lo que significó un decremento del 13.6% en relación al 2010. Entre las minas cuya producción fue menor durante ese periodo, se encuentran Charcas de Grupo México y Bismark, Francisco I. Madero y Sabinas de Peñoles. Para el 2012 alcanzó una producción de 500,125 ton lo que significó un incremento de 11.6% respecto al periodo anterior; fluctuando de nueva cuenta a la baja en el 2013 con un decremento de 15.8% en relación al año anterior, produciendo 420,915 ton, para los dos periodos siguientes se registraron aumentos en las producciones minero-metalúrgicas de zinc. En el 2014, se alcanzó un volumen de 449,146 ton equivalente al 6.7% en relación al 2013 (SGM, 2015), y, de igual forma para 2015, se registró un aumento de 1.2 % produciendo 454,626 ton de zinc (SGM, 2016) (Figura 2.17).

Figura 2.17 Producciones anuales de zinc de producción minera y minero-metalúrgica.



Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

La tasa de actividad fue de 454,626 ton/año (INEGI, 2017).

Factor de Entrada

Con la colaboración del SGM el INECC realizó muestreos para determinar el contenido de mercurio en yacimientos de plomo-zinc. Los contenidos de mercurio van de 4.3 a 6.6 mg/kg. Los yacimientos en los que se pueden ubicar las muestras colectadas corresponden a un skarn polimetálico y origen hidrotermal. En todos los casos estos concentrados presentan asociados contenidos accesorios de otros metales como oro y plata. Los contenidos de mercurio encontrados, así como los contenidos de plomo y zinc (además de oro y plata) en los concentrados, se resumen en la Tabla 2.29. En todos los casos, las concentraciones de mercurio se encuentran muy por debajo de los rangos considerados por PNUMA para este tipo de fuentes minerales (INECC, 2017).

Tabla 2.29 Contenidos de mercurio en concentrados de plomo y zinc muestreados

Estado	Tipo de muestra	Hg (mg/kg)	Au (mg/kg)	Ag (mg/kg)	Pb (%)	Zn (%)
Zacatecas	Concentrado Pb	5.9	-	-	44.33	7.9
Zacatecas	Concentrado Zn	6.6	-	-	0.49	58.9
Aguascalientes	Concentrado Zn	4.3	0.9	235	-	47.8
Aguascalientes	Concentrado Pb	6.4	14.6	1751	51.3	-

Fuente: INECC, 2017

Análisis realizados en 2010 a muestras de concentrados de zinc procesados en Met-Mex Peñoles, resultaron en un contenido de 3.65 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc. Dicho resultado es el promedio ponderado del contenido de mercurio en ocho muestras tomadas de diferentes remitentes mineros, en total 228, 294 ton de concentrados de zinc. En dichos ensayos la máxima concentración fue de 4 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc, mientras que la mínima y moda fue de 1.5 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc (CAMIMEX, 2016).

Como factor de entrada se usó la cantidad de 5.45 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc que es el promedio aritmético de los dos valores propuestos por INECC, 2017 y el propuesto por CAMIMEX, 2016.

Factores de Distribución

Los factores de distribución de mercurio empleados se indican en la Tabla 2.30 (PNUMA, 2015).

Tabla 2.30 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de zinc a partir de concentrados

Dispositivos de reducción de emisiones	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Hornos con sistemas de lavado de gases y plantas de ácido	0.10	0.02		0.42		0.46

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

Las emisiones y liberaciones de mercurio en la actividad minera de zinc, se muestran en la Tabla 2.31. El cálculo estimado de la entrada de mercurio en la extracción y procesamiento del zinc para 2015 fue de 2, 478 kg. De ellos, 1, 140 kg son liberados en los residuos con disposición propia del sector. Debido a la existencia de plantas de ácido relacionadas con la producción de zinc, se presentan liberaciones de 1, 041 kg de mercurio en el producto, en este caso ácido sulfúrico. Por último, también se presentan emisiones al aire y liberaciones al agua de 248 y 50 kg de mercurio, respectivamente.

Tabla 2.31 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de zinc

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-máx.]	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año			
		Aire*	Agua*	Productos	Tratamiento o disposición propia del sector
2,478	Hornos con sistemas de lavado de gases y plantas de ácido	248	50	1,041	1,140

*CAMIMEX estima en cero kg de mercurio /año las emisiones al aire y liberaciones al agua.

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INEGI, 2017; CAMIMEX, 2016

Bibliografía:

CAMIMEX. 2016. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Comentarios a factores del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio en la producción metalúrgica de zinc, cobre, plomo y oro, 2015. (doc.). Enviado en noviembre del 2016.

INECC. 2017. "Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México". (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 13

INEGI. Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica [En línea]. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.3.4 Extracción y Procesamiento Inicial del Cobre

En el periodo de 2010 a 2015, las entidades federativas que más aportaron a la producción minera nacional de cobre en conjunto fueron: Sonora, Zacatecas, San Luis Potosí y Chihuahua, en el caso de Sonora impulsada predominantemente debido a la consolidación de las operaciones de la planta concentradora II y la ESDE III de Buenavista del Cobre, que pertenecen a Grupo México, que sumada a La Caridad son las dos principales minas nacionales productoras de este metal. Además en Sonora existen otras minas de cobre de gran importancia como son Milpillás, María y Piedras Verdes. Zacatecas es la segunda entidad en importancia en la producción de cobre con la mina polimetálica Cozamin, propiedad de la compañía Capstone Mining. San Luis Potosí ocupa la tercera posición de los estados productores de cobre (INECC, 2017).

En 2015, la producción minera de cobre fue de 594, 451 ton, Sonora fue el primer lugar con el 81.3%, valor conformado fundamentalmente, por la producción de las minas Milpillás, Piedras Verdes, María y Luz del Cobre. El segundo lugar en producción lo ocupa Zacatecas, con una participación de 7.1% del volumen nacional, seguido por San Luis Potosí y Chihuahua, con 5.1% y 3.1% respectivamente, ver Tabla 2.32 y

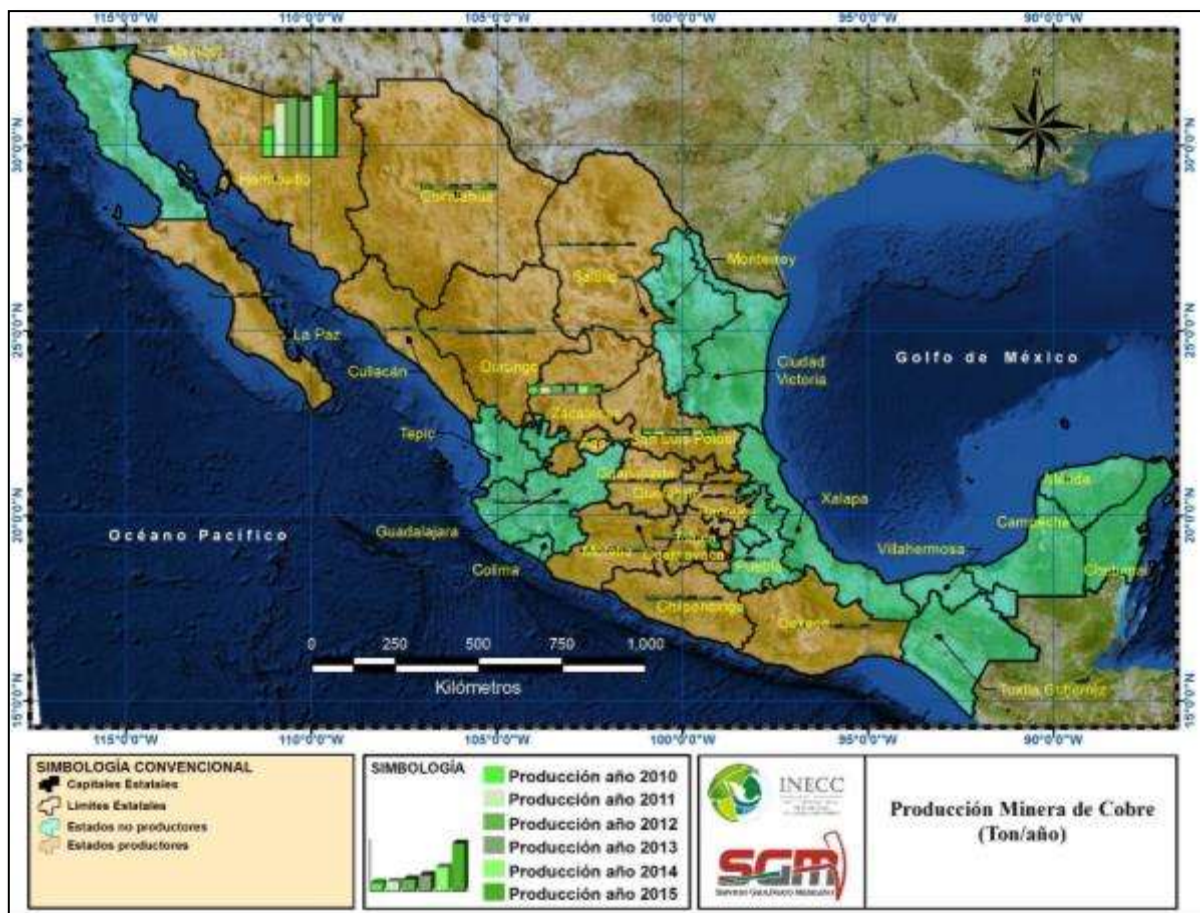
Figura 2.18 (INECC, 2017).

Tabla 2.32 Producción minera de cobre por entidad federativa del periodo 2010 a 2015.

Entidad Federativa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aguascalientes	1,331.00	1,423.00	1,346.00	1,161.00	928.00	1,245.00
Baja California Sur	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	467.00
Coahuila	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
Chihuahua	13,132.00	12,468.00	15,819.00	16,637.00	18,580.00	18,537.00
Durango	1,451.00	5,713.00	2,426.00	2,625.00	7,779.00	7,425.00
Guanajuato	1.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00
Guerrero	4,865.00	5,487.00	6,601.00	5,454.00	4,499.00	70.00
Hidalgo	1,355.00	1,322.00	1,644.00	1,804.00	1,673.00	1,932.00
Jalisco	7.00	19.00	14.00	2.00	0.00	0.00
México	1,724.00	1,889.00	2,472.00	2,675.00	2,483.00	2,264.00
Michoacán	1,049.00	1,095.00	1,058.00	1,117.00	1,192.00	598.00
Morelos	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oaxaca	0.00	725.00	1,220.00	1,106.00	1,491.00	4,634.00
Querétaro	1,715.00	752.00	2,366.00	2,830.00	398.00	287.00
San Luis Potosí	21,632.00	21,128.00	23,158.00	24,216.00	24,622.00	30,041.00
Sinaloa	1,430.00	1,379.00	1,581.00	986.00	742.00	1,060.00
Sonora	180,223.00	348,884.00	389,302.00	369,006.00	403,860.00	483,510.00
Zacatecas	40,213.00	41,337.00	51,262.00	50,505.00	46,778.00	42,381.00
TOTAL (ton/año)	270,136.00	443,621.00	500,274.00	480,124.00	515,025.00	594,451.00

Fuente: INECC, 2017

Figura 2.18 Mapa de producción minera de cobre por entidad federativa, periodo 2010-2015

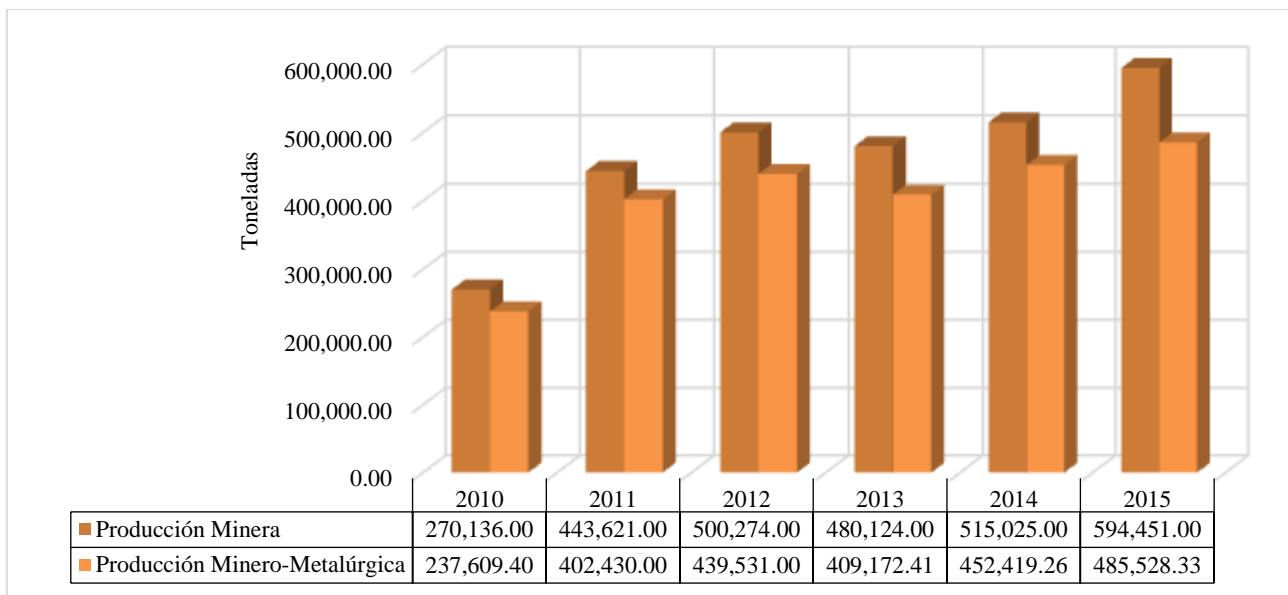


Fuente: INECC, 2017

La producción minero-metalúrgica¹ de cobre para el 2011, experimentó un incremento de 69.4% con un volumen de 402,430 ton, siendo el factor determinante de este resultado, fue que la mina Buenavista de Grupo México pudo operar durante todo el año, siguiendo la misma tendencia en la alza en la producción, para el 2012 se produjeron 439,531 ton equivalente al 11.6%, sin embargo, en el año 2013 disminuyó 6.9% en relación al año previo al totalizar 409,172.41 ton. Ya dejando atrás la caída en la producción minero-metalúrgica de cobre, en 2014 aumentó el volumen en un 10.6% al totalizar 452,419.26 ton, tendencia que siguió a la alza en el año subsecuente 2015 aumentando 7.3% igual a 485,528.33 ton (INECC, 2017).

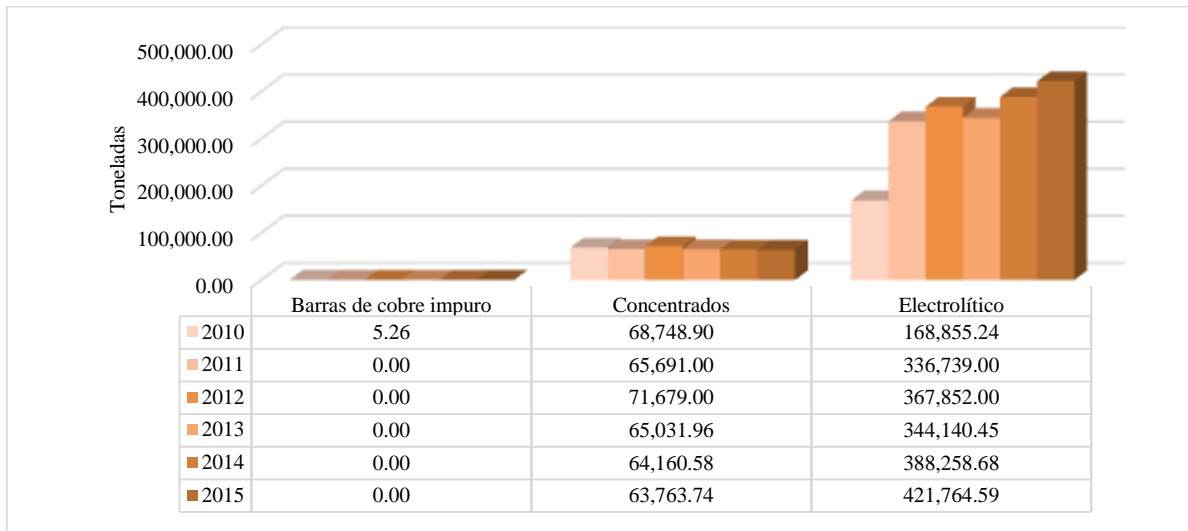
¹ La producción minero-metalúrgica se refiere al conjunto de actividades de extracción, beneficio y transformación (fundición y afinación), de minerales metálicos y no metálicos, mientras que la producción minera se refiere únicamente a las actividades de extracción y beneficio.

Figura 2.19 Valores anuales de cobre de producción minera y minero-metalúrgica



Fuente: INECC, 2017

Figura 2.20 Producción minero-metalúrgica de cobre por forma de presentación



Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

La tasa de actividad 2015 empleada para la producción de cobre a partir de concentrados fue de 485,528 ton/año (INEGI, 2017).

Factor de Entrada

Con la colaboración del SGM el INECC realizó muestreos para determinar el contenido de mercurio en yacimientos de cobre. Se colectaron un total de 5 muestras de concentrados de

cobre. Los valores detectados de mercurio van de 6 hasta 173 mg de mercurio/kg de concentrado. Las muestras del estado de Sonora, corresponden a un yacimiento del que procede la mayor parte de la producción nacional de cobre, por lo que dichos análisis son los más significativos. El tipo de yacimiento corresponde a un pórfido cuprífero. En el caso de la muestra de Aguascalientes, corresponde a un yacimiento de tipo hidrotermal (INECC, 2017).

En la Tabla 2.33 se pueden observar los valores detectados de mercurio y los contenidos de cobre en cada concentrado. Cabe señalar, que las muestras que presentan el contenido más bajo de concentrado de cobre (O3 B1 y O3 B2) corresponden a concentrados de Molibdeno, que también contienen porcentajes importantes de cobre (INECC, 2017).

Tabla 2.33 Contenido de mercurio en muestras de concentrados de cobre

Estado	Tipo de muestra	mg de mercurio / Kg de concentrado	Cu (%)
Sonora	Concentrado	173	24
Sonora	Concentrado	8	3
Sonora	Concentrado	22	24
Sonora	Concentrado	7	2
Aguascalientes	Concentrado	6	20

Fuente: INECC, 2017

CAMIMEX reportó un contenido de mercurio de 5.8 mg de mercurio / kg de concentrado y un contenido de cobre de 23% para dichos concentrados. De las muestras con contenido de cobre similar, 20-24%, se calculó el contenido de mercurio promedio nacional, sin tomar en cuenta el dato de 173 mg de mercurio/kg de concentrado por considerarse un dato discrepante aplicando la prueba de Dixon. El contenido promedio nacional de mercurio en cobre fue de 11.3 g de mercurio por tonelada de concentrado de cobre.

Factores de Distribución

Los factores de distribución empleados para este inventario en la producción de cobre se muestran en la Tabla 2.34

Tabla 2.34 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de cobre a partir de concentrados

Dispositivos de reducción de emisiones	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector

Hornos con sistemas de lavado de gases y plantas de ácido	0.10	0.02		0.42		0.46
---	------	------	--	------	--	------

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

Los resultados referentes a las emisiones y liberaciones de mercurio en la minería de cobre se muestran en la Tabla 2.35

Tabla 2.35 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de cobre.

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año			
		Aire	Agua	Productos	Tratamiento o disposición propia del sector
5,486	Hornos con sistemas de lavado de gases y plantas de ácido	549	110	2,304	2,524

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INEGI, 2017.

Las emisiones y liberaciones de mercurio por parte de la actividad de producción de cobre a partir de concentrados fueron de 549, 110, 2,304 y 2,524 kg en aire, agua, producto y disposición de residuos propios del sector, respectivamente. En esta última vía dedicada al confinamiento de residuos se contiene la mayor parte de mercurio liberado.

Bibliografía

INECC. 2017. "Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México". (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 21

INEGI. 2017. *Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica*. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en: Julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.3.5 Extracción y Procesamiento Inicial de Plomo

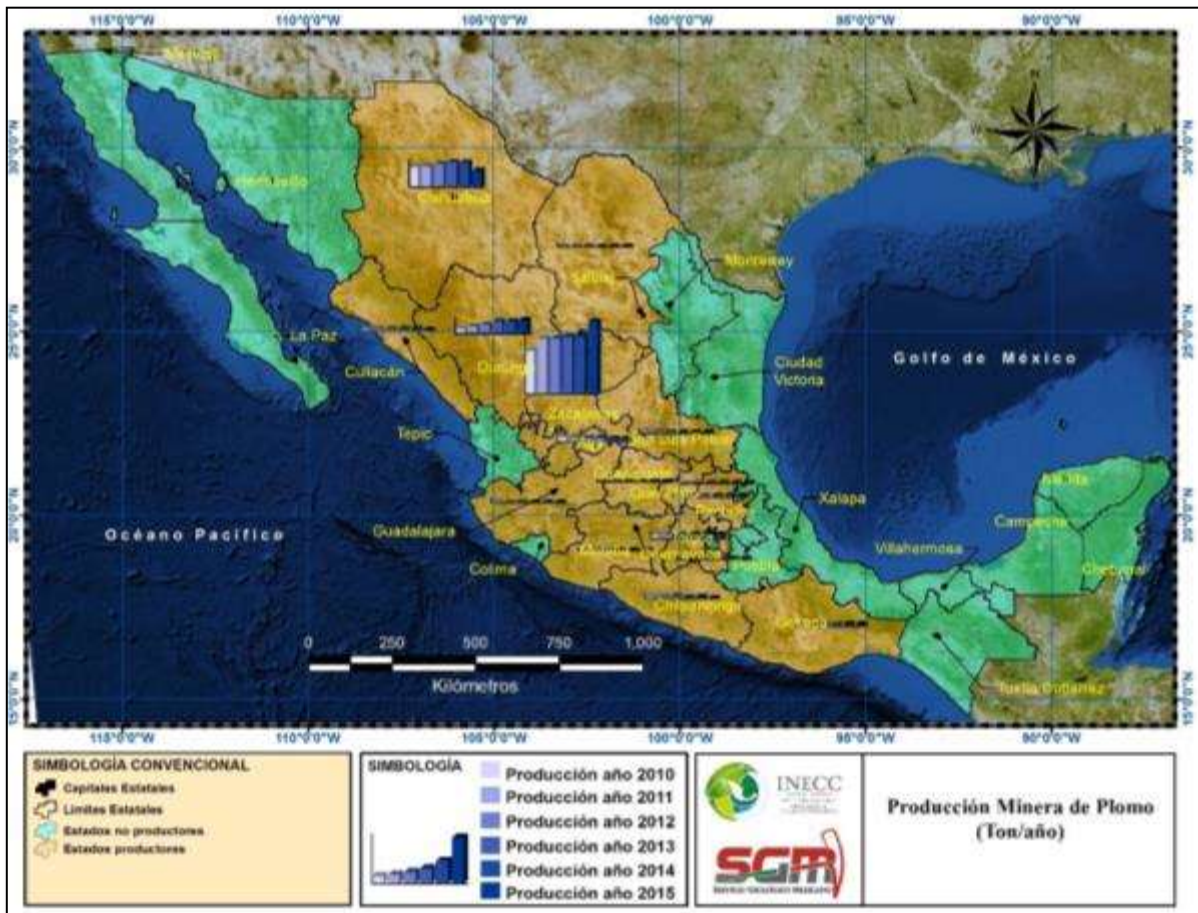
Los minerales de plomo y zinc se encuentran generalmente asociados con el cobre, el oro y la plata. En términos de producción minera nacional de plomo del periodo 2010-2015, destaca Zacatecas con 54.75 % en primer lugar del volumen total producido en dicho periodo, seguido de Chihuahua con 20.85% y Durango con 9.60% en segundo y tercer lugar respectivamente, ya con valores inferiores al 4% le siguen el resto de los estados enumerados en la Tabla 2.36 y Figura 2.21 (INECC, 2017).

Tabla 2.36 Producción minera de plomo por entidad federativa del periodo 2010 a 2015.

Entidad Federativa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aguascalientes	10,086.00	9,751.00	9,541.00	10,541.00	7,394.00	7,453.00
Coahuila	964.00	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chihuahua	46,308.00	47,053.00	53,064.00	56,827.00	55,539.00	37,514.00
Durango	11,991.00	16,496.00	19,905.00	28,125.00	28,697.00	31,215.00
Guanajuato	1.00	3.00	15.00	1.00	0.00	0.00
Guerrero	3,983.00	4,329.00	5,041.00	2,829.00	2,913.00	0.00
Hidalgo	1,392.00	2,553.00	2,298.00	3,450.00	3,797.00	3,155.00
Jalisco	3,459.00	235.00	5.00	0.00	7.00	18.00
México	7,888.00	7,200.00	7,705.00	8,839.00	8,899.00	9,247.00
Michoacán	0.00	4.00	15.00	5.00	3.00	0.00
Morelos	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oaxaca	0.00	1,989.00	4,924.00	3,583.00	5,522.00	5,230.00
Querétaro	66.00	887.00	2,228.00	2,278.00	747.00	699.00
San Luis Potosí	4,189.00	3,736.00	2,630.00	1,612.00	734.00	1,346.00
Sinaloa	3,756.00	4,261.00	4,084.00	4,315.00	3,965.00	2,547.00
Zacatecas	97,879.00	125,190.00	126,636.00	130,956.00	132,245.00	165,348.00
TOTAL (t/año)	192,062.00	223,717.00	238,091.00	253,361.00	250,462.00	263,772.00

Fuente: INECC, 2017

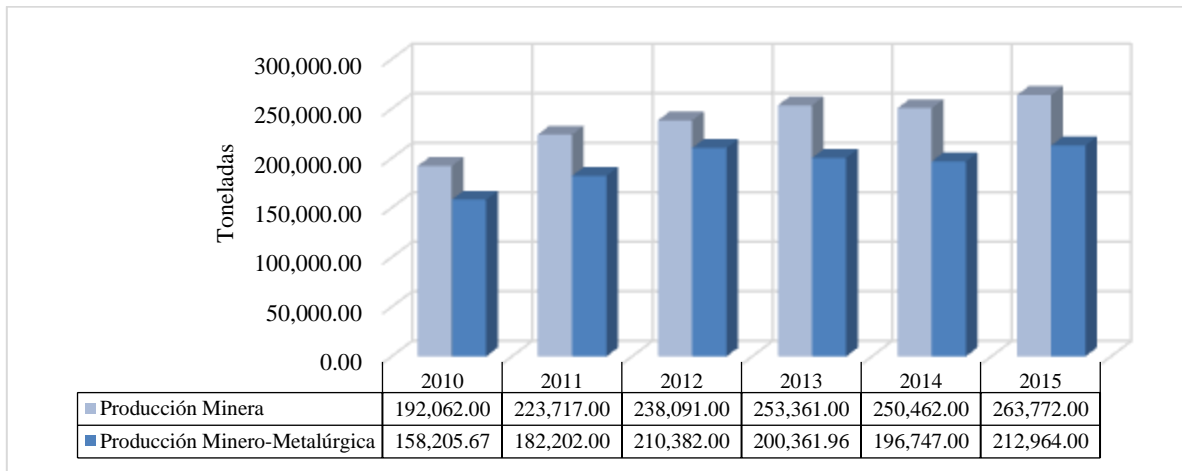
Figura 2.21 Mapa de producción minera de plomo por entidad federativa, periodo 2010-2015



Fuente: INECC, 2017

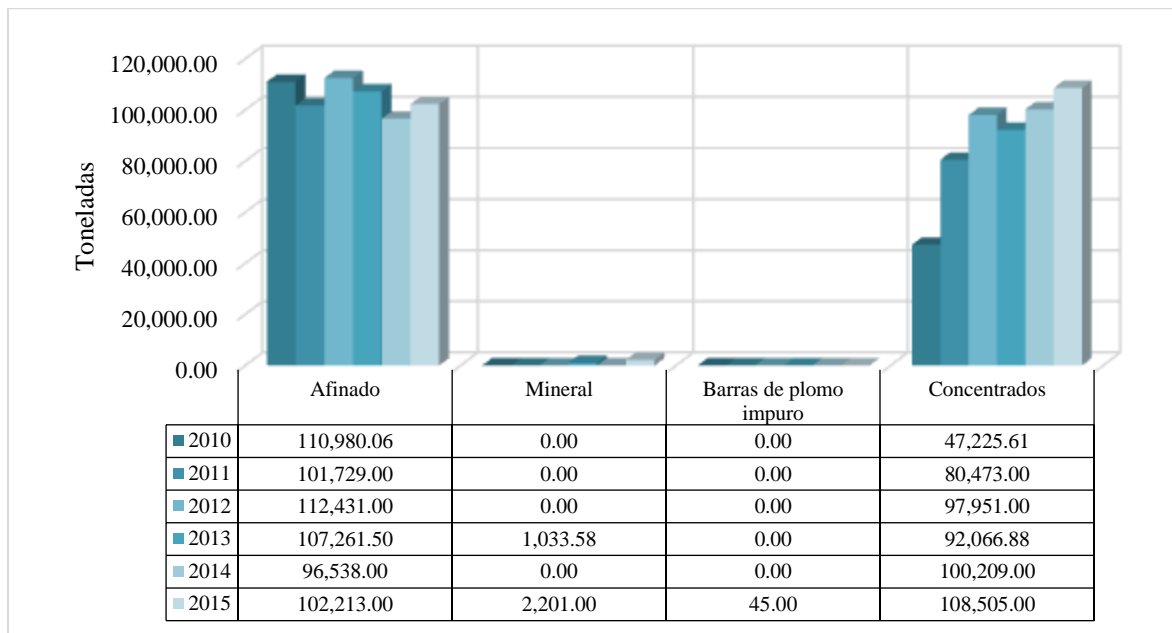
La producción minero-metalúrgica nacional de plomo registró un incremento de 15.2% durante el 2011, con un volumen de 182,202 ton, resultado determinado por un incremento de 58.8% en la producción de la mina Peñasquito, la producción de 210,382 ton en 2012, significó un incremento de 15.5%. Para 2013 se registró un decremento de 4.8% con un total de 200,361.96 ton, de igual forma en el 2014 decreció la producción minero-metalúrgica de plomo 1.8% equivalente a 196,747 ton, rompiendo en el año 2015 dicha tendencia a la baja, produciendo 212,964 ton, superior en 7.3% con relación 2014 (INECC, 2017), ver Figura 2.22 y Figura 2.23 .

Figura 2.22 Valores anuales de plomo de producción minera y minero-metalúrgica



Fuente: INECC, 2017

Figura 2.23 Producción minero-metalúrgica de plomo por forma de presentación



Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

La tasa de actividad 2015 empleada para la producción de plomo a partir de concentrados fue de 212,964 ton/año (INEGI, 2017).

Factor de Entrada

Con la colaboración del SGM el INECC realizó muestreos para determinar el contenido de mercurio en yacimientos de plomo-zinc. Los contenidos de mercurio van de 4.3 a 6.6 mg/kg. Los yacimientos en los que se pueden ubicar las muestras colectadas corresponden a un skarn (se refiere a una zona metamórfica que se caracteriza por consistir en una roca carbonatada con minerales) polimetálico y origen hidrotermal. En todos los casos estos concentrados presentan asociados contenidos accesorios de otros metales como oro y plata. Los contenidos

de mercurio encontrados, así como los contenidos de plomo y zinc (además de oro y plata) en los concentrados, se resumen en la Tabla 2.37. En todos los casos, las concentraciones de mercurio se encuentran bastante por debajo de los rangos considerados por PNUMA para este tipo de fuentes minerales (INECC, 2017).

Tabla 2.37 Contenidos de mercurio en concentrados de plomo y zinc muestreados

Estado	Tipo de muestra	Hg (mg/kg)	Au (mg/kg)	Ag (mg/kg)	Pb (%)	Zn (%)
Zacatecas	Concentrado Pb	5.9	-	-	44.33	7.9
Zacatecas	Concentrado Zn	6.6	-	-	0.49	58.9
Aguascalientes	Concentrado Zn	4.3	0.9	235	-	47.8
Aguascalientes	Concentrado Pb	6.4	14.6	1751	51.3	-

Fuente: INECC, 2017

Análisis realizados en 2010 a muestras de concentrados de zinc procesados en Met-Mex Peñoles, resultaron en un contenido de 18.82 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc. Dicho resultado es el promedio ponderado del contenido de mercurio en catorce muestras tomadas de diferentes remitentes mineros, en total 154,737 ton de concentrados de zinc. En dichos ensayos la máxima concentración fue de 118.3 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc, mientras que la mínima y moda fue de 1.5 de mercurio por tonelada de concentrado de zinc (CANIMEX, 2016).

Como factor de entrada se usó la cantidad de 10.37 g de mercurio por tonelada de concentrado de zinc que es el promedio aritmético de los dos valores propuestos por INECC, 2017 y el propuesto por CANIMEX, 2016.

Factores de Distribución

Para fines de este inventario, los factores de distribución empleados se señalan en Tabla 2.38 (PNUMA, 2015).

Tabla 2.38 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de plomo a partir de concentrados

	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Hornos con sistemas de lavado de gases	0.49	0.02				0.49
Hornos con sistemas de lavado de gases y planta de ácido	0.10	0.02			0.42	0.46

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

La cantidad estimada del total de entrada de mercurio en el procesamiento del plomo fue de 2,208 kg. Las emisiones y liberaciones de mercurio por parte de la producción de plomo a partir de concentrados se muestran en la Tabla 2.39

Tabla 2.39 Emisiones y liberaciones de mercurio en el procesamiento de plomo.

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-máx.]	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año			
		Aire	Agua	Productos	Tratamiento o disposición propia del sector
288	Hornos con sistemas de lavado de gases	141	6		141
1,921	Hornos con sistemas de lavado de gases y plantas de ácido	192	38	807	884

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INEGI, 2017. CAMIMEX, 2016.

La fundidora de zinc acoplada a una planta de ácido recibe 1, 921 kg de mercurio y su liberación o emisión principal es de 884 kg de mercurio por el tratamiento o disposición propia del sector.

Bibliografía:

CAMIMEX. 2016. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Comentarios a factores del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio en la producción metalúrgica de zinc, cobre, plomo y oro, 2015. (doc.) [Archivo de Word]. Enviado en: Noviembre del 2016.

INECC. 2017. "Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México". (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 24

INEGI. 2017 *Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica*. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en julio, 2017.Consultado en agosto, 2018.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.3.6 Extracción y Procesamiento Inicial de Oro por Procesos Distintos de la Amalgamación de Mercurio

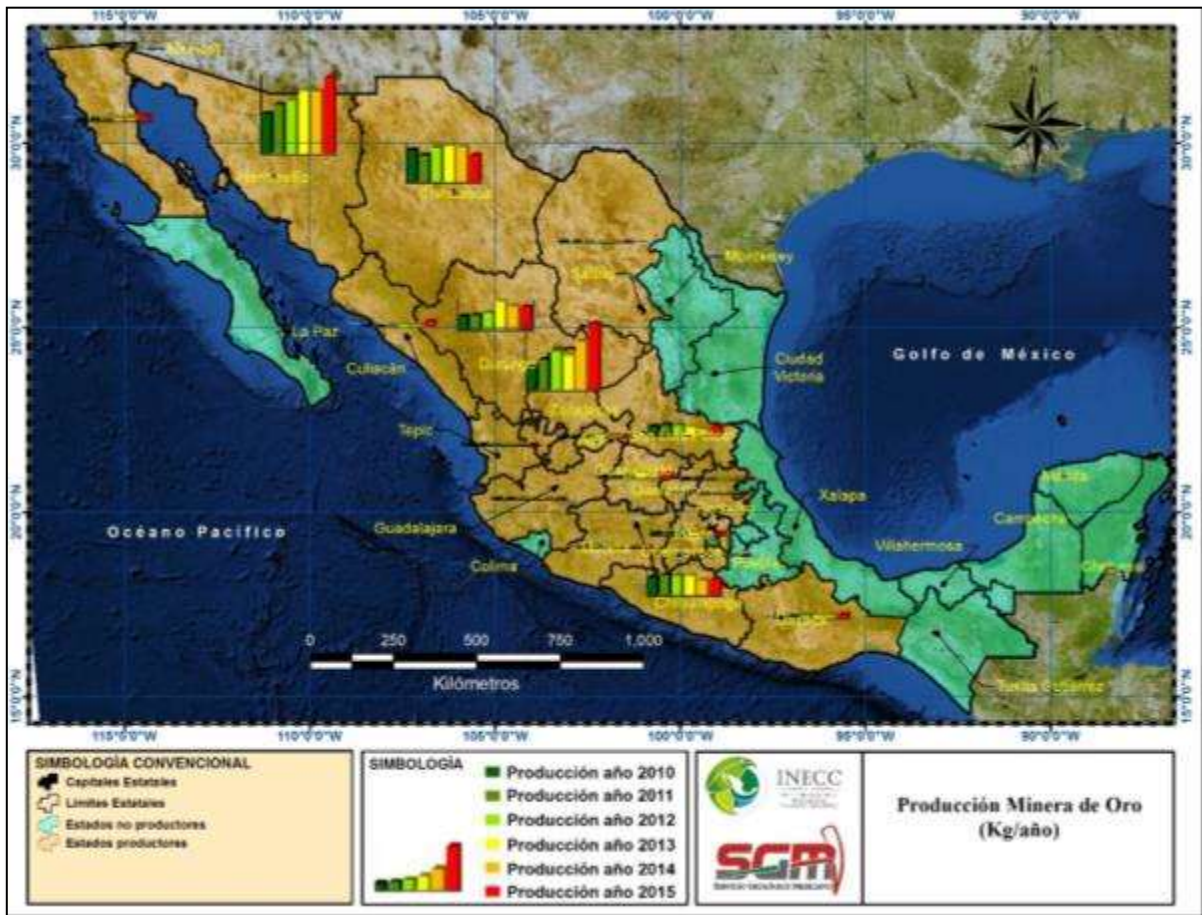
En 2015, la producción nacional de oro se incrementó con respecto al año anterior en 14.4%, registrando 134,758 kg. Sonora fue el primer lugar de producción con el 31.6% del total. El crecimiento en la mina Peñasquito, así como la consolidación de “Saucito I y II” en 2015, fueron determinantes para que Zacatecas fuera segundo con una contribución del 27.6% del total nacional, Chihuahua ocupó el tercer lugar con el 11.3% del total nacional, aun cuando registró un decremento de 23.1% con respecto a 2014. Estos tres Estados concentran el 70.5% del total nacional (Tabla 2.40 y Figura 2.24).

Tabla 2.40 Producción minera de oro por entidad federativa del periodo 2010 a 2015, en kg.

Entidad Federativa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aguascalientes	159	217.00	247.00	1,384.00	1,223.80	802.30
Baja California	358.00	646.00	248.00	1,452.00	1,941.50	2,776.60
Coahuila	0.00	0.00	0.00	7.00	4.60	4.30
Chihuahua	18,256.60	15,262.00	19,716.00	20,636.00	19,871.00	15,286.60
Durango	7,519.00	7,992.00	9,480.00	15,944.20	13,250.50	12,762.10
Guanajuato	678.00	555.00	1,193.00	2,885.70	2,290.70	2,367.30
Guerrero	10,219.80	11,381.00	11,187.00	11,136.10	8,550.90	8,972.90
Hidalgo	2.40	1.00	0.00	34.00	67.90	118.90
Jalisco	78.80	56.00	38.00	81.80	191.00	126.00
México	783.10	861.00	1,080.00	1,321.50	1,201.50	1,216.90
Michoacán	23.10	29.00	27.00	26.90	27.40	263.20
Morelos	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nayarit	89.30	76.00	97.00	134.10	183.70	122.60
Oaxaca	423.20	801.00	1,638.00	1,631.90	1,786.70	2,120.30
Querétaro	482.00	482.00	397.00	680.00	626.10	556.80
San Luis Potosí	4,794.50	5,619.00	5,357.00	4,428.00	3,224.90	4,482.00
Sinaloa	124.30	111.00	416.00	1,210.30	1,224.80	3,028.30
Sonora	22,539.10	27,560.00	30,003.00	35,364.10	34,926.00	42,591.50
Zacatecas	12,836.70	17,000.00	21,678.00	19,490.40	27,178.40	37,159.80
TOTAL (kg/año)	79,375.50	88,649.00	102,802.00	117,848.00	117,771.40	134,758.40

Fuente: INECC, 2017

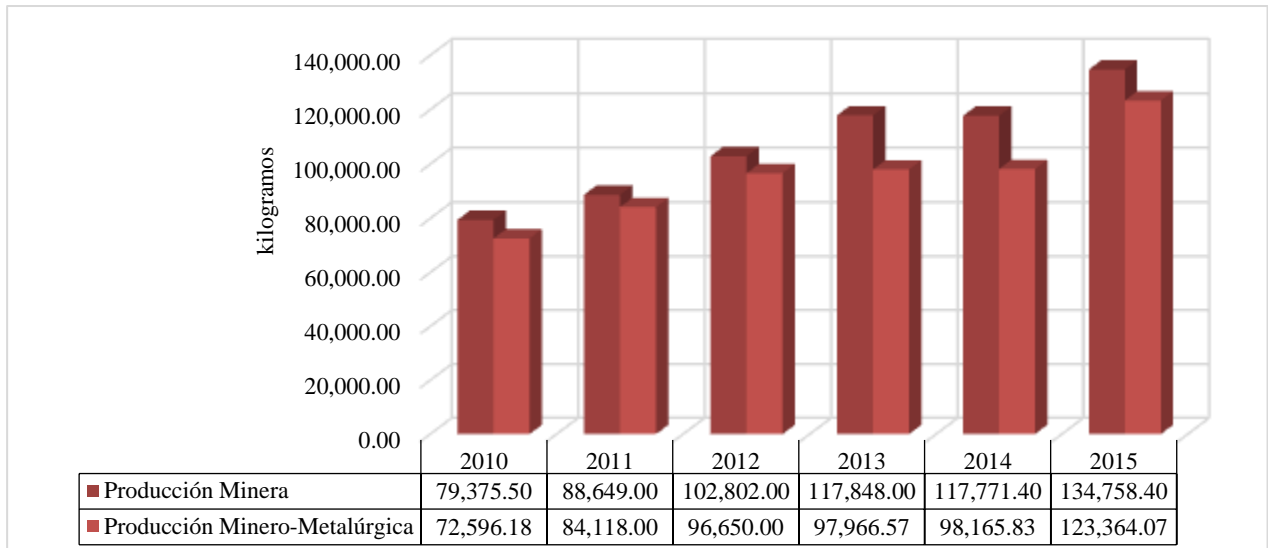
Figura 2.24 Mapa de producción minera de oro por entidad federativa, periodo 2010-2015



Fuente: INECC, 2017

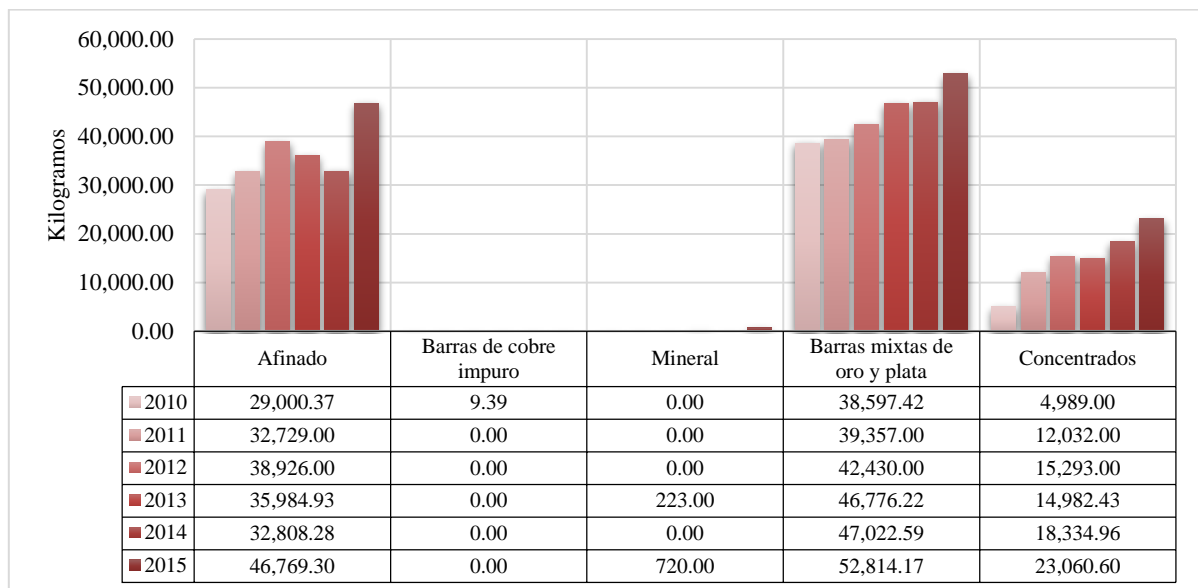
Para el año 2011, el volumen de producción minero-metalúrgica de oro en México se elevó a 84,118 kg, equivalente al 15.6% más que el año previo; cabe destacar un incremento de 10.3% en la principal empresa productora de este metal, Goldcorp, a través de sus minas Peñasquito, Los Filos y El Sauzal (SGM, 2012). El volumen de producción minero-metalúrgica de oro, en el 2012, alcanzó un volumen de 96,650 kg, representando un aumento del 14.9% más que el año previo; impulsado por un incremento del 62% en la producción de oro en la mina Peñasquito de Goldcorp, así como un aumento de 5.4% en la producción de Fresnillo Plc (SGM, 2013). Para el 2013 el volumen de producción minero-metalúrgica alcanzó los 97,967 kg, mayor en 1.4% que el año previo (SGM, 2014), de igual forma, existió un aumento en esta producción para 2014, del 0.2%, con 98,166 kg de oro (SGM, 2015). Para el año siguiente, el oro tuvo un incremento significativo del 25.7% alcanzando los 123,364.07 kg (SGM, 2016) (Figura 2.25 y Figura 2.26).

Figura 2.25 Valores anuales de oro de producción minera y minero-metalúrgica



Fuente: INECC, 2017

Figura 2.26 Producción minero-metalúrgica de oro por forma de presentación



Fuente: INECC, 2017

En 2015 la producción de oro fue de 123 ton (INEGI, 2017). De las cuales 48.5 ton fueron producidas en una planta a partir de varios subproductos metalúrgicos y uno minero (precipitados).

- El bullion es el plomo no refinado obtenido en grandes lingotes producidos en la fundición de plomo.
- La fusión de Barras Doré (aleación impura de oro y plata) del oro aleado, la escoria de oro y plata, las tierras limpias, la plata a refinar, el plomo antimonial y el plomo bismuto para la refinación del oro y la plata.

- Los lodos anódicos se producen en la producción electrolítica de cobre o del mismo oro. Es el “residuo” que quedan depositados en el fondo de las celdas electrolíticas (ánodo). El carbón de refinería es un material resultante del tratamiento de metales en la fundición primaria de plomo.
- Los precipitados se obtienen en el proceso de lixiviación de minerales de baja ley mediante una solución cianurada.

Excepto por los precipitados, ninguno de los subproductos contiene mercurio (CAMIMEX, 2017). En 2015, los precipitados de esta planta fueron 1.2 toneladas.

El resto de la producción de oro (74.7 toneladas) se producen en otras plantas a partir de precipitados por el proceso de cianuración.

En colaboración con el SGM el INECC obtuvo doce muestras de diferentes estados de la república con contenidos de mercurio en el rango desde 0.6 a 26 mg/kg en concentrados y menas con valores de oro de entre 0.1 y 110 mg/kg. En el caso de los concentrados se obtuvieron valores de Hg/Au de entre 0.12 a 0.44. Para el caso de mineral de cabeza o mena mineral, las relaciones respectivas están en el rango de 0.003 a 25. En este último caso, el 66% de las muestras no superaron la relación 3:1 en el contenido de Hg: Au, considerada por PNUMA. Los resultados obtenidos de los análisis, se presentan en la Tabla 2.41 (INECC, 2017).

Tabla 2.41 Resultados de análisis químicos de Hg, Au y Ag en muestras colectadas.

Estado	Tipo de muestra	Mercurio (mg/kg)	Oro (mg/kg)	Plata (mg/kg)
Aguascalientes	Concentrado	6.4	14.6	1751.0
Chihuahua	Material de molienda	1.3	1.8	37.0
Chihuahua	Compósito material molienda	4.0	0.7	49.0
Durango	Triturado fino (mineral de cabeza)	0.6	0.2	<1.0
Durango	Triturado fino (mineral de cabeza)	0.6	0.1	<1.0
Durango	Pulpa de barrenación	0.6	0.1	<1.0
Durango	Pulpa de barrenación	1.1	0.1	<1.0
Sonora	Concentrado	26.0	110.3	10.0
Sonora	Triturado fino (mineral de cabeza)	4.0	0.8	<1.0
Zacatecas	Triturado fino (mineral de cabeza)	26.0	0.2	312
Zacatecas	Triturado fino (mineral de cabeza)	10.0	0.4	<1.0
Zacatecas	Triturado fino (mineral de cabeza)	4.0	0.5	<1.0

Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

En 2015 se produjeron 75, 993 kilogramos de oro por el proceso de cianuración (INEGI, 2017).

Factor de Entrada

El factor de entrada usado para la actividad minera del oro sin amalgamación de mercurio fue de 4.36 kg de mercurio por tonelada de oro producido (CAMIMEX, 2016).

Factores de Distribución

Para esta subcategoría los factores de distribución que se emplearon se muestran en la Tabla 2.42.

Tabla 2.42 Factores de distribución de mercurio en el procesamiento de oro sin amalgamación de mercurio

	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Minera y producción de oro	0.04	0.02	0.9	0.04		

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

La entrada de mercurio estimada en 2015 para el proceso de extracción y producción de oro sin amalgamación con mercurio fue de 331 kg.

Las emisiones y liberaciones de mercurio por parte de la actividad minera del oro con procesos distintos a la amalgamación con mercurio se muestran en la Tabla 2.43 con los factores de distribución propuesta por PNUMA, la mayor liberación de mercurio se produciría al suelo con 298 kg/año, sin embargo en opinión de CAMIMEX dicha liberación no existe, por lo que lo debe comprobarse con determinaciones cuantitativas en campo.

Tabla 2.43 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de oro sin amalgamación con mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-máx.]	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año			
		Aire	Agua	Suelo	Productos
331	Minería y producción de oro sin amalgamación de mercurio	13	7	298	13

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INEGI, 2017. CAMIMEX, 2016.

Bibliografía:

CAMIMEX. 2016. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Comentarios a factores del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio en la producción metalúrgica de zinc, cobre, plomo y oro, 2015. (doc.) [Archivo de Word]. Enviado en noviembre del 2016.

INECC. 2017. "Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México". (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 13

INEGI. 2017 *Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica*. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.3.7 Extracción y Procesamiento de Otros Metales No Ferrosos

En México, existe la producción de metales no ferrosos como antimonio, arsénico, bismuto, estaño, cadmio y molibdeno. Sin embargo, en 2015 solo se reportó la producción de tungsteno (99 ton), bismuto (601 ton), cadmio (1,238 ton) y molibdeno (11,327 ton), siendo este último el que se produce en mayor escala en comparación a los antes mencionados (INEGI, 2017).

Referencias Bibliográficas:

INEGI. 2017 *Estadística Mensual de la Industria Minerometalúrgica*. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en: Julio, 2017.

2.4 Producción Primaria de Metales Ferrosos

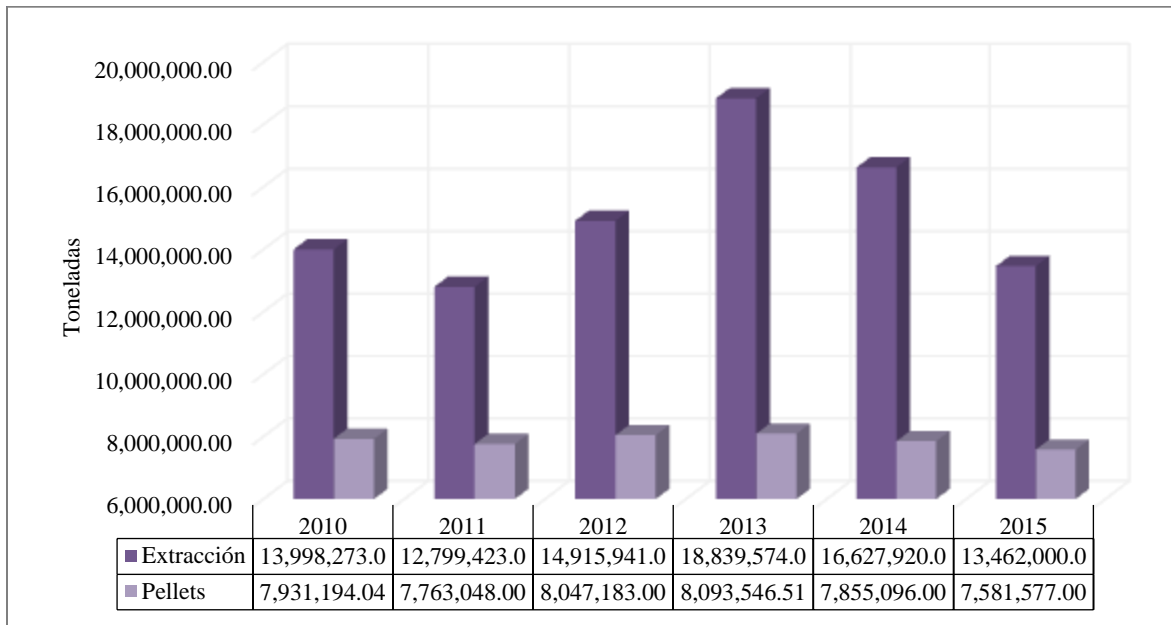
La extracción nacional de mineral de Hierro en el periodo de 2010 a 2015, se ha caracterizado por ser un periodo fluctuante con disminuciones y aumentos en el volumen de extracción, registrando una leve caída al inicio del periodo de 8.6% en el año 2011 con 12, 799,423 ton, con respecto al 2010 cuando se extrajeron 13, 998,723 ton de mineral. En los años 2012 y 2013 se registraron recuperaciones en el volumen de extracción del mineral de hierro, aumentando en el año 2012 un 16.5% y en el 2013 un 26.3%, ambos comparados con respecto al año predecesor. Dicha tendencia para los años siguientes se revirtió al registrarse dos disminuciones consecutivas, en el 2014 con un volumen de 16, 627, 920 ton y el año 2015 con 13, 462, 000 toneladas, este último 3.8% menor que en el año de inicio del periodo 2010. Las principales Entidades Estatales con extracción de mineral de Hierro son Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Sonora y Michoacán (Tabla 2.44, Figura 2.27 y Figura 2.28).

Tabla 2.44 Producción minera de Hierro por entidad federativa del periodo 2010 a 2015.

Entidad Federativa	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Baja California	0.00	0.00	28,049.00	6,755.00	6,822.00	0.00
Coahuila	4,595,325.00	3,601,546.00	3,172,038.00	3,121,763.00	3,286,974.00	3,421,900.00
Colima	3,408,691.00	3,078,573.00	2,829,461.00	2,621,613.00	2,589,193.00	1,919,400.00
Chihuahua	438,421.00	212,399.00	670,847.00	298,301.00	462,471.00	704,400.00
Durango	452,013.00	783,538.00	781,964.00	1,507,023.00	1,648,094.00	2,722,600.00
Guerrero	0.00	332,559.00	214,639.00	674,512.00	614,391.00	0.00
Jalisco	381,115.00	283,184.00	1,376,932.00	1,416,190.00	1,050,749.00	252,200.00
Michoacán	3,181,541.00	3,247,806.00	4,049,927.00	7,585,529.00	4,894,212.00	2,865,200.00
Oaxaca	0.00	0.00	0.00	58.00	70.00	0.00
Puebla	0.00	0.00	6,952.00	0.00	0.00	0.00
San Luis Potosí	0.00	693.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sinaloa	387,775.00	286,345.00	449,083.00	422,951.00	397,820.00	127,300.00
Sonora	1,153,392.00	972,780.00	1,308,916.00	1,184,879.00	1,667,352.00	1,449,000.00
Zacatecas	0.00	0.00	27,133.00	0.00	9,772.00	0.00
TOTAL	13,998,273.00	12,799,423.00	14,915,941.00	18,839,574.00	16,627,920.00	13,462,000.00

Fuente: INECC, 2017

Figura 2.27 Extracción nacional de mineral de hierro



Fuente: INECC, 2017

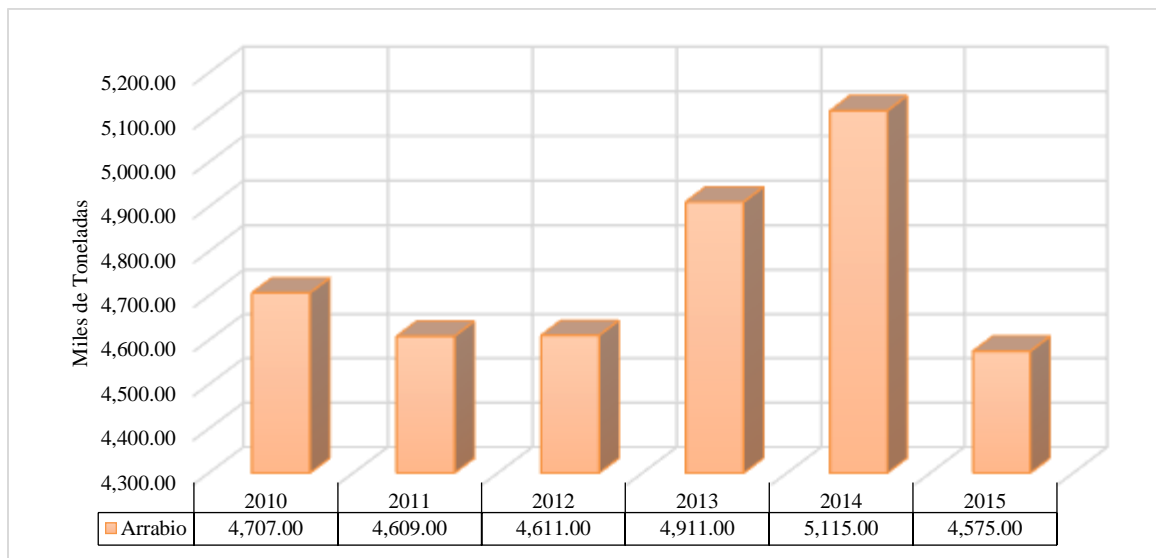
Figura 2.28 Mapa de producción minera de hierro por entidad federativa, periodo 2010-2015



Fuente: INECC, 2017

La producción de arrabio nacional en el 2011 fue de 4, 609, 000 ton, lo cual representó un decremento del 2.08% respecto al 2010, en 2012 se mantuvo una producción de 4, 611, 000 ton que representa un ligero aumento del 0.04% con respecto a 2011. En 2013 se registró un aumento de 6.51% al elevarse la producción a 4,911, 000 ton. La misma tendencia de incremento se dio en 2014 con 5, 115, 000 t producidas, un 4.1% de aumento con respecto al año anterior, para el año subsecuente 2015, se registró un decremento en la producción con 4, 575, 000 ton, equivalente al 10.56% inferior al 2014 (Ver Figura 2.29).

Figura 2.29 Producción nacional de arrabio



Fuente: INECC, 2017

Tasa de Actividad

La tasa de actividad empleada para la producción de metales ferrosos corresponde a 4, 575, 000 ton de arrabio producido en 2015 (INECC, 2017).

Factor de Entrada

Como factor de entrada de mercurio se utilizó la cantidad de 0.05g de mercurio por tonelada de arrabio producido (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Los factores de distribución para la producción de metales ferrosos se muestran en la Tabla 2.45.

Tabla 2.45 Factores de distribución de mercurio en la producción de metales ferrosos

	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Producción de arrabio	0.95					0.05

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

El estimado de entrada de mercurio en la producción de metales ferrosos para 2015 fue de 229 kg. Los estimados de la cantidad de mercurio emitido y liberado por la actividad minera de metales ferrosos se muestra en la siguiente Tabla 2.46.

Tabla 2.46 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de metales ferrosos

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-máx.]	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año	
		Aire	Residuos Generales
229	Producción de arrabio	218	11

En este escenario no existen salidas a agua, suelo, productos, tratamiento o disposición propia del sector. Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de INECC, 2017.

Las emisiones y liberaciones en aire y residuos generales por parte de la minera de metales ferrosos en 2015 obtenidas fueron de 218 y 11 kg, respectivamente.

Bibliografía:

INECC. 2017. "Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México". (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 34-36

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.5 Producción de Otros Minerales y Materias con Impurezas de Mercurio

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir de actividades industriales. Las actividades identificadas en México que conforman a esta categoría se muestran en la siguiente Tabla 2.47

Tabla 2.47 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción de otros minerales y materias con impurezas de mercurio"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.3.1	Producción de cemento	Liberaciones de mercurio durante el proceso de producción de cemento	X		x	x	X	FP
2.3.2	Producción de pulpa y papel	Liberaciones de mercurio durante la obtención de pulpa para la producción de papel	X	x	x		X	FP
2.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	Liberaciones de mercurio en la producción de cal	X			x		FP

** Principal enfoque para el inventario. FP =Enfoque de fuente puntual.

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

La Figura 2.30 muestra las emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a esta categoría, de las cuales puede destacarse la subcategoría de producción de cemento con una entrada total de 6,376 kg de mercurio al año.

Figura 2.30. Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a la producción de otros minerales y materias con impurezas de mercurio



2.5.1 Producción de Cemento

El cemento es un material básico empleado en construcciones residenciales y civiles. La industria mexicana del cemento es considerada una de las más importantes en cuanto a la capacidad productiva con la que se cuenta (INEGI, 2013). En 2015 la industria del cemento en México se concentró en seis grupos empresariales: Cemex, Grupo Cementos de Chihuahua, Cemento Moctezuma, Holcim-Aspasco, Cruz Azul y Cementos Fortaleza, que suman en su conjunto 35 plantas, (INECC, 2017).

Tabla 2.48 Empresas que integran la industria del cemento en México (2015)

Grupo	Ubicación
CEMEX	Ensenada, Baja California
	Torreón, Coahuila
	Barrientos, Estado de México
	Huichapan, Hidalgo
	Atotonilco, Hidalgo
	Zapotiltic, Jalisco
	Guadalajara, Jalisco
	Monterrey, Nuevo León
	Hidalgo, Nuevo León
	Tepeaca, Puebla
	Valles, San Luis Potosí
	Tamuín, San Luis Potosí
	Hermosillo, Sonora
	Yaqui, Sonora
	Mérida, Yucatán
CYCNA	Tepezalá, Aguascalientes
	Lagunas, Oaxaca
	Palmar de Bravo, Puebla
	Tula, Hidalgo
Holcim México	Ramos Arizpe, Coahuila
	Tecomán, Colima
	Apaxco, Estado de México
	Acapulco, Guerrero
	Macuspana, Tabasco
	Orizaba, Veracruz

	Hermosillo, Sonora
Cementos Fortaleza	Tepetzingo, Morelos
	Cerritos, San Luis Potosí
	Apazapan, Veracruz
GCC Cemento	Chihuahua, Chihuahua
	Ciudad Juarez, Chihuahua
	Samalayuca, Chihuahua
Cementos Fortaleza	Tula, Hidalgo
	Vito, Hidalgo
	El Palmar, Hidalgo

Fuente: INECC, 2017

Durante el mes de abril, del día 10 al día 30, se realizó el muestreo a nivel nacional de 42 bancos de roca utilizados como fuentes de materia prima para la elaboración de cemento y cal, por las principales plantas productoras del país. Se colectaron un total de 99 muestras de materiales pétreos, formados predominantemente por roca caliza. Mediante dos brigadas de campo, formadas por dos geólogos cada una, se realizó un recorrido total de aproximadamente 9,300 km, trabajando en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Aguascalientes, Jalisco, Colima, San Luis Potosí, Hidalgo, Guanajuato, Morelos, Puebla, Veracruz, Tabasco, Yucatán y Quintana Roo, con lo que se realizó un cubrimiento bastante aceptable y representativo de estos materiales en el país (INECC, 2017).

De las muestras colectadas, 68 mostraron resultados de contenido de mercurio por debajo del límite de detección o no detectable y 31 mostraron resultados con un valor mínimo de 0.014 mg de mercurio/kg y máximo 0.764 mg de mercurio/kg. Para los parámetros estadísticos descriptivos se consideraron las 31 muestras con resultados por encima del límite de detección, la media de la concentración fue de 0.20 mg de mercurio/kg y la mediana de 0.10 mg de mercurio/kg, con una desviación estándar del orden de los 0.22 mg de mercurio/kg. Se considera que las concentraciones de mercurio en la materia prima de la industria cementera y calera oscila entre los valores 0.01 y 0.42 mg de mercurio/kg, ver Tabla 2.49 (INECC, 2017).

Tabla 2.49 Valores estadísticos de las muestras de la materia prima de la industria calera y cementera (mg de mercurio/kg).

Clases	Rango (ppm)		No. de muestras	Parámetro estadístico	Valor
	Mínimo	Máximo			
Clase 1	<0.01		68	Media	0.20
Clase 2	0.011	0.025	5	Mediana	0.10
Clase 3	0.026	0.050	6	Moda	Sin moda
Clase 4	0.051	0.075	2	Desviación estándar	0.22
				Mínimo	0.01
				Máximo	0.76
				No. de datos considerados	31.00

Clase 5	0.076	0.100	2
Clase 6	0.101	0.250	8
Clase 7	0.251	0.500	3
Clase 8	0.501	0.750	4
Clase 9	0.751	1.000	1

Mayor	0.76
Menor	0.01

Se debe hacer una consideración especial a los insumos que se agregan al proceso de obtención del cemento y cal, especialmente en la materia prima hematita, que es rico en hierro, cuyo valor fue de 1.016 mg de mercurio/kg, valor dos veces por encima de la concentración de mercurio en la roca caliza. Por otro lado, se puede argumentar que de acuerdo a los datos estadísticos, el porcentaje de mercurio presente en la rocas calizas es casi insignificante o no asociado en el 69% de las muestras analizadas y solo estuvo presente en el 31% de los ensayos (INECC, 2017).

Tasa de Actividad

La producción total de cemento para 2015 fue de 44, 875, 253 ton (INEGI, 2017). Con información de COA, 2015 (SEMARNAT, 2015) se estima que del total de producción:

- 35, 979,869 ton fueron elaboradas con combustibles alternativos (con co-incineración)
- 8,895,653 ton fueron elaboradas con combustibles convencionales (sin co-incineración)

Factor de Entrada

Se utilizaron los siguientes factores de entrada propuestos por el PNUMA:

Sin sin-coincineración 0.11g de mercurio por tonelada de cemento producido

Con co-incineración 0.15g de mercurio por tonelada de cemento producido

Factores de Distribución

Los factores de distribución empleados se muestran en la Tabla 2.50.

Tabla 2.50 Factores de distribución en la producción de cemento

Equipo para la reducción de emisiones	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Con filtros de reciclaje de polvo y sistemas de control de partículas simples (PE, DP, BF)	0.70			0.3		

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

La entrada de mercurio para cada una de las condiciones de producción de cemento se muestra en la Tabla 2.51. Del total de 6, 376 kg de mercurio de entrada en la producción de cemento, el 85% (5, 397 kg) corresponde al estimado del proceso de producción empleando coincineración de residuos, mientras que el 15% (979 kg) corresponde a la producción de cemento sin coincineración de residuos.

Tabla 2.51 Entrada de mercurio en la producción de cemento

Condiciones de producción de cemento	Entrada de mercurio (kg de mercurio /año)
Con coincineración	5,397
Sin coincineración	979
Total	6,376

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos obtenidos de INEGI, 2017

En la Tabla 2.52 se muestran las emisiones y liberaciones de mercurio en el proceso de producción de cemento. Los resultados muestran que la producción de cemento relacionada con el uso de la coincineración de residuos emite la mayor cantidad de mercurio de 3,778 kg de mercurio al aire en comparación con la producción en donde emplean combustibles convencionales 685 kg. El resto del mercurio de entrada es liberado en producto para el uso de ambos tipos de combustibles (1,619 y 294 kg en procesos con y sin coincineración, respectivamente).

Tabla 2.52 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de cemento

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año) [min-max]	Escenario		Distribución de salida de Hg, kg/año	
			Aire	Productos
5,397	Con filtros de reciclaje de polvo y sistemas PM simples	con coincineración	3,778	1,619
979	Con filtros de reciclaje de polvo y PM simples	sin coincineración	685	294

En este escenario no existen salidas a agua, suelo, residuos generales, tratamiento o disposición propia del sector.
 Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos obtenidos de COA, 2015 (SEMARNAT, 2015).

Bibliografía:

CANACEM. 2016. Procesos de producción [En línea]. México, Disponible en: <<http://canacem.org.mx/procesos-de-produccion/>> Consultado en junio, 2017.

INECC. 2017. “Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México. (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 159

INEGI. 2017. *Estadística Mensual de la Industria Manufacturera*. México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en julio, 2017

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en julio, 2017

2.5.2 Producción de Pulpa y Papel

En la industria del papel se procesan diversas fibras de árboles y otros materiales que dan origen a materiales como la pulpa y el papel de escritura. El papel consiste en un tejido o entramado de fibras vegetales con alto contenido de celulosa, que han sido refinadas y tratadas para formar hojas resistentes y flexibles.

Existen dos procesos necesarios en la fabricación del papel: la producción de pulpa de celulosa (pasta de celulosa) y la elaboración del papel. La obtención de pasta de celulosa se basa en la separación de las fibras naturales (vírgenes) o secundarias (material de desperdicio de papel o cartón) mediante la aplicación de procesos mecánicos y/o químicos.

En México, además de madera, la fabricación de pasta de celulosa puede provenir de materiales tales como: bagazo de caña, desperdicio de papel y de cartón. En 2015, la industria productora de papel en México tuvo un consumo de fibras secundarias o recicladas del 88%, disminuyendo así el consumo de fibras vírgenes al 12% (Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el papel, 2016).

Según el informe anual 2015 de la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, de las 38 industrias papeleras afiliadas a la cámara, solo dos producen celulosa a partir de madera. Ambas empresas tienen una producción de pasta de celulosa sin blanquear y solo una emplea el proceso de blanqueamiento. En este mismo año se reporta un consumo de fibras vírgenes importadas en la producción de papel de 588,000 ton y un consumo de 136,100 ton de fibras vírgenes nacionales en la elaboración de pasta de celulosa utilizada para la producción de papel (Tabla 2.53) (Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el papel, 2016).

Tabla 2.53 Consumo de fibras de celulosa virgen empleadas en la producción nacional de papel, 2015

Materia prima	Consumo en 2015 (ton)
Consumo de fibras importadas	588,500
Consumo de fibras nacionales	136,100
Consumo total de fibras vírgenes	724,600

Fuente: Cámara del papel, 2016

Tasa de Actividad

La tasa de actividad utilizada para este inventario fue de 136,100 toneladas que representa exclusivamente a la cantidad de biomasa o fibra virgen nacional utilizada (Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el papel, 2016).

Factor de Entrada

Para el cálculo de emisiones y liberaciones de mercurio el factor de entrada empleado fue de 0.03 (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Para este inventario se consideraron los factores de distribución correspondientes al escenario de plantas de celulosa con sistemas de control de PES, ver Tabla 2.54 (PNUMA, 2015)

Tabla 2.54 Factores de distribución de salida de mercurio en la producción de pulpa y papel

Equipo para la reducción de emisiones	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Control de MP con sistemas PE o DP	0.9				0.1	

Fuente: Naciones Unidas (PNUMA, 2015)

Resultados y Discusión.

El estimado de entrada de mercurio en la producción de pulpa 2015 fue de 4 kg/año.

Las emisiones y liberaciones de mercurio derivadas de la producción de pulpa y papel para 2015 se muestran en la Tabla 2.55

Tabla 2.55 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de pulpa y papel

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año	
		Aire	Residuos Generales
4	Control de PM con sistemas PE o DP	3.6	0.4

En este escenario no existen salidas a agua, suelo, productos, tratamiento o disposición propia del sector. Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos otorgados por la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, 2016.

Bibliografía:

Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el papel. 2016. Informe Anual, 2015 (inf.). México. pp.31 y 33. Informe otorgado al INECC por la Cámara de papel en junio, 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, S

2.5.3 Producción de Cal y Hornos de Agregados Ligeros

La cal es un producto que se obtiene calcinando la piedra caliza por debajo de la temperatura de descomposición del óxido de calcio. En ese estado se denomina cal viva (óxido de calcio) y si se apaga sometiéndola al tratamiento de agua, se le llama cal apagada (hidróxido de calcio). Existen tres variedades comerciales, las cuales son: cal viva, cal hidratada y cal para otros usos

Datos de COA 2015 indican que en el país existen 13 plantas productoras de cal (SEMARNAT, 2015).

De acuerdo con INEGI, la producción total de cal en 2015 fue de 4, 200, 667 ton. De esta producción total, el 50 corresponde a cal hidratada, el 34% a cal viva y el resto (15%) cal para otros usos (INEGI, 2017).

Bibliografía:

INECC. 2017. *“Generar Información Cualitativa y Cuantitativa de las Fuentes Minero-Metalúrgicas en México”*. (Inf.). Martínez Arroyo A., Páramo Figueroa V. H., Gavilán García A., Martínez Cordero M. A., Ramírez Muñoz T. México. pp. 159.

INEGI. 2017. *Estadística Mensual de la Industria Manufacturera*. México. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPadre=1030011000900020#D1030011000900020>> Consultado en julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles

2.6 Uso Deliberado de Mercurio en Procesos Industriales

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir de actividades industriales. Las actividades identificadas en México que conforman a esta categoría se muestran en la Tabla 2.56.

Tabla 2.56 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Uso deliberado de mercurio en procesos industriales"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.4.1	Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	Liberaciones de mercurio durante el proceso de producción de cloro	X	X	X	X	X	FP
2.4.2	Producción de VCM (monómeros de cloruro de vinilo) con cloruro mercúrico (H ₂ Cl) como catalizador	Liberaciones de mercurio durante el proceso de producción de VCM	x	x			X	FP
2.4.3	Producción de acetaldehídos con sulfatos de mercurio (H ₂ SO ₄) como catalizador	Liberaciones de mercurio durante el proceso de producción de acetaldehídos	?	?	?	?	?	FP

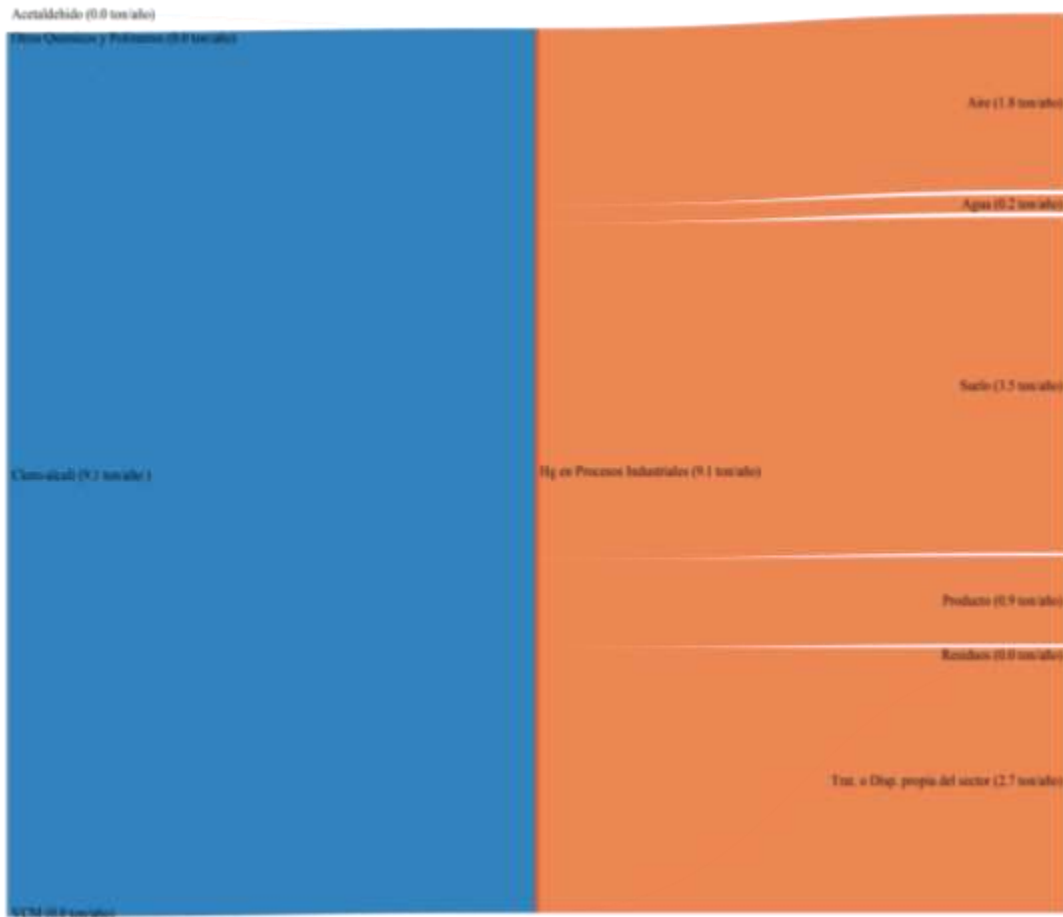
** Principal enfoque para el inventario. FP = Enfoque de fuente puntual.

X = Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

La Figura 2.31 muestra las emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a la categoría de "Usos deliberados de mercurio en procesos industriales", de las cuales la fuente más relevante fue la producción de cloro alcalí con una entrada total de 9, 093 kg de mercurio.

Figura 2.31 Usos deliberados de mercurio en procesos industriales



2.6.1 Producción de Cloro-Álcali

En México durante 2015 funcionaron dos plantas de Cloro-Álcali: una en Monterrey y otra en Coatzacoalcos, ambas son propiedad del grupo CyDSA. En la Tabla 2.57 se muestran los datos generales y capacidad instalada de producción de ambas plantas. La planta de Monterrey terminó operaciones en mayo de 2016, fue sustituida por una planta que opera con tecnología de membrana a las afueras de la ciudad de Monterrey. La planta de Coatzacoalcos continúa en operación y es la de mayor producción con una capacidad instalada de 98,000 ton de cloro al año (IQUISA, 2017).

Tabla 2.57 Datos generales de las plantas de producción de Cloro-álcali en México

Instalación	Municipio	Estado	Toneladas de cloro producidas al año	Toneladas de sosa producidas al año
Iquisa Monterrey	Monterrey	Nuevo León	22,000	24,772
Iquisa Coatzacoalcios	Coatzacoalcos	Veracruz	98,000	110,348

Fuente: IQUISA, 2017

Tasa de Actividad

En 2015, se reporta una producción de cloro de 102,746 toneladas perteneciente a la producción de dos plantas de cloro-álcali (IQUISA, 2017).

Factor de Entrada

El factor de entrada propuesto por la industria de cloro-álcali es de 88.5 g de mercurio por tonelada de cloro producido, realizado con base en un balance de materiales (IQUISA, 2017).

Factores de Distribución

Los factores de distribución empleados para la estimación de las emisiones de mercurio por parte de la producción de cloro-álcali se presentan en un escenario en donde el mercurio no es contabilizado y es liberado en las diferentes vías citadas en la Tabla 2.58

Tabla 2.58 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio para la producción de cloro-álcali

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Mercurio no contabilizado que se presenta como liberaciones	0.2	0.02	0.38	0.1		0.3

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

Las emisiones y liberaciones obtenidas a partir del estimado de entrada de mercurio se presentan en la Tabla 2.59. El estimado de entrada de mercurio fue de 9,093 kg/año, la mayor parte del total de mercurio fue liberado en suelo (3,435 kg), seguido de la disposición de 2,728 kg de residuos.

Tabla 2.59 Emisiones y liberaciones de mercurio en la producción de cloro-álcali

Entrada de mercurio por escenario (kg de Hg/año)	Escenario	Distribución de salida de mercurio, kg/año				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Tratamiento o disposición propia del sector
9,093	Mercurio no contabilizado que se presenta como liberaciones	1,819	182	3,455	909	2,728

En este escenario no existen salidas a residuos generales. Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y y datos obtenidos de IQUISA, 2017.

Bibliografía:

IQUISA. 2015. *Presentación en el taller de arranque de Minamata: Producción de cloro-alkali con tecnología de mercurio, Retos y Necesidades* (doc.)[Archivo en pdf]. Grupo Cydsa. México. pp. 1-20. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/descargas/eventos/2015_tall_minamata_6_%20jvaldivia.pdf> Consultado en julio 2017.

IQUISA, 2017. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Hoja de cálculo para la subcategoría 5.4.1 con datos 2015 (doc.)[Archivo en Excel]. Información otorgada en Febrero del 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.6.2 Producción de MCV (monómeros de cloruro de vinilo) con Cloruro de Mercurio (HgCl_2) como Catalizador

El cloruro de vinilo se usa para fabricar cloruro de polivinilo (PVC), el cual se usa para fabricar una variedad de productos plásticos, incluyendo tuberías, revestimientos de alambres, cables y productos para empacar. Existen dos procesos para la manufactura de cloruro de vinilo: el proceso con acetileno, en donde se usa cloruro de mercurio sobre pelotillas de carbono como catalizador y el proceso basado en la oxiclación del etileno (sin uso de mercurio).

Datos de COA, 2015 reportan un total de 3 plantas dedicadas a la producción de monómeros de cloruro de vinilo. En estas plantas se indica un total de producción de 338,516 ton (SEMARNAT, 2015). No obstante, según información de la Asociación Nacional de la Industria Química y Petróleos Mexicanos no se utiliza este proceso productivo con base en catalizadores de mercurio.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en julio, 2017

2.6.3 Producción de Acetaldehídos con Sulfato de Mercurio (Hg SO₄) como Catalizador

El acetaldehído es un compuesto químico utilizado principalmente como intermediario en la fabricación de varios productos químicos, incluidos el ácido acético, butanol y otros.

Aunque existen procesos alternativos sin mercurio, en algunas industrias se sigue produciendo acetaldehído a partir de la oxidación de hidrocarburos como el acetileno mediante el uso de catalizadores como el sulfato de mercurio (PNUMA, 2015).

De acuerdo con información de COA, 2015, no se reporta producción de acetaldehído (SEMARNAT, 2015).

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en julio, 2017.

2.7 Productos de Consumo con Uso Deliberado de Mercurio

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir del consumo de productos con mercurio. Los productos con mercurio que se consumen México y que conforman a esta categoría se muestran en la Tabla 2.60.

Tabla 2.60 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Productos de consumo con uso deliberado de mercurio"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Air e	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.5.1	Termómetros con mercurio	Liberaciones de mercurio por el consumo de termómetros con mercurio	X	X	X	X	X	FP
2.5.2	Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio	Liberaciones de mercurio por el consumo de interruptores eléctricos con mercurio	X	x	X	X	X	EG
2.5.3	Fuentes de luz con mercurio	Liberaciones de mercurio por el consumo de fuentes de luz con mercurio	X	x	X	X	X	EG
2.5.4	Pilas que contienen mercurio	Liberaciones de mercurio por el consumo de pilas con mercurio	X	x	X	X	X	EG
2.5.5	Poliuretano con catalizador de mercurio	Liberaciones de mercurio por consumo de poliuretano con catalizador de mercurio	X	x	X	X	X	EG
2.5.6	Biocidas y pesticidas	Liberaciones de mercurio por el consumo de biocidas y pesticidas con mercurio	X	X	X	X	X	EG
2.5.7	Pinturas	Liberaciones de mercurio por el consumo de pinturas con mercurio	X	x	X	X	X	EG
2.5.8	Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario	Liberaciones de mercurio por el consumo de fármacos con mercurio	X	x	X	x	X	EG
2.5.9	Cosméticos y productos	Liberaciones de mercurio por el consumo de		X		X	x	EG

	relacionados	cosméticos con mercurio						
--	--------------	-------------------------	--	--	--	--	--	--

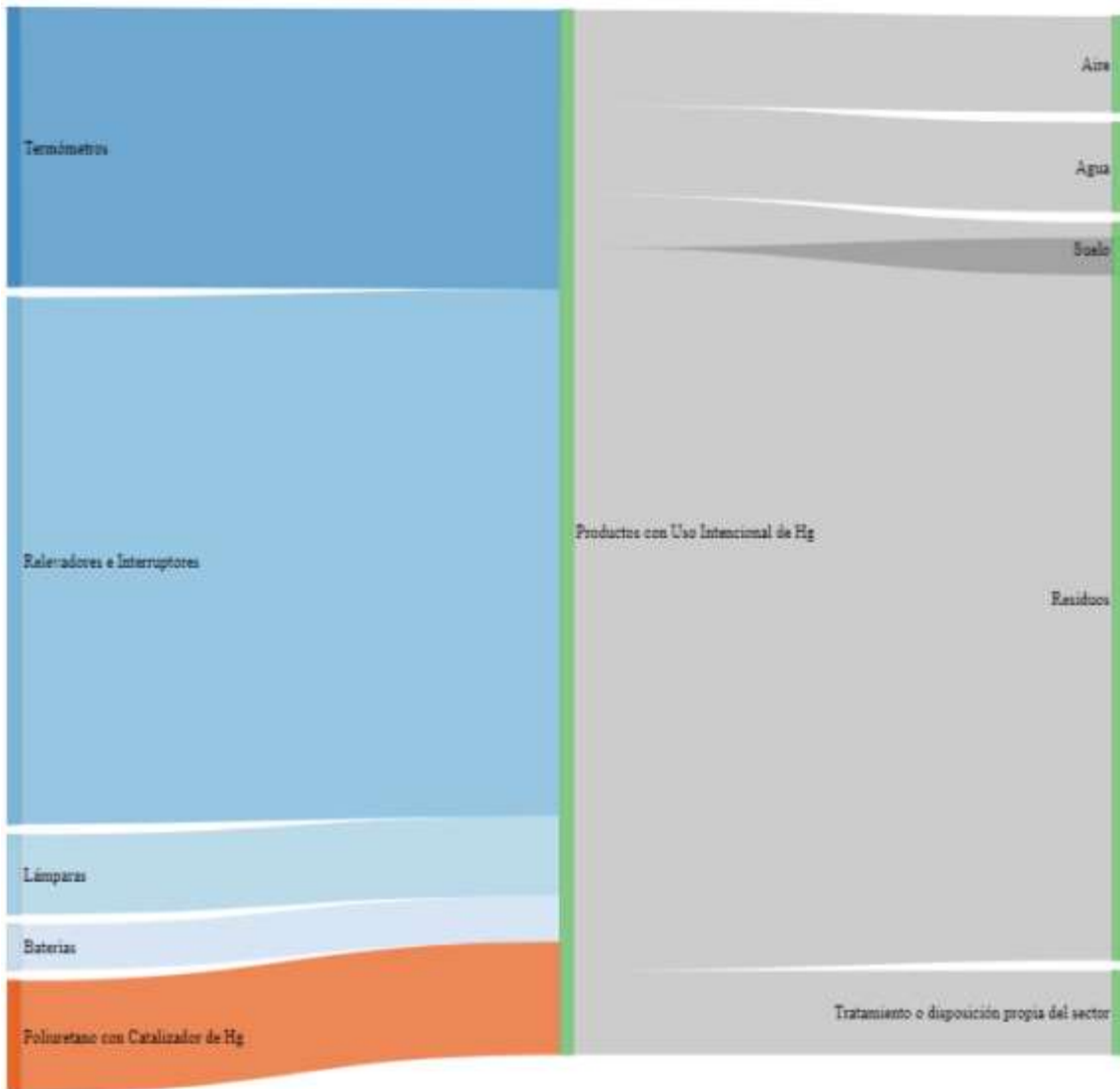
** Principal enfoque para el inventario. FP = Enfoque de fuente puntual. EG = Enfoque nacional/general

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

La Figura 2.32 muestra las emisiones y liberaciones de mercurio por las nueve subcategorías de la Tabla 2.60, de ellas la entrada de mercurio más relevante fue por la producción, uso y disposición de interruptores eléctricos y relevadores con mercurio con una entrada total de 16, 573 kg de mercurio en el año 2015.

Figura 2.32 Productos de consumo con uso deliberado de mercurio



2.7.1 Termómetros con Mercurio

En el 2015, no se reportó manufactura de termómetros de mercurio en el país. Los termómetros con mercurio empleados en México son de importación. Se investigó la importación de termómetros con mercurio al revisar los pedimentos de importación de las fracciones arancelarias 90251199 y 90251101².

En México se importó un total de 2, 988, 013 piezas de termómetros con mercurio para el año 2015. Aunque no existe una fracción arancelaria específica para el rubro de termómetros de mercurio, solo se contabilizaron termómetros con mercurio en la fracción arancelaria 90251199. Cabe destacar que se consideraron aquellos termómetros que explícitamente en el pedimento de importación mencionaba la presencia de mercurio, o el modelo referido permitía su identificación como un termómetro con mercurio.

Fue posible identificar 32 importadores de termómetros con mercurio de los cuales cuatro importaron el 99% del total de termómetros en 2015 (INECC, 2017).

Tasa de Actividad

Como tasa de actividad se emplearon las cantidades correspondientes al tipo de termómetro con mercurio reportadas de datos de aduana: 2, 964,400 piezas de termómetros médicos; 29 piezas de termómetros industriales; 23,584 piezas de otros termómetros de vidrio con mercurio.

Factor de Entrada

Como factores de entrada se emplearon las siguientes cantidades de mercurio dependiendo del tipo de termómetro con mercurio (PNUMA, 2015): 1 g de mercurio/pza para termómetros médicos; 103 g de mercurio/pza para termómetros industriales y 20.5 g de mercurio/pza para otros termómetros de vidrio con mercurio.

Factores de Distribución

Los factores de distribución para el consumo y disposición de termómetros de mercurio se muestran en la Tabla 2.61

² Fracciones arancelarias consultadas para la subcategoría de termómetros con mercurio

Partida:	9025	Densímetros, areómetros, pesa líquidos e instrumentos flotantes similares, termómetros, pirómetros, barómetros, higrómetros y sicrómetros, aunque sean registradores, incluso combinados entre sí.
		- Termómetros y pirómetros, sin combinar con otros instrumentos:
SubPartida:	902511	-- De líquido, con lectura directa.
Fracción:	90251101	Esbozos para la elaboración de termómetros de vidrio, sin graduación, con o sin vacío, con o sin mercurio.
Partida:	9025	Densímetros, areómetros, pesa líquidos e instrumentos flotantes similares, termómetros, pirómetros, barómetros, higrómetros y sicrómetros, aunque sean registradores, incluso combinados entre sí.
		- Termómetros y pirómetros, sin combinar con otros instrumentos:
SubPartida:	902511	-- De líquido, con lectura directa.
Fracción:	90251199	Los demás.

Tabla 2.61 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de termómetros con mercurio

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Recolección separada de termómetros con altas tasas de recolección. Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada	0.1	0.3			0.3	0.3

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

El estimado de entrada de mercurio en 2015 en el uso o consumo de termómetros con mercurio dependiendo el tipo de termómetro se muestra en la Tabla 2.62.

Tabla 2.62 Entrada de mercurio por uso y disposición por tipo de termómetros

Termómetros con Hg	Entrada de mercurio (kg/año)
Médicos	2,964
Industriales	3
Otros termómetros de vidrio con mercurio	483
Total	3,451

Fuente: Elaboración propia con datos de SAT, 2016

Las liberaciones y emisiones por parte del uso de termómetros con mercurio se muestran en la Tabla 2.63

Tabla 2.63 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de termómetros con mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)			
		Aire	Agua	Residuos generales	Tratamiento o disposición propia del sector

3,451	Recolección separada de termómetros con altas tasas de recolección. Todos o casi todos los residuos generales se recogen y manejan de manera controlada	345	1,035	1,035	1,035
-------	---	-----	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos obtenidos de SAT, 2016

A partir del estimado total de entrada de mercurio de 3,451 kg en 2015 por consumo y disposición de termómetros, la cantidad de 1,0352 kg de mercurio son liberados en la misma proporción en agua, residuos generales y residuos propios del sector. Por último, en comparación con los anteriores medios de distribución, las emisiones de mercurio al aire fueron de 345 kg de mercurio.

Bibliografía:

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.7.2 Interruptores Eléctricos y Relevadores con Mercurio

Los interruptores eléctricos y relevadores (relés) son dispositivos que abren o cierran un circuito eléctrico o líquido o válvulas de gas de forma mecánica o eléctricamente, respectivamente.

Existe una variedad de interruptores eléctricos y relés que contienen mercurio. Se sabe que el principal uso de mercurio elemental en la manufactura de interruptores se da principalmente en la producción de interruptores inclinados (interruptores silenciosos) en los termostatos comunes.

En el caso de los autos, los interruptores inclinados son usados en luces, frenos y sistemas de control de suspensión.

También, es posible encontrar interruptores inclinados en productos como congeladores, teléfonos, alarmas, lavadoras de ropa, zapatos con luces intermitentes y computadoras portátiles.

Además de los interruptores inclinados, existen una variedad de interruptores como sensores de flama válvulas de arco de mercurio entre otros. Los interruptores de válvula de gas se emplean en aparatos que funcionan con gas como calentadores de agua, hornos y calefactores. Estos tipos de productos tienen una larga vida útil, por lo que todavía puede haber un número significativo de artículos que se encuentren en uso (PNUMA, 2015).

Al igual que para los termómetros, las liberaciones y emisiones de mercurio en esta subcategoría pueden ocurrir a partir de la producción de interruptores y relevadores en los sistemas de manufactura; cuando los interruptores se rompen o pierden durante su uso y por último, durante la disposición de productos que contienen interruptores después de su uso.

No existen reportes de producción de relevadores ni interruptores con mercurio en el país, correspondientes al año 2015. Aunado a esto, resulta complejo poder estimar a partir de datos históricos el consumo de interruptores y relevadores con mercurio, así como la cuantificación de aparatos con interruptores o relevadores de mercurio que fueron puestos a disposición.

Se investigó la importación de relevadores eléctricos al revisar los pedimentos de importación de las fracciones arancelarias: 85359022, 85359014, 85364111, 85365015 (Ver Anexo 3).

Tasa de Actividad

La tasa de actividad se estimó a partir de la población mexicana, 119, 938, 473 habitantes (INEGI, 2015, página web <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/estructura/>), corregida por el porcentaje de población que contó con electricidad en el año 2015, 98.7% (INEGI, 2016).

Factor de Entrada

La cantidad de 0.14 g de mercurio al año por habitante se empleó como factor de entrada para el consumo de interruptores y relevadores con mercurio.

Factores de Distribución

En la Tabla 2.64 se muestran los factores de distribución en las salidas de mercurio para el uso y disposición de interruptores y relevadores con mercurio.

Tabla 2.64 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de relevadores e interruptores con mercurio

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
No hay recolección separada de interruptores o está muy limitada. Todos o casi todos los residuos generales se recogen y manejan de manera controlada	0.1		0.1		0.8	

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

Se estimó una de entrada de mercurio para 2015 en el consumo y disposición de interruptores y relevadores con mercurio de 16,573 kg de mercurio/año. Las liberaciones y emisiones de la salida de mercurio en el uso y disposición de interruptores con mercurio se muestran en la Tabla 2.65.

Tabla 2.65 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de interruptores y relevadores con mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Suelo	Residuos generales
16,573	No hay recolección separada de interruptores o está muy limitada. Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada	1,657	1,657	13,259

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de CONAPO, 2015

La principal liberación de mercurio en 2015 a partir del uso y disposición de interruptores y relevadores con mercurio se da a residuos generales con una cantidad 13,259 kg de mercurio/año. Los otros medios de emisión y liberación que se presentan en el escenario de

salida correspondiente a esta subcategoría fueron: aire con 1657 kg de mercurio emitido y a suelo con la misma cantidad de mercurio liberada de 1,657 kg.

Bibliografía:

CONAPO. 2015. *Estimaciones y Proyecciones de la Población Nacional*. México. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos>, Consultado en abril, 2017.

INEGI. 2016. Estimadores de las viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica y su distribución porcentual según número de focos en la vivienda por entidad federativa, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015. México. Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/default.html>>, Consultado en junio, 2017.

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.7.3 Fuentes de Luz con Mercurio

Con base a la información del sector involucrado, en México no se lleva a cabo la producción de lámparas con contenido de mercurio (CANAME, 2016). Por otro lado, el consumo de lámparas con mercurio se revisó en datos aduanales de las importaciones de diferentes tipos de lámparas. En total, la cantidad de lámparas con mercurio importadas al país en 2015 fue de 138,891,525 piezas, siendo las lámparas fluorescentes de doble terminación y LFC las que presentaron que más se importaron (SAT, 2016).

Al igual que en termómetros, el conteo de lámparas con mercurio dentro de las fracciones arancelarias correspondientes a cada tipo de lámpara se llevó a cabo con base a la descripción de **“lámpara con mercurio” incluida en los pedimentos aduanales (SAT, 2016)**. Las fracciones arancelarias consultadas fueron: 85393101, 85393199, 85393202, 85393299, 85393903, 85394901 (Ver anexo III).

Tasa de Actividad

Como tasa de actividad se empearon las siguientes cantidades correspondientes al tipo de lámpara con mercurio reportadas de datos de aduana (SAT, 2016):

71, 079, 336 pzas de lámparas fluorescentes de doble terminación

64, 692,840 pzas de LCF

141, 925 pzas de lámparas de vapor de mercurio de alta presión

746, 432 pzas de lámparas de vapor de Sodio de alta presión

37, 111 pzas de lámparas de bronceado

2, 185, 881 pzas de lámparas de halogenuro de metal

Factor de Entrada

Se emplearon como factores de entrada las siguientes cantidades de mercurio para cada tipo de lámpara (PNUMA, 2015):

25 mg de mercurio/pza de lámpara fluorescente de doble terminación

10 mg de mercurio/pza de LCF

30 mg mercurio/pza de lámpara de vapor de mercurio de alta presión

20 mg mercurio/pza de lámpara de vapor de Sodio de alta presión

15 mercurio/pza de lámpara de bronceado

25 mercurio/pza de lámpara de halogenuro de metal

Factores de Distribución

Los factores de distribución de acuerdo al escenario correspondiente para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.66.

Tabla 2.66 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición de lámparas con mercurio. Fuente: PNUMA, 2015.

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
No hay recolección separada de lámparas o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los residuos son colectados y manejados por servicios de limpia.	0.05				0.95	

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

El estimado de entrada de mercurio en 2015 en el uso o consumo de lámparas con mercurio dependiendo el tipo de lámpara se muestra en la Tabla 2.67.

Tabla 2.67 Entrada de mercurio por uso y disposición por tipo lámparas

Termómetros con Hg	Entrada de mercurio
	(kg/año)
Lámparas fluorescentes de doble terminación	1,777
LCF	647
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión	4
Lámparas de vapor de Sodio de alta presión	15
Lámparas de bronceado	1
Lámparas de halogenuro de metal	55
Total	2,499

Fuente: Elaboración propia con datos de SAT, 2016

Las liberaciones y emisiones por parte del uso de termómetros con mercurio se muestran en la Tabla 2.68.

Tabla 2.68 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de lámparas con mercurio

Entrada de mercurio por escenario	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Suelo	Residuos generales

2,499	No hay recolección separada de lámparas o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los residuos son colectados y manejados por servicios de limpia.	125		2,374
-------	---	-----	--	-------

*En este escenario no se presenta salida a agua, productos, tratamiento o disposición del sector.

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos obtenidos de SAT, 2016

La liberación de mercurio más alta de 2, 374 kg en el uso y disposición de lámparas mercurio se da en residuos generales, seguido de una emisión al aire de 125 kg.

Bibliografía:

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.7.4 Pilas que contienen Mercurio

En México desde 2002 no hay producción de pilas, por lo que las pilas comercializadas son en su totalidad de importación. En las pilas primarias de la industria formal se ha eliminado el uso de mercurio añadido (AMEXPILAS, 2017).

Al evaluar datos aduanales se encontró que el total de pilas con mercurio importadas en 2015 fue de 3, 959, 114 kg. La mayoría de las pilas importadas corresponden a baterías alcalinas distintas a las de botón (3, 904, 000 kg) (SAT, 2016).

Tasa de Actividad

Producción

No existe producción de pilas en el país.

Uso

Cantidades correspondientes al tipo de pila con mercurio reportadas de datos de aduana (SAT, 2016):

0.073 ton de baterías de óxido de mercurio

30.14 ton de baterías de aire-zinc

11.10 ton de baterías de botón alcalinas

4.8 ton de baterías de óxido de plata

3,904 ton de baterías alcalinas distintas a las de botón

Factor de Entrada

Para este inventario se emplearon como factores de entrada las siguientes cantidades de mercurio para cada tipo de batería (PNUMA, 2015):

320 kg de mercurio/ ton de baterías de óxido de mercurio

12 kg de mercurio/ ton de baterías de aire-zinc

5 kg de mercurio/ ton de baterías de botón alcalinas

4 kg de mercurio/ ton de baterías de óxido de plata

0,25 kg de mercurio/ ton de baterías alcalinas distintas a las de botón

Factores de Distribución

Los factores de distribución de acuerdo al escenario correspondiente para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.69.

Tabla 2.69 Factores de distribución de salida de mercurio en la disposición de pilas con mercurio

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
No hay recolección separada de pilas o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los residuos son colectados y manejados por servicios de limpia.					1	

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

El estimado de entrada de mercurio en 2015 en el uso o consumo de pilas con mercurio dependiendo el tipo de lámpara se muestra en la Tabla 2.70

Tabla 2.70 Entrada de mercurio en la disposición de pilas

Pilas de mercurio	Entrada de mercurio (kg/año)
Baterías de óxido de mercurio	23
Baterías de aire-zinc	362
Baterías de botón alcalinas	56
Baterías de óxido de plata	19
Baterías alcalinas distintas a las de botón	976
Total	1,436

Fuente: Elaboración propia con datos de SAT, 2016

Las liberaciones y emisiones por parte del uso de pilas con mercurio se muestran en la Tabla 2.71

Tabla 2.71 Emisiones y liberaciones de mercurio en la disposición de pilas con mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Suelo	Residuos generales
1,436	No hay recolección separada de pilas o ésta es muy limitada. Abunda la recolección informal de residuos generales o simplemente no existe			1,436

*En este escenario no se presenta salida a agua, productos, tratamiento o disposición del sector.

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos obtenidos de SAT, 2016

De acuerdo con el escenario de salida de mercurio para 2015, la totalidad de liberaciones de mercurio se realiza como residuo general.

Bibliografía:

AMEXPILAS. 2017 Información enviada a la coordinación con respecto *al Contenido de Mercurio en pilas en México*.

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente *al Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Inglés.

2.7.5 Poliuretano con Catalizador de Mercurio

En el proceso de producción de poliuretano se emplean catalizadores que actúan en la reacción entre el poliácrlato y el isocianato provocando el endurecimiento del poliuretano. Dentro de los catalizadores empleados para la reacción se encuentran aquellos compuestos de mercurio orgánico. A diferencia de los catalizadores de mercurio empleados en la producción de monómeros de cloruro de vinilo, los catalizadores para poliuretano se incorporan en el producto al final del proceso.

Los productos de poliuretano se utilizan en una amplia gama de productos finales, incluyendo rodillos, pavimentos, encapsulados de componentes electrónicos, suelas de zapatos y usos en reparación de instalaciones industriales.

Como ejemplo de los principales compuestos de mercurio empleados como catalizadores en la producción de poliuretano se encuentran aquellos compuestos de fenilmercurio como el octanoato y propionato de fenilmercurio.

Las principales emisiones y liberaciones de mercurio provienen del uso de productos con poliuretano y de la eliminación de dichos productos. Además, se sabe que las cantidades liberadas de mercurio a partir del uso de productos con poliuretano dependerá del desgaste que tengan estos (PNUMA, 2015).

A pesar de que en datos de COA, 2015 (SEMARNAT, 2015), se reporta una cantidad de 2,081 ton de productos elaborados a base de poliuretano, se desconoce la cantidad de poliuretano producido en 2015 y más aún, la cantidad de catalizadores de mercurio que se emplea en dicha producción.

Tasa de Actividad

Para el cálculo de la tasa de actividad utilizada para el consumo de catalizadores para la producción de poliuretano se empleó el total de población mexicana en 2015 que fue de 119,938,473 hab, ajustada por el porcentaje de población que contó con electricidad en 2015 (98.7%) (INEGI, 2016).

Factor de Entrada

Como factor de entrada se emplea la cifra de 0.03 g de mercurio por habitante por año (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Los factores de distribución empleados en el uso y disposición de catalizadores de mercurio para la producción de poliuretano se muestran en la Tabla 2.72.

Tabla 2.72 Factores de distribución de salida de mercurio en el uso y disposición para desechos de catalizadores de mercurio para la producción de poliuretano

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Todos o la mayoría de los residuos generales se recogen y se manejan de manera controlada públicamente	0.1	0.05			0.85	

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

La entrada de mercurio por el consumo de catalizadores de mercurio en la producción de poliuretano para 2015 fue de 3,551 kg /año. Esta estimación de mercurio de entrada fue ajustada con base a la tasa de electrificación o población que cuenta con electricidad en 2015 (98%) (INEGI, 2017).

Las emisiones y liberaciones para la salida de mercurio en el uso y disposición para desechos de catalizadores de mercurio empleados en la producción de poliuretano se muestran en la Tabla 2.73.

Tabla 2.73 Emisiones y liberaciones de mercurio en el uso y disposición de residuos de catalizadores de mercurio empleados en la producción de poliuretano

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año) [min-max]	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Agua	Residuos generales
3,551	Todos o la mayoría de los residuos generales se recogen y se manejan de manera controlada públicamente	355	178	3,019

*En este escenario no se presenta salida a agua, productos, tratamiento o disposición del sector. Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos de CONAPO, 2015.

Del total de mercurio de salida para 2015, a liberación más alta de 3,044 kg de mercurio se da a residuos generales, seguida de una emisión de 358 kg a la atmosfera y el resto del mercurio se libera en suelo (180 kg).

Bibliografía:

CONAPO. 2015. *Estimaciones y Proyecciones de la Población Nacional* [En línea]. México. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos>, Consultado en: Abril, 2017.

INEGI. 2016. Estimadores de las viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica y su distribución porcentual según número de focos en la vivienda por entidad federativa, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015 [En línea]. México. Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/default.html>>, Consultado en Junio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en: Julio, 2017.

2.7.6 Biocidas y Pesticidas

Los biocidas son sustancias activas cuyo objetivo es destruir, eliminar y/o llevar a cabo el control de organismos nocivos. Anteriormente se usaban los biocidas mercuriales en los recubrimientos de semillas

Los pesticidas agroquímicos o también llamados plaguicidas, son sustancias químicas destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir son numerosos y presentan composiciones muy variables.

Dentro de los formulados con compuestos inorgánicos se encuentran los mercuriales, arsenicales y otros. Cuando se dispersa un plaguicida a una zona agraria gran parte del producto se vierte en suelo o puede ser arrastrado por el viento a cuerpos de agua.

Se considera que el uso de pesticidas y biocidas mercuriales ha disminuido de manera significativa. Según las empresas afiliadas a ANAFAPYT en México no existe comercialización de biocidas o pesticidas formulados con compuestos mercuriales.

En cuanto al consumo de estos productos en México, solo se tiene el registro de importación en 2015 de 24 t del biocida mercurial orgánico para recubrimientos con nombre químico de Dodecil succin de fenilmercurio (SAT, 2016).

Con base al peso molecular y la cantidad del biocida registrado en 2015, únicamente podemos estimar la cantidad de entrada de mercurio en el producto que fue de 1,721 kg de mercurio/año.

Bibliografía:

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.7.7 Pinturas

En tiempos pasados solía añadirse acetato fenilmercúrico y otros compuestos de mercurio parecidos a las pinturas a base de agua como biocidas, y tal vez sigan añadiéndose en algunos países. La adición de biocidas a las formulaciones de tintas, adhesivos y pinturas permite proteger a esos del crecimiento de microorganismos evitando su proliferación.

Algunos estudios sugieren que cuando se aplicaron pinturas con contenido de mercurio, las superficies pintadas liberaron mercurio elemental al aire, siendo este medio el mayor receptor de este tipo de liberaciones (PNUMA, 2015).

Al igual que la anterior subcategoría de biocidas y pesticidas, en México no se consumen mercuriales como preservadores de pinturas, ya que al regular la concentración de mercurio disponible en las descargas de aguas residuales, el sector de pinturas dejó de usar biocidas mercuriales que antes se añadían como preservador.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.7.8 Productos Farmacéuticos de Uso Humano y Veterinario

El uso que se le da al mercurio en medicamentos es como conservador.

Diversos farmacéuticos, como vacunas, gotas oftálmicas, medicamentos a base de hierbas y otros contienen mercurio. Un ejemplo de compuestos de mercurio empleado comúnmente en fármacos es el Timerosal (PNUMA, 2015).

El tiomersal es un compuesto que contiene etilmercurio y se utiliza para evitar el crecimiento de bacterias y hongos en algunas vacunas inactivadas que se suministran en viales multidosis. Asimismo, se utiliza en la producción de algunas vacunas, tanto para inactivar determinados microorganismos y toxinas como para contribuir a mantener la esterilidad de la cadena de producción. El tiomersal se viene utilizando desde los años treinta en la fabricación de vacunas y medicamentos (OMS, 2011).

De acuerdo con datos de aduanas, en México se importó en 2015 un total de 195 kg de Timerosal, de los cuales el 28% (55kg) corresponde a fármacos de uso veterinario y el 72% (140kg) a fármacos de uso humano (SAT, 2016).

Bibliografía:

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

OMS. 2011. *Timerosal, preguntas y respuestas*. [En línea]. Programas y proyectos de la OMS. Disponible en: http://www.who.int/immunization/newsroom/thiomersal_questions_and_answers/es/ Consultado en : Marzo,2017

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.7.9 Cosméticos y Productos Relacionados

El mercurio es un ingrediente común de los jabones y las cremas que se usan para aclarar la piel. También está presente en otros cosméticos, como los productos para retirar el maquillaje de ojos y las máscaras.

En los cosméticos, el mercurio está presente en dos formas: inorgánica y orgánica. El mercurio inorgánico (por ejemplo, mercurio amoniacal) se usa para fabricar los jabones y cremas que aclaran la piel. Los compuestos de mercurio orgánico (tiomersal [etilmercurio] y sales de fenilmercurio) se usan como conservantes en cosméticos como los productos de limpieza del maquillaje de ojos y las máscaras (OMS, 2011).

Con respecto al consumo de cosméticos con mercurio en México, en datos aduanales 2015 no se encontraron reportes a cerca de la importación de estos productos (SAT, 2016).

Bibliografía:

OMS. 2011. *El mercurio en los productos para aclarar la piel* (Inf). [En línea]. Salud Pública y Medio Ambiente, OMS. Disponible en: http://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury_flyer_sp.pdf>
Consultado en: Marzo,2017

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

2.8 Otros Usos Deliberados de Productos/Procesos

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir del uso de otros productos y/o procesos donde se encuentra presente el mercurio.

A continuación, en la Tabla 2.74 se muestran las fuentes de emisión que conforman a esta categoría.

Tabla 2.74 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Otros usos deliberados de productos/procesos"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	Liberaciones de mercurio por el uso de mercurio en empastes de amalgamas	x	X		X	X	EG
2.6.2	Manómetros y medidores	Liberaciones de mercurio por el uso de manómetros o medidores con mercurio	x	X	x	X	X	EG
2.6.3	Químicos y equipos de laboratorio	Liberaciones de mercurio por el uso y consumo de equipos y sustancias químicas con contenido de mercurio	x	X		X	X	EG

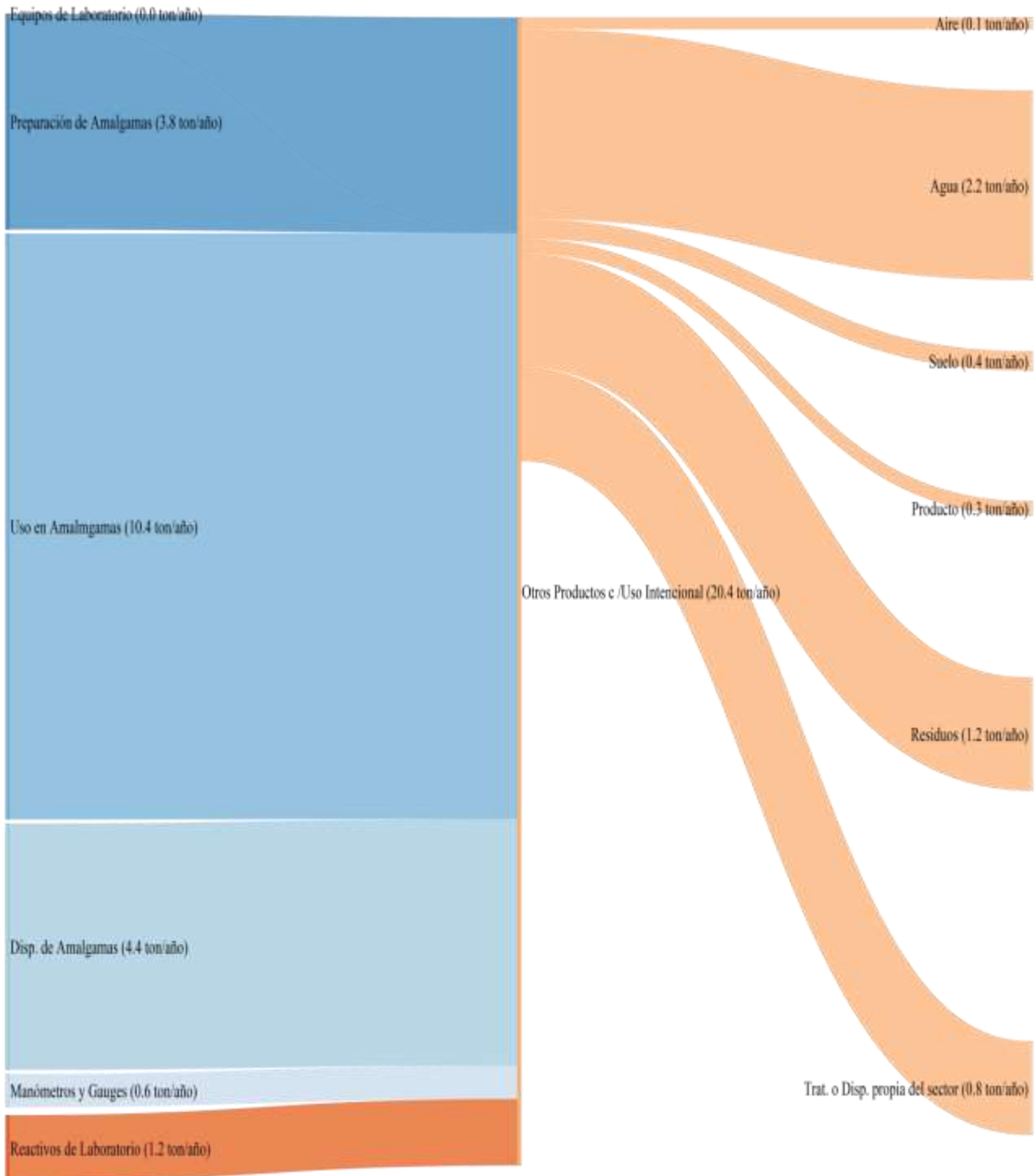
** Principal enfoque para el inventario. EG = Enfoque nacional/general

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

Las emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a esta categoría se muestran en la Figura 2.33, de las subcategorías que la integran, la mayor entrada de mercurio fue por la preparación, uso y disposición de amalgamas dentales con 18, 640 kg de mercurio en 2015.

Figura 2.33 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a otros usos del mercurio en productos y procesos



2.8.1 Amalgamas Dentales de Mercurio

El mercurio se usa en la odontología para la elaboración de amalgamas empleadas en la restauración de dientes tratados por caries.

La amalgama dental consiste en una aleación de color gris metálico compuesta por una mezcla de mercurio (44-55%), plata (30%) y otros metales como el estaño, cobre y zinc. La principal función que confiere el mercurio a la amalgama es la capacidad de endurecer fácilmente cuando es colocada en el diente.

Actualmente, la formulación de la amalgama puede obtenerse mediante el uso de mercurio líquido o capsula predosificada, la cual contiene al mercurio y a la aleación divididos por un diagrama que evita el contacto hasta el momento de preparar la mezcla (COFEPRIS, 2011).

El uso de la amalgama dental cada vez es menor, ya que por razones estéticas se ha sustituido por la aplicación de resinas. En el 2005, la cantidad total de amalgamas colocadas en el país por parte del sector de salud pública fue de 1, 758, 181, mientras que para el 2015 esta cantidad disminuyó a 1, 356, 151 amalgamas (CENAPRECE, 2016).

Si bien el uso de amalgamas en odontología aún no es erradicado por completo debido a la durabilidad y resistencia que le confiere la aleación del mercurio con otros metales, es necesario tomar en consideración aspectos como las emisiones y liberaciones de mercurio que pudieran existir.

Tasa de Actividad

La tasa de actividad: total de habitantes en México en 2015: 119, 938, 473 habs (INEGI, 2015).

Factor de Entrada

Para obtener el factor de entrada en esta categoría, se realizaron estimaciones del número total de amalgamas colocadas en el sector salud público y privado, así como de la cantidad promedio de mercurio usada por empaste de amalgama (CENAPRECE, 2013; 2016). El factor de entrada procedente de datos nacionales fue de 0.032 g de mercurio consumido por habitante por año.

Factores de Distribución

Los factores de distribución por defecto empleados para esta categoría se muestran en la Tabla 2.75, los cuales indican las salidas de mercurio a partir de las diferentes etapas del ciclo de vida de las amalgamas.

Tabla 2.75 Factores de distribución por defecto en las salidas de mercurio causadas por amalgamas dentales

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento o/ Disposición por sector
Preparación de los empastes de amalgamas para dientes en clínicas (porción de suministro actual de mercurio para amalgamas dentales)	0.02	0.14		0.6	0.12	0.02
Uso- de empastes en la bica (porción de suministro de mercurio para empastes hace 10 años)		0.02				
Disposición –vía clínicas, viviendas y muertes (porción de suministro de mercurio para empastes hace 15 años)**.		0.3		0.06	0.12	0.12

** En países donde la mayoría de las clínicas dentales solo dispone de filtros/coladores de rejilla

Resultados y Discusión

Es importante destacar que las estimaciones de las salidas de mercurio se calcularon a partir de las entradas con empastes dentales en distintas etapas del ciclo de vida de la amalgama. Con respecto a esto, se sabe que el 60 % del mercurio que se coloca en las amalgamas se queda en boca (en uso) y el 40% es liberado en desechos cuando se aplica y durante el desgaste de la amalgama ya en boca (PNUMA, 2015). Por lo tanto, las entradas de mercurio en el ciclo de vida de empastes dentales se muestran en la Tabla 2.76.

Tabla 2.76 Estimaciones de entrada de mercurio en el ciclo de vida de amalgamas dentales

Etapas en el ciclo de vida	Entrada de mercurio (kg/año)
Preparación en 2015	3,838

Uso (10 años atrás)	10,419
Disposición (15 años atrás)	4,383

En la Tabla 2.77 se muestra las emisiones y liberaciones de mercurio en el ciclo de vida de amalgamas dentales

Tabla 2.77 Emisiones y Liberaciones de mercurio por amalgamas dentales

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año) [min-máx.]	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)					
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos generales	Tratamiento Disposición del sector
3,838	Preparación de los empastes de amalgamas para dientes en clínicas (porción de suministro actual de mercurio para amalgamas dentales)	77	537			461	461
10,419	Uso- de empastes en la boca (porción de suministro de mercurio para empastes hace 10 años)		208				
4,383	Disposición –vía clínicas, viviendas y muertes (porción de suministro de mercurio para empastes hace 15 años)**		1,315	351	263	351	351

En este escenario no se presenta salida a suelo.

** En países donde la mayoría de las clínica dentales solo dispone de filtros/coladores de rejilla

Fuente: PNUMA, 2015, datos obtenidos a partir de CENAPRECE 2013; 2016 y CONAPO, 2015

Bibliografía:

COFEPRIS. 2011. *Reducción a la exposición Laboral para el Uso de Mercurio en la Práctica Odontológica*. (Inf.), Secretaría de Salud [En línea]. México D.F. pp. 2-4. Disponible en: <<http://www.cofepris.gob.mx/Biblioteca%20Virtual/mercurio/prelum.pdf>> Consultado en Enero, 2017.

CENAPRECE. 2016. Información enviada a la coordinación. Anexo de la información puntual sobre el uso de amalgama de amalgama dental en el sector público (Archivo en Excel). Oficio CENAPRECE-DG-10105-2016 enviado el 14 de Septiembre de 2016.

CENAPRECE. 2013. *Programa de Acción Específico. Prevención, Detección y Control de los Problemas de Salud Bucal 2013-2018* (Inf.), Secretaria de Salud [En línea]. México. pp. 27. Disponible en: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/PAE_PrevencionDeteccionControlProblemasSaludBucal2013_2018.pdf> Consultado en Septiembre, 2016

CONAPO. 2015. *Estimaciones y Proyecciones de la Población Nacional* [En línea]. México. Disponible en: <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos>, Consultado en: Abril, 2017.

INEGI. 2014. *Censos Económicos 2014*. [En línea]. México. Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ce/2014/>>

OMS. 2003. *Elemental Mercury and Inorganic Mercury Compounds: Human Health Aspects*. (rep. téc.) [En línea], Georgia, EUA. pp. 9-11. Disponible en: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/19215/cicad50_WHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Consultado en Enero, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.8.2 Manómetros y Medidores

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

industriales que miden la temperatura y la presión; lo cual lo hace muy eficiente en los manómetros o medidores.

Existen alternativas para todos los usos y son gradualmente sustituidos en algunos países.

En consecuencia, podría ser notado que la cuantificación del abastecimiento de mercurio para estos usos pueda ser difícil para distinguir de otros consumos de mercurio metálico.

Como otros productos que contienen mercurio, durante la producción de estos aparatados, el mercurio se libera principalmente en los productos, además de emitirse al aire y liberarse en el agua, residuos y en un sector específico de tratamiento o disposición.

Cuando son usados se libera principalmente en agua, otra cantidad es emitida al aire y liberada al suelo; cuando se disponen se liberan principalmente a los residuos generales o sectores específicos de tratamiento o disposición (PNUMA, 2015).

Tasa de Actividad

Producción

No se cuenta con registro de producción de dichos aparatos en México.

Uso y disposición

La tasa de actividad se estimó a partir de la población mexicana, 119,938,473 habitantes (INEGI, 2015, página web <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/estructura/>), corregida por el porcentaje de población que contó con electricidad en el año 2015, 98.7% (INEGI, 2016).

Factor de Entrada

Como factor de entrada se tomará el valor de 0.005 g de mercurio/habitante (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Como factores de distribución tomaremos aquellos sugeridos por PNUMA, 2015, tal y como se muestra en la Tabla 2.78.

Tabla 2.78 Factores de distribución para el uso de disposición de manómetros y medidores de presión

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición

						por sector
Sin o muy limitada recolección de manómetros de mercurio. La totalidad o la mayor parte de los residuos que son recolectados se manejan de manera controlada	0.1	0.3			0.6	

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

En total, la cantidad de mercurio de entrada por el uso y disposición de manómetros y medidores en 2015 fue de 592 kg de mercurio al año.

Las emisiones y liberaciones por parte del uso y disposición de manómetros y medidores con mercurio se muestran en la Tabla 2.79

Tabla 2.79 Emisiones y liberaciones de mercurio por uso y disposición de manómetros y medidores de mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año) [min-max]	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Agua	Residuos generales
592	Sin o muy limitada recolección de manómetros de mercurio. La totalidad o la mayor parte de los residuos son recolectados y se manejan de manera controlada	59	178	355

*En este escenario no se presenta salida a agua, productos, tratamiento o disposición del sector.

Fuente: PNUMA, 2015 y datos obtenidos de INEGI, 2016

En 2015 con un escenario de recolección limitada de manómetros y medidores de mercurio, la cantidad más alta de mercurio (355kg/año) fue liberada en residuos generales. A diferencia de este año, en 2004 no se reportaron emisiones ni liberaciones de mercurio debido a que para ese entonces no se contaban con factores de distribución sugeridos para el uso y disposición de los productos correspondientes a la subcategoría (INE, 2008).

Bibliografía:

INEGI. 2016. Estimadores de las viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica y su distribución porcentual según número de focos en la vivienda por entidad federativa, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015 [En línea]. México. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/default.html>, Consultado en Junio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.8.3 Químicos y Equipos de Laboratorio

En los laboratorios y equipo de laboratorio se utiliza el mercurio ya sea en instrumentos de laboratorio, reactivos, preservativos, y catalizadores. El mercurio que se usa en este tipo de prácticas es liberado principalmente al aire, a través de las ventilas del laboratorio; sin embargo, en algunos casos podría ser liberado al agua o como residuos peligrosos y/o residuos municipales.

Tasa de Actividad

Producción

No se cuenta con registro de producción de dichos aparatos en México.

Uso y disposición

La tasa de actividad se estimó a partir de la población mexicana, 119, 938, 473 habitantes (INEGI, 2015, página web <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/estructura/>), corregida por el porcentaje de población que contó con electricidad en el año 2015, 98.7% (INEGI, 2016).

Factor de Entrada

Como factor de entrada empleado fue 0.01 g de mercurio/habitante (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Como factores de distribución tomaremos aquellos sugeridos por PNUMA, 2015, tal y como se muestra en la Tabla 2.80

Tabla 2.80 Factores de distribución para el uso de disposición de manómetros y medidores de presión

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
General		0.33			0.33	0.34

Fuente: PNUMA, 2015.

Las emisiones y liberaciones de esta subcategoría se muestran en la Tabla Tabla 2.81

Tabla 2.81 Emisiones y liberaciones de mercurio por uso y disposición de manómetros y medidores de mercurio

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Agua	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
1,184	Sin o muy limitada recolección de manómetros de mercurio. La totalidad o la mayor parte de los residuos son recolectados y se manejan de manera controlada	391	391	402

Fuente: PNUMA, 2015 y datos obtenidos de INEGI, 2016

Resultados y Discusión

La cantidad de mercurio que aportó esta subcategoría fue de 1, 184 kg en 2015.

Bibliografía:

SAT. 2016. Información enviada a la Coordinación referente al *Comercio de mercurio* (doc.) Oficio No 800-05-03-00-00-2016-9156 recibido el 11 de agosto del 2016.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.9 Producción de Metales Reciclados (Producción “Secundaria” de Metales)

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir del uso de otros productos y/o procesos donde se encuentra presente el mercurio.

A continuación, en la se muestran las fuentes de emisión que conforman a esta categoría. Ver Tabla 2.82

Tabla 2.82 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Producción de metales reciclados (Producción "Secundaria de metales")

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.7.1	Producción de mercurio reciclado ("producción secundaria")	Liberaciones de mercurio por la producción de mercurio reciclado	X	X	X	X	X	FP

2.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	Liberaciones de mercurio por la producción de metales ferrosos reciclados	X	X	x	x	x	FP
-------	--	---	---	---	---	---	---	----

** Principal enfoque para el inventario. FP =Enfoque de fuente puntual

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

2.9.1 Producción de Mercurio Reciclado (“producción secundaria”)

La recuperación de mercurio líquido en equipos desmantelados y la recuperación de mercurio en productos de desecho mediante procesos de extracción son los tipos básicos de producción secundaria de mercurio.

En el Estado de Zacatecas están activas las minas de San Felipe de Mercurio a escala hormiga, semanalmente 50 a 80 kilogramos, que son vendidos a Monterrey. Como consecuencia de sus procesos, el proyecto en operación denominado Minera Peñasquito, produce 15 kilogramos al año que son exportados a EE.UU.

En la Tabla 2.83 se muestran las plantas beneficiadoras de jales en Zacatecas.

Tabla 2.83 Plantas beneficiadoras de jales en Zacatecas

Plantas que benefician jales en Zacatecas			
Razón Social	Productos	Subproductos	Estado actual
Jales de Zacatecas S.A. de C.V.	Precipitado de Plata: 600-900 kg/mes	350 kg de mercurio/mes	El litigio con ejido La Zacatecana. Cerrada
Beneficiadora de Jales de Zacatecas, S.A. de C.V.	Precipitado de oro y plata: 1 ton/mes	1207 kg mercurio/mes	Cerrada
Jales del Centro S.A. de C.V.	Precipitado de Oro, Plata y Cobre: 2 ton/mes	690 kg de mercurio/mes	En operación
Mercurio del Bordo, S.A. de C.V.	Precipitado de ORO, Plata y mercurio: 0.5 ton/mes	Menos de 518 kg mercurio/mes	Intermitente
Jesús Reyes (Planta Barones, antes "Solidaridad")	Precipitado de oro, plata y mercurio:0.2 ton/mes	600 kg mercurio/mes	Suspendida

Sauceda de la Borda (Ing. Cuauhtémoc Espinoza e Ing. Pérez)	Precipitado de oro, plata y mercurio: 0.2 ton/mes	Mercurio concentrado de oro y plata	En negociación con ejido. No opera
---	---	-------------------------------------	------------------------------------

Bibliografía:

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en: Julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.9.2 Producción de Metales Ferrosos Reciclados (Hierro y Acero)

La producción secundaria del hierro y el acero tiene como materia prima a la chatarra y aplica a diversos procesos de alta temperatura.

El mercurio puede estar presente en los metales/materiales reciclados como resultado de la presencia de impurezas naturales de mercurio en los materiales originales, así como la presencia de contaminación por mercurio a partir del uso antropogénico de este metal (por ejemplo, interruptores de mercurio en autos que pasan al proceso de reciclaje de hierro/acero).

Debido a la presencia de interruptores de mercurio presente en autos, la chatarra ferrosa de vehículos y aparatos electrodomésticos es considerada como un material importante para la producción de hierro y acero reciclado. Esta chatarra se procesa en diferentes industrias y tipos de instalaciones en donde es fundida para obtener los metales ferrosos de interés. Es posible que el mercurio sea liberado al aire, el agua o la tierra en alguno de los puntos del proceso, incluido el desmenuzamiento y fundición del material chatarra (PNUMA, 2015).

De acuerdo con información de COA 2015, existen dos establecimientos dedicados a la producción de acero y hierro que reportaron el uso de chatarra para dicha producción, sin embargo, no se menciona el tipo de chatarra que emplearon como insumo (SEMARNAT, 2015).

Bibliografía:

SEMARNAT. 2015 *Bases de datos de la Cedula de Operación Anual, 2015*. (Archivo en Excel) [doc.] México. Consultado en Julio, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles

2.10 Incineración de Residuos

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir del uso de otros productos y/o procesos donde se encuentra presente el mercurio.

A continuación, en la Tabla 2.84 se muestran las fuentes de emisión que conforman a esta categoría.

Tabla 2.84 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Incineración de residuos"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.8.1	Incineración de residuos peligrosos	Liberaciones de mercurio por la incineración de residuos peligrosos	X	X			X	FP
2.8.2	Incineración de residuos médicos	Liberaciones de mercurio por la incineración de residuos médicos	X	X			X	FP

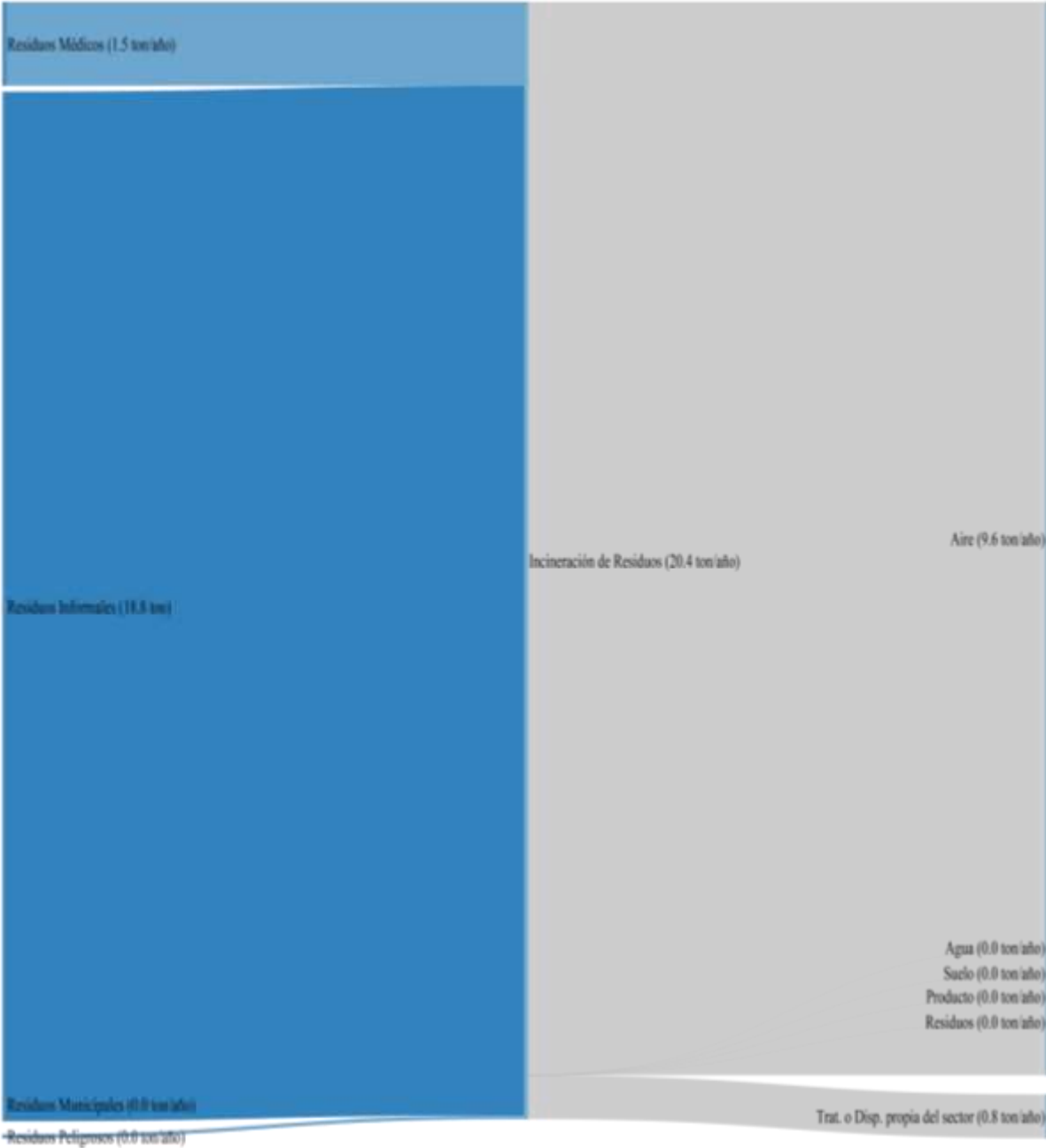
** Principal enfoque para el inventario. FP =Enfoque de fuente puntual

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica.

Las emisiones y liberaciones de mercurio debidas a esta categoría se muestran en la Figura 2.34, de las subcategorías que integran esta categoría la entrada de mercurio más grande fue debido a la quema informal de residuos con 18, 793 kg de mercurio en el año 2015.

Figura 2.34 Emisiones y liberaciones correspondientes a a la incineración de residuos



2.10.1 Incineración de Residuos Peligrosos

El contenido de mercurio en el flujo de residuos peligrosos se origina principalmente por el uso intencional de este metal en productos desechados y residuos de procesos.

Algunos residuos peligrosos se incineran como parte de la gestión del tratamiento o eliminación. Las concentraciones de mercurio dependen directamente de los aportes de mercurio a los residuos y, por lo tanto, es probable que varíen mucho entre distintos países y circunstancias.

La SEMARNAT enlista en su sitio web a las empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos, específicamente en el rubro 6 proporciona un Directorio de empresas prestadoras de servicios de incineración de residuos peligrosos industriales, mismo que reporta 11 establecimientos a nivel nacional (SEMARNAT, 2018).

Tasa de Actividad

La tasa de actividad de esta subcategoría es 2,904 ton de residuos peligrosos incinerados.

Factores de Entrada

El factor de entrada es de 24 g de mercurio/ ton de residuos incinerados.

Factores de Distribución

La “NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-incineración de residuos especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes” requiere un sistema de control de emisiones capaz de garantizar un límite máximo de emisión de mercurio de 0.07 mg/m³ y de 0.2 a 0.5 ng/m³ de EQT para dioxinas y furanos. Por tal motivo, se eligió el escenario que se muestra en la Tabla 2.85

Tabla 2.85 Factores de distribución para la incineración de residuos peligrosos

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Lavadores de gases ácidos y filtros de alta eficiencia o control de partículas simples y precipitadores electrostáticos	0.5					0.5

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

El cálculo de la entrada de mercurio en la incineración de residuos peligrosos fue de 70 kg/año. Las emisiones de mercurio para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.86.

Tabla 2.86 Emisiones de mercurio durante la incineración de residuos peligrosos

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio (kg/año)	
		Aire	Tratamiento/ Disposición por sector
70	Lavadores de gases ácidos y filtros de alta eficiencia o control de partículas simples y precipitadores electrostáticos	35	35

En este escenario no se presenta salida a agua, suelo, productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

SEMARNAT. 2018. Empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos. Consultado en julio, 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/empresas-autorizadas-para-el-manejo-de-residuos-peligrosos>

2.10.2 Incineración de Residuos Médicos

Los residuos médicos incluyen los residuos infecciosos y no infecciosos generados por una variedad de instalaciones dedicadas a la atención médica, atención veterinaria o actividades de investigación tales como hospitales, clínicas, consultorios médicos y de dentistas, asilos, clínicas veterinarias y hospitales, servicios médicos laboratorios, escuelas médicas, veterinarias y unidades de investigación. El contenido de mercurio se localiza entonces, en la corriente de residuos.

La SEMARNAT enlista en su sitio web a las empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos, específicamente en el rubro 12 proporciona un Directorio de empresas prestadoras de servicios de incineración de residuos peligrosos biológico infecciosos, mismo que reporta 22 establecimientos a nivel nacional.

Tasa de Actividad

La tasa de actividad para esta subcategoría es 63,776 ton. de residuos médicos incinerados.

Factores de Entrada

El factor de entrada es 24 g de Mercurio/ ton de residuos médicos incinerados

Factores de Distribución

La “**NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-incineración de residuos especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes**” requiere un sistema de control de emisiones capaz de garantizar un límite máximo de emisión de mercurio de 0.07 mg/m³ y de 0.2 a 0.5 ng/m³ de EQT para dioxinas y furanos. Por tal motivo, se eligió el siguiente escenario que se muestra en la Tabla 2.87.

Tabla 2.87 Factores de distribución de mercurio para la incineración de residuos médicos.

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Lavadores de gases ácidos y filtros de alta eficiencia o control de partículas simples y precipitadores electrostáticos	0.5					0.5

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

La entrada de mercurio por la incineración de residuos médicos fue de 1,531 kg/año. Las emisiones de mercurio para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.88.

Tabla 2.88 Emisiones y liberaciones de mercurio debidas a la incineración de residuos médicos

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio (kg/año)	
		Aire	Tratamiento/ Disposición por sector
1,531	Lavadores de gases ácidos y filtros de alta eficiencia o control de partículas simples y precipitadores electrostáticos	776	775

En este escenario no se presenta salida a agua, suelo, productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.10.3 Quema a cielo abierto

La quema informal de residuos se refiere a la incineración de los mismos realizada en condiciones informales, en barriles, contenedores o en tierra desnuda, sin controles de gases de combustión y difusión difusa de residuos de incineración en tierra. Si el mercurio está presente en el residuo, parte del mismo se liberará al aire, y la otra permanecerá en los residuos de incineración (incluidos los residuos sin quemar y semidegradados).

Dada la volatilidad del mercurio, se espera que la mayor parte del mercurio se libere en el aire como resultado de la quema informal de residuos. Este método de eliminación puede representar un riesgo inmediato para la comunidad local en la que se lleva a cabo, ya que las emisiones al aire (de varios contaminantes potentes además del mercurio) no están controladas y los residuos pueden contaminar las aguas subterráneas locales.

Tasa de actividad:

Para estimar la tasa de actividad se consultó INECC, 2018, en el cual se realiza una estimación del personal que se dedica a esta actividad a partir del número de viviendas habitadas en México, los ocupantes promedio por vivienda, y el porcentaje de viviendas que eliminan sus residuos a partir de la quema informal. La tasa de actividad empleada fue de 3, 758,600 ton de residuos quemados en 2015.

Factor de entrada:

El factor de entrada empleado fue 5g de mercurio por ton de residuos incinerados (PNUMA, 2015).

Factores de distribución:

El factor de distribución empleado se muestra en la

Tabla 2.89 Factores de distribución para la quema informal de residuos

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio
	Aire
Ningún tipo de control de emisiones y liberaciones de mercurio	1

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

La entrada de mercurio debida a esta subcategorías se muestra en la Tabla 2.90

Tabla 2.90 Entrada de mercurio correspondiente a la quema informal de residuos

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Distribución de salida de mercurio
	Aire
18,793	18,793

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

INECC. 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. México, 2018 [Documento PDF]

2.11 Disposición de Residuos. Rellenos Sanitarios y Tratamiento de Aguas Residuales

Esta categoría se conforma de aquellas fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir del uso de otros productos y/o procesos donde se encuentra presente el mercurio.

A continuación, en la Tabla 2.91 se muestran las fuentes de emisión que conforman a esta categoría.

Tabla 2.91 Fuentes de liberaciones y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Disposición de residuos/rellenos sanitarios y tratamiento de agua residuales"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.9.1	Rellenos sanitarios/depositos controlados	Liberaciones de mercurio por disposición de residuos en rellenos sanitarios	x	x	X		X	EG
2.9.2	Disposición informal de residuos	Liberaciones de mercurio por disposición informal de residuos	X	X	X			FP
2.9.3	Sistemas de tratamientos de aguas residuales	Liberaciones de mercurio por el tratamiento de aguas residuales		X	X		x	EG/FP

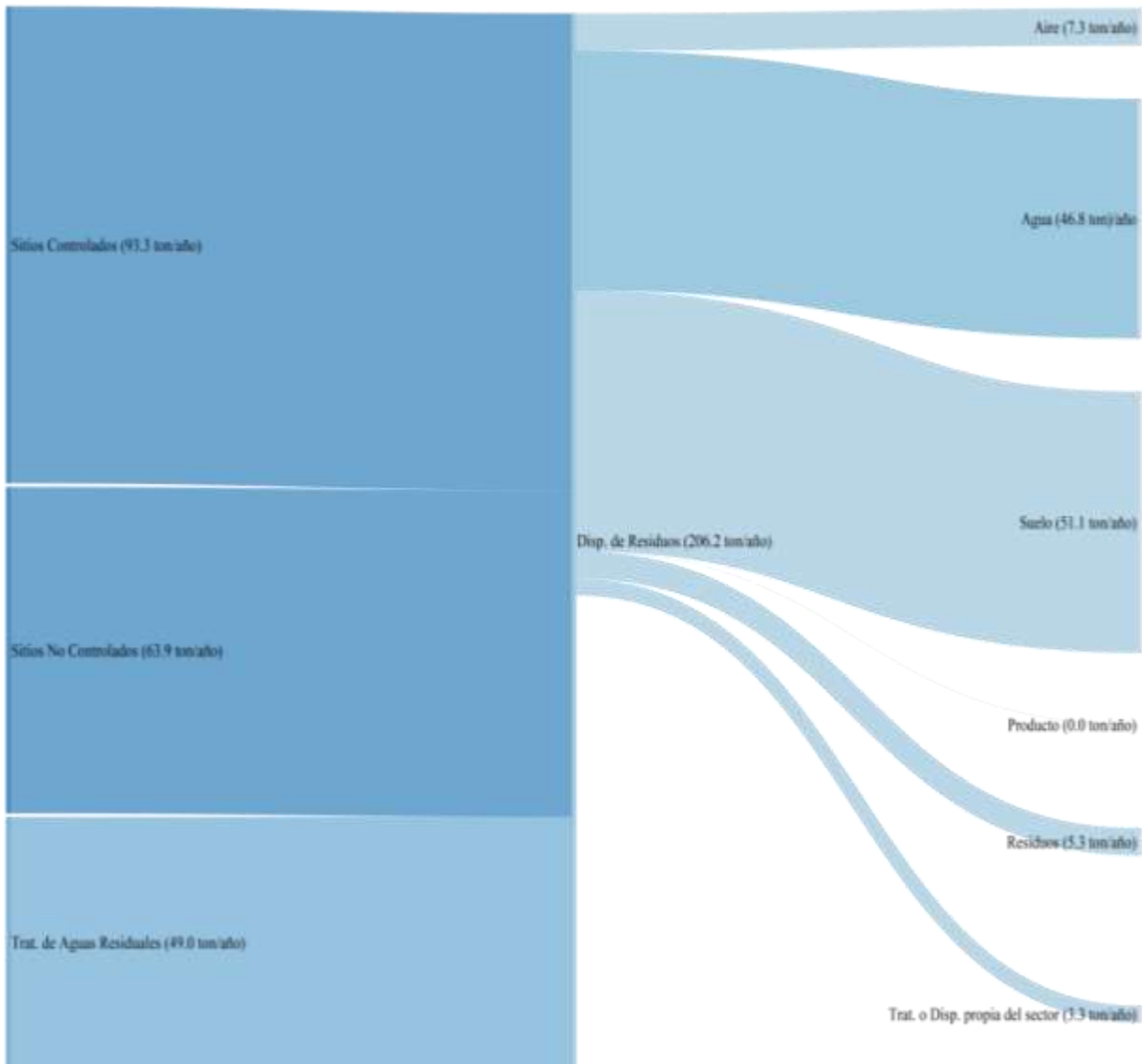
** Principal enfoque para el inventario. FP =Enfoque de fuente puntual. EG=Enfoque nacional/general.

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

La Figura 2.35 muestra las emisiones y liberaciones de mercurio de esa categoría, entra las cuales la subcategoría que representó la mayor cantidad de entrada de mercurio fue la disposición de residuos en sitios controlados con 93, 327 kg de mercurio en el año 2015.

Figura 2.35 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a la disposición de residuos. Rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales



2.11.1 Rellenos Sanitarios / Depósitos Controlados

De acuerdo con el Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación y monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial”, publicado el 4 de Agosto de 2015 en el Diario Oficial de la Federación, un relleno sanitario es una obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar los impactos ambientales, a través de la compactación y cobertura diaria de los residuos y de la infraestructura para el control del biogás y los lixiviados.

El mercurio liberado en rellenos sanitarios surge principalmente a partir de tres grupos:

- 1) El mercurio utilizado en productos desechados o residuos de procesos;
- 2) Impurezas naturales de mercurio en materiales a granel, por ejemplo: plástico y papel; y,
- 3) El mercurio como contaminante traza antropogénico en materiales a granel.

Con el paso del tiempo se liberan pequeñas cantidades de a través de las aguas de lixiviación y escurrimientos superficiales propios de los rellenos sanitarios y emisiones al aire debido a la evaporación del mercurio en los residuos (PNUMA, 2015).

Tasa de Actividad

En 2015, se estimó la existencia de 2,634 sitios de disposición final a nivel nacional, de los cuales 320 de ellos son reportados como rellenos sanitarios, mismos que reciben 18, 665,479 ton de residuos anualmente (INECC, 2017).

Factores de Entrada

Considerando la cantidad de residuos que son dispuestos anualmente en los rellenos sanitarios y la variedad de sus fuentes de origen, es difícil determinar un factor de entrada nacional que se ajuste a los procesos realizados y productos desechados con mercurio. Por ello, se empleó el valor medio de 5 g de mercurio/ton de residuos [PNUMA, 2015].

Factores de Distribución

Los factores de distribución utilizados se indican en la Tabla 2.92

Tabla 2.92 Factores de distribución de salida de mercurio en disposición de residuos en rellenos sanitarios

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales	0.01	0.0001				

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

El cálculo de la entrada de mercurio en la incineración de residuos médicos fue de 93,327 kg/año. Las emisiones de mercurio para esta subcategoría se muestran en la Tabla 2.93

Tabla 2.93 Emisiones de mercurio durante la disposición de residuos en rellenos sanitarios

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año) [min-máx.]	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)	
		Aire	Agua
93,327	Rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales	933	9

En este escenario no se presenta salida a suelo, productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.11.2 Disposición informal de residuos

La disposición informal de residuos se define aquí como aquel realizado bajo condiciones informales sin salvaguardas para minimizar las emisiones de contaminantes a los alrededores. Si el mercurio está presente en los desechos, representa un potencial de liberación de mercurio al suelo, aire, agua subterránea y aguas superficiales. Este método de eliminación de residuos puede suponer un riesgo inmediato para las comunidades locales en la que se lleva a cabo, porque el mercurio (y otros contaminantes) pueden causar la contaminación del agua subterránea local.

Tasa de actividad

Para 2015, se estimó que la mayor parte de los sitios de disposición final a nivel nacional son sitios que disponen informalmente de los residuos, siendo un total de 2314 sitios que disponen 12, 773, 526 ton de residuos anualmente (SEMARNAT, 2018).

Factor de Entrada

Se empleó el valor medio de 5 g de mercurio/ton de residuos (PNUMA, 2015).

Factores de Distribución

Los factores de distribución empleados se indican en la Tabla 2.94

Tabla 2.94 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio para la disposición informal de residuos

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Disposición Informal de residuos sólidos municipales	0.1	0.1	0.8			

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

El cálculo de la entrada de mercurio en la incineración de residuos médicos fue de 63,868 kg/año. Las emisiones de mercurio para esta subcategoría se muestran en la siguiente Tabla 2.95

Tabla 2.95 Emisiones de mercurio durante la disposición de residuos informales

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)		
		Aire	Agua	Suelo
63,868	Disposición informal de residuos sólidos municipales	6,387	6,387	51,094

En este escenario no se presenta salida a productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015.

De manera como se muestra en los resultados, la cantidad más alta liberada al ambiente en 2015 por la disposición de residuos de manera informal se presenta en suelo. A su vez, se da una emisión de 638 kg de mercurio/año al aire y una liberación menor de 6.38 kg de mercurio/año en agua.

Bibliografía:

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.11.2 Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

En México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) es el organismo encargado del manejo de recursos hídricos para el desarrollo de agua potable, alcantarillado, saneamiento, tratamiento y reutilización del agua.

En materia de aguas residuales, estas se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son generadas en las poblaciones y que son colectadas en el alcantarillado urbano y rural, mientras que las segundas son aquellas generadas por usos en la industria y el comercio, y que son vertidas, previo tratamiento o no, directamente a cuerpos de agua nacionales o bien, al sistema de alcantarillado (CONAGUA 2016a; 2016b).

De acuerdo al Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2015, y a la Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Edición 2016, del total del caudal tratado proveniente de aguas municipales e industriales, aproximadamente el 18% (1,072 millones de m³) fue sometido únicamente a procesos mecánicos o primarios como fosa séptica, tanque Imhoff, sedimentación y tratamiento primario avanzado. Por otro lado, el 82% restante de aguas residuales (4,964 millones de m³) fue tratado hasta los procesos secundarios y terciarios mediante el uso de lodos activados y otros procedimientos (CONAGUA, 2016a; 2016b; 2016c).

En este mismo año, con 5,309 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales en operación; CONAGUA reporta un caudal tratado de 3,813 millones de m³ proveniente de un total de 7,226 millones de m³ de aguas residuales municipales generadas. En el caso de aguas residuales industriales, del total de descarga de 6,768 millones de m³, 2,223 millones de m³ fueron tratados en plantas de tratamiento. En conjunto, el volumen de agua residual tratada fue de 6,037 millones de m³ al año (CONAGUA, 2016a).

Tabla 2.96 Caudal de aguas residuales, 2015.

Tipo de caudal	(millones de m ³ /año)				
	Agua Residual Generada	Agua Residual Tratada			Agua Residual No Tratada
		Procesos primarios (físicos o mecánicos)	Procesos secundarios y terciarios (químicos y/o biológicos)	Subtotal	
Municipales	7,226	200	3,613	3,813	3,413
Industriales	6,767	872	1,351	2,223	4,544
Total	13,993	1,072	4,964	6,036	7,957

Fuente: CONAGUA, 2016a; 2016b; 2016c

Tasa de actividad

Durante 2015, en México se generaron aproximadamente 13,993 millones de m³ de agua residual municipal e industrial (CONAGUA, 2016a.)

Factores de Entrada

Los niveles de mercurio en aguas residuales dependen directamente del consumo de productos, materiales con contenido de mercurio y el empleo que se le dé en la industria (PNUMA, 2015). Si bien el uso de productos como termómetros y amalgamas dentales, así como procesos industriales tal y como el de la producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio ha disminuido en el país, en México no se han aplicado programas institucionales intensivos de largo plazo para el manejo de residuos con mercurio.

No obstante, de acuerdo a la información reportada por CONAGUA, que se basó en la información del Sistema de Recepción de Análisis de Laboratorio (SIRALAB), el factor de entrada utilizado para el agua residual municipal fue de 3.025 µg de Hg/L y para el agua residual industrial de 4.018 µg de Hg/L.

Factores de Distribución

Con base en los tipos de tratamientos reportados (CONAGUA, 2016b), los factores de distribución utilizados pertenecen a los escenarios mostrados en la Tabla 2.97 (PNUMA, 2015).

Tabla 2.97 Factores de distribución por defecto de salida de mercurio a partir de las condiciones de tratamiento de aguas residuales

Escenarios de tratamiento	Factores de Distribución de mercurio empleados, porción de las entradas de Hg					
	Air e	Agua	Tierra	Productos	Desechos Generales	Sector Especifico de Tratamiento/ Disposición
Sin tratamiento; liberación directa de tuberías de caño		1.0				
Solo tratamiento primario o mecánico		0.9			0.1	
Tratamientos mecánicos, secundarios y terciarios sin aplicación de lodos al suelo		0.5			0.3	0.2

Fuente: PNUMA, 2015

Resultados y Discusión

Para la obtención de la Entrada total de mercurio en el agua residual generada, tanto de origen municipal como industrial, se consideraron los datos de factor de entrada para cada tipo de agua residual, las tasa de actividad sin tratamiento y los caudales generados de agua residual municipal e industrial. El cálculo estimado para la entrada total de mercurio en el agua residual generada se muestra en la Tabla 2.98.

Tabla 2.98 Cálculo de la entrada total de mercurio en el agua residual generada.

Tasa de actividad (millones de m ³ /año)	Factor de entrada (µg de Hg /L) [min-max]		Entrada total de Mercurio de Hg (kg de Hg /año)		
	Municipal	Industrial	Municipal	Industrial	Total [min-max]
13,993	3.025 [0.5-10]	4.018 [0.5-10]	21,858	27,192	49,050 [6,997-139,940]

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos otorgados por CONAGUA 2016a; 2016b; 2016c.

Para el cálculo de Emisiones y Liberaciones de mercurio por el tratamiento del agua residual, a partir de los datos del caudal tratado de agua residual municipal e industrial, por cada tipo de proceso, tratamiento primario o mecánico o bien, tratamientos mecánicos, secundarios y terciarios sin aplicación de lodos al suelo, y los datos del caudal no tratado, se consideraron los datos de factor de entrada para cada tipo de agua residual y las tasa de actividad para cada tipo de tratamiento. El cálculo estimado para las emisiones y liberaciones de mercurio en el tratamiento del agua residual se muestra en la Tabla 2.99

Tabla 2.99 Emisiones y liberaciones de mercurio en el tratamiento de aguas residuales

Escenario	Caudal (millones m ³ /año)	Emisiones y liberaciones de Mercurio (kg/año)					
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Desecho General	Sector Específico de Tratamiento /Disposición
AGUA RESIDUAL SIN TRATAMIENTO	7,957		28,583				
Agua Residual Municipal	3,413		10,324				
Agua Residual Industrial	4,544		18,259				
AGUA RESIDUAL TRATADA	6,036		11,877			5,318	3,272
a) Procesos primarios	1,072		3,697			410	
Agua Residual Municipal	200		544			60	
Agua Residual Industrial	872		3,153			350	
b) Procesos secundarios y terciarios	4,964		8,180			4,908	3,272
Agua Residual Municipal	3,613		5,465			3,279	2,186
Agua Residual Industrial	1,351		2,715			1,629	1,086
TOTAL	13,993		40,460			5,318	3,272
Subtotal Sector Municipal	7,226		16,333			3,339	2,186

Subtotal Sector Industrial	6,767		24,127			1,979	1,086
----------------------------	-------	--	--------	--	--	-------	-------

Fuente: Elaboración propia a partir de PNUMA, 2015 y datos otorgados por CONAGUA 2016a;

Considerando los factores de entrada para el agua residual municipal de 3.025 µg de Hg/L y para el agua residual industrial de 4.018 µg de Hg/L, derivado del caudal de agua residual generada de 13,993 millones de m³, anualmente la entrada es de 49,050 kg de Hg los cuales son susceptibles de permanecer en el agua. De esta totalidad, 21,858 kg de Hg (45%) proviene del aporte del agua residual generada de origen municipal y 27,192 kg de Hg (55%) del agua residual generada de origen industrial.

La cantidad que se libera derivado del caudal de 7,957 millones de m³ de agua residual que no recibe ningún tratamiento es de 28,583 Kg de Hg anualmente, es decir 58% del total de mercurio susceptible de permanecer en el agua residual se queda en ésta debido al nulo tratamiento del agua residual.

La cantidad que se libera derivado del caudal de 6,036 millones de m³ de agua residual que recibe tratamiento es de 11,877 Kg de Hg anualmente, es decir 24% del total de mercurio susceptible de permanecer en el agua residual se queda en ésta debido a la baja remoción en los procesos de tratamiento de aguas residuales para este contaminante.

La cantidad que se libera como “desecho general” derivado del caudal de 6,036 millones de m³ de agua residual que recibe tratamiento es de 5,318 Kg de Hg anualmente, es decir 11% del total de mercurio susceptible de permanecer en el agua residual se transfiere a desechos generales, siendo susceptible de permanecer como un residuo propio del tratamiento del agua residual que, si no se dispone adecuadamente puede reingresar al agua.

La cantidad que se libera como “sector específico de tratamiento/disposición” derivado del caudal de 6,036 millones de m³ de agua residual que recibe tratamiento es de 3,272 Kg de Hg anualmente, es decir 7% del total de mercurio susceptible de permanecer en el agua residual se transfiere a un residuo propio del tratamiento del agua residual.

Bibliografía:

CONAGUA. 2016a. *Estadísticas del Agua En México, Edición 2016*. (inf.) CONAUA, [En línea]. México. pp. 124-127. Disponible en: <http://201.116.60.25/publicaciones/EAM_2016.pdf>. Consultado en Abril 2017.

CONAGUA. 2016b. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Edición 2016*. [En línea]. Ciudad de México. pp. 70-85. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/184667/DSAPAS_2016_web_Parte1.pdf> Consultado en Junio 2017.

CONAGUA. 2016c Información enviada a la coordinación Inventario de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales e Industriales (PTAR's) 2015, Anexo 5.9.5 (doc.) Enviado en Diciembre 2016

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.12 Crematorios y Cementerios

Esta categoría está conformada por las fuentes de emisión y liberación de mercurio a partir de la práctica de incineración y entierro de cadáveres humanos.

Las actividades identificadas en esta categoría se muestran en la Tabla 2.100

Tabla 2.100 Fuentes de liberación y emisiones de mercurio que conforman a la categoría "Crematorios y cementerios"

Sub-categoría	Nombre de la fuente	Actividad de interés	Principales vías de liberación de Hg					**
			Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	
2.11.1	Crematorios	Liberaciones de mercurio por crematorios.	X				x	EG
2.11.2	Cementerios	Liberaciones de mercurio por cementerios.			X			EG

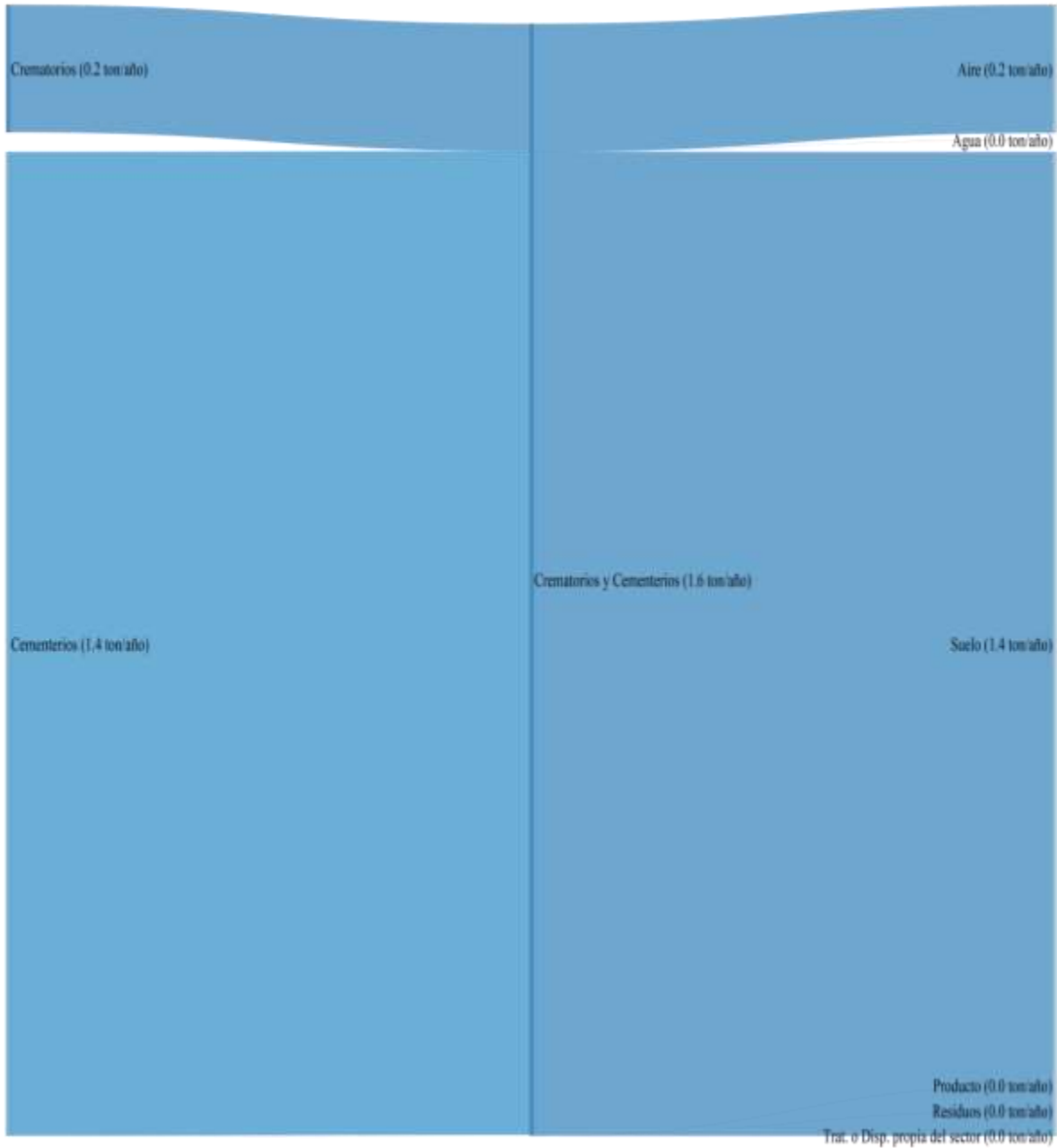
** Principal enfoque para el inventario. EG=Enfoque nacional/general.

X =Vías de liberación que se esperan sean dominantes en la subcategoría

x = Otras vías de liberación a ser consideradas en función de la situación nacional y la fuente específica

La Figura 2.36 indica las emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a cementerios y crematorios, de estas dos subcategorías la principal entrada de mercurio fue debida a la cremación de los cuerpos con 1,451 kg de mercurio en el año 2015.

Figura 2.36 Emisiones y liberaciones de mercurio correspondientes a cementerios y crematorios



2.12.1 Crematorios

La cremación es un proceso de incineración de cadáveres humanos llevado a cabo en hornos especiales regulados por el gobierno, que alcanzan hasta 950°C generando emisiones de CO, CO₂, NO_x y partículas suspendidas totales principalmente, así como la liberación de mercurio en pequeñas cantidades en tejidos del cuerpo o en mayor cantidad en casos donde el cadáver contenga amalgamas dentales. Estos hornos utilizan combustibles fósiles como el gas natural y se utilizan en mayor cantidad en zonas urbanas. La cremación está considerada como una fuente fija de emisión a la atmósfera de partículas sólidas por lo que tienen su regulación nacional en la NOM-043-SEMARNAT-1993. Se calcula que el 11.5% de los cadáveres se

envían a incineración (IMSS, 2017). En 2015 se reportaron 655,688 defunciones (INEGI, 2015). Por lo tanto, se estima que para este año 75,404 cadáveres fueron incinerados.

Tasa de Actividad

La tasa de actividad para esta subcategoría es de 75,404 cuerpos incinerados en 2015.

Factor de Entrada

Como factor de entrada se empleó la cantidad de 2.5 g de mercurio / cadáver (PNUMA, 2015)

Factores de Distribución

Los factores de distribución para crematorios se muestran en la Tabla 2.101

Tabla 2.101 Factores de distribución de salida de mercurio en crematorios

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Cremación	1					

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

El total de la entrada de mercurio para 2015 por la cremación de cuerpos fue de 188.5 kg de mercurio. Dicha cantidad es emitida en su totalidad a la atmosfera (Tabla 2.102).

Tabla 2.102 Emisiones y liberaciones de mercurio por crematorios

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)
		Aire
189	Cremación	189

En este escenario no se presenta salida a agua, suelo, productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015 y datos obtenidos de INEGI, 2015.

Bibliografía:

IMSS, 2017. Información enviada a la Coordinación del proyecto. Información de velatorios del IMSS perteneciente a la Coordinación de Centros Vacacionales, Velatorios, Unidad de

Congresos y Tiendas del IMSS (doc.). Oficio 09521761/H000/2017/067 enviado el 6 de Septiembre de 2016.

INEGI. 2015. Información sobre el volumen de las defunciones registradas en el país, así como algunas características por edad y sexo de los fallecidos y las principales causas que originan los decesos. [En línea] México, Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mortalidad/>> Consultado en : Agosto 2017.

NAEDF-003-AIRE-2016 Que establece los límites máximos permisibles de emisiones a la atmósfera que deberán cumplir los responsables de las fuentes emisoras ubicadas en la ciudad de México, que realicen la actividad de cremación de cadáveres humanos, de restos humanos áridos, o la incineración de cadáveres de animales. [En línea]. México: Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2017. Disponible en: <http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/proyectos-normas/NAEDF_003_Aire_2016.pdf>, Consultado en: Agosto, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.12.2 Cementerios

Un cementerio es un espacio físico donde se lleva a cabo el procedimiento mediante el cual se da disposición final a cadáveres, restos humanos y restos humanos cremados (Comisiones Unidas de Uso y Aprovechamiento de Bienes y Servicios Públicos y de Administración Pública Local, 2015). Los establecimientos destinados a este uso deben estar regulados por las autoridades competentes. Al igual que en la cremación, la principal fuente de mercurio en los cuerpos proviene de las amalgamas dentales, con la diferencia que en este caso la liberación se da principalmente al suelo. Se calcula que en México el 88.5% de los cadáveres son enterrados (IMSS, 2017). En 2015 se reportaron 655,688 defunciones (INEGI, 2015). Por lo tanto, 580,283 cadáveres son dispuestos en cementerios.

Tasa de Actividad

La tasa de actividad para esta subcategoría es de 580, 283 cadáveres en cementerios

Factor de Entrada

Como factor de entrada se empleó la cantidad de 2.5 g de mercurio / cadáver (PNUMA, 2015):

Factores de Distribución

Los factores de distribución para cementerios se muestran en la Tabla 2.103

Tabla 2.103 Factores de distribución de salida de mercurio en cementerios

Escenario	Factores de distribución, porción de las entradas de mercurio					
	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos Generales	Tratamiento/ Disposición por sector
Entierros			1			

Fuente: PNUMA, 2015.

Resultados y Discusión

El estimado de entrada de mercurio en 2015 por cuerpos enterrados en cementerios fue de 1,450 kg de mercurio. Esta cantidad en su totalidad es liberada al suelo por suponerse del medio donde se sepultan los cuerpos (Tabla 2.104).

Tabla 2.104 Entrada de mercurio por cementerios

Entrada de mercurio por escenario (kg Hg/año)	Escenario de salida	Distribución de salida de mercurio, (kg/año)
		Suelo
1,451	Entierros	1,451

En este escenario no se presenta salida a aire, agua, productos, residuos generales, tratamiento o disposición del sector. Fuente: PNUMA, 2015 y datos obtenidos de INEGI, 2015.

Debido al número menor de cadáveres enterrados en 2004 (347,121), en comparación con 2015, la liberación total de mercurio al suelo en 2004 por el entierro de cadáveres fue menor en un 50% aproximadamente (694 kg/año).

Bibliografía:

INEGI. 2015. Información sobre el volumen de las defunciones registradas en el país, así como algunas características por edad y sexo de los fallecidos y las principales causas que originan los decesos. [En línea] México, Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mortalidad/>> Consultado en : Agosto 2017.

Ley del servicio público de cementerios del Distrito Federal [En línea]. México: Gaceta Oficial de la Ciudad de México, 2017. Disponible en: <<http://www.aldf.gob.mx/archivo-49a33de42a8098a37f7a5e39093661e9.pdf>>, Consultado en: Agosto, 2017.

PNUMA. 2015. Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, Informe de referencia y guía para la elaboración de inventario nivel 2, Versión 1.3, Abril 2015 (Doc. Tec.), Productos químicos, PNUMA. Ginebra, Suiza. Versión Ingles.

2.13 Identificación de Sitios contaminados

Los sitios contaminados resultan de un rango de prácticas antropogénicas incluyendo la actividad industrial, minería y disposición de residuos. El principal interés en identificar los sitios contaminados es el potencial de proteger la salud humana y el ambiente. Los sitios contaminados podrían ser impactados por una sola sustancia o una mezcla de químicos y metales dependiendo de la fuente de contaminación.

En México con la entrada en vigor de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPIR), su Reglamento y la más reciente Ley Federal de Responsabilidad Ambiental (LFRA) han quedado plasmadas en el marco jurídico vigente en materia de remediación de sitios contaminados diversas vías para atender los sitios contaminados que por sus riesgos al ambiente o a la salud resulta prioritaria su atención.

En México actualmente se cuenta con información de “sitios contaminados” y “sitios potencialmente contaminados” para los cuales se ha realizado una estimación preliminar de riesgos y de acuerdo con ello se ha establecido que son prioritarios. La estrategia nacional general para la identificación de sitios contaminados es la siguiente:

Sitios para los cuales no se cuenta con información.

Sitios para los cuales se cuenta con información relacionada con procedimientos de PROFEPA.

Sitios para los cuales SEMARNAT cuenta con alguna información (por ejemplo: estudios o muestreos).

Sitios en gestión para su remediación (cuentan con un programa de remediación).

En México se han realizado trabajos para la identificación de sitios contaminados entre 2007 y 2011, registrándose 634 sitios potencialmente contaminados en las 32 entidades federativas. Para este proceso se cuenta con la modificación del Sistema Informático de Sitios Contaminados (SISCO). Con dicho Sistema, de 2013-2017 se han registrado 1207 sitios contaminados en México.

A la fecha se han identificado 8 sitios contaminados con mercurio que se pueden observar en la Tabla 2.105; sin embargo, se conoce que cualquier lugar donde se lleve a cabo la minería artesanal de oro y plata con amalgamación de mercurio, obtención de mercurio de forma artesanal, jales de mercurio, plantas industriales donde utilicen mercurio y los rellenos sanitarios son potenciales sitios contaminados con mercurio.

Los sitios contaminados con mercurio son una fuente significativa de contaminación antropogénica. Las propiedades físico-químicas del mercurio le permiten entrar en una fase de vapor a temperatura ambiente (con una presión de vapor a temperatura ambiente de 0.002 mm mercurio) y escapar a la atmósfera, donde este se podría depositar en el ambiente acuático muy lejos de la fuente de exposición (Rom 1992). El mercurio presente en sitios contaminados podría impactar directamente en el ambiente local y por medio de los lavados durante la lluvia, podría infiltrarse en cuerpos de agua debajo del suelo, el cual eventualmente será llevado al ambiente acuático donde ocurrirá la metilación del mercurio. Los sitios

contaminados pueden representar un serio problema de salud a las comunidades locales por medio de la inhalación directa del vapor y polvo contaminado, la exposición a través de la piel y la contaminación de las fuentes de alimentación por eso es necesario identificarlo y en medida de lo posible remediarlos. Para todo lo cual habría que considerar las diferentes especies del metal (metálico, inorgánico u orgánico).

Tabla 2.105 Identificación de sitios contaminados con mercurio en México

Nombre del sitio	Ubicación	Fuente original de mercurio	Breve descripción	Referencias
Camargo	Sierra Gorda, Querétaro	Minería primaria de mercurio	100% de los mineros con valores urinarios de mercurio por arriba de la guía ocupacional (23 ppm).	UASLP
Plazuela	Sierra Gorda, Querétaro	Minería primaria de mercurio	En esta zona se detectaron niveles de mercurio hasta de 33,589.0 mg/kg siendo la referencia 23 mg/kg	UASLP
Llano de San Francisco	Sierra Gorda Querétaro	Minería artesanal de mercurio en traspatis	Se encontraron concentraciones de mercurio en suelo de 13,945 mg/kg siendo la referencia de 23 mg/kg	UASLP
La Tapona	Municipio de Villa Hidalgo San Luis Potosí	Minería artesanal de mercurio en traspatis	Se encontró en los suelos residenciales hasta 138 mg de mercurio por kg siendo la norma 23 mg/kg	UASLP
Nuevo Mercurio	San Felipe Nuevo Mercurio, Zacatecas	Jales de mercurio y minería artesanal	11 de 35 niños presentaron niveles superiores en orina a la referencia de 5 ng/mL, el mayor 32.2 ng/mL	UASLP
Cedral	Cedral, Zacatecas	Jales y beneficio de mercurio	En los jales se detectaron hasta 181.08 ppm siendo la referencia de 23 ppm	UASLP

Coatzacoalcos	Coatzacoalcos, Veracruz	Planta de cloro-sosa	Se detectaron altos niveles en el cabello de los pobladores de la zona en comparación a la dosis de referencia de la EPA de 1 ppm	IPEN, 2013
Monterrey	Monterrey, Nuevo León	Planta de cloro-sosa	Presencia de mercurio elemental en múltiples tuberías de drenaje	CYDSA,IQUISA

2.14 Impactos del mercurio en la salud humana y en el ambiente

El mercurio es un elemento que se encuentra naturalmente en el planeta debido a que existen múltiples reservorios de este metal alrededor del mundo, de los cuales pasa a la atmósfera a través de procesos naturales como la actividad volcánica y geológica (Selin, 2009); sin embargo, actividades humanas, tales como: la quema de combustibles fósiles, la minería y la fundición, además de la incineración de residuos sólidos, han provocado la movilización de cantidades elevadas de mercurio a la atmósfera, al océano y a los sistemas terrestres (Zhang, Jaeglé, & Thompson, 2014).

En el ambiente, el mercurio puede presentarse en tres especies químicas, como mercurio metálico, mercurio inorgánico o como mercurio orgánico. El mercurio metálico es la forma elemental o pura del mercurio; es líquido a temperatura ambiente y de color plateado. Otra característica de esta especie de mercurio es su volatilidad. Se ha demostrado que la liberación de mercurio a la atmósfera varía proporcionalmente con la temperatura, por lo que a elevadas temperaturas, mayor es la volatilidad de este metal.

Un estudio realizado por Aucott y colaboradores mostró que en un rango de temperatura de 5-30 °C, aproximadamente entre el 17 y 40% del mercurio contenido en un tubo fluorescente roto se volatiliza en un periodo de dos semanas (Aucott, McLinden, & Winka, 2004). En los minerales el mercurio está como compuesto inorgánico, siendo el cinabrio el mineral con mayor contenido de mercurio en forma de sulfuro mercúrico (HgS). Entre los compuestos de mercurio orgánico, el de mayor preocupación es el metilmercurio, el cual es producido en el ambiente por microorganismos (bacterias y hongos), más que por actividad humana (ATSDR, 1999).

El ciclo natural biogeoquímico del mercurio involucra principalmente tres procesos: el transporte atmosférico, la deposición en el suelo y en el océano, y la revolatilización (Selin, 2009). Una vez que el mercurio es liberado al medio ambiente, este circula por el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas, ya que existe una alta interrelación

entre todos ellos (García Herruzo, García Rubio, Gómez Lahoz, Vereda Alonso, & Rodríguez Maroto, 2010).

Los vapores de mercurio (Hg^0) en la atmósfera están sujetos a un transporte de largo alcance. El Hg^0 es ligeramente soluble en agua (0.056 mg/L a 25 °C) (ATSDR, 1999), por lo tanto una pequeña fracción de vapores de Hg^0 puede ser lavado de la atmósfera durante eventos de precipitación. El destino más probable del Hg^0 es la oxidación eventual a Hg^{2+} por la reacción con oxidantes atmosféricos tales como: oxígeno, ozono y cloro; una vez que el Hg^0 es convertido a Hg^{2+} , el mercurio es mucho más soluble y propenso a ser lavado de la atmósfera con la precipitación, este fenómeno es llamado *deposición húmeda* y es el principal medio de entrada del mercurio al ambiente. Una pequeña cantidad de mercurio puede adherirse a partículas finas en la atmósfera y caer sin eventos de precipitación, a lo que se le denomina *deposición seca* (Gochfeld, 2003).

El mercurio depositado en suelos (sistemas terrestres) o sedimentos (sistemas acuáticos) es predominantemente Hg^{2+} . El Hg^{2+} es capaz de cambiar a otra especie química, se puede reducir a Hg^0 , el cual entonces se volatiliza a la atmósfera; o convertirse en metilmercurio (MeHg) por acción de las bacterias u otros microorganismos, así como por procesos naturales (Figura 1) (Selin, 2009). La metilación generalmente es mediada por cepas de bacterias reductoras de sulfato y hierro (Selin, 2009). El metilmercurio es el compuesto orgánico de mercurio más tóxico para los humanos y el medio ambiente debido a su capacidad para acumularse en la cadena trófica (bioacumulación) y biomagnificarse (UNEP, 2013).

Algunos modelos recientes del ciclo del mercurio en el ambiente sugieren que las fuentes y procesos naturales contribuyen con cerca de un 10% a la cantidad total actualmente estimada de 5 500-8 900 t de mercurio emitidas y re-emitidas a la atmósfera. Las fuentes antropogénicas de emisiones de mercurio aportan alrededor del 30% del mercurio que entra a la atmósfera cada año. Además de las fuentes naturales y antropogénicas, también se reconoce a la re-emisión y re-movilización como una tercera fuente de mercurio. La re-emisión y la re-movilización constituyen aproximadamente el 60% restante de las emisiones de mercurio al aire (UNEP, 2013).

Las emisiones de mercurio se movilizan a nivel global (UNEP, 2013), esto ha determinado que el mercurio se encuentre prácticamente en todas las partes del mundo, incluso en aquellas en las que no existen fuentes emisoras, como el Ártico (García Herruzo, García Rubio, Gómez Lahoz, Vereda Alonso, & Rodríguez Maroto, 2010).

2.14.1 Toxicocinética

El tipo de mercurio es un factor importante en la toxicocinética de este metal. El mercurio elemental ingresa al organismo principalmente en estado gaseoso, a través de la inhalación; mediante esta vía es absorbido aproximadamente un 80-85% en los pulmones (Holmes, James, & Levy, 2009). Existen otras vías como la ingestión y la dérmica, por las cuales menos del 1% del mercurio elemental es absorbido en el sistema digestivo y en piel, respectivamente (Counter & Buchanan, 2004). Una vez dentro, el mercurio elemental es distribuido en todo el cuerpo, siendo capaz de atravesar las barreras hematoencefálica y placentaria, así como de almacenarse en el cerebro y los riñones (AGC, 2014). El mercurio elemental se oxida intracelularmente por acción de la enzima catalasa y el peróxido de hidrógeno a mercurio inorgánico (Hg^{2+}) (Holmes, James, & Levy, 2009). Parte del mercurio elemental es excretado en sudor y saliva (Lyn Patrick, 2002), y como Hg^{2+} en orina y heces (Counter & Buchanan, 2004). Asimismo, pequeñas cantidades de mercurio elemental pueden ser eliminadas en el aire exhalado (Holmes, James, & Levy, 2009). El mercurio elemental presenta un perfil de eliminación bifásico; la primera fase tiene un tiempo de vida media de 2-4 días, y la segunda fase de 15-30 días (AGC, 2014).

El mercurio inorgánico se puede formar por el metabolismo de los vapores de mercurio elemental (oxidación biológica del mercurio elemental) o por el metabolismo del metilmercurio (desmetilación del metilmercurio por actividad de la microflora intestinal) (Lyn Patrick, 2002). La vía de exposición a mercurio inorgánico más reconocida es la ingesta, cuando es así, generalmente entre 2 y 38% del mercurio inorgánico es absorbido en el tracto gastrointestinal (Holmes, James, & Levy, 2009). Otras vías de entrada del mercurio inorgánico son la dérmica y la inhalatoria, son inciertas las cantidades absorbidas por estas vías (Holmes, James, & Levy, 2009), aunque se sabe que sólo se absorben pequeñas cantidades (Counter & Buchanan, 2004). El mercurio inorgánico normalmente no atraviesa la placenta o la barrera hematoencefálica; sin embargo, se puede encontrar en el cerebro de los neonatos, debido a la ausencia de una barrera hematoencefálica completamente formada (Counter & Buchanan, 2004). Está documentado que el mercurio inorgánico se une a la metalotioneína e induce su biosíntesis (Lyn Patrick, 2002); es por ello que el mercurio inorgánico se puede acumular en los riñones (Syversen & Kaur, 2012). También, el mercurio inorgánico forma complejos con el glutatión en el hígado y es secretado en la bilis como un complejo cisteína-mercurio o glutatión-mercurio (Lyn Patrick, 2002). La principal vía de excreción del mercurio inorgánico es la orina, pero también puede ser eliminado en bilis y heces, además de aire exhalado, cabello, sudor, leche materna y saliva (Holmes, James, & Levy, 2009). El tiempo de vida media de eliminación del mercurio inorgánico es de aproximadamente 1-2 meses (dependiendo del compuesto) (Holmes, James, & Levy, 2009).

El mercurio orgánico es considerado la especie de mercurio más tóxica, y la forma más frecuente de exposición a mercurio. El metilmercurio es el compuesto de mercurio orgánico más común, ingresa al organismo principalmente a través de la ingesta, por esta vía alrededor del 95% del metilmercurio es absorbido en el tracto gastrointestinal. La fuente de metilmercurio más conocida es el pescado contaminado. Los compuestos de mercurio

orgánico se evaporan a temperatura ambiente y pueden ingresar al cuerpo si se respiran, mediante esta vía el 100% de los compuestos de mercurio orgánico son absorbidos en los pulmones (Lyn Patrick, 2002). Solo bajas cantidades de metilmercurio pasan a la sangre directamente a través de la piel, pero otros compuestos de mercurio orgánico, por ejemplo el dimetilmercurio, pueden entrar al organismo a través de la piel. Ya que ingresa el metilmercurio al cuerpo, este se mueve fácilmente a la mayoría de los tejidos, y rápidamente pasa al cerebro. En mujeres embarazadas el metilmercurio es capaz de atravesar la placenta y llegar al cerebro y otros tejidos del bebé, también este compuesto pasará a la leche materna. El metilmercurio, al igual que el mercurio elemental se metaboliza a mercurio inorgánico, cuando esto sucede puede ser almacenado durante un largo periodo de tiempo (ATSDR, 1999). Una porción de metilmercurio es eliminado en la bilis (90%), las heces, el cabello, y en la orina (10%) (Lyn Patrick, 2002), siendo el tiempo de vida media de eliminación de 45-70 días (AGC, 2014).

2.14.2 Toxicidad

Las manifestaciones clínicas descritas para la exposición a las tres formas en las que se puede presentar el mercurio son diferentes debido a que se ven afectados distintos sistemas, principalmente el sistema nervioso central. A continuación se mencionan los síntomas más relevantes que se presentan por la exposición a las tres especies de mercurio.

Mercurio elemental:

Los vapores de mercurio elemental cuando son inhalados primeramente producen efectos a nivel de los pulmones. Posteriormente, algunos de los síntomas que se presentan son: temblores, cambios emocionales, insomnio, cambios neuromusculares, dolores de cabeza, alteración en las sensaciones, cambios en las respuestas nerviosas, y déficit en la función cognitiva. La exposición a altas concentraciones de mercurio metálico además produce efectos en los riñones, e incluso la muerte (EPA, 2014).

Mercurio inorgánico:

La exposición a concentraciones elevadas de compuestos de mercurio inorgánico puede provocar daño en el tracto gastrointestinal, el sistema nervioso y los riñones. Los síntomas incluyen: erupciones en la piel y dermatitis, cambios de humor, pérdida de memoria, alteración mental y debilidad muscular (EPA, 2014).

Mercurio orgánico:

La exposición a metilmercurio puede resultar de la ingesta de pescados y mariscos contaminados con este compuesto. El metilmercurio es capaz de atravesar la placenta, por lo que los niños se ven afectados desde la etapa gestacional, siendo el principal efecto: daño en el desarrollo neurológico (enfermedad de Minamata). En los niños expuestos a metilmercurio se han observado impactos sobre el desarrollo cognitivo, memoria, atención, lenguaje, y

habilidades finas espaciales, visuales y motoras. Adicional a lo mencionado anteriormente, se pueden observar algunos de los siguientes síntomas: daño en la visión periférica, alteración en las sensaciones, falta de coordinación de los movimientos, discapacidad para hablar, escuchar o caminar, y debilidad muscular (EPA, 2014). El principal sistema afectado por el metilmercurio es el sistema nervioso central, aunque otros como los sistemas urinario e inmune también se ven comprometidos.

Las manifestaciones clínicas debido a la exposición a cada especie de mercurio van a variar de acuerdo con la edad, así como con otros factores, tales como: dosis de exposición, tiempo de exposición y ruta de exposición. Sin embargo, existen sectores de la población más vulnerables tal como los niños y las mujeres embarazadas.

Bibliografía:

AGC. (2014). *Health Issues in Artisanal and Small-Scale Gold Mining. Training for Health Professionals. Version 1.0*. Recuperado el 7 de Octubre de 2015, de Artisanal Gold Council:

http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/ASGM/Health_Training_Oct2014_version1.0_eng_lowQ.pdf

ATSDR. (Marzo de 1999). *Toxicological Profile for Mercury*. Recuperado el 19 de Enero de 2015, de <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.pdf>

AUCOTT, M., McLinden, M., & Winka, M. (February de 2004). *Release of Mercury From Broken Fluorescent Bulbs*. Recuperado el 02 de Febrero de 2016, de Environmental Assessment and Risk Analysis Element. Research Project Summary: <http://www.state.nj.us/dep/dsr/research/mercury-bulbs.pdf>

COUNTER, S., & Buchanan, L. (2004). Mercury exposure in children: a review. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 209-230.

EPA. (29 de Diciembre de 2014). *Mercury. Health Effects*. Recuperado el 19 de Enero de 2015, de <http://www.epa.gov/mercury/effects.htm>

GARCÍA Herruzo, F., García Rubio, A., Gómez Lahoz, C., Vereda Alonso, C., & Rodríguez Maroto, J. (2010). El mercurio: situación actual, problemas y soluciones. *Ingeniería Química*, 84-91.

Capítulo 3 Política, regulación y evaluación del marco institucional

3.1 Capacidad e infraestructura institucional

La capacidad e infraestructura institucional para el manejo y monitoreo del mercurio en México se encuentra distribuida entre diferentes autoridades, sin embargo, la participación y las fortalezas de cada una de ellas varía debido a sus facultades específicas en la materia:

- **Secretaría de Economía:**
 - o Personal actualmente encargado de otorgar y cancelar autorización para extracción primaria de mercurio.
 - o Personal actualmente encargado de emitir restricciones no arancelarias para la importación y exportación de mercancía.
 - o Elementos técnicos, legales y materiales con los que cuenta el personal encargado de estas actividades.
- **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales:**
 - o Personal actualmente encargado de autorizar en materia ambiental las importaciones y exportaciones de mercurio y compuestos.
 - o Personal encargado de autorizar en materia de Evaluación de Impacto Ambiental la exploración, explotación y beneficio de minerales.
 - o Personal encargado de aplicar medidas ambientales para la exploración, explotación y beneficio de minerales.
 - o Personal encargado del control y reducción de la contaminación atmosférica y la elaboración de inventarios de fuentes y emisiones.
 - o Personal encargado del manejo de sustancias y materiales peligrosos y residuos peligrosos.
 - o Personal encargado del control y reducción de la contaminación del suelo y la identificación y remediación de sitios contaminados.
 - o Personal encargado de identificación y remediación de cuerpos de agua contaminados.
 - o Elementos técnicos, legales y materiales con los que cuenta el personal encargado de estas actividades.
- **Secretaría de Salud:**
 - o Personal encargado de identificar y proteger población en riesgo.

- o Personal encargado de elaborar programas de prevención y educación respecto de impactos en salud.

- o Personal encargado de que existan servicios adecuados para prevención y tratamiento de impactos en salud derivados de exposición a elementos como el mercurio.

- o Elementos técnicos, legales y materiales con los que cuenta el personal encargado de estas actividades.

- **Secretaría de Hacienda y Crédito Público**

- o Personal encargado de hacer revisión aduanera de restricciones no arancelarias para la importación y exportación de elementos como mercurio, sus compuestos y productos con mercurio añadido.

- o Elementos técnicos, legales y materiales con los que cuenta el personal encargado de estas actividades.

3.2. Marco regulatorio del mercurio hacia el Convenio de Minamata

El marco regulatorio del mercurio en México impacta tanto al sector gubernamental, como al productivo. Por un lado, considera algunas disposiciones vigentes actualmente y se prevé que en el futuro cercano deban ser modificadas algunas disposiciones específicas para fundamentar las acciones de las autoridades correspondientes, así como permitir la realización de las actividades encaminadas hacia el cumplimiento del Convenio. Por otro lado, impacta la esfera de actuación, en cuanto a lo que pueden o no hacer los sectores productivos relacionados con la minería primaria de mercurio, laminaria de oro, la elaboración, importación, exportación y uso de productos con mercurio añadido, y los procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos. Sin embargo, siendo temprano en el proceso y debido a que no existían todavía propuestas específicas ni consensuadas para estas modificaciones legales, con el fin de no generar confusión dentro del sector productivo, se ha decidido que por el momento esta consulta se realice exclusivamente a nivel exploratorio entre los diversos actores de distintos sectores del gobierno federal.

- **Secretaría de Economía**

- o Fundamento actual para la implementación de su rol conforme al
- o Convenio de Minamata.
- o Requerimientos legales adicionales para la implementación del
- o Convenio de Minamata en cuanto a las atribuciones y funciones de la
- o Secretaría:
- o No expedición de nuevas autorizaciones para la extracción
- o primaria de Mercurio.
- o Cancelación de autorizaciones para la extracción primaria de
- o mercurio otorgadas previo a la entrada en vigor del Convenio.
- o Regulación de importación y exportación de mercurio,
- o compuestos y productos con mercurio añadido a través de

- o restricciones no arancelarias relativas a salud y medio ambiente.
- **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**
 - o Fundamento actual para la implementación de su rol conforme al Convenio de Minamata.
 - o Requerimientos legales adicionales para la implementación del Convenio de Minamata en cuanto a las atribuciones y funciones de la Secretaría:
 - ❖ Autorización en materia de medio ambiente para la importación y exportación de mercurio y compuestos.
 - ❖ Autorización y cancelación de autorizaciones en materia de
 - ❖ Evaluación de Impacto Ambiental de las actividades mineras.
 - ❖ Aplicación de medidas para reducir o eliminar el uso de mercurio y compuestos de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala para no generar efectos negativos en el equilibrio ecológico y el medio ambiente.
 - ❖ Control y reducción de emisiones y liberaciones de mercurio, así como la realización del inventario correspondiente.
 - ❖ Aplicación de medidas para el almacenamiento y disposición final adecuado de mercurio y residuos contaminados con mercurio.
 - ❖ Identificación y remediación de sitios contaminados con mercurio.
 - ❖ Identificación y remediación de cuerpos de agua contaminados con mercurio.
- **Secretaría de Salud**
 - o Fundamento actual para la implementación de su rol conforme al Convenio de Minamata.
 - o Requerimientos legales adicionales para la implementación del Convenio de Minamata en cuanto a las atribuciones y funciones de la Secretaría:
 - ❖ Identificación y protección de población en riesgo por exposición a mercurio.
 - ❖ Elaboración de programas de prevención y educación respecto de impactos en salud.
 - ❖ Asegurar la existencia de servicios adecuados para prevención y tratamiento de impactos en salud derivados de exposición a elementos como el mercurio.
- **Secretaría de Hacienda y Crédito Público**
 - o Fundamento actual para la implementación de su rol conforme al Convenio de Minamata.
 - o Requerimientos legales adicionales para la implementación del Convenio de Minamata en cuanto a las atribuciones y funciones de la Secretaría:
 - ❖ Revisión aduanera de restricciones no arancelarias para la importación y exportación de elementos como mercurio, sus compuestos y productos con mercurio añadido.

Considerando las etapas del ciclo de vida del mercurio y de las autoridades que participan en cada una de ellas, encontramos que durante el suministro de mercurio, proveniente de producción primaria y de importaciones, las autoridades que se ha identificado en secciones anteriores que tienen injerencia directa durante esta etapa son la Secretaría de Economía, la SEMARNAT y la SHCP. En la etapa de uso, tanto en productos con mercurio añadido como en procesos que utilizan mercurio o compuestos de mercurio y en la extracción artesanal de oro, se identifica la participación de la Secretaría de Economía, la SEMARNAT, la Secretaría de Salud, y la SHCP. Mientras que en la etapa de destino, que incluye, entre otros temas, a las emisiones y liberaciones, la disposición final y las exportaciones de mercurio o productos con mercurio, son los principales actores la SEMARNAT y la Secretaría de Salud.

Respecto de la infraestructura actual, de acuerdo con las obligaciones y compromisos adquiridos que será necesario atender en cuanto el Convenio entre en vigor, no se considera necesaria la creación de nuevos organismos ni dependencias. Esto implica que, con la infraestructura de las instituciones existentes en México, es suficiente para atender los diversos temas y actividades que se desarrollarán en el marco del Convenio.

Sin embargo, en cuanto a capacidad, se identifica que las áreas de las diversas dependencias que tienen o tendrían las funciones que les permitirían dar cumplimiento a las obligaciones contraídas, tienen en algunos casos saturada la agenda con los temas que ya actualmente atienden. Este no es el caso de las áreas que deben llevar a cabo trámites administrativos, puesto que son cuestiones que ya realizan actualmente o cuestiones que deberán realizar una única vez, como emitir acuerdos, etc. Es el caso pues de actividades intensivas en tiempo y recursos, y que además son recurrentes o periódicas, como la elaboración de inventarios de emisiones y liberaciones, por ejemplo. En estos casos será necesario un análisis más específico para determinar los requerimientos y necesidades de las áreas específicas con respecto a las obligaciones específicas que en su caso estarían llevando a cabo.

3.3 Marco regulatorio del mercurio hacia el cumplimiento del Convenio de Minamata

Cuando dos o más países comparten intereses comunes, sostienen negociaciones y generan tratados o acuerdos internacionales que quedan establecidos por escrito y son regidos por el Derecho Internacional³. En particular, la característica de los Convenios, como el Convenio de Minamata, es que crean, modifican, transfieren o extinguen obligaciones para las partes que lo firman y ratifican.

³ Cfr. Convención de Viena sobre el derecho de los tratados, U.N. Doc A/CONF.39/27 (1969), 1155 U.N.T.S. 331, entered into force January 27, 1980, disponible en http://www.oas.org/xxivga/spanish/reference_docs/Convencion_Viena.pdf.

En el caso de México, el artículo 133 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece la supremacía de la Constitución y determina que:

"Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los Tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la Ley Suprema de toda la Unión. Los jueces de cada Estado se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las Constituciones o leyes de los Estados."

Más aún, el criterio más reciente de la Suprema Corte de Justicia de la Nación y que data de 1999 considera que, una vez que se ha firmado y ratificado un convenio, al entrar en vigor el texto del mismo se entiende que sus disposiciones cuentan con un nivel jerárquico inferior al de la Constitución, pero superior al de las disposiciones contenidas en las leyes federales⁴. Por tanto, esta interpretación de la Corte indica que su decisión se inclina hacia un mayor peso a un tratado internacional, en caso de existir contraposición con alguna ley federal o local.

Entonces, todo esto implica que al entrar en vigor el Convenio de Minamata será Ley Suprema en todo el país y será superior, jerárquicamente hablando, que las leyes federales que contengan disposiciones en relación con los temas y obligaciones establecidos en el Convenio. Además, México implementa un sistema de recepción automática de tratados internacionales, queriendo esto decir con esto que el único acto formal necesario para que esto suceda es la publicación del texto del Convenio en el Diario Oficial de la Federación⁵.

Ahora bien, los Convenios pueden ser de dos tipos de acuerdo con su capacidad de ser implementados al interior del sistema jurídico de cada Parte. A los Convenios que reconocen derechos a los particulares y no requieren medidas normativas de desarrollo se les denomina autoaplicativos o *self-executing*. A los Convenios, como el Convenio de Minamata, que requieren la adopción de leyes y otras disposiciones de rango inferior que las complementen y desarrollen se les denomina heteroaplicativos no ejecutables o *non self-executing*.

Así, el Convenio de Minamata considera, en su artículo 20, que cada Estado Parte puede elaborar y ejecutar un plan de aplicación, teniendo en cuenta sus circunstancias nacionales, para cumplir las obligaciones contraídas con arreglo al propio Convenio.

En atención a esta circunstancia, este análisis considera 45 distintas obligaciones establecidas por el Convenio de Minamata y las ordena según los 11 grandes temas del propio Convenio y las identifica, con ayuda de la información proporcionada por participación de las autoridades entrevistadas, dependiendo de la claridad que se tiene en este momento en cuanto a tres elementos prioritarios:

⁴ Semanario Judicial de la Federación, P. LXXVII/99, tesis 192,867, pleno, México, 1999, t. X, p. 46.

⁵ Trejo García, Elma del Carmen, et. al.; Sistema de Recepción de los Tratados Internacionales en el Derecho Mexicano; Cámara

de Diputados LIX Legislatura; México 2006.

10 *Ibidem*

- La autoridad que debe ejecutar la obligación.
- El fundamento legal requerido para cumplir con la obligación.
- Los procesos o instrumentos requeridos para cumplir con la obligación.

Para poder identificar si estos elementos están cubiertos, se ha utilizado una escala de color:

- **Verde.** Para los casos en los que se tiene claridad sobre la propuesta para cubrir los tres elementos antes mencionados.
- **Amarillo.** Para los casos en los que se tiene claridad sobre la autoridad que podría ejecutar la obligación pero no sobre el fundamento ni los procesos o instrumentos requeridos.
- **Rojo.** Para los casos en los que ahora no se tiene claridad en cuanto a la autoridad específica que ejecutará o implementará las obligaciones.

3.3.1. Fuentes de suministro y comercio de mercurio

En cuanto a las fuentes de suministro y comercio del mercurio en el mundo se han registrado algunos cambios recientes debido a las prohibiciones de exportación desde la Unión Europea (2011) y Estados Unidos (2013). Por tanto, países como México, Argentina, Chile y Perú han incrementado sus exportaciones de mercurio⁶.

Estos cambios han respondido a los mercados; sin embargo, al entra en vigor el Convenio existirán barreras legales internacionales que controlarán el suministro y comercio de mercurio por encima del mercado.

Así, de manera general el artículo 3 del Convenio en sus distintos párrafos establece 8 obligaciones relacionadas con el tema de suministro y comercio de mercurio. De ellas, se han identificado 2 obligaciones en color verde, 5 en color amarillo y 1 en color rojo. La Tabla 3.1 describe estas obligaciones, así como su situación en cuanto a los actores, el fundamento y los instrumentos necesarios para poder cumplirlas.

⁶ PNUMA, 2014. Informe El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe; Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente; 45 pp.

Tabla 3.1 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto al suministro y comercio de mercurio

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
<p>PNUMA, 2014. Informe El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe: Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente: 45 pp.</p>	<p>Secretaría de Economía (SE) – DG de Regulación Minera Congreso de la Unión: comisiones de medio ambiente y minería</p>	<p>Se requeriría una adecuación de la Ley minera en su artículo 4 para aclarar que mercurio no será más una sustancia susceptible de extracción. Artículo 4. Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes: I. Minerales o sustancias de los que se extraigan ... mercurio, ...;</p>	<p>Mientras se reforma la Ley, el propio Convenio en vigor será fundamento legal para sustentar el no otorgar más autorizaciones.</p>
<p>A. 3. Párrafo 4. - Cada Parte en cuyo territorio se estuvieran realizando actividades de extracción primaria de mercurio en la fecha de entrada en vigor del presente Convenio para ella permitirá esa extracción únicamente por un período de hasta 15 años después de esa fecha.</p>	<p>Secretaría de Economía – DG de Regulación Minera</p>	<p>Reglamento interno SE ARTÍCULO 32.- La Dirección General de Minas tiene las atribuciones siguientes: V. Expedir títulos de concesión o de asignación minera y sus duplicados, así como resolver sobre la corrección administrativa, sustitución, prórroga, desistimiento, cancelación o nulidad de los mismos conforme al marco normativo vigente;</p>	<p>El fundamento es el propio Convenio, ya que al entrar en vigor es obligatoria su implementación. Eventualmente se lograría la reforma de la Ley Minera, que establecería este plazo a través de un artículo transitorio y también sería una aportación al fundamento para las cancelaciones.</p>
<p>- Durante ese periodo, el mercurio producido por esa extracción solamente se utilizará en la fabricación de productos con mercurio añadido de conformidad con el artículo 4 o en los procesos de fabricación de conformidad con el artículo 5, o bien se eliminará de conformidad con el artículo 11, mediante operaciones que no conduzcan a la recuperación, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa u otros usos.</p>	<p>SEMARNAT DG Industria</p>	<p>Reglamento interior de SEMARNAT ARTÍCULO 25. La Dirección General de Industria tendrá las atribuciones siguientes: IX. Promover la participación del sector industrial y de los consumidores en el diseño e instrumentación de políticas regulatorias para promover la producción y el consumo sustentable, a fin de minimizar el impacto en los recursos naturales y en la contaminación de los ecosistemas;</p>	<p>Incluirlo en el plan de aplicación nacional y orientar al sector para que pueda adaptarse con tiempo a los cambios que vienen con el Convenio. Una vez que se cumplan las fechas establecidas en el Convenio, quedarán prohibidas tanto la fabricación para los productos señalados como el uso del mercurio en los procesos señalados.</p>
<p>A. 3. Párrafo 5. Cada Parte: - a) Se esforzará por identificar cada una de las existencias de mercurio o compuestos de mercurio superiores a 50 toneladas métricas, así como las fuentes de suministro de mercurio que generen existencias superiores a 10 toneladas métricas por año, que estén situadas en su territorio;</p>	<p>SEMARNAT DG de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) (Propuesta sugerida por los entrevistados)</p>	<p>Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 29. La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas tendrá las atribuciones siguientes: XIII. Dar cumplimiento a los compromisos y proyectos internacionales relacionados con el manejo sustentable de materiales y residuos peligrosos;</p>	<p>Se podría revisar y reformar el 1er listado de actividades riesgosas, que incluye sustancias tóxicas; sin embargo, se requiere de un estudio más profundo para determinar si esto es apropiado. Habría que esperar la COP para mayor orientación sobre el tema. Será determinante si es actividad de una ocasión o hay que hacerlo periódicamente...</p>
<p>- b) Adoptará medidas para asegurar que, cuando la Parte determine la existencia de exceso de mercurio procedente del desmantelamiento de plantas de producción de cloro-álcali, ese mercurio se deseche de conformidad con las directrices para la gestión ambientalmente racional a que se hace referencia en el párrafo 3 a) del artículo 11, mediante operaciones que</p>	<p>SEMARNAT – INECC DGGIMAR</p>	<p>Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 29. La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas tendrá las atribuciones siguientes: II. Expedir, ..., autorizaciones, y registros para ..., el manejo de materiales y residuos peligrosos, ..., así como autorizar la transferencia, modificación o</p>	<p>Para fortalecer este punto podría la DGGIMAR emitir criterios técnicos para llevar esto a cabo; sin embargo la preocupación es que, aunque según el convenio sería hasta el 2025, el desmantelamiento previo daría lugar a un vacío en el que no aplican las disposiciones del convenio para estas plantas, por</p>

no conduzcan a la recuperación, el reciclado, la regeneración, la utilización directa u otros usos.		prórroga de las mismas, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables;	lo que no es factible controlar el destino del mercurio proveniente de este desmantelamiento.
A. 3. Párrafo 6. - Ninguna Parte permitirá la exportación de mercurio, salvo: a) A una Parte que haya proporcionado a la Parte exportadora su consentimiento por escrito y únicamente para: i) Un uso permitido a esa Parte importadora en virtud del presente Convenio; o ii) Su almacenamiento provisional ambientalmente racional de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10; o b) A un Estado u organización que no sea Parte que haya proporcionado a la Parte exportadora su consentimiento por escrito en el que se incluya una certificación que demuestre que: i) El Estado o la organización que no es Parte ha adoptado medidas para garantizar la protección de la salud humana y el medio ambiente, así como el cumplimiento de las disposiciones de los artículos 10 y 11; y ii) Ese mercurio se destinará únicamente a un uso permitido a una Parte en virtud del presente Convenio o a su almacenamiento provisional ambientalmente racional de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10.a	Aduanas Exportación desde México Exportación hacia México Punto focal	36 y 36A Ley Aduanera El fundamento en ambos casos es el propio Convenio de acuerdo con los arreglos de la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) se determinará quién emitirá notificación general y/o certificación y/o consentimiento ante el Secretariado.	Es un trámite para exportar que será adicional a los que ya aplican al mercurio (autorización de SEMARNAT y/o SALUD) y lo tendrá que llevar a cabo el exportador (verificar notificación ante el Secretariado del país importador) y lo tendrá que verificar Aduanas. Es un trámite para importar que será adicional a los que ya aplican al mercurio (autorización de SEMARNAT y/o SALUD) y si México desea importar, tendrá que dar la notificación correspondiente al secretariado y lo tendrá que verificar Aduanas. Para el proceso de notificación, certificación y/o consentimiento habrá que esperar que la COP proporcione orientación sobre este tema, conforme al artículo 3, párrafos 7, 12 y 13.
A. 3. Párrafo 8. - Ninguna Parte permitirá la importación de mercurio de un Estado u organización que no sea Parte a quien comunique su consentimiento por escrito a menos que dicho Estado u organización que no sea Parte haya aportado una certificación de que el mercurio no procede de fuentes no permitidas en virtud del párrafo 3 o del párrafo 5 b).	SHCP – Aduanas Importador	A 36 y 36A Ley Aduanera	Será un trámite para importar que el importador tendrá que efectuar para poder proporcionar el consentimiento en Aduanas para que lo verifiquen y poder importar de un Estado que no sea parte. A menos que México como país decida no aplicar el párrafo 8, pero tendría que sujetarse a todas las condiciones que establece el párrafo 9. Para el proceso de certificados habrá que esperar que la COP proporcione orientación sobre este tema.
A. 3. Párrafo 11. Cada Parte incluirá en sus informes presentados con arreglo al artículo 21 información que demuestre que se han cumplido los requisitos fijados en el presente artículo.	Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.		

Las implicaciones de la instrumentación de estas obligaciones implica los siguientes aspectos:

- La no permisión de la extracción primaria que no se estuviera realizando en el territorio en la fecha de la entrada en vigor del Convenio, dará lugar a una revisión y ajuste de la Ley Minera, para establecer que el mercurio no será más una sustancia susceptible de extracción.
- Se podría generar una situación de producción primaria ilegal de mercurio para sostener la demanda del mercado; sin embargo, no será posible la exportación e importación de dicho

mercurio más que en los términos del Convenio, lo cual desalentaría estas actividades ya que no habría consumidor local ni extranjero.

- La producción que estuviera llevándose a cabo antes de la entrada en vigor del Convenio seguirá funcionando durante 15 años; sin embargo, (considerando que el Convenio pueda entrar en vigor a principios del año 2017) según los anexos del propio Convenio, los usos en productos con mercurio añadido se restringen en aproximadamente 3 años y los usos en procesos que utilizan mercurio o compuestos de mercurio se restringen entre uno y nueve años.
- Entonces, quedarán unos cinco años aproximadamente más en los cuales la producción primaria de mercurio nacional tendrá que descender, ya que no habrá mercado ni local ni global que requiera ese producto.
- Se tendría que realizar un trabajo conjunto de las autoridades federales y locales para realizar una búsqueda de actividades económicas alternativas viables para las zonas o regiones en donde actualmente se llevan a cabo las actividades de extracción primaria de mercurio. Esto con el fin de que, por un lado comiencen ya otros proyectos productivos y, por otro lado, estén listos para migrar a otras actividades económicas al cumplirse el plazo de 15 años los que tengan autorizaciones vigentes al momento de la entrada en vigor del Convenio.
- Siendo México un país importador y exportador de mercurio, será importante que se cuente con las notificaciones correspondientes ante el Secretariado para poder realizar estas actividades de manera clara y legalmente fundamentada. Así mismo, se tendrán que revisar las fracciones arancelarias correspondientes y dar aviso a los agentes aduanales sobre la entrada en vigor del Convenio y el o los acuerdos y notificaciones que restrinjan la comercialización de mercurio.

3.3.2 Productos con mercurio añadido

El Convenio distingue entre dos tipos de productos con mercurio añadido, por una parte en el anexo A incluye en la parte I se refiere a los productos que quedarán prohibidos en cuanto a su fabricación, importación y exportación a partir del año 2020 y en la parte II se refiere a los productos que serán desincentivados a través de la adopción de ciertas medidas sugeridas, en este caso solo se encuentran las amalgamas dentales.

En cuanto a este tipo de productos, la mayoría de los países de la región de América Latina y el Caribe son importadores, y en ocasiones re-exportan a otros países de la región. Los principales productos con mercurio consumidos en estos países son aplicaciones dentales y los aparatos de medición. Con la entrada en vigor del Convenio, esta situación cambiará en unos pocos años, ya que la fecha de eliminación está muy próxima a la eventual entrada en vigor. En preparación para ello, ya sea han llevado a cabo algunos proyectos y talleres regionales para eliminar el uso de mercurio en instrumentos de medición en hospitales, por ejemplo.¹²

Para lograr la eliminación y el control de estos productos, el artículo 4 del Convenio establece 5 obligaciones generales, de las cuales se identifican 2 en verde, 2 en amarillo y 1 en rojo. A continuación, la Tabla 3.2 muestra estas obligaciones, así como su situación en cuanto a los actores, el fundamento y los instrumentos necesarios para poder cumplirlas.

Tabla 3.2 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los productos con mercurio añadido

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
Art. 4. Párrafo 1. Cada Parte prohibirá, adoptando las medidas pertinentes, la fabricación, la importación y la exportación de los productos con mercurio añadido incluidos en la parte I del anexo A después de la fecha de eliminación especificada para esos productos, salvo cuando se haya especificado una exclusión en el anexo A o cuando la Parte se haya inscrito para una exención conforme al artículo 6.	Secretaría de economía SEMARNAT Secretaría de Salud SHCP-Aduanas SEMARNAT – DG Industria	Art. 5, 15-20A Ley de Comercio Exterior Art. 36 y 36A L Aduanera Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 25. La Dirección General de Industria tendrá las atribuciones siguientes: V. Diseñar y promover, en el ámbito de competencia de la Secretaría, instrumentos de fomento y normatividad ambiental para proteger los recursos naturales y los ecosistemas, respecto de la contaminación al suelo, al agua y a la atmósfera, ..., y del riesgo ambiental , que generen las actividades de los sectores de la industria de la transformación y el consumo;	Importación y exportación, que se expida un acuerdo o norma conjunta (SE, SEMARNAT y SALUD) que establezca barrera o restricción no arancelaria para restringir la entrada y salida de estos productos conforme al Convenio. Tendría que revisarse la codificación arancelaria para incluir en la restricción solamente los productos con las especificaciones indicadas en el Anexo A Parte I. Aduanas lo verificaría en puntos de entrada y salida de productos. Fabricación, se podría incluir en una o varias normas conjuntas (SE, SEMARNAT y SALUD) donde se establezcan los productos y las condiciones del Anexo A parte I. Incluirlo en el plan de aplicación nacional y hacer un acercamiento con la industria para preparar la prohibición.
A. 4. Párrafo 3. Las Partes adoptarán medidas en relación con los productos con mercurio añadido incluidos en la parte II del anexo A de conformidad con las disposiciones establecidas en dicho anexo.	SEMARNAT Secretaría de Salud	Justificar una participación en medidas ya que existe el tema de emisiones al ser incineradas en crematorios personas con amalgamas de este tipo. Las medidas propuestas en el Convenio tienen que ver con la secretaría de Salud y ya tiene facultades para todo ello en Ley General de Salud y su reglamento.	Incluir en planes y programas de ambas Secretarías, así como en el plan de aplicación nacional derivado del Convenio.
A. 4. Párrafo 5. Cada Parte adoptará medidas para impedir la utilización en productos ensamblados de los productos con mercurio añadido cuya fabricación, importación y exportación no estén permitidas en virtud del presente artículo.	Las autoridades correspondientes según su participación en los instrumentos que se generen.	Vigilancia del cumplimiento del Convenio y de los acuerdos y/o las NOM que se generen en relación con el artículo 4 del mismo.	
A. 4. Párrafo 6. Cada Parte desincentivará la fabricación y la distribución con fines comerciales de productos con mercurio añadido para usos que no estén comprendidos en ninguno de los usos conocidos de esos productos antes de la fecha de entrada en vigor del presente Convenio para ella, a menos que una evaluación de los riesgos y beneficios de ese producto demuestre beneficios para la salud humana o el medio ambiente. La Parte proporcionará a la Secretaría, según proceda, información sobre cualquier	SEMARNAT – DG Industria	Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 25. La Dirección General de Industria tendrá las atribuciones siguientes: V. Diseñar y promover, en el ámbito de competencia de la Secretaría, instrumentos de fomento y normatividad ambiental para proteger los recursos naturales y los ecosistemas, respecto de la contaminación al suelo, al agua y a la atmósfera, visual, térmica, lumínica, sonora, vibraciones y de olores, de los residuos peligrosos, y del riesgo ambiental, que generen las actividades de los	Incluirlo en el programa de acción nacional y desarrollar instrumentos que fomenten productos alternativos y desincentiven la fabricación y la distribución con fines comerciales de productos con mercurio añadido

<p>producto de ese tipo, incluida cualquier información sobre los riesgos y beneficios para la salud humana y el medio ambiente. La Secretaría pondrá esa información a disposición del público.</p>		<p>sectores de la industria de la transformación y el consumo;</p>	
<p>Art. 4. Párrafo 7. Cualquiera de las Partes podrá presentar a la Secretaría una propuesta de inclusión de un producto con mercurio añadido en el anexo A, en la que figurará información relacionada con la disponibilidad, la viabilidad técnica y económica, y los riesgos y beneficios para la salud y el medio ambiente de las alternativas a este producto sin mercurio, teniendo en cuenta la información conforme al párrafo 4.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- A la Secretaría de Relaciones Exteriores corresponde el despacho de los siguientes asuntos: I.- Promover, propiciar y asegurar la coordinación de acciones en el exterior de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal; y sin afectar el ejercicio de las atribuciones que a cada una de ellas corresponda, conducir la política exterior, para lo cual intervendrá en toda clase de tratados, acuerdos y convenciones en los que el país sea parte;</p>	<p>Si México tiene una propuesta, debe seguir el procedimiento señalado en el propio convenio para hacerla llegar a través del canal correspondiente.</p>

Las implicaciones de la instrumentación de estas obligaciones **conlleva varios aspectos** • la posible generación de un mercado ilegal de estos productos es real; sin embargo, la manifestación de diversas cámaras de la industria y autoridades que comentan que en México no se fabrican ni comercializan ya algunos de estos productos (como baterías, interruptores y relés, y cosméticos), así como la existencia de alternativas viables para otros productos, como los instrumentos de medición digitales, hacen este escenario inviable o poco factible.

- Con respecto a las baterías, actualmente está en revisión un proyecto de Norma Oficial Mexicana que aborda el tema y regula el contenido de mercurio, el PROY-NOM-212-SCFI-2016, PILAS Y BATERÍAS PRIMARIAS – LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE MERCURIO Y CADMIO – ESPECIFICACIONES, MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO. En él se establece, de acuerdo al Convenio de Minamata, que los límites máximos permisibles de mercurio (Hg) por unidad de pilas que se importen o comercialicen debe corresponder al 0.0005% de mercurio en peso (porcentaje contra el total del peso de cada pila). Haciendo la aclaración de que las pilas con la forma denominada de botón pueden contar con un contenido de mercurio no mayor que 2 % en peso⁷.
- En el caso de las lámparas, existe la NOM-017-ENER/SCFI-2012, Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba. Esta NOM fue actualizada para incluir que los empaques de las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas cubiertas en esta Norma deben contener de manera legible lo siguiente: g) Leyenda o símbolo que indique que contiene mercurio (Hg). Sin embargo, el exhorto hecho por la Cámara de Diputados en el año 2011

⁷ Fuente: cofemersimir.gob.mx/expediente/19042/mir/40699/regulacion/2589719

tanto a la Secretaría de Energía como a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales incluía dos puntos de acuerdo:

- Establecer de manera coordinada en la NOM los límites máximos permisibles de contenido de mercurio en las lámparas fluorescentes compactas que se comercializan en territorio nacional, acorde con los estándares internacionales en la materia.
 - Por otro lado que la NOM estableciera información homologada que deban contener los empaques de las lámparas fluorescentes compacta sobre su manejo y disposición final de forma clara y visible⁸.
- Respecto a los cosméticos, existe un Acuerdo por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas en la elaboración de productos de perfumería y belleza. Sin embargo, sería conveniente proceder a su revisión, ya que el Convenio prohíbe cosméticos con un contenido superior a 1 ppm de mercurio (equivalente al 0.0001% del peso) pero sin incluir los cosméticos para la zona de alrededor de los ojos que utilicen mercurio como conservante y paralos que no existan conservantes alternativos eficaces y seguros, y el acuerdo establece que los productos de perfumería y belleza pueden contener hasta un 0.0003% de fenil mercurio (como Hg) sólo en preparaciones de bases no iónicas en donde otros conservadores no son efectivos.
 - Respecto del resto de los productos, será necesario considerar la emisión de NOMs y/o Acuerdos que establezcan las especificaciones y plazos para la eventual prohibición de su fabricación y comercialización.
 - En cuanto al comercio internacional de estos productos, se identifica que será necesario emitir un acuerdo conjunto, con la participación de la Secretaría de Economía, la Secretaría de Salud y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que imponga barreras no arancelarias para restringirlos.

Sin embargo, será necesario hacer una revisión de la codificación arancelaria para que esta se refiera únicamente a los productos con las especificaciones señaladas en la parte I del anexo A del Convenio de Minamata.

3.3.3 Procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio

Al igual que para el caso de productos con mercurio añadido, el Convenio de Minamata identifica dos tipos de procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio. Por un lado el Anexo B en su parte I señala dos procesos que serán eliminados, producción de cloro-álcali en 2025 y producción de acetaldehído en la que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio como catalizador en 2018. Por otro lado, en la parte II del mismo anexo señala tres procesos que serán controlados hasta lograr la eventual eliminación de uso de mercurio en estos procesos a través de medidas específicas sugeridas, la producción de

⁸Fuente:<http://gaceta.diputados.gob.mx/Black/Gaceta/Anteriores/61/2011/sep/20110906-V/Proposicion-6.html>

monómeros de cloruro de vinilo, de metilato o etilato sódico o potásico y de poliuretano en la que se utilizan catalizadores que contienen mercurio. En particular, la fabricación de cloro-álcali consiste en la fabricación de cloro, sosa cáustica y/o potasa, tradicionalmente mediante la tecnología de celdas de mercurio.

Sin embargo, en el mundo se ha reducido el número de estas plantas ya que algunas están cerrando y otras analizan la reconversión a tecnologías libres de mercurio. México cuenta aún con dos plantas de este tipo; sin embargo, estas ya han manifestado su interés de conversión a tecnologías libres de mercurio y se encuentran en proceso de evaluación e implementación de esta conversión.

Para lograr la eliminación tanto de algunos procesos como del uso de mercurio en otros que ya se han mencionado, el artículo 5 del Convenio establece 7 obligaciones generales, de las cuales se identifican 4 en verde y 3 en amarillo. A continuación, la Tabla 3.3 muestra estas obligaciones, así como su situación en cuanto a los actores, el fundamento y los instrumentos necesarios para poder cumplirlas.

Tabla 3.3 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los procesos de fabricación que utilizan mercurio

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 5. Párrafo 2. Ninguna Parte permitirá, tomando para ello las medidas apropiadas, el uso de mercurio ni de compuestos de mercurio en los procesos de fabricación incluidos en la parte I del anexo B tras la fecha de eliminación especificada en dicho anexo para cada proceso, salvo cuando la Parte se haya inscrito para una exención conforme al artículo 6.	SEMARNAT - DG de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA) DG Industria	Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 28. La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental tendrá las atribuciones siguientes: II. Evaluar las manifestaciones de impacto ambiental Reglamento interior SEMARNAT A. 25, V. mencionado arriba en la obligación del A. 4, párrafo 6.	Incluirlo en el plan nacional de acción para ir haciendo contacto con los actores involucrados, hacer un diagnóstico y buscar alternativas previo a la prohibición. Expedir un acuerdo o NOM que establezca las condiciones de eliminación de los procesos.
A. 5. Párrafo 3. Cada Parte adoptará medidas para restringir el uso de mercurio o compuestos de mercurio en los procesos incluidos en la parte II del anexo B de conformidad con las disposiciones que allí se establecen.	SEMARNAT - DG Industria Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC)	Reglamento interior SEMARNAT A. 25, V. mencionado arriba en la obligación del A. 4, párrafo 6. ARTÍCULO 30. La DGGCARETC tendrá las siguientes atribuciones: XXVIII. Participar en la definición de políticas y estrategias en materia de prevención y control de la contaminación generada por emisiones proveniente de fuentes fijas y móviles;	Incluirlo en el plan nacional de acción y buscar la implementación de medidas adecuadas de conformidad con lo establecido en el anexo B.
A. 5. Párrafo 5. Cada Parte que cuente con una o más instalaciones que utilicen mercurio o compuestos de mercurio en los procesos de fabricación incluidos en el anexo B: a) Adoptará medidas para ocuparse de las emisiones y liberaciones de mercurio o compuestos de mercurio de esas instalaciones; b) Incluirá en los informes que	SEMARNAT DGGCARETC DGGIMAR	Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 30. XXVIII. Mencionado en la obligación inmediata anterior. Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 29. La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas tendrá las atribuciones siguientes: XIII. Dar cumplimiento a los	

<p>presente de conformidad con el artículo 21 información sobre las medidas adoptadas en cumplimiento del presente párrafo: c) Se esforzará por identificar las instalaciones ... que utilizan mercurio o compuestos de mercurio en los procesos incluidos en el anexo B y ... presentará a la Secretaría información sobre el número y los tipos de instalaciones y una estimación de la cantidad de mercurio o compuestos de mercurio que utiliza anualmente..</p>		<p>compromisos y proyectos internacionales relacionados con el manejo sustentable de materiales y residuos peligrosos;</p>	
<p>A. 5. Párrafo 6. Ninguna Parte permitirá el uso de mercurio ni de compuestos de mercurio en instalaciones que no existieran antes de la fecha de entrada en vigor del presente Convenio para la Parte y que utilicen procesos de fabricación incluidos en el anexo B. A esas instalaciones no se les otorgará exención alguna.</p>	<p>SEMARNAT DGIRA</p>	<p>Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 28. La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental tendrá las atribuciones siguientes: II. Evaluar las manifestaciones de impacto ambiental. El fundamento para negar o condicionar la autorización sería el propio texto del Convenio.</p>	
<p>A. 5. Párrafo 7. Las Partes desincentivarán el establecimiento de instalaciones, no existentes antes de la fecha de entrada en vigor del presente Convenio, que usen cualquier otro proceso de fabricación en el que se utilice mercurio o compuestos de mercurio de manera intencional, salvo que la Parte pueda demostrar, a satisfacción de la Conferencia de las Partes, que el proceso de fabricación reporta un beneficio importante para el medio ambiente y la salud, y que no existen alternativas sin mercurio viables desde el punto de vista económico y técnico que ofrezcan ese beneficio.</p>	<p>SEMARNAT DGIRA DG Industria</p>	<p>Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 25. La Dirección General de Industria tendrá las atribuciones siguientes: V. Diseñar y promover, en el ámbito de competencia de la Secretaría, instrumentos de fomento y normatividad ambiental para proteger los recursos naturales y los ecosistemas, respecto de la contaminación al suelo, al agua y a la atmósfera, visual, térmica, lumínica, sonora, vibraciones y de olores, de los residuos peligrosos, y del riesgo ambiental, que generen las actividades de los sectores de la industria de la transformación y el consumo;</p>	
<p>A. 5. Párrafo 9. Cualquiera de las Partes podrá presentar una propuesta de modificación del anexo B con objeto de incluir un proceso de fabricación en el que se utilice mercurio o compuestos de mercurio. La propuesta incluirá información relacionada con ...</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- A la Secretaría de Relaciones Exteriores corresponde el despacho de los siguientes asuntos: I.- mencionada en la obligación del A.4 Párrafo 7.</p>	<p>Si México tiene una propuesta, debe seguir el procedimiento señalado en el propio convenio para hacerla llegar a través del canal correspondiente.</p>
<p>A. 6. Párrafo 1. Cualquier Estado u organización de integración económica regional podrá inscribirse para una o más exenciones a partir de las fechas de eliminación que figuran en el anexo A y en el anexo B, en adelante denominadas "exenciones", notificándolo por escrito a la Secretaría:</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>		<p>El mismo artículo 6 marca todo el procedimiento a seguir y los tiempos para realizar esto, con límite de 10 años a partir de la fecha de eliminación de producto o proceso incluido en los anexos a o B.</p>

Las implicaciones de la instrumentación de estas obligaciones implica varios aspectos:

- Con respecto a los procesos de fabricación que serán eliminados, ya se tiene contacto con los principales actores para dar seguimiento a las disposiciones del Convenio. Sin embargo, una de las implicaciones que está pendiente de resolverse es la disposición del mercurio proveniente de las fábricas de cloroálcali, ya que al hacer su cierre o reconversión con anticipación a la entrada en vigor del Convenio y con anticipación a las fechas de eliminación establecidas por el mismo, no aplican las disposiciones relativas del artículo 3, párrafo 5, inciso b) que establece que el mercurio procedente del desmantelamiento de plantas de producción de cloro-álcali se deseche de conformidad con las directrices para la gestión ambientalmente racional mediante operaciones que no conduzcan a la recuperación, el reciclado, la regeneración, la utilización directa u otros usos.
- Es importante que se identifique a las industrias que puedan estar sujetas a estas disposiciones, con el fin de que se tenga tiempo suficiente para trabajar de manera conjunta en el desarrollo y la implementación de las medidas necesaria para reducir y controlar las emisiones y liberaciones, y eventualmente eliminaer el uso de mercurio en sus procesos. Los tiempos del Convenio van desde 1 año (considerando que entre en vigor a principios del 2017) para la producción de acetaldehído hasta 10 años para la producción de poliuretano, además de los procesos en donde no queda claro el plazo ya que se eliminará el uso de mercurio en cinco años después de que la Conferencia de las Partes haya determinado que procesos sin mercurio se han vuelto viables desde el punto devista económico y técnico.

3.3.4 Extracción de oro artesanal y en pequeña escala

La extracción de oro artesanal y en pequeña escala suele ser el sustento de muchas comunidades y familias y, aunque no siempre es una actividad informal o ilegal, por sus características constituye una gran fuente de emisiones y liberaciones de mercurio, sin mencionar las implicaciones en salud por la exposición de los trabajadores. Tan solo en América Latina y el Caribe, se estimó que en 2010 este sector contribuyó con casi 30% del mercurio liberado a la atmósfera. Para atender este tema, el Convenio en su artículo 7 establece 1 obligación, la de adoptar medidas para reducir, y cuando sea viable, eliminar el uso del mercurio y compuestos de mercurio en estas actividades, así como las emisiones y liberaciones provenientes de ellas. Esta obligación se identifica con color amarillo, ya que tendría que estudiarse más la situación y desarrollar un enfoque legal, social y económico conjunto entre varias autoridades, y viable para el caso de México. Ver Tabla 3.4

Tabla 3.4 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a la extracción artesanal de oro y plata

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 7. Párrafo 2. Cada Parte en cuyo territorio se realicen actividades de extracción y tratamiento de oro artesanales y en pequeña escala sujetas al presente artículo adoptará medidas para reducir y, cuando sea	SEMARNAT -DG Energía y Actividades Extractivas Secretaría de Salud Secretaría de Economía Federal y locales	Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 27. La Dirección General de Energía y Actividades Extractivas Extractivas tendrá las siguientes atribuciones: I. Diseñar y promover en el	Incluirlo en el plan de aplicación nacional y buscar grupos multisectoriales para buscar alternativas de sustancias o de actividades económicas para estos grupos de trabajadores. Estudiar la opción de elaborar

viable, eliminar el uso de mercurio y de compuestos de mercurio de esas actividades y las emisiones y liberaciones de mercurio en el medio ambiente provenientes de ellas.		ámbito de competencia de la Secretaría, los instrumentos de fomento y de normatividad para prevenir, controlar y remediar la contaminación proveniente de cualquier tipo de fuente y energía al aire, al agua y al suelo, que generen los sectores de energía y de actividades extractivas;	una NOM para esta actividad con la participación de S Salud.
--	--	---	--

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación implica varios aspectos:

- Es indispensable determinar la situación actual de estas actividades en México, su magnitud y los volúmenes de mercurio producidos por estas, para poder dimensionarlas y encontrar un enfoque que pueda atender los compromisos del Convenio.
- Es necesario determinar, conforme al párrafo 3 del artículo 7 del Convenio, si México debe elaborar un plan de acción nacional de conformidad con el Anexo C del Convenio, incluyendo las metas de reducción y los objetivos nacionales, así como las medidas para eliminar la amalgamación del mineral en bruto y las demás medidas contenidas en dicho Anexo C.
- Es necesaria, considerando la naturaleza de esta actividad, la coordinación de diversas autoridades que permitan atender este compromiso del Convenio sin detonar la realización de estas actividades al margen de un plan de acción. Aún cuando se pueda generar una Norma Oficial Mexicana o algún otro instrumento para normar esta actividad, no sería suficiente para llegar hasta las comunidades y las personas que la llevan a cabo. Sería necesario trabajar en conjunto con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, así como con la Secretaría de Salud para abordar y llevar el tema y las alternativas al uso de mercurio hasta los involucrados en la extracción artesanal de oro y en pequeña escala. Así como también sería necesaria la coordinación con la Secretaría de Economía tanto Federal como las locales de las regiones donde se llevan a cabo estas actividades para buscar también alternativas económicas a esta actividad que permitan a las familias y las comunidades subsistir por otros medios.

3.3.5 Emisiones y liberaciones de mercurio

Una de las principales medidas que permiten el logro del objetivo del Convenio de Minamata es el control y la reducción de emisiones a la atmósfera y liberaciones al suelo y al agua de mercurio.

Para el caso de las emisiones a la atmósfera, el Convenio incluye en el Anexo D un listado de fuentes pertinentes o fuentes puntuales de emisiones de mercurio y compuestos de mercurio. Esta lista podrá cambiar en el futuro con las enmiendas que se hagan a dicho Anexo, además de que cada Parte podrá establecer criterios para identificar las fuentes incluidas en una de las categorías, siempre que se incluya al menos el 75% de las emisiones procedentes de esa categoría.

El convenio en su artículo 8 establece 5 obligaciones específicas en cuanto a emisiones, 1 se identifica en verde, 3 en amarillo y 1 en rojo, como se muestra a continuación en la Tabla 3.5

Tabla 3.5 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a las emisiones a la atmósfera

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 8. Párrafo 3. Una Parte en la que haya fuentes pertinentes adoptará medidas para controlar las emisiones y podrá preparar un plan nacional en el que se expongan las medidas que deben adoptarse para controlar las emisiones, así como las metas, los objetivos y los resultados que prevé obtener. Esos planes se presentarán a la COP en un plazo de cuatro años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio para esa Parte. Si una Parte decidiera elaborar un plan de aplicación... podrá incluir en su texto el plan que se contempla en el presente párrafo.	SEMARNATDGGCARETC DG de Planeación y Evaluación DG Industria	Reglamento interno SEMARNAT ARTICULO 30. La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes tendrá las siguientes atribuciones: VIII. Participar en la definición y aplicación de políticas, estrategias e instrumentos en materia de prevención y control de la contaminación al aire generada por emisiones proveniente de las fuentes fijas y móviles de jurisdicción federal;	Incluirlo en el plan de aplicación nacional Las observaciones son respecto de cómo acceder a recursos materiales, económicos y humanos para adicionar estas obligaciones al área correspondiente de SEMARNAT.
A. 8. Párrafo 4. En lo relativo a las nuevas fuentes, cada Parte exigirá el uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones lo antes posible, pero en cualquier caso antes de que transcurran cinco años desde la entrada en vigor del Convenio para esa Parte. Una Parte podrá utilizar valores límite de emisión que sean compatibles con la aplicación de las mejores técnicas disponibles.	SEMARNATDGIRA DG Industria DGGCARETC	Reglamento interior SEMARNAT ARTICULO 28. La Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental tendrá las atribuciones siguientes: II. Evaluar las manifestaciones de impacto ambiental	Considerar las directrices que apruebe la COP. Incluirlo en el plan de aplicación nacional Elaborar NOM que establezca límites de emisión.
A. 8. Párrafo 5. En lo relativo a las fuentes existentes, cada Parte incluirá una o más de las siguientes medidas en cualquier plan nacional y las aplicará lo antes posible, pero en cualquier caso antes de que transcurran diez años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio para ella, ...: a) Un objetivo cuantificado para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes; b) Valores límite de emisión para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes; c) El uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes; d) Una estrategia de control de múltiples contaminantes	SEMARNAT – DG de Planeación DGGCARETC DG Industria	Si hay lugar a la revisión y publicación de la Ley en materia de atmósfera, hacer una revisión para identificar estos temas o posicionarlos. Si el proceso no empata, encuadrar fundamento en el reglamento actual de atmósfera y revisar las NOM aplicables. Reglamento interior SEMARNAT ARTICULO 30. VIII. Mencionado en la obligación del A. 8 párrafo 3. Reglamento interior SEMARNAT A. 25, V. mencionado arriba en la obligación del A. 4, párrafo 6.	Se podría elaborar un programa tipo Proaire donde se establecieran estas medidas e incluirlo en los programas internos correspondientes y en el plan de aplicación nacional. Asegurar que existan las NOMs adecuadas para los límites de emisión y temas técnicos conductentes. Incluir en la COA la información relativa a emisiones de mercurio. Revisar el Reglamento y la NOM del RETC para revisar y en su caso eliminar umbrales de reporte y obtener mejor información. Revisar la normatividad actual para las fuentes pertinentes como la NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental- Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes. Esperar directrices de la COP

que aporte beneficios paralelos para el control de las emisiones de mercurio; e) Otras medidas encaminadas a reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.			para acceder a apoyos para la implementación de este artículo, según lo establecido en el párrafo 8 del mismo.
A. 8. Párrafo 7. Cada Parte establecerá, tan pronto como sea factible y a más tardar cinco años después de la fecha de entrada en vigor del Convenio para ella, un inventario de las emisiones de las fuentes pertinentes, que mantendrá a partir de entonces.	INECC SEMARNATDGGCARETC	Reglamento interno SEMARNAT ARTÍCULO 30. La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes tendrá las siguientes atribuciones: XXVII. Integrar y mantener actualizados los inventarios de fuentes y emisiones de contaminantes ... y coordinarse con los gobiernos locales para la integración de los inventarios de fuentes y emisiones nacional, regionales, estatales y locales correspondientes, siempre que dicha integración y actualización no estén atribuidos expresamente a otra unidad administrativa de la Secretaría ;	Las observaciones son respecto de cómo acceder a recursos materiales, económicos y humanos para adicionar estas obligaciones al área correspondiente de SEMARNAT. Determinar las fuentes a incluir y esperar directrices de COP conforme al párrafo 9 de este mismo artículo.
A. 8. Párrafo 11. Cada Parte incluirá información sobre la aplicación del presente artículo en los informes que presente en virtud de lo establecido en el artículo 21, en particular información relativa a las medidas que haya adoptado con arreglo a los párrafos 4 a 7, y a la eficacia de esas medidas.	Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar		

Para el caso de las liberaciones al suelo y al agua, el Convenio establece que cada parte determinará las categorías pertinentes de fuentes puntuales a más tardar tres años después de la entrada en vigor del Convenio para dicha Parte. Para controlar estas liberaciones en su artículo 9 establece 4 obligaciones, de las cuales 3 se identifican en amarillo y 1 en rojo, como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a las liberaciones en suelo y agua

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 9. Párrafo 3. Cada Parte determinará las categorías pertinentes de fuentes puntuales a más tardar tres años después de la entrada en vigor para ella del Convenio y periódicamente a partir de entonces.	SEMARNATDGGCA RETC DGGIMAR CONAGUA	Reglamento interior de SEMARNAT artículos 29, 30. Reglamento interior de CONAGUA. Las facultades pertinentes para controlar liberaciones de sustancias contaminantes al aire, agua y suelo.	Coordinación entre las diferentes áreas para determinar la participación de cada una en cuanto a sus atribuciones.
A. 9. Párrafo 4.	SEMARNATDGGCA	Reglamento interior de	Incluirlo en el plan de

<p>Una Parte en la que haya fuentes pertinentes adoptará medidas para controlar las liberaciones y podrá preparar un plan nacional en el que se expongan las medidas que deben adoptarse para controlar las liberaciones, así como las metas, los objetivos y los resultados que prevé obtener.</p> <p>Esos planes se presentarán a la Conferencia de las Partes en un plazo de cuatro años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio para esa Parte. Si una Parte decidiera elaborar un plan de aplicación con arreglo a lo establecido en el artículo 20, podrá incluir en su texto el plan que se contempla en el presente párrafo.</p>	<p>RETC DG de Planeación DGGIMAR DG Industria CONAGUA</p>	<p>SEMARNAT artículos 7, 25, 29, 30. Reglamento interior de CONAGUA. Las facultades pertinentes para controlar liberaciones de sustancias contaminantes al aire, agua y suelo e implementar las medidas incluidas en el párrafo 5 de este mismo artículo.</p>	<p>aplicación nacional. Revisar la regulación y las NOM relativas, entre otras: NOM-001- SEMARNAT - 1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. NOM-002- SEMARNAT -1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal. NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales.</p>
<p>A. 9. Párrafo 6. Cada Parte establecerá, tan pronto como sea factible y a más tardar cinco años después de la fecha de entrada en vigor del Convenio para ella, un inventario de las liberaciones de las fuentes pertinentes, que mantendrá a partir de entonces.</p>	<p>SEMARNATDGGCA RETC DGGIMAR CONAGUA</p>	<p>Reglamento interior de SEMARNAT artículos 29, 30. Reglamento interior de CONAGUA. Las facultades pertinentes para controlar liberaciones de sustancias contaminantes al aire, agua y suelo.</p>	<p>Esperar directrices de COP conforme al párrafo 7 de este mismo artículo.</p>
<p>A. 9. Párrafo 8. Cada Parte incluirá información sobre la aplicación del presente artículo en los informes que presente en virtud de lo establecido en el artículo 21, en particular información relativa a las medidas que haya adoptado con arreglo a los párrafos 3 a 6, y a la eficacia de esas medidas.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>		

Las implicaciones de la instrumentación de estas obligaciones implican varios aspectos:

- Como se mencionó en la sección anterior, existen las autoridades con facultades legales para llevar a cabo estas actividades y dar cumplimiento a las obligaciones sustanciales de los artículos 8 y 9 del convenio; sin embargo, sería conveniente revisar si con su capacidad actual en cuanto a presupuesto y personal les es posible llevar todo esto a cabo, incluyendo planes, medidas, normatividad e inventarios de fuentes y de emisiones
- Será necesario esperar a que transcurra la primera Conferencia de las Partes (COP) y se trabaje en las directrices para determinar las fuentes pertinentes, tanto para

emisiones como para liberaciones. A partir de ahí se tendrá una idea más clara sobre las fuentes a incluir como en los criterios a utilizar para determinarlas.

Con base en lo anterior se tendrán que revisar diversos instrumentos ya establecidos en la legislación ambiental, específicamente en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, para procurar el control y la reducción de emisiones y liberaciones, así como para asegurar la adecuada generación y recopilación de información respecto de emisiones y liberaciones, tal es el caso de:

- La Cédula de Operación Anual, revisar contenido y considerar el reporte de emisiones de mercurio conforme a las directrices que establezca la COP y las normas que establezcan límites máximos permisibles de emisiones de mercurio, las actuales como la NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes, y las demás normas que se tengan que crear a este respecto.
- El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, revisar contenido de la NOM-165-SEMARNAT-2013, Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes, para determinar si los umbrales de reporte actuales para mercurio y compuestos de mercurio en manufactura, procesos y otros usos (5 kg/año) y en emisión/transferencia (1 kg/año) son congruentes con los criterios para determinar las fuentes o si es necesario modificarlos o eliminarlos.
- Será necesario esperar a que transcurra la primera Conferencia de las Partes (COP) y se trabaje en las directrices para la elaboración de programas y normas que establezcan objetivos, metas de reducción y/o límites de emisión, así como mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales y poder, en consecuencia, revisar las normas vigentes. Tal sería el caso, entre otras, de las siguientes normas:
 - o NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.
 - o NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
 - o NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.
 - o NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
 - o NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales.

- Una vez teniendo claros los criterios de la COP, se considerarán en el plan de aplicación nacional y los programas y medidas contemplados en los artículos 8 y 9 del Convenio, y se deberán crear las Normas Oficiales Mexicanas que sean necesarias para implementar estas acciones y cumplir con los compromisos adquiridos con el Convenio de Minamata. Entre los temas se incluirían niveles máximos permisibles para las fuentes pertinentes, tanto de emisiones como de liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio.
- El desarrollo de los inventarios de emisiones y liberaciones, México cuenta con algún avance en cuanto a su preparación. En el año 2001, la Comisión para la Cooperación Ambiental publicó el Inventario Preliminar de Emisiones Atmosféricas de Mercurio en México, el cual incluye estimaciones de emisiones a la atmósfera de Procesos y Actividades Industriales, así como de algunas otras fuentes difusas. En el año 2008, el entonces Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publicaron el Inventario Nacional de Liberaciones de Mercurio – México 2004, que considera tanto emisiones a la atmósfera como liberaciones al aire, agua y suelo, productos y residuos; sin embargo las metodologías de estos dos documentos no son comparables. Actualmente, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático se encuentra desarrollando un inventario de mercurio mediante la utilización de las herramientas desarrolladas por el PNUMA.

3.3.6 Almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio

El propio Convenio de Minamata establece que por almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio y compuestos de mercurio se entiende que consiste diferente del significado de la definición de desechos de mercurio. Es decir, que este almacenamiento no es previo a disposición final sino que es previo a un uso permitido a una Parte en virtud del propio Convenio.

Es este sentido, en su artículo 10 el Convenio establece 1 obligación general respecto del almacenamiento provisional, mismo que se identifica en color amarillo como se muestra en la Tabla 3.7

Tabla 3.7 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto al almacenamiento provisional

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 10. Párrafo 2. Cada Parte adoptará medidas para velar por que el almacenamiento provisional de mercurio y de compuestos de mercurio destinados a un uso permitido a una Parte en virtud del presente Convenio se lleve a cabo de manera ambientalmente racional, teniendo en cuenta toda directriz y de acuerdo con todo requisito que se apruebe con arreglo al párrafo 3.	SEMARNAT – DGGIMAR Secretaría de Salud Secretaría del Trabajo	Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 29. La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas tendrá las atribuciones siguientes: XIII. Dar cumplimiento a los compromisos y proyectos internacionales relacionados con el manejo sustentable de materiales y residuos peligrosos;	Revisar el listado de actividades riesgosas (tóxicas) para determinar si se podría incluir el mercurio para que quede sujeto a estudios y programas de riesgo, buenas prácticas, y en general su adecuado almacenamiento. En caso que los listados no sean la vía, ponderar si la emisión de una NOM lo es de acuerdo con las directrices de la COP. Revisar Normas de Salud y Trabajo para verificar si es necesario adecuar alguna circunstancia específica para el almacenamiento de mercurio, de acuerdo con directrices de la COP.

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación conlleva varios aspectos:

- El concepto de almacenamiento de mercurio como mercancía no ha sido regulado específicamente por ningún país de América Latina. Por tanto, será necesario esperar las directrices que emanen la primera COP para poder determinar como se va a regular esto en México. Una primera opción es incluirlo como material tóxico en el listado de actividades riesgosas; sin embargo, esto requiere un análisis técnico profundo y, en caso de que esta no sea la vía, habría que estudiar la emisión de una Norma Oficial Mexicana.
- Se considera que se deberá hacer un esfuerzo conjunto, tanto de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales como de la de Salud y del Trabajo, para poder atender adecuadamente ese tema y procurar la protección del ambiente, así como la salud y la seguridad de los trabajadores involucrados en el almacenamiento provisional del mercurio, previo a un uso permitido.

3.3.7 Residuos de mercurio

Para el tema de residuos de mercurio, el Convenio los define como desechos que constan de mercurio o compuestos, contienen mercurio o compuestos, o están contaminados con mercurio o compuestos, excluyendo la roca de recubrimiento, de desecho y los residuos de la minería, salvo los derivados de la extracción primaria de mercurio, a menos que excedan los umbrales definidos por la COP.

Así mismo, hace referencia a la aplicación de otro instrumento internacional que ya regula este aspecto; es el caso del Convenio de Basilea, que regula el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.

Para regular los residuos de mercurio, en su artículo 11, el Convenio establece una obligación general, misma que se ha identificado en color amarillo, como se muestra en la Tabla 3.8

Tabla 3.8 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a los residuos con mercurio

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
<p>Artículo 11. 3. Cada Parte adoptará las medidas apropiadas para que los desechos de mercurio:</p> <p>a) Sean gestionados, de manera ambientalmente racional, teniendo en cuenta las directrices elaboradas en el marco del Convenio de Basilea y de conformidad con los requisitos que la Conferencia de las Partes aprobará.</p> <p>b) Sean recuperados, reciclados, regenerados o reutilizados directamente solo para un uso permitido a la Parte en virtud del presente Convenio o para la eliminación ambientalmente racional con arreglo al párrafo</p>	SEMARNAT - DGGIMAR	<p>Reglamento interior SEMARNAT.</p> <p>ARTICULO 29. La Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas tendrá las atribuciones siguientes:</p> <p>VII. Desarrollar los criterios técnicos para el manejo de materiales y residuos peligrosos, así como la prevención y control de la contaminación del suelo por materiales y residuos peligrosos; LGPGIR.</p> <p>Artículo 7.- Son facultades de la Federación:</p>	<p>La regulación es suficiente con el reglamento de la LGPGIR. Capítulo 2. Importación de residuos peligrosos, únicamente con fines de reutilización o reciclado. Checar Nom-052-SEMARNAT-2005. Verificar si resulta compatible con las disposiciones que resulten de la COP y los umbrales que se fijen. México ya aplica satisfactoriamente el Convenio de Basilea, por lo que el mercurio es una sustancia más cuyos desechos serían</p>

<p>3 a); c) En el caso de las Partes en el Convenio de Basilea, no sean transportados a través de fronteras internacionales salvo con fines de su eliminación ambientalmente racional, de conformidad con las disposiciones del presente artículo y con dicho Convenio. ...</p>		<p>VII. La regulación y control de los residuos peligrosos provenientes de pequeños generadores, grandes generadores o de microgeneradores, cuando estos últimos no sean controlados por las entidades federativas;</p>	<p>tratados conforme a este marco legal. La preocupación externada es respecto de las instalaciones locales para la disposición final de estos desechos. Ya que se considera que actualmente es insuficiente.</p>
---	--	---	---

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación conlleva varios aspectos:

- **Aún cuando México es parte del Convenio de Basilea** y actualmente cuenta con leyes, reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas que regulan las disposiciones en materia de residuos peligrosos, será necesario atender las directrices y los umbrales que surjan de la COP.
- **Actualmente, en relación con el Convenio de Basilea**, existe una propuesta de “**Guías técnicas para el manejo ambientalmente racional de residuos consistentes en mercurio elemental y residuos conteniendo o contaminados con Mercurio**” que **habría que considerar** en la implementación de esta obligación.
- Una vez que se cuente con las directrices y umbrales de la COP, deberá analizarse si son congruentes con las especificaciones establecidas en la NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- **El tema de preocupación externado por los entrevistados con respecto a este tema** es el de la situación actual de las instalaciones locales para la disposición final de estos desechos. Ya que, aunque dispone de dos sitios autorizados para la disposición de residuos peligrosos incluyendo desechos con mercurio, se considera que actualmente es insuficiente.

3.3.8 Sitios contaminados

La evaluación de sitios contaminados implica un gran desafío en la región de América Latina y el Caribe, ya que se han utilizado y se utilizan prácticas de quema no controlada de residuos, vertederos a cielo abierto sin una adecuada gestión ambiental (tanto de residuos industriales como urbanos), lo que implica que el lixiviado de características ácidas que suele generarse movilizaría el mercurio en el ambiente, pudiendo llegar a impactar aguas y suelos superficiales y subterráneas.

Para atender este tema tan relevante, el artículo 12 del Convenio de Minamata establece 1 obligación general en materia de sitios contaminados. Esta obligación se considera en amarillo, como se documenta en la Tabla 3.9

Tabla 3.9 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a sitios contaminados

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
A. 12. Párrafo 1. Cada Parte procurará elaborar estrategias adecuadas para identificar y evaluar los sitios contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.	SEMARNAT - DGGIMAR	Artículos 1 y 7 LGPGIR. 1. La presente Ley ... tiene por objeto... establecer las bases para: IX. Crear un sistema de información relativa a la ... gestión integral de ... sitios contaminados y remediados; X. Prevenir la contaminación de sitios por el manejo de materiales y residuos, así como definir los criterios a los que se sujetará su remediación;	Revisar NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Con respecto a las orientaciones de la COP respecto de las opciones para la gestión de sitios contaminados con mercurio. Revisa si el Programa nacional de remediación de sitios contaminados requiere algún ajuste. Esperar las orientaciones de la COP para verificar si hay algo que agregar al programa.

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación implica los siguientes aspectos:

- **Aún cuando México ya tiene una autoridad con atribuciones en esta materia, y genera un Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados, será necesario esperar a la primera COP para determinar si las orientaciones que surjan de la misma son concordantes con las estrategias de dicho Programa.**
- **También, será necesario revisar y analizar la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.**

Esto con el fin de empatar estas disposiciones con lo que se establezca en las orientaciones de la COP, las estrategias y los programas para identificar y evaluar sitios contaminados con mercurio o compuestos de mercurio.

3.3.9 Aspectos relacionados con la salud

La mayoría de los seres humanos estamos expuestos al mercurio a través de la dieta, principalmente por el consumo de ciertas especies de peces, en caso de rotura de productos con mercurio añadido, al timerosal mediante las vacunas multidosas en las cuales se utiliza como conservantes, habitar en sitios contaminados o ingerir agua contaminada con mercurio. Algunas personas además están expuestas laboralmente como es el caso de los mineros artesanales, los operarios en las instalaciones de manufactura de productos con mercurio añadido, o los odontólogos que realizan amalgamas.

Atendiendo a este tema, que es de gran importancia, el artículo 16 del Convenio de Minamata establece 1 disposición que alienta a las partes a llevar a cabo varias actividades que tienen que ver con aspectos relacionados con la salud. Esta obligación se identifica en color verde, como se muestra a continuación en la Tabla 3.10

Tabla 3.10 Obligaciones adquiridas por el Convenio de Minamata respecto a salud

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
<p>Art. 16. Se alienta a las Partes a:</p> <p>a) Promover la elaboración y la ejecución de estrategias y programas que sirvan para identificar y proteger a las poblaciones en situación de riesgo, especialmente las vulnerables, que podrán incluir la aprobación de directrices sanitarias ..., el establecimiento de metas para la reducción de la exposición ..., y la educación del público, con la participación del sector de la salud pública y otros sectores interesados;</p> <p>b) Promover la elaboración y la ejecución de programas educativos y preventivos ...;</p> <p>c) Promover servicios adecuados de atención sanitaria para la prevención, el tratamiento y la atención de las poblaciones afectadas por la exposición ...; y</p> <p>d) Establecer y fortalecer, según corresponda, la capacidad institucional y de los profesionales de la salud para prevenir, diagnosticar, tratar y vigilar los riesgos para la salud relacionados con la exposición al mercurio y los compuestos de mercurio.</p>	<p>Secretaría de Salud DG de Asuntos Internacionales, DG de Promoción de la Salud, DG de Desarrollo de la Infraestructura Física, DG de Calidad y Educación en Salud, DG de Información en Salud COFEPRIS Secretaría del Trabajo SEMARNAT</p>	<p>La Ley General de Salud, así como sus reglamentos y normas ya facultan a la Secretaría de Salud y a través de sus diversas áreas, regulan todas estas actividades. Las demás secretarías con las que podría coordinar también tienen facultades para promover este tipo de acciones.</p>	<p>Incluirlo en plan de aplicación nacional y en planes y programas internos para procurar la implementación de estas actividades.</p>

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación conlleva varios aspectos:

- **El tema central de esta disposición es la protección de la Salud**, por lo que se entiende que la Secretaría de Salud es la encargada de atender esta disposición. Para ello cuenta ya con facultades en sus diversas áreas para dar atención a estas actividades; sin embargo, será importante que esto se refleje en planes y programas para dar sustento a estas acciones.
- **Otra implicación es que para llevar a cabo estas acciones, la Secretaría de Salud puede coordinarse con otras Secretarías como la de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la del Trabajo.** Dada la naturaleza de los riesgos por la exposición al mercurio y sus compuestos, es indispensable que exista este trabajo conjunto para abordar el tema.

3.3.10 Aspectos de aplicación y otros aspectos del Convenio

Además de las obligaciones antes analizadas, que atienden a temas específicos de la gestión y el control del mercurio y sus compuestos, existen algunos otros temas que apoyan la implementación del Convenio y la cooperación entre las partes. Estos temas se refieren a:

- Recursos financieros y mecanismo financiero
- Creación de capacidad, asistencia técnica y transferencia de tecnología
- Intercambio de información
- Información, sensibilización y formación del público
- Investigación, desarrollo y vigilancia
- Planes de aplicación
- Presentación de informes

En este sentido, en sus artículos 13, 14, 17, 18, 19, 20 y 21, el Convenio establece actividades que cada Parte deberá llevar a cabo para la adecuada implementación del texto y las obligaciones contenidas en el mismo. Se identifican 11, de las cuales 1 en se identifica en verde, 4 en amarillo y 6 en rojo, como se muestra en la Tabla 3.11

Tabla 3.11 Aspectos relacionados con la aplicación del Convenio de Minamata

Obligación	Actor	Fundamento	Procedimiento
<p>Recursos financieros y mecanismo financiero.</p> <p>Art. 13 Párrafo 1. Cada Parte, con arreglo a sus posibilidades y de conformidad con sus políticas, prioridades, planes y programas nacionales, se compromete a facilitar recursos respecto de las actividades nacionales cuya finalidad sea aplicar el presente Convenio. Esos recursos podrán comprender la financiación nacional mediante políticas al respecto, estrategias de desarrollo y presupuestos nacionales, así como la financiación multilateral y bilateral, además de la participación del sector privado.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- A la Secretaría de Relaciones Exteriores corresponde el despacho de los siguientes asuntos:</p> <p>I.- Promover, propiciar y asegurar la coordinación de acciones en el exterior de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal; ..., conducir la política exterior, para lo cual intervendrá en toda clase de tratados, acuerdos y convenciones en los que el país sea parte;</p>	
<p>Creación de capacidad, asistencia técnica y transferencia de tecnología</p> <p>Art. 14. Párrafo 1. Las Partes cooperarán, en la medida de sus respectivas posibilidades y de manera oportuna y adecuada, en la creación de capacidad y la prestación de asistencia técnica en beneficio de las Partes que son países en desarrollo, en particular las Partes que son países menos adelantados o pequeños Estados insulares en desarrollo, y las Partes con economías en transición, a fin de ayudarlas a cumplir las obligaciones contraídas en virtud del presente Convenio.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I mencionado arriba.</p>	
<p>Intercambio de Información</p> <p>Art. 17. Párrafo 1. Cada Parte facilitará el intercambio de:</p> <p>a) Información científica, técnica, económica y jurídica relativa al mercurio y los compuestos de mercurio, incluida información toxicológica, ecotoxicológica y sobre seguridad;</p> <p>b) Información sobre la reducción o eliminación de la producción, el uso, el comercio, las emisiones y las liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio;</p> <p>c) Información sobre alternativas viables desde el punto de vista técnico y económico a:</p> <p>i) los productos con mercurio añadido;</p> <p>ii) los procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio; y</p> <p>iii) las actividades y los procesos que emiten o liberan mercurio o compuestos de mercurio;</p> <p>incluida información relativa a los riesgos para la salud y el medio ambiente y a los costos y beneficios económicos y sociales de esas alternativas; e</p> <p>d) Información epidemiológica relativa a los efectos para la salud asociados con la exposición al mercurio y los compuestos de mercurio, en estrecha cooperación con la Organización Mundial de la Salud y otras organizaciones pertinentes, según proceda.</p>	<p>Para el intercambio de información con otras Partes esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar al coordinador nacional para el intercambio de información.</p> <p>Para la generación de esta información existen organismos e instituciones con las facultades para generarla.</p> <p>SEMARNAT INECC DGGCARETC Secretaría de salud DG de Epidemiología Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I mencionado arriba.</p>	
<p>Art. 17. Párrafo 2. Las Partes podrán intercambiar la información a que se hace referencia en el párrafo 1 directamente, a través de la Secretaría o en</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I</p>	

<p>cooperación con otras organizaciones pertinentes, incluidas las secretarías de los convenios sobre productos químicos y desechos, según proceda.</p>		<p>mencionado arriba.</p>	
<p>Información, sensibilización y formación del público Art. 18. Párrafo 1. Cada Parte, con arreglo a sus capacidades, promoverá y facilitará: a) El acceso del público a información disponible sobre: i) Los efectos del mercurio y los compuestos de mercurio para la salud y el medio ambiente; ii) Alternativas al mercurio y los compuestos de mercurio; iii) Los temas que figuran en el párrafo 1 del artículo 17; iv) Los resultados de las actividades de investigación, desarrollo y vigilancia que realice de conformidad con el artículo 19; y v) Las actividades destinadas a cumplir las obligaciones contraídas en virtud del presente Convenio; b) La formación, la capacitación y la sensibilización del público en relación con los efectos de la exposición al mercurio y los compuestos de mercurio para la salud humana y el medio ambiente, en colaboración con organizaciones intergubernamentales y no gubernamentales pertinentes y con poblaciones vulnerables, según proceda. 2. Cada Parte utilizará los mecanismos existentes o considerará la posibilidad de establecer mecanismos, tales como registros de liberaciones y transferencias de contaminantes, si procede, para la recopilación y difusión de información sobre estimaciones de las cantidades anuales de mercurio y compuestos de mercurio que se emiten, liberan o eliminan a través de actividades humanas.</p>	<p>Secretaría de Salud Secretaría del Trabajo SEMARNAT Además de los arreglos institucionales que se designen con la Secretaría de relaciones exteriores SEMARNAT DGGCARETC</p>	<p>Tanto la SEMARNAT como Salud, Trabajo y las demás secretarías que puedan estar involucradas, tienen facultades para llevar a cabo actividades de este tipo. Reglamento interior SEMARNAT ARTÍCULO 30. La Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Contaminantes tendrá las siguientes atribuciones: III. Integrar y difundir el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos competencia de la Secretaría, ...</p>	<p>Incluir en plan de aplicación nacional Incluir en planes y programas de las diversas instituciones que puedan estar involucradas. En cuanto a recopilación, revisar la NOM-165-SEMARNAT-2013 del RETC porque al establecer un umbral dejaría fuera la información relativa a las fuentes que se encuentren por debajo del mismo. En cuanto a difusión, existe la página: http://apps1.semarnat.gob.mx/retc/retc/index.php?option=2&anio=2013&param=00.</p>
<p>Investigación, desarrollo y vigilancia Art. 19. Párrafo 1. Las Partes se esforzarán por cooperar, teniendo en consideración sus respectivas circunstancias y capacidades, en la elaboración y el mejoramiento de: a) Los inventarios del uso, el consumo y las emisiones antropógenas al aire, y de las liberaciones al agua y al suelo, de mercurio y compuestos; b) La elaboración de modelos y la vigilancia geográficamente representativa de los niveles de mercurio y compuestos de mercurio en poblaciones vulnerables y el entorno, incluidos medios bióticos ...; c) Las evaluaciones de los efectos del mercurio y los compuestos de mercurio para la salud humana y el medio ambiente, además de los efectos sociales, económicos y culturales, especialmente en lo que respecta a las poblaciones vulnerables; d) Las metodologías armonizadas para las actividades realizadas en el ámbito de los apartados a), b) y c) precedentes; e) La información sobre el ciclo ambiental, el transporte (incluidos el transporte y la deposición a larga distancia), la transformación y el destino del mercurio y los compuestos de mercurio en un conjunto de ecosistemas, ...; f) La información sobre el comercio y el intercambio de mercurio y compuestos de mercurio y productos con mercurio añadido; y g) La información e investigación sobre la disponibilidad técnica y económica de productos y procesos que no utilicen mercurio, y sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para reducir y monitorizar las emisiones y liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio.</p>	<p>SEMARNAT INECC DG Industria Secretaría de Salud INSP Punto focal para cooperación</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I mencionado arriba. Tanto la SEMARNAT como Salud, y las demás secretarías y organismos que puedan estar involucradas, tienen facultades para llevar a cabo actividades de este tipo. En cuanto a la colaboración con otras Partes habría que esperar arreglos de la Secretaría de Relaciones Exteriores y determinar el canal para esa cooperación.</p>	

<p>Planes de aplicación</p> <p>Art. 20. Párrafo 1. Cada Parte, después de efectuar una evaluación inicial, podrá elaborar y ejecutar un plan de aplicación, teniendo en cuenta sus circunstancias nacionales, para cumplir las obligaciones contraídas con arreglo al presente Convenio. Ese plan se debe transmitir a la Secretaría en cuanto se elabore.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Actualmente con apoyo del GEF y del PNUMA, el INECC ejecuta el proyecto “Desarrollo de la Evaluación Inicial del Convenio de Minamata en México”.</p>	<p>Una vez que se defina un coordinador para el plan de aplicación, participarían todas las demás secretarías, dependencias, organismos e instituciones que tengan alguna injerencia en los temas y compromisos del Convenio.</p>
<p>Art. 20. Párrafo 2. Cada Parte podrá examinar y actualizar su plan de aplicación teniendo en cuenta sus circunstancias nacionales y ajustándose a la orientación brindada por la Conferencia de las Partes y otras orientaciones pertinentes.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I mencionado arriba.</p>	
<p>Presentación de Informes</p> <p>Art. 21. Párrafo 1. Cada Parte informará, a través de la Secretaría, a la Conferencia de las Partes sobre las medidas que haya adoptado para aplicar las disposiciones del presente Convenio y sobre la eficacia de esas medidas y los posibles desafíos para el logro de los objetivos del Convenio.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28 - Fracc. I mencionado arriba.</p>	<p>Las autoridades correspondientes proporcionarán la información necesaria para que se pueda enviar esta información en tiempo y forma.</p>
<p>A. 21. Párrafo 2. Cada Parte incluirá en sus informes la información solicitada con arreglo a los artículos 3, 5, 7, 8 y 9 del presente Convenio.</p>	<p>Esperar punto focal y arreglos de SRE para determinar.</p>	<p>Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Artículo 28.- Fracc. I mencionado arriba.</p>	

Las implicaciones de la instrumentación de esta obligación implica varios aspectos:

- **Para las actividades hacia el interior del país**, se cuenta con instituciones y procedimientos fundamentados para llevarlas a cabo. Por ello, se pueden realizar directamente (como es el caso de la información, sensibilización y formación del público) y únicamente es necesario esperar el señalamiento del punto focal en caso de que esta información se deba incluir en informes, intercambios de información y otras actividades que requieran interacción con el Secretariado o la COP (como es el caso del intercambio de información, la cooperación para la investigación, desarrollo y vigilancia, y transmitir el Plan de aplicación).
- **Para el caso de las actividades que involucran una interacción directa con el Secretariado o la COP** (como es el caso de la presentación de informes o la presentación del plan de aplicación), se debe esperar el señalamiento de punto focal y los arreglos que establezca la Secretaría de Relaciones Exteriores para determinar como se les va a implementar y dar seguimiento.

3.3.11 Conclusiones

Entre los actores que están o estarán involucrados en el cumplimiento del Convenio de Minamata, una vez que este entre en vigor, destaca el rol del gobierno federal debido a que le competen a este ámbito de gobierno las facultades relacionadas con los temas de minería, materiales, sustancias y residuos peligrosos, así como su comercialización, sus impactos en el medio ambiente y en la salud.

Al realizar el análisis de las capacidades e infraestructura institucional, se atendió el tema de la existencia de una autoridad con facultades para llevar a cabo las actividades, pero también con la capacidad en cuanto a presupuesto y personal para lograrlo. En este sentido, aunque no existe un patrón establecido para determinar lo que es suficiente y lo que no lo es, se realizó un estimado de la posibilidad de cumplir con las obligaciones del Convenio.

Se encontró que existen dos tipos de obligaciones que derivan del articulado del Convenio de Minamata:

- **Las obligaciones que implican el desarrollo de alguna actividad que es parte fundamental** de las atribuciones de alguna autoridad y que se lleva a cabo una sola vez. Este es el caso de la reforma de alguna Ley Federal, la emisión de acuerdo o Normas Oficiales Mexicanas, así como de la expedición de otros actos de autoridad, como la cancelación de concesiones mineras, las autorizaciones en materia de impacto ambiental, etc.
- **Las obligaciones que implican el desarrollo de actividades que, si bien son parte fundamental** de las atribuciones de alguna autoridad, se realizan periódicamente implicando un esfuerzo continuo en el tiempo. Para ello, se requieren recursos económicos, materiales, humanos y técnicos que probablemente no se encuentran disponibles actualmente en las instituciones correspondientes. Este es el caso del diseño y la implementación, evaluación y seguimiento de medidas de control y reducción de emisiones y liberaciones, la realización de inventarios de emisiones y liberaciones, emisión de informes, etc.

Así, se distinguieron las siguientes fortalezas:

- **Para cada una de las 45 obligaciones documentadas**, y que deberá asumir México cuando entre en vigor el Convenio, existe una autoridad que cuenta con las facultades relacionadas para poder enfrentarlas. Aún cuando no se encuentre señalada actualmente, como el punto focal, o no quede claro el procedimiento que deberá seguir o si cuenta con las capacidades para ello, pero definitivamente es una entidad que ya existe. Por lo tanto, no aparece como necesaria la creación de nuevas instituciones ni organismos en México para permitir el cumplimiento de las obligaciones del Convenio.
- **Al aparecer en condiciones de poder llevar a cabo los compromisos del Convenio de Minamata** con las facultades con que actualmente cuentan las instituciones mexicanas, en realidad no se hace evidente que deban modificarse una gran cantidad de Leyes Federales. Con las disposiciones en Leyes Federales que actualmente existen, es posible fundamentar prácticamente todas las atribuciones y acciones necesarias para el cumplimiento. Únicamente en 1 obligación de las 45 se detectó que es necesaria la reforma de una Ley Federal; es el caso de la no permisión de la extracción primaria de mercurio que no se estuviera realizando en el territorio en la fecha de entrada en vigor del Convenio, para lo cual se sugiere un ajuste menor en la Ley Minera, para que establezca claramente que el mercurio no será más una sustancia susceptible de extracción. Esto implica un poco de acción legislativa, es decir, la participación del Congreso de la Unión, pero con ello se evitará que esta Ley Federal

entre en conflicto con el Convenio de Minamata, que como ya se ha establecido en la sección anterior, tendría una jerarquía superior a las Leyes Federales.

- **Acorde con el párrafo anterior, se detecta que es posible cumplir con todas** y cada una de las obligaciones establecidas en el Convenio con las figuras legales que actualmente existen en las Leyes Federales Sustantivas en la materia. Esto incluye la elaboración de planes, programas, medidas y acciones, los instrumentos de recopilación de información por parte de los particulares como la Licencia Ambiental Única y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, la Evaluación de Impacto Ambiental, las autorizaciones en materia de residuos peligrosos, etc. Aún cuando estas requieran de algún ajuste a nivel de aplicación, ya existen en la legislación federal interna estas figuras y son útiles, como se ha comentado en la sección anterior, para la implementación de las obligaciones del Convenio de Minamata y únicamente tendrían que ajustarse disposiciones como los Reglamentos o las Normas Oficiales Mexicanas.

- **México cuenta ya con un camino previo en cuanto a la atención al tema del mercurio**, con el trabajo que han llevado a cabo desde hace muchos años diversas organizaciones y autoridades. Así, aún cuando se requiere un gran esfuerzo como país para cumplir a cabalidad con el Convenio, nuestro país cuenta con experiencia previa en la participación en esfuerzos internacionales para reducir el uso del mercurio como el Plan de Acción Regional coordinado por la Comisión para la Cooperación Ambiental, el manejo de sustancias y residuos peligrosos, los programas de reducción de uso de productos con mercurio añadido como la reducción de uso de termómetros de mercurio en hospitales, la elaboración de inventarios de emisiones y liberaciones de mercurio, la generación de información sobre suministro y comercio interno y exterior de mercurio, la generación de información sobre los impactos del mercurio en el medio ambiente y la salud humana, etc.

Y se distinguieron las siguientes debilidades:

- **De las 45 obligaciones analizadas, se encuentra que para 24 de ellas, es decir un poco más de la mitad, es necesario invertir recursos humanos, económicos o técnicos** para poder ejecutarlas. Por lo tanto, es posible que la capacidad de las autoridades encargadas de llevarlas a cabo se vea un poco rebasada y tenga que ser reforzada de alguna manera. Este tipo de actividades se refiere, como se mencionó anteriormente, a la elaboración, evaluación y seguimiento de planes, programas y medidas para controlar y reducir emisiones y liberaciones, así como elaborar inventarios, medidas para desincentivar productos con mercurio añadido y procesos que utilizan mercurio o compuestos de mercurio, y corresponde principalmente, aunque no exclusivamente, a las siguientes autoridades:

- o Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

- ❖ Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
- ❖ Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas

❖ Dirección General de Industria

- **La implementación del Convenio de Minamata exige, como se ha documentado desde el inicio de este informe, la participación de diversos sectores, incluyendo el gubernamental, el productivo, el académico y el social.**

Dentro del gubernamental, se identifica la eventual participación de diversas áreas de diversas instituciones, lo cual implica una estrecha coordinación entre todas estas autoridades. Aún cuando esto, como tal, no es una desventaja sino una ventaja para dar cumplimiento integral a los compromisos adquiridos, representa un gran reto para las autoridades y para todos los sectores involucrados en general.

- **Los tiempos para la implementación de las obligaciones y compromisos adquiridos aparecen un poco ajustados con respecto a los tiempos que se requieren para que el sector gubernamental pueda atenderlos.** Por ejemplo, para el caso de la elaboración o revisión de Normas Oficiales Mexicanas, debido al amplio y participativo proceso establecido en la Ley Federal de Metrología y Normalización y los requerimientos para la elaboración de un Programa Nacional de Normalización, se estima que generalmente toma más de un año; siendo que las prohibiciones en cuanto a productos con mercurio añadido y procesos de fabricación que utilizan mercurio o compuestos de mercurio comienzan a aplicar tan pronto como en el año 2018.

3.3.12 Reformas al marco legal para el manejo racional del mercurio

Como se ha dicho en secciones anteriores, el propósito de un Convenio internacional *non-self executing* es, precisamente, que cada país que sea Parte deba revisar su marco legal interno y realizar los ajustes que sean necesarios, conforme a sus circunstancias, para recibir y atender las obligaciones contraídas.

Para el caso de la entrada en vigor del Convenio de Minamata, México tendrá que adecuar algunas disposiciones y crear algunas otras con el fin de poder implementar a cabalidad las actividades contempladas en el texto. Sin embargo, esta modificación no implica un gran cambio en las disposiciones sustantivas; esto es, las Leyes Federales que establecen las figuras legales existentes (el qué) y quién debe implementar la política y las figuras en cierta materia. Estas disposiciones son creadas y modificadas por el Poder Legislativo; es decir, el Congreso de la Unión. Lo que sí va a requerirse es un amplio ajuste en las disposiciones adjetivas; esto es, los Reglamentos y las Normas Oficiales Mexicanas que establecen los procedimientos y elementos necesarios para implementar el derecho sustantivo (el cómo) y las cuestiones técnicas que deban considerarse para ello. Estas disposiciones caen en la esfera del Derecho Administrativo, porque emanan del Poder Ejecutivo; es decir, de Presidencia y de las Secretarías de Estado.

Así, hemos dicho que existe un gran grupo de Leyes Federales que recibirían sin cambio las nuevas disposiciones del Convenio y fundamentarían las atribuciones de las diversas autoridades involucradas en el cumplimiento. Esto incluye:

- ❖ Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

- ❖ Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos
- ❖ Ley de Aguas Nacionales
- ❖ Ley General de Salud
- ❖ Ley de Comercio Exterior
- ❖ Ley Aduanera
- ❖ Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

La Ley Federal que el Poder Legislativo debería revisar en primera instancia es la Ley Minera, ya que en su artículo 4 establece los minerales o sustancias susceptibles de extracción y considera al mercurio dentro de este grupo.

“Artículo 2. Se sujetarán a las disposiciones de esta Ley, la exploración, explotación, y beneficio de los minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, así como de las salinas formadas directamente por las aguas marinas provenientes de mares actuales, superficial o subterráneamente, de modo natural o artificial y de las sales y subproductos de éstas.”

“Artículo 4. Son minerales o sustancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos constituyen depósitos distintos de los componentes de los terrenos los siguientes:

I. Minerales o sustancias de los que se extraigan antimonio, arsénico, bario, berilio, bismuto, boro, bromo, cadmio, cesio, cobalto, cobre, cromo, escandio, estaño, estroncio, flúor, fósforo, galio, germanio, hafnio, hierro, indio, iridio, itrio, lantánidos, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niobio, níquel, oro, osmio, paladio, plata, platino, plomo, potasio, renio, rodio, rubidio, rutenio, selenio, sodio, talio, tantalio, telurio, titanio, tungsteno, vanadio, zinc, zirconio y yodo;”

Una vez que el Convenio entre en vigor, de acuerdo con su artículo 3, se entenderá que el mercurio no es más una sustancia sujeta a autorizaciones de exploración ni extracción, por lo que no se darán más autorizaciones, y que las que existan deberán cancelarse en un plazo máximo de 15 años. Sin embargo, para que no exista una discrepancia entre lo que dispone el instrumento internacional y lo que dispone la ley federal, deberá estudiarse hacer este ajuste lo más pronto posible, ya que estas disposiciones del Convenio aplican en el momento de la entrada en vigor del mismo, lo cual se espera que suceda a principios del año 2017.

Ahora bien, en cuanto a disposiciones administrativas, existen algunas que aplican también directamente y sirven de fundamento e instrumento para las acciones que emprendan las autoridades en el cumplimiento del Convenio. Existen también otras disposiciones administrativas que deberán ser revisadas para, en su caso, ajustar sus contenidos a las nuevas obligaciones. Está el caso de las disposiciones y actos administrativos de carácter general que el Poder Ejecutivo tendrá que crear para poder implementar algunas obligaciones adquiridas. Y, finalmente, están otros esfuerzos de planeación y gestión que deberán llevar a cabo las autoridades competentes para dar cumplimiento a los compromisos establecidos en el Convenio de Minamata.

Disposiciones y actos administrativos generales y particulares que aplican directamente y dan sustento adjetivo al cumplimiento del Convenio se encuentran:

- ❖ Reglamento interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- ❖ Reglamento interior de la Secretaría de Economía
- ❖ Reglamento interior de la Comisión Nacional del Agua
- ❖ Reglamento interior de la Secretaría de Salud
- ❖ Reglamento de la LGEEPA en materia de evaluación de impacto ambiental
- ❖ Reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera
- ❖ Reglamento de la LGPGIR
- ❖ Estatuto orgánico del INECC
- ❖ Los acuerdos y disposiciones que actualmente rigen el proceso para importar y exportar mercurio
- ❖ La negación de títulos de concesión o de asignación minera para nuevas actividades extractivas primarias de mercurio
- ❖ La cancelación de títulos de concesión o de asignación minera para actividades extractivas primarias de mercurio (en 15 años de entrada en vigor)

Disposiciones y actos administrativos que sería necesario revisar para asegurar su congruencia con el cumplimiento de las obligaciones del Convenio (el orden en el que aparecen se refiere al orden de los temas y las disposiciones del Convenio):

- **Acuerdo por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología**, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas.
- **NOM-017-ENER/SCFI-2012**, Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba. Para el año 2020.
- **Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-212-SCFI-2016**, Pilas y baterías primarias Límites máximos permisibles de mercurio y cadmio. Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. Para el año 2020.
- **Acuerdo por el que se determinan las sustancias prohibidas y restringidas** en la elaboración de productos de perfumería y belleza de la Secretaría Salud. Para el año 2020.
- **Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.
- **NOM-165-SEMARNAT-2013**, Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes.
- **NOM-098-SEMARNAT-2002**, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

- **NOM-001- SEMARNAT -1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- **NOM-002- SEMARNAT -1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.
- **NOM-004-SEMARNAT-2002**, Protección ambiental.- Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- **NOM-141-SEMARNAT-2003**, Que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y post-operación de presas de jales.
- **NOM-005-STPS-1998**, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- **NOM-018-STPS-2015**, Sistema armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- **NOM-052-SEMARNAT-2005**, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- **NOM-157-SEMARNAT-2009**, Que establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros.
- **NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004**, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.

Nuevas disposiciones administrativas que se requerirían, en la forma sugerida o una similar (NOM, acuerdo, criterios, etc.), para dar cabal cumplimiento a los compromisos adquiridos con el Convenio:

- **Certificaciones, consentimientos y notificaciones ante el Secretariado del Convenio** para importar mercurio para: i) Un uso permitido de acuerdo a lo establecido por el Convenio; o ii) Su almacenamiento provisional ambientalmente racional de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 10 del Convenio; En cuanto estén directrices de la COP.
- **Acuerdo conjunto de SEMARNAT, SE, SALUD**, que establezca barrera no arancelaria conforme a lo establecido en el Convenio y por tratarse de situaciones referentes a protección del medio ambiente y la salud pública, para restringir la importación y exportación de productos con mercurio añadido (revisando las fracciones arancelarias para incluir solo los productos con las especificaciones y las fechas contempladas en el Convenio). En 2020.
- **NOM que regule la actividad de extracción** de oro artesanal y en pequeña escala.
- **Una o varias NOM conjuntas para restringir y eventualmente prohibir** la fabricación y comercialización de productos en los términos del Convenio. En el año 2020.

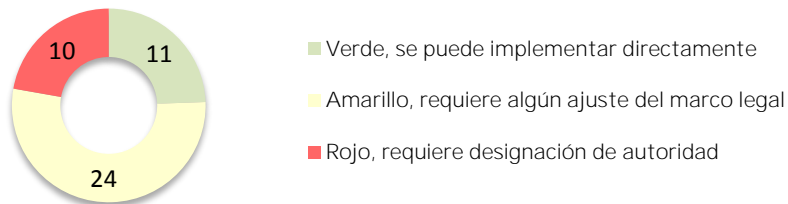
- **Una o varias NOM conjuntas para restringir** y eventualmente prohibir los procesos de fabricación que utilizan mercurio o compuestos. Para 2018 (acetaldehído en la que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio como catalizador) y 2025 (cloro-álcali).
- **NOM que establezca límites máximos de emisión** de mercurio para fuentes nuevas. En 5 años a partir de la entrada en vigor.
- **Criterios y mejores técnicas y prácticas para reducir** emisiones de mercurio en fuentes nuevas. En 5 años de la entrada en vigor.
- **NOM que establezca límites máximos de emisión** para fuentes existentes. En 10 años de la entrada en vigor.
- **Criterios y mejores técnicas y prácticas para reducir** emisiones de fuentes existentes. En 10 años de la entrada en vigor.
- **NOM** que establezca las directrices para el almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio, distinto del mercurio de desecho.

Otros esfuerzos de planeación y gestión que se requerirían para dar cabal cumplimiento a los compromisos adquiridos con el Convenio:

- **Plan de aplicación nacional. Lo más pronto posible a partir de la entrada en vigor.**
- **Notificar a aduanas de trámite adicional para exportar** (verificar que el país importador cumpla con los requisitos de consentimiento por escrito con requisito dependiendo si es Parte o no del Convenio según el artículo 3). En cuanto estén disponibles las directrices de la primera COP.
- **Notificar a aduanas de trámite adicional para importar** (verificar que el país exportador, si no es Parte del Convenio, haya aportado una certificación de que el mercurio no procede de fuentes no permitidas, y verificar que México haya otorgado consentimiento por escrito ante el Secretariado para uso permitido o almacenamiento provisional). En cuanto estén las directrices de la primera COP.
- **Plan de acción nacional con medidas y estrategias** para reducir y cuando sea viable eliminar el uso de mercurio en la extracción de oro artesanal y en pequeña escala. En 3 años a partir de la entrada en vigor.
- **Medidas para reducir en 50%** con respecto al 2010 las emisiones y liberaciones de procesos de fabricación a desincentivar (monómeros de cloruro de vinilo y metilato o etilato sódico o potásico). En el 2020.
- **Medidas para reducir y eventualmente eliminar el uso de mercurio en los procesos de fabricación** a desincentivar (metilato o etilato sódico o potásico y poliuretano en la que se utilizan catalizadores que contienen mercurio). En 10 años de la entrada en vigor.
- **Medidas para reducir el uso de la amalgama dental en México.**
- **Plan nacional de control de emisiones de mercurio.** En 4 años de la entrada en vigor.
- **Medidas para reducir las emisiones de las fuentes** existentes. En 10 años de la entrada en vigor.

- **Inventario de emisiones de mercurio** provenientes de las fuentes pertinentes establecidas en el Anexo D. En 5 años de la entrada en vigor.
- **Determinación de fuentes pertinentes de liberación de mercurio.** En 3 años de la entrada en vigor.
- **Plan nacional de control de liberaciones de mercurio.** En 4 años de la entrada en vigor.
- Inventario de liberaciones de mercurio. En 5 años de la entrada en vigor.
- **Revisión del Programa nacional de remediación** de sitios contaminados, por si requiere algún ajuste para integrar las estrategias que se determinen en la COP.
- **Programas de aspectos** relacionados con la salud establecidos en el artículo 16 del Convenio.
- **Generar Información y acciones de sensibilización y formación del público.**

Finalmente, mencionar que del total de las 45 obligaciones identificadas y analizada en este capítulo, se encuentra que 11 están en color verde, es decir que el 24% de las obligaciones del Convenio no requieren modificaciones para su implementación, 24 están en color amarillo, es decir que el 54% de las obligaciones del Convenio requieren de alguna modificación o creación de alguna disposición legal, y 10 están en color rojo es decir, que del 22% de las obligaciones aún no se determina quién será la autoridad designada para llevarlas a cabo.



Bibliografía:

- CCA. 2011. Informe sobre el mercado del mercurio en México; Comisión para la Cooperación Ambiental, Canadá 2011. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/10100-mexican-mercury-market-report-es.pdf>. Consultado en enero, 2018.
- CCA. 2013. Evaluación de los suministros de mercurio primario y secundario en México; Consultor del proyecto: José Castro Díaz; Comisión para la Cooperación Ambiental; 93 pp. Consultado en enero, 2018. Disponible en: <http://www3.cec.org/islandora/es/item/11208-assessment-primary-and-secondary-mercury-supplies-in-mexico-es.pdf>. Consultado en enero, 2018.
- CCA. 2013. Informe final del Plan de Acción Regional de América del Norte sobre Mercurio; Comisión para la Cooperación Ambiental; 87 pp. Disponible en:

<http://www3.cec.org/islandora/es/item/11642-close-out-report-north-american-regional-action-plan-environmental-monitoring-es.pdf>. Consultado en enero, 2018.

ONU. 1980. Convención de Viena sobre el derecho de los tratados, U.N. Doc A/CONF.39/27 (1969), 1155 U.N.T.S. 331, entered into force January 27, 1980, disponible en http://www.oas.org/xxxivga/spanish/reference_docs/Convencion_Viena.pdf. Consultado en junio, 2018.

ONU. 2017. Convenio de Minamata sobre el Mercurio, Kumamoto, 10 de octubre de 2013, Serie de Tratados de las Naciones Unidas. Disponible en <https://treaties.un.org/doc/Publication/CTC/CTC-XXVII-17.pdf>. Consultado en abril, 2018.

PNUMA, 2013; Almacenamiento y disposición de mercurio en México, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 82 pp. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191437/2013_Almacenamiento_y_disposicion.pdf. Consultado en junio, 2018.

PNUMA, 2014. Informe El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe; Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente; 45 pp. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/convenio-minamata-mercurio-implementacion-region-america-latina>. Consultado en junio, 2018.

Cámara de Diputados. 2011. Proposición con punto de acuerdo, por el que se exhorta a la SENER y a la SEMARNAT a establecer de manera coordinada en la NOM-017-ENER/SCFI-2008, “Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba”. Los límites máximos permisibles de contenido de mercurio en las unidades que se comercializan en territorio nacional; y a garantizar la congruencia de dicha disposición con los estándares internacionales en la materia, a cargo de la diputada Augusta Valentina Díaz de Rivera Hernández, del Grupo Parlamentario del PAN. Disponible en: <http://gaceta.diputados.gob.mx/Black/Gaceta/Anteriores/61/2011/sep/20110906-V/Proposicion-6.html>. Consultado en diciembre, 2018.

COFEMER. 2016. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-212-SCFI-2016. Pilas y baterías primarias, límites máximos permisibles de mercurio y cadmio, especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. Disponible en: cofemersimr.gob.mx/expediente/19042/mir/40699/regulacion/2589719. Consultado en enero, 2018.

Capítulo 4 Identificación de poblaciones en riesgo y perspectiva de género

4.1 México ante el Convenio de Minamata

El texto del Convenio de Minamata hace notar que el objetivo central de este acuerdo global, es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio. En consecuencia, la información que integra el cuarto capítulo de la Evaluación Inicial del Convenio de Minamata de México (MIA por sus siglas en inglés), se convierte en un elemento central para el cumplimiento de dicho Convenio.

El acuerdo de Minamata justifica su creación en cuatro elementos asociados a las diferentes especies químicas del mercurio: toxicidad, persistencia, bioacumulación y distribución global. Pero también, incluye en la argumentación inicial, la necesidad de tomar en cuenta a las poblaciones más vulnerables, en particular las mujeres, los niños y, a través de ellos, las generaciones venideras.

México cuenta con minería primaria de mercurio y minería de oro plata por el proceso de amalgamación con mercurio. Tanto la minería como el reciclaje se realizan en poblaciones marginadas y en algunos casos, vulnerables al máximo por su extrema pobreza. Como resultado, el trabajo de México por controlar sus fuentes de mercurio, también será un referente ante el Convenio, dado que una de las principales fuentes del metal a nivel global es la minería artesanal, en el caso de México minería de mercurio y en el caso del resto del mundo minería de oro. México plantea que para la minería artesanal la solución es el desarrollo social, un planteamiento diferente y de mayor solidez a largo plazo, que el buscado para la minería del oro, ya que en ésta la alternativa es simple dado que se centra en el cambio de mercurio por cianuro .

Por último, otro elemento particular para México es la alta complejidad de las regiones contaminadas en nuestro país; ya que, el impacto por mercurio se ha extendido a las comunidades. Es decir, la nación mexicana además de contar con sitios contaminados (por ejemplo, minas, industrias, pasivos mineros, etc.), cuenta como se verá más adelante, con comunidades contaminadas (mercurio dentro de las viviendas). El manejo de esta problemática requerirá necesariamente la interacción de múltiples disciplinas y áreas del conocimiento. En consecuencia, la formación y operación de estos equipos multi, inter y transdisciplinarios, también será un elemento que aporte México al Convenio de Minamata.

4.2 Programa Minamata - México para la Salud.

La Evaluación Inicial del Convenio de Minamata de México plantea la necesidad de crear una propuesta de trabajo que atienda el articulado del Convenio, buscando el control y la eliminación de fuentes de mercurio; atendiendo la limpieza de sitios y comunidades contaminadas por el metal; favoreciendo la integración de la población para reducir la exposición a las fuentes de mercurio para la población en general; y en fin, instalando un sistema de vigilancia que permita certificar los logros de todas las acciones, no solo para la

salud humana sino también para los ecosistemas en las regiones de alto riesgo. En este escenario se propone el desarrollo de un programa de salud que atienda los compromisos adquiridos con la ratificación del Convenio de Minamata, este programa Minamata-México plantea utilizar a la salud como el motor para abatir el riesgo por mercurio.

Para una mayor eficiencia, el Programa Minamata-México en materia de salud, trabajará con base a escenarios determinados por las principales fuentes de emisión de mercurio en el territorio nacional. Atendiendo en primer término a las grandes fuentes como lo son la producción de mercurio (primaria y secundaria) y los sitios contaminados (ver capítulo segundo en este reporte).

Para cada escenario podría emplearse el concepto de **“Región Impactada”**, definiéndola como una zona geográfica con las poblaciones y ecosistemas existentes afectados fuentes de mercurio y sus compuestos. Las fuentes emisoras de mercurio, junto con las poblaciones y ecosistemas potencialmente expuestos a este metal, determinan entonces a los componentes de una región impactada. Dentro del programa Minamata-México, si bien el mercurio es el centro y la justificación de las acciones, en todas las regiones impactadas se deberán analizar de manera simultánea al mercurio, otras amenazas, ya que el mercurio no se presenta de manera aislada. Existen elementos que favorecen o disminuyen la toxicidad del mercurio; en tanto, efectos de este metal, como la inmunosupresión, podrían incrementar aún más la vulnerabilidad de comunidades que pudieren estar afectadas por ejemplo, por amenazas biológicas.

En este contexto, el programa Minamata-México para la Salud, es un esquema de trabajo para atender regiones impactadas incluyente de todos los sectores y con la mira en la evaluación acumulada del riesgo por mercurio, para intervenir no solamente los factores asociados al mercurio, sino también aquellas amenazas que podrían incrementar la susceptibilidad a este metal.

El planteamiento del Programa Minamata-México para la Salud deberá considerar seis componentes, que se listan a continuación y que enseguida se explican con mayor detalle.

1. Identificación de regiones impactadas.
2. Priorización de las regiones identificadas.
3. Organización de grupos de acción para estudiar las regiones priorizadas.
4. Evaluación de riesgos en salud y aplicación de las medidas de intervención.
5. Atención a las incertidumbres y fuentes secundarias de exposición a Hg.
6. Caracterización regional del riesgo por la exposición al mercurio.

4.2.1 Identificación de Regiones Impactadas por Mercurio

Como se ha indicado, una **“Región Impactada”** a una zona geográfica delimitada por la distribución del mercurio a partir de una fuente emisora de este metal. Debe quedar claro que se refiere a la distribución hasta dónde el mercurio (en cualquiera de sus formas) alcance concentraciones evidentemente tóxicas (por ejemplo superior a las normativas ambientales aplicables a cada medio -agua, aire, suelo/polvo, sedimentos-).

A partir de la fuente y considerando la(s) forma(s) del mercurio, pueden definirse las rutas de exposición; y a partir de estas rutas, se posibilita identificar a las poblaciones en riesgo. Quedando claro que el foco inicial es la población humana pero sin dejar de advertir la importancia de los ecosistemas.

Una ruta de exposición se compone de cinco elementos:

- i) la fuente emisora o contaminante, en este caso de mercurio;
- ii) los medios del ambiente impactados por la fuente y que transportan al mercurio desde la fuente hasta la población receptora;
- iii) el punto de exposición que es el sitio donde ocurre la exposición de la población con el mercurio (una mina, una área de recreación infantil, una comunidad, etc.);
- iv) la vía de exposición (inhalatoria, ingesta, dérmica);
- v) la población receptora (niños, mujeres, trabajadores, adultos mayores, biota, etc.).

El primer elemento a identificar es la fuente, enseguida se reconocen las rutas de exposición (tomando en cuenta las características fisicoquímicas de las formas de mercurio involucradas y las condiciones meteorológicas, topográficas, etc. del sitio); y se concluye con el registro y priorización de las poblaciones expuestas.

La delimitación de la región y la certificación de las rutas de exposición, por supuesto deberán ser validadas con monitoreo ambiental, sobre todo en los puntos de exposición previamente identificados. Validada la delimitación de la región es muy importante aplicar un esquema de riesgo acumulado, para lo cual el evaluador de riesgo habrá de identificar otros tóxicos posibles en la región (por ej. en un yacimiento polimetálico de oro no es raro encontrar arsénico e inclusive plomo; o en una zona selvática de minería artesanal de oro la población además de mercurio puede estar expuesta a otros neurotóxicos como los plaguicidas utilizados para el control de enfermedades transmitidas por vector que es el caso de la malaria o el dengue). Asimismo, deberán analizarse otras amenazas físicas por ej. Asociadas como el cambio climático (el incremento de temperatura aumenta la volatilidad del mercurio metálico, la sequía incrementa el transporte de polvos conteniendo mercurio inorgánico, en tanto un aumento de lluvias puede favorecer el escurrimiento hacia los cuerpos de agua facilitando la aparición de mercurio orgánico). Finalmente, el evaluador también habrá de reportar amenazas biológicas ya que la capacidad inmunosupresora del mercurio podría favorecer la aparición de brotes de algunas enfermedades infecciosas.

Pero el concepto del riesgo acumulado también incluye la vulnerabilidad de la población receptora, sobre todo el que se refiere a su capacidad de afrontar el riesgo de la exposición a mercurio o su capacidad de aplicar las medidas de intervención más adecuadas para minimizar esta exposición y con ello los riesgos en salud. Por vulnerabilidad nos referimos al nivel de pobreza, al acceso a servicios de salud, al nivel educativo, a las capacidades laborales, al nivel de desnutrición, a problemas de seguridad alimentaria, o de seguridad del agua, al acceso a profesionistas que den seguimiento a la problemática ambiental, a la presencia de grupos armados involucrados en el mercado del mercurio, de la plata, del oro, etc.

Validada la región e identificadas las poblaciones en riesgo, es conveniente no limitarse a la contaminación por mercurio. Es muy importante en un escenario de riesgo acumulado, reconocer la presencia de otros tóxicos, otras amenazas (químicas, físicas o biológicas) y de los factores de vulnerabilidad más importantes para la región.

Finalmente, se podrá evaluar en cada región, las fuentes generales de exposición al mercurio. Como podrían ser las amalgamas, la presencia del metal en algunas especies de peces, el uso de algunas cremas de belleza o inclusive la exposición a equipos de medición (termómetros), a residuos de lámparas fluorescentes y/o a basura electrónica.

4.2.2 Priorización de Regiones Impactadas por Mercurio

Identificadas las regiones, el siguiente paso se refiere a la priorización. No se trata de eliminar regiones sino programar su evaluación y/o intervención, poniendo al principio las regiones en mayor riesgo. Asimismo, queda claro que la priorización de cualquier serie de ítems, siempre dependerá de los indicadores seleccionados. Por ello, se sugiere considerar los siguientes 8 indicadores, cada indicador considera tres escenarios, dándole al mayor riesgo un valor de tres y al menor riesgo un peso de uno (Ver Tabla 4.1).

1. Proximidad geográfica de la fuente contaminante a la población

Basados en estudios en sitios contaminados en México, se consideran tres escenarios. El de mayor riesgo ocurre cuando la fuente está dentro de la misma comunidad. Después se trabaja en dos distancias, de 0-1 km y mayor de 1 km. Estas distancias plantean diferentes niveles de riesgo para la dispersión de metales por transporte eólico y/o por escorrentías.

2. Tipos o especies de mercurio

Las formas de mercurio son tres: metálico o elemental; mercurio inorgánico; y metal-mercurio o mercurio orgánico. Por lo tanto, el máximo escenario de riesgo sería aquel que tiene las condiciones de contar con los tres tipos. Por ejemplo, en una mina de mercurio existen el mercurio metálico y el mercurio inorgánico (como es el caso del cinabrio). Sin embargo, de encontrarse la mina junto a un cuerpo de agua, es previsible que exista mercurio orgánico por la presencia de microorganismos en el sedimento. Lo mismo ocurriría si hubiera cultivos de arroz. Por lo anterior, es importante contar con un mínimo de información de la región y aplicarla al conocimiento químico del mercurio. Por supuesto, se otorga un valor de tres puntos cuando todas las especies de mercurio se encuentran en la región (exposición a mezclas de mercurio); y un punto cuando solamente una especie se localiza en la región. Un sitio con una sola especie a concentraciones muy altas (por ejemplo metal-mercurio), pudiera ser de mayor riesgo que un sitio con concentraciones bajas de dos compuestos (por ejemplo metálico e inorgánico). Sin embargo, es en extremo raro encontrar solamente un tipo de mercurio (en Minamata el mercurio orgánico apareció por la eliminación del mercurio inorgánico al mar).

3. Rutas de exposición completas

Como ya fue señalado, una ruta de exposición cuenta con cinco elementos: fuente de emisión de mercurio, medios del ambiente que transportan tóxicos (en este caso mercurio), puntos de exposición, vía de entrada al organismo y población receptora. Siguiendo los señalamientos de la Agencia de las Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de Estados Unidos (ATSDR), para que una ruta sea considerada completa se requiere de los cinco elementos. No obstante, en muchos casos el ambiente está contaminado pero no existe población receptora (y por lo tanto tampoco vías de exposición). Es así que una ruta con 5 elementos es más importante que una ruta con 3. Enseguida las rutas con tres elementos (fuente, medios de transporte y puntos de exposición), se refiere a aquellos lugares donde es muy factible que llegue población, contra una ruta de dos elementos que solo demuestra contaminación.

4. Receptores susceptibles

El sitio más crítico es aquél que presenta riesgos ocupacionales y riesgos ambientales. Seguido de los que presentan riesgos ambientales (ya que en este caso las mujeres y los niños son poblaciones de mayor riesgo que los trabajadores, por contar con ventanas de susceptibilidad, las mujeres por la capacidad reproductiva y los niños por no tener todavía el desarrollo completo de sus órganos y tejidos). Al final, el menor riesgo sería para un escenario solamente con trabajadores expuestos (riesgo ocupacional).

5. Receptores de la biota

En un esquema de riesgo integrado, además de población humana, tendríamos que considerar a los organismos de la flora y de la fauna. Sobre todo en la consideración que estos organismos son muy importantes para el ciclo biogeoquímico del mercurio. Ahora bien, se le da un peso mayor a una mayor biodiversidad a juicio de expertos en biodiversidad y conocedores de las áreas.

6. Tamaño de la población expuesta

Es evidente que entre mayor sea la población expuesta a mercurio, mayor será la posibilidad de encontrar individuos con daño en salud. Por lo cual se sugiere considerar tres escenarios: cuando la población sea de miles, de cientos o de decenas de individuos.

7. Vulnerabilidad de la población expuesta

Siguiendo los indicadores sociales que se emplean en México (por CONEVAL o CONAPO), las comunidades se dividen de acuerdo a su vulnerabilidad como muy alta (mucha pobreza), alta o mediana/baja. Se ha demostrado por ejemplo, que en personas desnutridas se incrementa la toxicidad del mercurio. Además de que la población en vulnerabilidad económica presente menos acceso a los servicios de salud.

7. Presencia de otros tóxicos

En un esquema de riesgo acumulado, la presencia de otros tóxicos incrementaría el riesgo en salud. En muchas ocasiones es complicado especificar la interacción de estos compuestos con el mercurio, sin embargo es conveniente calificar su presencia o su ausencia.

La Tabla 4.1, presentamos la lista de los indicadores y sus valores.

Tabla 4.1 Indicadores para la priorización de Regiones Impactadas por Mercurio

Indicadores	3	2	1
Proximidad geográfica	En el sitio	0-1 km	>1 km
Tipos de mercurio	Tres especies	Dos especies	Una especie
Rutas completas	Cinco elementos	Tres elementos	Dos elementos
Receptores susceptibles	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores
Receptores Biotá	Alta biodiversidad	Media biodiversidad	Baja biodiversidad
Tamaño población	Miles	Cientos	Decenas
Vulnerabilidad	Muy alta	Alta	Mediana
Otros tóxicos	-	-	Si

4.3 Comité Regional para la Atención del Riesgo por Mercurio

Se considera que una vez identificadas y priorizadas las regiones, se deberá llevar a cabo la evaluación de riesgo para planificar la intervención. Sin embargo, antes de ello se requiere la instalación de un Comité Multisectorial para organizar y realizar dicha evaluación de riesgo. La composición de dicho Comité incluye al menos a los siguientes sectores.

1. Representantes del Gobierno Federal de las áreas de ambiente y salud.
2. Representantes del Gobierno Estatal de las áreas de ambiente y salud.
3. Representante del Gobierno Municipal.
4. Representantes de la Población Impactada (comunidad, trabajadores, etc.)
5. Representantes de la Fuente Emisora (por ej. de la empresa, de la mina, etc.).
6. Representante de Grupos No Gubernamentales con actividades en la región.
7. Médicos Toxicólogos o en Centros de Información y Atención Toxicológica.
8. Representantes de la Academia con actividades en la región.

El objetivo del Comité sería establecer el protocolo de actividades, buscando asegurar que todas las inquietudes sociales se plasmen en conjunto con todas las necesidades técnicas.

4.4 Metodología para la Evaluación y Atención al Riesgo por la Exposición al Mercurio.

Existen múltiples metodologías para evaluar el riesgo en salud por la exposición a sustancias químicas, que en general siguen el mismo patrón: i) se identifica la fuente; ii) se establecen las rutas de exposición; iii) se realizan monitoreos ambientales en las matrices más impactadas por los contaminantes (en este caso mercurio); iv) con los datos ambientales se puede estimar el riesgo utilizando las dosis de referencia más indicadas; y v) se pueden realizar estudios de biomarcadores de exposición y de biomarcadores de efecto en la población en mayor riesgo. Considerando los puntos anteriores, es posible generar esquemas de trabajo particulares para cada grupo receptor; además incluimos un apartado para receptores de la biota.

La Tabla 4.2 muestra los esquemas de la Plataforma RISC (Riesgo Integrado y Salud en Comunidad), la cual es un ejemplo del desarrollo de esquemas de trabajo particulares para cada grupo receptor.

Tabla 4.2 Plataforma RISC para la evaluación de riesgos

Plataforma RISC (Riesgo Integrado y Salud en Comunidad)	
Tipo de Esquema	Grupo Receptor

URGE	Unidad de Riesgo para Grupos Especiales
STOP	Salud en el Trabajo para Ocupaciones Precarias
Salud Total	Esquema que incluye humanos y biota

4.4.1 URGE

La Unidad de Riesgo para Grupos Especiales supone la creación de una unidad (un grupo) de expertos de diferentes disciplinas unidos (cohesionados) para abordar la probabilidad de alteraciones en la salud pública en escenarios extremadamente impactados por alguna amenaza ambiental (de ahí el acrónimo de URGE). En cuanto a los grupos especiales nos referimos a poblaciones de alta susceptibilidad como los niños, mujeres, población mayor y población con alguna discapacidad. Para la evaluación de riesgo se plantea el trabajo en las siguientes cinco fases (marco de trabajo: CHILD):

- Caracterización participativa del riesgo acumulado.
- Habilitación de redes comunitarias.
- Intervención
- Limitantes comunitarias.
- Desarrollo

Caracterización participativa del riesgo acumulado

La primera fase es participativa porque incluye el trabajo con la comunidad, en la identificación de las fuentes, de los puntos de exposición y de la población receptora. Plantea el riesgo acumulado ya que no se trabaja solamente mercurio sino también otras amenazas y otros tóxicos, cuando así se considera necesario. El riesgo comprende la estimación utilizando monitoreos ambientales (en aire, agua, suelo superficial, polvos, sedimentos, alimentos, etc.) y monitoreos biológicos (biomarcadores de exposición).

Habilitación de redes comunitarias

La segunda fase implica generar el tejido social necesario para la intervención, pero también abarca la capacitación comunitaria en temas como salud, comunicación de riesgos y medidas de prevención.

Intervención

La intervención en la tercera fase considera tres ejes: i) la atención a la población más expuesta empleando para ello protocolos de toxicología clínica; ii) la remediación de los puntos de exposición más impactados; y iii) la educación ambiental.

Limitantes comunitarias

Las limitantes comunitarias surgen al revisar los resultados de las tres fases anteriores. Las limitantes reflejan las necesidades no resueltas que posiblemente requieran mayor capacitación comunitaria.

Desarrollo

Finalmente, y ante la realidad mexicana de alta vulnerabilidad social; se plantea que el desarrollo es la mejor opción para obtener resultados positivos que sean sostenibles. El desarrollo en nuestro modelo, tiene a la salud como el eje de cohesión comunitaria y sigue la dirección de las áreas de la seguridad humana y de los objetivos del desarrollo sostenible. En consecuencia, para este punto es muy importante hacer correlaciones entre vulnerabilidad social e impacto ambiental.

4.4.2 STOP

La Salud en el Trabajo para Ocupaciones Precarias (STOP) es un esquema operativo que aborda el estudio de la exposición ocupacional pero en el entendido de que los trabajadores sean del sector informal o del sector formal marginado. En México, los trabajadores precarios carecen de evaluaciones de toxicología clínica. STOP es un esquema operativo que consta de cinco fases (marco de trabajo: ASIST).

- Análisis del ambiente laboral.
- Salud ocupacional.
- Informar, visibilizar, gestionar
- Soluciones y alternativas.
- Trabajo decente.

Análisis del ambiente laboral

La primera fase plantea la evaluación ambiental del ambiente laboral, incluyendo la concentración de mercurio y otros tóxicos en aire, suelo, polvos, etc. La idea es conocer el riesgo ambiental al que se expone el trabajador precario.

4.4.3 Salud Total

Salud ocupacional

Con los datos se diseña un estudio de salud ocupacional centrado sobre todo en un análisis toxicológico con biomarcadores de exposición y biomarcadores de daño. En esta segunda fase, también se da seguimiento a los trabajadores en riesgo.

Informar, visibilizar, gestionar

Los datos de las primeras dos fases sirven para diseñar un programa de información al trabajador, pero también a las autoridades (que forman parte del Comité Regional). La idea es gestionar recursos para la intervención.

Soluciones y alternativas

Es obvio que la intervención en el Convenio de Minamata busca la eliminación de fuentes emisoras, pero cuando estas se originan en fuentes de empleo (por ejemplo la minería de mercurio), la reducción del riesgo pasa por generar alternativas laborales, además por supuesto, de la limpieza de los ambientes laborales y de la reducción de la exposición ocupacional como podría ser a través del empleo de ropa de protección adecuada.

Trabajo decente

Al final, la meta en la quinta fase, es llegar al concepto de trabajo decente con las directrices de seguridad ocupacional, derechos laborales, libertad, igualdad y mejoras salariales, que señala el esquema de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Este tercer esquema operativo es el que busca la evaluación integrada del riesgo, incluyendo para ello representantes de la biota y de la población humana. Consta de cinco de las siguientes cinco fases (marco de trabajo: DECUS).

- ❖ Descripción del escenario de riesgo.
- ❖ Estudios selectivos de riesgo ecológico.
- ❖ Caracterización de los determinantes ecológicos de la salud humana.
- ❖ Unificación de los resultados.
- ❖ Soluciones y alternativas en salud total.

La primera fase es crítica ya que deben delimitarse los límites del área de operación, en otras palabras, de la extensión de la región impactada por la presencia de mercurio. En esta área se trabajarán los organismos de la biota y de los determinantes ecológicos de la salud humana.

Para la segunda fase se refiere, deberá considerarse la evaluación del riesgo ecológico considerando especies críticas representativas del escenario.

La tercera fase implica el estudio de los determinantes ecológicos de la salud, es decir de aquellos factores de los ecosistemas que podrían afectar la salud humana en regiones impactadas por el mercurio. Por ejemplo, incendios forestales que liberan el mercurio absorbido por las plantas; la erosión que disminuye la cubierta vegetal y que facilita las escorrentías; las fuentes alimenticias; las fuentes de agua; etc.

En la cuarta fase se integran los conocimientos de las primeras tres fases y se determina una caracterización integrada del riesgo y finalmente, en la quinta fase plantea las soluciones y alternativas que hubiere a lugar de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.4.5 Perspectiva de género

Incorporar la perspectiva de género en la implementación del Convenio de Minamata en México implica analizar la problemática ambiental, laboral y de aspectos relacionados con la salud. Por ejemplo, al analizar los factores que determinan la severidad del daño como la forma química del mercurio, la dosis, la edad de la persona expuesta, la duración de la exposición, la ruta de exposición: inhalación, ingestión, contacto superficial, se debe reconocer que estos factores pueden estar influenciados por las actividades que realizan mujeres y hombres debido a las atribuciones que el género establece.

Es necesario aclarar que el concepto de género es diferente al sexo. En la información que señala que “La exposición a metilmercurio en el útero puede ser causada por la ingesta materna de pescados y mariscos conteniendo metilmercurio y puede causar efectos adversos afectando el cerebro y sistema nervioso en desarrollo” (CCBasiela, 2017), es la condición sexual la que interviene en la condición de riesgo. Las decisiones que se tomen para atender la salud de las personas deben considerar los efectos diferenciados que pueden tener en hombres y mujeres. El empleo de la fuerza de trabajo es una parte de la identidad fundamental en los hombres (por el rol de proveedores que se enfatiza en ellos) que puede afectarles más que a las mujeres.

El Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres 2013-2018 (SEGOB, 2018) incluye en su Estrategia 5.5: incorporar la perspectiva de género en las políticas ambientales y de sustentabilidad, incluyendo el marco jurídico en materia ambiental y el objetivo y deriva una serie de actividades que se desglosan en la Tabla 4.3

Tabla 4.3 PROIGUALDAD 2013-2018

Estrategia 5.5 Incorporar la perspectiva de género en las políticas ambientales y de sustentabilidad, incluyendo el marco jurídico en materia ambiental.
5.5.1 Incorporar perspectiva de género en la Estrategia Nacional de Cambio Climático.
5.5.2 Alinear y coordinar programas federales e inducir un crecimiento verde incluyente con enfoque de intercultural y de género.
5.5.3 Incorporar a organizaciones civiles en el ordenamiento ecológico, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales con perspectiva de género.
5.5.4 Promover observatorios ciudadanos para el monitoreo, evaluación y rendición de cuentas para las acciones de género, hábitat y medio ambiente.
5.5.5 Impulsar programas tendientes a reducir las brechas de género en el acceso, uso y

aprovechamiento de los recursos naturales
5.5.6 Impulsar la igualdad de género en el aprovechamiento y sustentabilidad de los recursos naturales: agua, pesca, agricultura, ganadería, energías renovables.
5.5.7 Promover actividades de pesca y acuicultura sustentables para mujeres en zonas costeras y fluviales.
5.5.8 Impulsar el saneamiento y abasto de agua para consumo humano y uso doméstico, en zonas rurales donde las mujeres abastecen.
5.5.9 Asegurar que los instrumentos financieros para la mitigación, adaptación y reducción de la vulnerabilidad beneficien igualitariamente a mujeres y niñas.
5.5.10 Promover un sistema de información sobre cambio climático que genere datos e indicadores desagregados por sexo.

Como se indicó en el capítulo 2, una de las situaciones más preocupantes en México es la minería primaria de mercurio ya que se estima que el factor de mujeres que tiene alguna relación con las actividades de la minería artesanal de oro, es la tercera parte del total, de esta manera, la proyección indica que aproximadamente existen entre 5,505 y 6,866 mujeres en este sector, atribuyendo mayormente a este rubro los Estados de Sinaloa, Durango, Zacatecas, Chihuahua y Sonora. En menor medida Coahuila, Jalisco, Oaxaca y San Luis Potosí.

Por otro lado, la estimación de menores de edad relacionada con el gambusinaje (se considera menor de edad a la población de hasta 18 años), representa a la población entre 12 y 18 años de edad, que en el caso de la proyección más alta en este rubro serían los Estados de Guerrero, Michoacán, Zacatecas y Sinaloa.

Considerando estas cifras es necesario desarrollar estrategias para cumplir con el Convenio de Minamata que consideren las recomendaciones de la Tabla 4.3 y realizar una labor de sensibilización de los riesgos a la salud por la exposición al mercurio considerando las condiciones biológicas y sociales de hombres y mujeres.

Bibliografía:

- CCBasiela, 2017. Informe sobre perspectiva de género publicado por el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Disponible en: sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Consultado en diciembre, 2018
- Castro J. 2011. Informe sobre el mercado del mercurio en México. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte
- Eagles-Smith CA, Silbergeld EK, Basu N, Bustamante P, Diaz-Barriga F, Hopkins WA, Kidd KA, Nyland JF. 2018. Modulators of mercury risk to wildlife and humans in the context of rapid global change.

- OIT.2018. Trabajo decente, Organización Internacional del Trabajo. Disponible en : <http://www.ilo.org/global/topics/decent-work/lang--es/index.htm>. Consultado en enero, 2018.
- SEGOB, 2018. Programa Nacional para la Igualdad de Oportunidades y no Discriminación contra las Mujeres 2013-2018. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5312418&fecha=30/08/2013. Consultado en diciembre, 2018.
- UNEP. 2008. Guidance for Identifying Populations at Risk from Mercury Exposure. UNEP/WHO. DTIE Chemicals Branch and WHO Department of Food Safety, Zoonoses and Foodborne Diseases; 2008. Geneva, Switzerland
- UNDP. 2017. Gender Mainstreaming a Key Driver of Development in Environment & Energy. UNDP. Disponible en: http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/environmentenergy/chemicals_management/chemicals-management-the-why-and-how-of-mainstreaming-gender.html. Consultado en enero, 2018.
- Veiga M, Angeloci G, Ñiquen W y Seccatore J. 2015. Reducing mercury pollution by training Peruvian artisanal gold miners. J Clean Prod 94: 268-277.

Capítulo 5 Evaluación de los desafíos, necesidades y oportunidades para implementar el Convenio de Minamata en sectores prioritarios

A fin de estar en condiciones de priorizar tanto los sectores de actividad señalados en el texto del Convenio de Minamata, como los temas vinculados directamente con la gestión de la producción y comercialización del mercurio, los productos que lo contienen, los procesos industriales que los utilizan o sus compuestos de acuerdo a los Anexos A, B, y C de convenio; o eliminar o reducir fuentes de emisión y liberación de acuerdo al Anexo D, se procedió en primer lugar a recopilar y analizar la información disponible y reciente respecto de inventarios, información estadística y geográfica, proyectos de gestión, análisis situacionales, procedimientos y diagnósticos publicados desde 2007 a la fecha.

Con la información obtenida se realizó un análisis sobre la situación de cada uno de los sectores y temas, así como los avances registrados durante el lapso de análisis, destacando aquellos que presentan datos de especial importancia para determinar el estado en que se encuentra el mercurio en el país.

Para la determinación de las prioridades que se deben establecer en nuestro país, para atender los compromisos derivados del Convenio de Minamata, se utilizó el método de Proceso Jerárquico Analítico (AHP; por sus siglas en inglés) que permite elegir una opción entre un número determinado de alternativas; ésta se realiza con el objetivo de que la alternativa preferida sea la “mejor” entre las candidatas (Loostma, 1999) de acuerdo al criterio de utilidad establecido. La toma de decisiones con múltiples criterios, o MCDM por sus siglas en inglés, es una disciplina de la investigación operativa que considera la evaluación de múltiples criterios en una toma de decisiones.

Se han desarrollado varios métodos para las MCDM cuyo objetivo es designar una alternativa preferida, clasificar las alternativas en un pequeño número de categorías y en un orden de preferencia subjetiva (Loostma, 1999). Uno de estos métodos es el proceso jerárquico analítico o AHP; el proceso jerárquico analítico es un enfoque para la toma de decisiones diseñado para hacer frente tanto a lo racional como a lo intuitivo en la selección de la mejor de una serie de alternativas, evaluadas con respecto a diferentes criterios. En este proceso de toma de decisiones se llevan a cabo comparaciones pareadas que luego se utilizan para desarrollar prioridades generales para clasificar las alternativas. El AHP permite algo de inconsistencia en los juicios y proporciona un medio para mejorar la coherencia (Saaty y Vargas, 2012).

En general, no todos los criterios considerados en una toma de decisiones contribuyen en igual magnitud para la selección de la alternativa preferida. Existen métodos formales que permiten traducir la subjetividad asociada a la importancia de un criterio en relación con otro (p. ej. a es mucho más importante que b). Uno de estos métodos es el método del eigenvalor (Gwo-Hshung, 2011), que forma parte del AHP (Saaty, 2008). Para calcular el “peso” de cada criterio se realiza una comparación pareada en la que se asigna la intensidad de la importancia relativa de cada uno con respecto a los demás, formando así una matriz recíproca. El valor

numérico que representa el nivel de importancia de cada criterio se establece de acuerdo con la escala fundamental propuesta por Saaty (1990). El eigenvector correspondiente al máximo eigenvalor de la matriz recíproca corresponde a los pesos de cada uno de los criterios.

Tabla 5.1 Escala fundamental para establecer la importancia de los criterios de acuerdo

Intensidad	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen de la misma forma.
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra.
5	Fuerte importancia	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a una actividad sobre la otra.
7	Muy fuerte importancia	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominancia se demuestra en la práctica.
9	Extrema importancia	La evidencia que favorece fuertemente a una actividad sobre la otra es del mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando es necesario.

5.1 Metodología

Para identificar cuáles deben ser las prioridades que el gobierno de México debe establecer para cumplir con los compromisos derivados del Convenio de Minamata, se definieron cuatro criterios con distintos subcriterios o alternativas:

- Ciclo de Vida
- Destino
- Exposición
- Regulación

Las alternativas o subcriterios planteadas para cada criterio son:

Ciclo de Vida

- Liberación emisión no regulada
- Liberación emisión no controlada
- Extracción mercurio
- Almacenamiento mercurio
- Extracción oro artesanal
- Procesos producción secundaria metales

- Procesos producción primaria metales
- Manufactura
- Liberación emisión regulada
- Liberación emisión controlada por otros parámetros ambientales diferentes al mercurio
- Reciclado/ Recuperación
- Uso permitido

Destino

- Residuos sin tratamiento o disposición. Especifica
- Aire
- Agua
- Suelo
- Productos
- Residuos con tratamiento o disposición específica

Exposición

- Manipulación directa del mercurio y sus compuestos por niños_mujeres
- Exposición ocupacional en la actividad informal
- Manipulación directa del mercurio y sus compuestos por hombres
- Manipulación indirecta del mercurio y sus compuestos por niños_mujeres
- Exposición ambiental
- Exposición ocupacional
- Manipulación indirecta del mercurio y sus compuestos por hombres
- Exposición paraocupacional

Regulación

- Vigilancia del cumplimiento
- Uso no permitido ilegal
- Actividad no regulada
- Actividad regulada

Uno de los componentes más importantes de la aplicación del método AHP, es el juicio experto de distintos especialistas. Para ello, se convocó a un grupo de representantes de gobierno, industria, academia y organizaciones no gubernamentales, con el objetivo de que priorizarán los criterios y sus alternativas, haciendo uso de la escala de importancia de criterios (Tabla 5.7) y con base en su experiencia y conocimiento (14 expertos participaron en el ejercicio).

Para cada nivel jerárquico se construyó una matriz recíproca y se calculó el peso de los criterios correspondientes. Para medir la consistencia del juicio y las ponderaciones o pesos establecidos en función de éste, se calcularon el Índice de Consistencia (C.I.) y la Razón de Consistencia (C.R.). Una vez establecidos los pesos, se normalizaron los valores que estos toman de acuerdo a la fórmula:

$$q = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

El valor de preferencia de las alternativas se calculó a través de la ponderación aditiva simple de los diferentes criterios mediante la fórmula:

$$p_i = \sum_{j=1}^m w_j q_{ij}$$

donde q_{ij} es el valor de i-esimo criterio de la j-esima alternativa y w_i el peso del i-esimo criterio. Este valor es de mínima utilidad, es decir, mientras mayor es el valor, mayor es el impacto ambiental de la alternativa correspondiente

Al utilizar la metodología de proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), y aplicando el promedio geométrico, como lo señala la metodología, se obtiene la siguiente priorización de las alternativas. En los anexos 4 a 8 se muestran los resultados obtenidos en esta dinámica, el análisis de estos resultados y recomendaciones finales se muestran a continuación (Ver Tabla 5.2 a Tabla 5.7).

Tabla 5.2 Criterio uno: ciclo de vida

Alternativas	Promedio geométrico	Prioridad
Extracción oro artesanal	0.268	1
Extracción mercurio	0.205	2
Procesos producción primaria metales	0.194	3
Reciclado/ Recuperación	0.181	4
Liberación emisión no controlada	0.173	5
Liberación emisión no regulada	0.15	6
Uso permitido	0.138	7
Procesos producción secundaria metales	0.134	8
Liberación emisión controlada por otros parámetros ambientales diferentes al mercurio	0.107	9
Almacenamiento mercurio	0.106	10
Liberación emisión regulada	0.103	11
Manufactura	0.084	12

Tabla 5.3 Criterio dos: destino

Alternativas	Promedio geométrico	Prioridad
--------------	---------------------	-----------

Residuos sin tratamiento o disposición. Especifica	0.202	1
Agua	0.159	2
Productos	0.121	3
Suelo	0.116	4
Residuos con tratamiento o disposición especifica	0.101	5
Aire	0.097	6

Tabla 5.4 Criterio tres: exposición

Alternativas	Promedio geométrico	Prioridad
Manipulación directa del mercurio y sus compuestos por niños_mujeres	0.151	1
Exposición ocupacional en la actividad informal	0.142	2
Manipulación directa del mercurio y sus compuestos por hombres	0.119	3
Manipulación indirecta del mercurio y sus compuestos por niños_mujeres	0.116	4
Exposición ambiental	0.100	5
Exposición ocupacional	0.091	6
Manipulación indirecta del mercurio y sus compuestos por hombres	0.089	7
Exposición paraocupacional	0.085	8

Tabla 5.5 Criterio cuatro: regulación

Alternativas	Promedio geométrico	Prioridad
Vigilancia del cumplimiento	0.372	1
Actividad no regulada	0.156	2
Uso no permitido ilegal	0.152	3
Actividad regulada	0.103	4

Por último, se priorizaron todos los criterios obteniendo que como prioridad uno está la Exposición, seguida de la Regulación y Destino. Es importante señalar que los expertos (Tabla 5.7) han señalado el ciclo de vida como el último prioritario de los criterios.

Tabla 5.6 Criterio cinco: prioridades de los criterios establecidos

Criterios	Promedio geométrico	Prioridad
Exposición	0.256	1
Regulación	0.197	2
Destino	0.127	3
Vulnerabilidad	0.123	4
Ciclo de Vida	0.089	5

Tabla 5.7 Criterio seis: Priorización de criterios por expertos

Criterios	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	Exp 8	Exp 9	Exp 10	Exp 11	Exp 12	Exp 13	Exp 14	PROM GEOM	PRIORIDAD
Exposición	0.231	0.158	0.577	0.066	0.409	0.331	0.077	0.247	0.595	0.109	0.576	0.151	0.509	0.509	0.256	1
Ciclo de Vida	0.346	0.142	0.033	0.151	0.132	0.050	0.086	0.129	0.050	0.044	0.189	0.038	0.085	0.085	0.089	5
Regulación	0.118	0.374	0.161	0.349	0.192	0.281	0.089	0.146	0.050	0.474	0.105	0.540	0.236	0.236	0.197	2
Destino	0.118	0.255	0.057	0.212	0.210	0.033	0.200	0.315	0.050	0.109	0.096	0.176	0.138	0.138	0.127	3
Vulnerabilidad	0.186	0.071	0.173	0.222	0.057	0.305	0.548	0.163	0.256	0.264	0.034	0.095	0.032	0.032	0.123	4

La evaluación de estos criterios es la línea base para establecer prioridades a nivela nacional y analizar cada uno de ellos de acuerdo a:

- 1) sus antecedentes y situación actual;
- 2) su contribución en cuanto a las liberaciones y emisiones de mercurio;
- 3) los grupos o ecosistemas vulnerables que pudieran estar en riesgo debido a las actividades sectoriales;
- 4) las fortalezas o condiciones favorables, así como las debilidades y oportunidades relacionadas con la posibilidad de eliminar o reducir las emisiones y consumo de mercurio;

La aplicación de este ejercicio puede ser una apoyo para que cada sector o fuente de mercurio y sus compuestos determine las acciones a realizar y su nivel de prioridad a nivel nacional.

5.2 Acciones de atención inmediata

5.2.1 Normatividad

De acuerdo con las disposiciones del Convenio de Minamata, se requiere actualizar algunos instrumentos normativos ya existentes y la creación de algunas normas adicionales. A continuación se muestran las normas a considerar en una primera etapa:

- NOM-013-SSA2 para amalgamas dentales, esto con el fin de que se limite el uso de cápsulas para la preparación de amalgamas, de acuerdo a lo dispuesto en el ANEXO A, parte II del Convenio.
- NOM-040-ECOL-2002 para la protección ambiental de cemento hidráulico-niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera, con el fin de que se incluya una medición más fiable mercurio y sin importar el tipo de combustible.
- Considerar el establecimiento de una NMX para medición de emisiones y liberaciones de mercurio en sus distintas especies químicas.

5.2.2. Gestión

Con respecto a actividades de gestión, se recomienda en una primera instancia lo siguiente: • Realizar las gestiones necesarias para que no se autoricen nuevas actividades mineras o renueven las existentes, ya que actualmente diversas minas de mercurio cuentan con su Manifestación de Impacto Ambiental, otorgadas por la SEMARNAT.

- Actualizar el umbral de reporte de mercurio en la Cédula de Operación Anual (COA), para hacerlo compatible con la elaboración del inventario de emisiones y liberaciones de mercurio de acuerdo a la metodología de las Naciones Unidas.
- No autorizar exportaciones de mercurio metálico para su uso en minería artesanal de **oro. Actualmente la SEMARNAT autoriza dichas exportaciones en virtud del “Acuerdo que establece la clasificación y codificación de mercancías cuya importación y exportación está sujeta a regulación por parte de las dependencias que integran la comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas”.**
- Incluir en el acuerdo antes mencionado a otras formas explotables de mercurio, como es el caso del cinabrio.
- Implementar un procedimiento de consentimiento informado previo (similar al del Convenio de Rotterdam) para el caso de las exportaciones de mercurio y garantizar con ello el comercio únicamente en usos permitidos.
- Elaborar un patrón de recicladores de mercurio y sus compuestos. Vigilar el comercio de dicho mercurio para garantizar su aprovechamiento en usos permitidos.
- Ubicar los sitios donde se presuman cantidades de almacenaje de 50 o más toneladas de mercurio, así como fuentes de suministro que generen existencias de más de 10 toneladas anuales.
- Ubicar las plantas y procesos que estén relacionados con el Anexo A y B del convenio.

5.2.3 Planes Nacionales

El Convenio de Minamata solicita la elaboración de diversos planes nacionales, para lo cual se requiere detonar el inicio del mismo:

- **Declaratoria de extracción de oro artesanal y en pequeña escala “más que insignificante”.**
México requiere elaborar y aplicar un plan de acción nacional de conformidad con el anexo C en donde se tratará de adoptar medidas para reducir y, si es viable, eliminar el uso de mercurio. Este plan se presentará a más tardar tres años después de la entrada en vigor del Convenio.
- Plan nacional de reducción de emisiones y liberaciones de fuentes pertinentes.
México cuenta con las fuentes pertinentes de mercurio enlistadas en el anexo D (Calderas industriales de carbón, centrales eléctricas de carbón, procesos de fundición y calcinación utilizados en la producción de metales no ferrosos (plomo, zinc, cobre, oro industrial), Plantas de incineración de residuos y fábricas de cemento Clinker), es por eso que el plan nacional que se implementará permitirá adoptar medidas para el control de emisiones y liberaciones. Dichos planes deben contemplar:
 - ❖ Un objetivo cuantificado para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
 - ❖ Valores límite de emisión para controlar y, cuando sea viable, reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
 - ❖ El uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.
 - ❖ Una estrategia de control de múltiples contaminantes que aporte beneficios paralelos para el control de las emisiones de mercurio.
 - ❖ Otras medidas encaminadas a reducir las emisiones procedentes de las fuentes pertinentes.

Adicionalmente el país deberá integrar y mantener de forma continua el inventario nacional de emisiones y liberaciones de mercurio para dichas fuentes, a más tardar en 2022.

5.2.4 Diagnóstico de los efectos del mercurio en ambiente y salud

Esfuerzos incipientes en la valoración económica de los efectos en salud por la exposición al mercurio han demostrado el impacto de dicho contaminante en poblaciones evidentemente expuestas en México. Aún son pocas las poblaciones evaluadas y las fuentes consideradas en dichos estudios, por lo que es necesario ampliar esas evaluaciones para dimensionar el impacto real en la población mexicana. En este sentido se propone establecer un programa nacional para caracterizar la exposición a mercurio de manera adecuada, identificar poblaciones vulnerables y mitigar efectos, además de fortalecer la capacidad analítica del INECC en materia de mediciones de emisiones de mercurio.

5.2.5 Información y Difusión del Convenio.

Conforme al artículo 18, se compartirá información entre gobiernos y público. Se requiere información con respecto a:

- Formación, capacitación y sensibilización del público en relación con los efectos de la exposición a mercurio.
- Alternativas del uso del mercurio.
- Las actividades destinadas a cumplir con las obligaciones contraídas en virtud a este Convenio.

5.2.6. Cooperación Internacional sobre el mercurio

Durante 2016 y 2017, se han avanzado proyectos para el GEF entre SEMARNAT (Planeación y DGGIMAR), INECC y PNUMA para su seguimiento durante la COP1:

1. Problemática de los flujos comerciales en América Latina (INECC), PIF elaborado y en revisión con los países de la región.
2. Evaluación de la actividad minera artesanal en Querétaro (DGGIMAR), aprobado por el GEF y en espera de recursos para su arranque.

5.2.6 Otras acciones a mediano y largo plazo

- Cambio de la Ley minera para excluir al mercurio como mineral explotable.
- Prohibición de la producción de los productos listados en el Anexo A.
- Fomentar la capacitación de personal médico y de instituciones para atender todo lo referente a la salud humana.
- Implementar un programa para la restauración del sitio contaminado en Nuevo León, y fomentar la reconversión de la planta de Coatzacoalcos de cloro-alcalí.
- Actualizar el programa para la identificación de sitios contaminados con mercurio.

Bibliografía:

Gwo-Hshiong T., G. Tzeng, y J. Huang. 2011. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Taylor & Francis.

Lootsma F.A. Multi-Criteria Decision Analysis Via Ratio and Difference Judgement. Applied Optimization. Kluwer.

Saaty T. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences. 1:83-98.

Saaty T.1990. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European journal of operational research, 48(1):9-26.

Saaty, T. L. y Vargas, L. G. 2012. Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. Springer US