



GOBIERNO DE CHILE  
COMISIÓN NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

**“DESARROLLO DE UN INVENTARIO Y UN PLAN  
DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA EL MERCURIO:  
UNA CONTRIBUCIÓN A LA ALIANZA GLOBAL  
SOBRE EL MERCURIO”**

**Informe Final**

**Abril 2008**



## INDICE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO 1: “ANTECEDENTES GENERALES”</b>	<b>6</b>
1.1	ANTECEDENTES GENERALES	6
1.2	DIAGNÓSTICO Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
1.3	OBJETIVOS	11
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	11
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	11
1.4	ANTECEDENTES ADICIONALES SOBRE EL MERCURIO	12
1.5	INFORMACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL RELATIVA A LOS USOS Y LIBERACIONES DE MERCURIO	17
1.6	INFORMACIÓN RELATIVA A LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN CATASTROS DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	21
1.6.1	<i>El Programa SUPERFUND de los Estados Unidos</i>	22
1.6.2	<i>El Caso de Brasil – Estado de Sao Paulo</i>	29
1.6.3	<i>El Caso Alemán</i>	36
1.6.4	<i>Comentarios sobre las Experiencias Internacionales Revisadas</i>	45
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2: INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO Y CATASTRO DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS</b>	<b>47</b>
2.1	GENERACIÓN DEL INVENTARIO DE LIBERACIONES DE MERCURIO	47
2.1.1	<i>Resumen</i>	47
2.1.2	<i>Liberaciones por categorías de fuentes</i>	54
2.1.3	<i>Subcategorías importantes por categoría de fuente</i>	55
2.2	DATOS FALTANTES	66
2.3	CONCLUSIONES	67
2.4	FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO IDENTIFICADAS	68
2.5	CUANTIFICACIÓN DE LIBERACIONES DE MERCURIO	75
2.5.1	<i>Categoría 5.1 “Extracción y uso de combustibles / fuentes de energía”</i>	75
2.5.2	<i>Categoría 5.2 Producción primaria (virgen) de metales</i>	96
2.5.3	<i>Categoría 5.3 “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”</i>	109
2.5.4	<i>Categoría 5.4 “Uso deliberado de mercurio en procesos industriales”</i>	119
2.5.5	<i>Categoría 5.5 “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio”</i>	120
2.5.6	<i>Categoría 5.6 Otros usos deliberados en productos / procesos</i>	130
2.5.7	<i>Categoría 5.7. Producción de metales reciclados (producción “secundaria” de metales)</i>	134
2.5.8	<i>Categoría 5.8. Incineración de desechos</i>	138
2.5.9	<i>Categoría 5.9. Disposición de desechos / rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</i>	142
2.5.10	<i>Categoría 5.10. Crematorios y cementerios</i>	147
2.6	CONCLUSIONES DEL INVENTARIO	153
2.7	RESUMEN DE RESULTADOS DEL INVENTARIO	164
2.8	CATASTRO DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS CON MERCURIO	174
2.8.1	<i>Resultados del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados por Mercurio</i>	182

2.8.2	<i>Conclusiones y Comentarios sobre el Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados por Mercurio.</i>	185
-------	---	-----

### **3 CAPITULO 3: BORRADOR DEL PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS ..... 203**

3.1	DESCRIPCIÓN DE LA NORMATIVA QUE ABORDA LA TEMÁTICA DEL MERCURIO Y VACÍOS LEGALES DETECTADOS	203
3.2	PRIORIZACIÓN DE FUENTES DE USO, CONSUMO Y LIBERACIONES	214
3.3	PROPUESTA DE GESTIÓN DE SITIOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS	224
3.3.1	<i>Priorización de Sitios Potencialmente Contaminados</i>	224
3.4	EVALUACIÓN EN BASE ESTUDIOS REALIZADOS	225
3.5	ESTUDIOS QUE EVIDENCIAN CONTAMINACIÓN POR MERCURIO EN CHILE	225
3.5.1	<i>Gestión de los sitios sometidos a estudios.</i>	228
3.6	MEDIDAS CONCRETAS PARA LA GESTIÓN DEL MERCURIO	229
3.7	CATEGORÍA 5.1: “EXTRACCIÓN Y USO DE COMBUSTIBLES/ FUENTES DE ENERGÍA”	229
3.7.1	<i>“Combustión de carbón en grandes centrales de energía”</i>	229
3.7.2	<i>“Otras formas de Combustión de carbón”</i>	231
3.7.3	<i>“Extracción, refinación y uso del aceite mineral”</i>	232
3.7.4	<i>“Extracción, refinación y uso de gas natural”</i>	234
3.7.5	<i>“Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”</i>	236
3.8	CATEGORÍA 5.2 “PRODUCCIÓN PRIMARIA (VIRGEN) DE METALES”	238
3.8.1	<i>“Extracción de Oro y Plata con el proceso de amalgamación de Mercurio”</i>	238
3.8.2	<i>“Extracción y tratamiento inicial de otros metales no ferrosos, incluyendo zinc, cobre, plomo, oro (diferente a la amalgamación) y aluminio.”</i>	240
3.8.3	<i>“Producción primaria ferrosa metálica.”</i>	241
3.9	“PRODUCCIÓN DE OTROS MINERALES Y MATERIALES CON IMPUREZAS DE MERCURIO”	243
3.9.1	<i>“Producción de Cemento”</i>	243
3.9.2	<i>“Producción de Papel y Pulpa”</i>	244
3.10	“PRODUCTOS DE CONSUMO CON USO DELIBERADO DE MERCURIO”	246
3.10.1	<i>“Termómetros con mercurio”</i>	246
3.10.2	<i>“Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio”</i>	248
3.10.3	<i>“Fuentes de luz con mercurio”</i>	250
3.10.4	<i>“Pilas con mercurio”</i>	253
3.10.5	<i>“Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario”</i>	255
3.11	“OTROS USOS DELIBERADOS EN PRODUCTOS / PROCESOS”	258
3.11.1	<i>“Amalgamas dentales de mercurio”</i>	258
3.11.2	<i>“Manómetros y medidores”</i>	261
3.11.3	<i>“Químicos y equipos de laboratorio”</i>	264
3.12	“PRODUCCIÓN DE METALES RECICLADOS”	265
3.12.1	<i>“Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)”</i>	265
3.13	“INCINERACIÓN DE DESECHOS”	267
3.13.1	<i>“Incineración de desechos médicos”</i>	267
3.14	“DISPOSICIÓN DE DESECHOS / RELLENOS SANITARIOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”	270
3.14.1	<i>“RelLENOS sanitarios / depósitos controlados”</i>	270

3.14.2	<i>“Sistemas / tratamiento de aguas residuales”</i>	273
3.15	<i>“CREMATORIOS Y CEMENTERIOS”</i>	276
3.15.1	<i>”Crematorios”</i>	276
3.15.2	<i>“Cementerios”</i>	279
3.16	DOCUMENTO BORRADOR DEL PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS DEL MERCURIO .	279
3.16.1	<i>Análisis Situacional.</i>	279
3.16.2	<i>Análisis de los Riesgos de Exposición a las diferentes Especies de mercurio</i>	284
3.16.3	<i>Resumen y conclusiones más Importantes de los análisis efectuados. ....</i>	289
3.16.4	<i>Objetivos.....</i>	292
3.16.5	<i>Identificación y Acciones de Reducción de Riesgos.....</i>	293
3.16.6	<i>Selección de Acciones para la Reducción de Riesgos en las Subcategoría Priorizadas .....</i>	295
3.16.7	<i>Evaluación de la sustitución de los productos con contenido de mercurio.</i>	297
3.16.8	<i>Formulación de Actividades y Tareas con el respectivo plazo y responsable de la realización de dichas actividades.....</i>	300
3.16.9	<i>Evaluación del desarrollo del Plan de gestión.....</i>	304
<b>4</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>306</b>
<b>5</b>	<b>GLOSARIOS</b>	<b>311</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>316</b>

# 1 Capítulo 1: “Antecedentes Generales”

## 1.1 *Antecedentes Generales*

El Consejo de Administración del PNUMA en su sesión 22 celebrado el 2003, decidió que para el mercurio existían pruebas suficientes de consecuencias nocivas importantes a nivel mundial, que justificaban la adopción de medidas a nivel internacional (Decisión 22/4 V). En respuesta a dicha decisión, el PNUMA en su Subdivisión de Productos Químicos, estableció un Programa sobre el Mercurio. Este programa, en cooperación y consulta con otras organizaciones competentes, facilita y presta asistencia técnica y desarrolla actividades de creación de capacidad en apoyo de las actividades nacionales encaminadas a adaptar medidas sobre la contaminación causada por el mercurio.

Asimismo, el Consejo de Administración del PNUMA, en su 23° período de sesiones, celebrado el 2005, encargó al Director Ejecutivo instar a los gobiernos, organizaciones intergubernamentales, organizaciones no gubernamentales y sector privado a crear y establecer asociaciones de manera clara, transparente y responsable, como uno de los enfoques para reducir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente procedentes de la liberación del mercurio y sus componentes (Decisión 23/9 IV).

El Consejo de Administración examinará nuevamente los progresos realizados y evaluará, en su 24° período de sesiones, la necesidad de adoptar medidas adicionales respecto del mercurio, considerando una amplia gama de opciones, incluida la posibilidad de un instrumento jurídicamente vinculante, asociaciones y otras medidas. Además, se estudiará un informe sobre la aplicación de la presente decisión en lo que se refiere a los exámenes de la información científica sobre el plomo y el cadmio.

Lo anterior, demuestra la gran preocupación que a nivel internacional existe respecto al mercurio. A nivel nacional, Chile ha estado elaborando algunas iniciativas directas y otras indirectas para abordar el problema del mercurio.

En el sector minero, el Servicio Nacional de Geología y Minería del Ministerio de Minería, ha implementado el “Programa de Manejo Integral de la Variable Ambiental de la Pequeña Minería” y el “Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal, PAMMA”, cuyos principales objetivos están enfocados a crear conciencia sobre la generación de impactos negativos asociados a las operaciones mineras. Sus principales actividades se orientaron a capacitar a los trabajadores y la ciudadanía en general y a difundir el uso de mejores prácticas ambientales en el manejo de mercurio.

El Ministerio de Salud, el 16 de junio de 2004, publicó en el Diario Oficial el Decreto Supremo N° 148, que aprueba el “Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos”. El Reglamento establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas que se relacionan directamente con la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos

peligrosos. A pesar de que el mercurio está incluido dentro de este reglamento como un residuo peligroso, no existe obligación de medir ni de comprobar su existencia. Por otra parte, los hospitales públicos aún utilizan instrumental médico como termómetros y manómetros de presión, además de amalgamas dentales con mercurio y, posiblemente, las clínicas particulares también los utilizan.

A pesar de los avances anteriores, las autoridades ambientales del país, aún no consideran al mercurio como una sustancia de gran prioridad. Lo anterior, porque aún no hay conciencia de la problemática real que genera la presencia de este contaminante en los seres humanos y en el medio ambiente, así como se desconoce cuáles son los usos y los consumos del país y la cantidad de sitios contaminados con mercurio que pudiesen existir.

En el contexto anterior, Chile debe conocer la dimensión del problema y posteriormente, definir un programa integrado de la gestión de mercurio, que cubra a todo el país y que integre diversos ámbitos de acción.

Al respecto, el proyecto plantea como objetivo general, identificar y gestionar el mercurio en Chile, para proteger la salud humana y el medio ambiente.

En ese mismo sentido, se utilizarán los esfuerzos realizados por el país en la implementación de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, RETC<sup>1</sup>. De esta forma, también se podrá institucionalizar el mercurio en dicho instrumento, del cual se espera obtener el primer reporte del Registro para el presente año.

Cabe señalar, que la información se presentará en forma desagregada por cada establecimiento industrial para aquellas sustancias normadas, señalando el valor de referencia de la norma aplicable y, de forma global para aquellas sustancias que serán estimadas tanto para fuentes puntuales como también para las móviles.

---

<sup>1</sup> El RETC es un catálogo que contiene información actualizada sobre sustancias químicas contaminantes o potencialmente dañinas para la salud y el medio ambiente, que son emitidas directamente al suelo, al aire o al agua por establecimientos industriales u otras actividades como el transporte y la agricultura. Además, incluye información sobre el tratamiento o eliminación de residuos contaminantes peligrosos (transferencias).

Esta es una herramienta que permite recopilar, integrar y difundir periódicamente estos datos. De este modo es posible monitorear el desempeño ambiental, poner a disposición de la ciudadanía antecedentes para prevenir riesgos y promover políticas efectivas de protección ambiental y de la salud.

## ***1.2 Diagnóstico y Descripción del Proyecto***

Los niveles de mercurio en el medio ambiente han aumentado considerablemente desde el inicio de la era industrial. La forma más importante de contaminación con mercurio son las liberaciones al aire, pero también se producen liberaciones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Una vez liberado, éste permanece en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas.

La contaminación con mercurio provoca importantes efectos a nivel local, nacional, regional y mundial. Estos efectos se pueden combatir mediante un conjunto de medidas en cada uno de estos niveles, estableciendo metas de reducción del uso, emisiones y exposiciones. Numerosas medidas adoptadas en Europa, América del Norte y otras regiones han logrado reducir los usos y las liberaciones de mercurio. Los inventarios, sin embargo, todavía son incompletos y algunas liberaciones todavía alcanzan niveles importantes.

En este sentido, el Consejo de Administración del PNUMA en sus decisiones 22/4 V y 23/9 IV, insta a todos los países a que fijen objetivos y adopten medidas a nivel nacional.

Para dar cumplimiento a lo anterior, Chile definirá un programa de mercurio que cubra todo el territorio y que integre todos los ámbitos de acción: salud, minería, medio ambiente, industria, ciudadanía, y los trabajadores.

En este contexto, la implementación de este proyecto permitirá contar con un borrador de “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio” que determinará la magnitud del problema y entregará las directrices necesarias para gestionar el mercurio en Chile. Este Plan deberá estar enmarcado, a nivel internacional, en el “Programa de Mercurio” del PNUMA y, a nivel nacional, en la Agenda Ambiental de Gobierno, 2006-2010.

En términos específicos, el “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio” seguirá algunos lineamientos planteados en tres Políticas Nacionales que el gobierno de Chile está llevando a cabo, la de “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, la de “Seguridad Química” y la de “Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes”, cuyos principales objetivos están orientados a reducir los riesgos al medio ambiente y a la salud de la población.

Para dar inicio a este programa se conformará un “Comité Técnico Nacional” de carácter multisectorial (participación del sector público, privado, académico y ONGs), que tendrá como función principal, apoyar y asesorar técnicamente el proceso de ejecución del proyecto. Así mismo, dicho comité velará por el seguimiento y evaluación del “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio” una vez que éste finalice.

En el caso del RETC, por Acuerdo del Consejo Directivo de CONAMA N° 277 del 23 de junio del 2005, se estableció que la supervisión y seguimiento de la implementación del



plan de acción de éste estará a cargo del Grupo Nacional Coordinador que incluye representantes de los sectores públicos, privados, ONGs y universidades.

La primera etapa de este proyecto será el levantamiento de información a nivel nacional, con lo cual se podrá dimensionar la problemática del mercurio en nuestro país. Los productos que se obtendrán en esta etapa, son un inventario de usos, consumos y liberaciones de mercurio y un catastro de sitios potencialmente contaminados con mercurio, con su correspondiente distribución espacial. Posteriormente, se realizará una evaluación de las capacidades nacionales para la integración de un inventario nacional de mercurio dentro del marco del RETC.

Asimismo, una vez que se concluya el inventario y el catastro, será necesario llevar a cabo actividades de “Difusión y Consulta Ciudadana” orientadas a educar y sensibilizar sobre este tema a la ciudadanía en general y a los grupos de interés.

Para llevar a cabo las actividades antes descritas, se desarrollarán talleres a lo largo del país. Con el fin de optimizar los recursos, el país se agrupará en 3 macrozonas, Norte, Centro y Sur. La macrozona *Norte*, incluirá las regiones I, II, III y IV; la *Centro*, las regiones V, VI, VII y Región Metropolitana; y la *Sur* las regiones VIII, IX; X, XI y XII. La definición de macrozonas se realiza en función de las características comunes que presentan cada una de las regiones que la integran.

Las observaciones y/o comentarios recogidas en los talleres, se analizarán y se sistematizarán, formando parte activa de la tercera etapa de este proyecto, que consiste en la elaboración de una propuesta de “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio”. Este programa enfrentará la problemática nacional de mercurio en Chile y, por lo tanto, contará con medidas integrales de corto, mediano y largo plazo.

Este Plan debe incluir, como mínimo, lo siguiente:

- a) Objetivos estratégicos y restricciones en las que se basa el plan;
- b) Resumen de los resultados del inventario de usos y consumos de mercurio y de sitios potencialmente contaminados por éste;
- c) Priorización y clasificación de las fuentes de uso, consumo y liberaciones, así como de los sitios potencialmente contaminados con mercurio, tomando en cuenta los aspectos legales, medio ambientales, salud, económicos y técnicos;
- d) Medidas concretas para la gestión del mercurio:
  - √ alcance y/o cobertura de cada medida (qué usos, consumos y liberaciones, en qué sitios, cuándo implementar).
  - √ potenciales metas de control (% de reducción de contaminantes).
  - √ mecanismos de implementación (cómo se implementa la medida, agentes involucrados, fiscalización).
  - √ Priorización de las medidas propuestas sobre la base de criterios que deberán ser acordados con la contraparte técnica.
  - √ Plazos de implementación.
- e) Descripción de la normativa que aborda la temática del mercurio y vacíos legales detectados;

- f) Levantamiento de información base para el análisis costo-beneficio del programa de mercurio.

Este Plan será presentado, para su aprobación final, a las instancias institucionales superiores y al Comité de la Agenda Química Internacional.

## **1.3 *Objetivos***

### **1.3.1 Objetivo General**

Identificar y gestionar el mercurio en Chile, para proteger la salud humana y el medio ambiente.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Involucrar a las distintas partes en asociaciones para el reporte de emisiones de mercurio y la reducción de sus riesgos.
- ✓ Realizar un inventario de usos, consumo y liberaciones de mercurio y un catastro de sitios potencialmente contaminados con mercurio.
- ✓ Desarrollar un plan para la gestión de los riesgos del mercurio, tomando en consideración datos de inventarios de emisiones.
- ✓ Desarrollar actividades de difusión y consulta pública orientadas a educar y sensibilizar respecto a la problemática del mercurio.
- ✓ Elaborar un borrador de Plan Nacional para la Gestión de Riesgos del Mercurio en Chile.
- ✓ Desarrollar una estrategia para institucionalizar el reporte de emisiones de mercurio en el contexto del RETC Nacional de Chile.

## ***1.4 Antecedentes Adicionales sobre el Mercurio***

El mercurio es un elemento constitutivo de la tierra, considerado un metal pesado (elemento metálico con masa atómica elevada al igual que el cromo, el cadmio, arsénico y plomo), que está presente en la corteza terrestre a razón promedio de 0,05 mg/kg<sup>2</sup>, con significativas variaciones, que dependen de la situación geográfica; se genera de manera natural en el medioambiente y se da en una gran variedad de formas. En su estado puro como metal líquido es conocido como mercurio “elemental” o “metálico”, pero en muy pocas ocasiones se encuentra en este estado, pues comúnmente el mercurio se encuentra en compuestos y sales inorgánicas. El mercurio puede enlazarse a través de enlaces metálicos en donde se pueden formar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos de mercurio.

En su forma elemental es un metal de color blanco plateado brillante, que a temperatura ambiente se encuentra en estado líquido, de esta forma se utiliza en termómetros, manómetros, medidores de presión sanguínea e interruptores; en este estado el mercurio metálico se evapora parcialmente, formando vapores de mercurio que son incoloros e inodoros.

A los compuestos inorgánicos de mercurio también se les conoce como sales de mercurio, tales como sulfuro de mercurio, óxido de mercurio y cloruro de mercurio, la mayoría de ellos se presentan como polvos o cristales blancos, exceptuando el sulfuro que es rojo y que se vuelve negro con la exposición solar. Por su solubilidad en agua y reactividad química los compuestos inorgánicos hacen que su deposición en la atmósfera sea más rápida que la del mercurio elemental, por ende la vida atmosférica de estos gases inorgánicos es mucho más corta que la del gas del mercurio elemental.

A los compuestos orgánicos de mercurio también se les conoce como compuestos órgano mercuriales, tales como el dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio. De éstos, el más conocido es el metilmercurio. Estas sustancias, al igual que los compuestos inorgánicos de mercurio, existen en forma de sales, y cuando están puros, la gran mayoría se encuentra como sólidos de apariencia blanca y cristalina, como lo son el metilmercurio y fenilmercurio, exceptuando al dimetilmercurio que es un líquido incoloro.

El metilmercurio es el compuesto orgánico más común, el cual es sintetizado por microorganismos y procesos naturales a partir de otras formas de mercurio. Este compuesto se puede acumular en diversas especies de peces de agua dulce y salada comestibles, así como en otras especies de fauna, que forman parte de la malla alimentaria de muchos ecosistemas. De esta manera, se puede generar bioacumulación, que es el proceso mediante el cual los seres vivos consumen y concentran en sus tejidos componentes nocivos para otros organismos, entre ellos el ser humano.

Este metal en cualquiera de sus formas antes mencionadas, además de persistir en el ambiente, puede resultar muy tóxico para la biota en general. El grado de toxicidad

---

<sup>2</sup> [www.greenfacts.org](http://www.greenfacts.org)

depende de su dosis y exposición, pudiendo causar desde problemas de tipo neurológico, hasta la muerte, siendo su forma más tóxica la del metilmercurio.

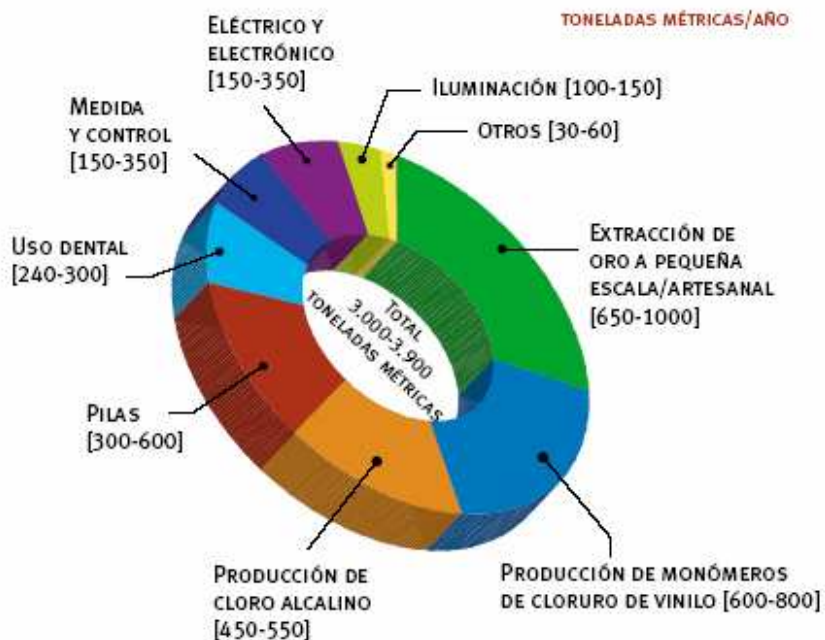
La contaminación por mercurio, que en un principio fue considerada como un problema local, actualmente es percibida como un problema de preocupación mundial, ya que su emisión en cualquier parte del orbe puede contribuir a la deposición en otros lugares, pudiendo verse afectadas regiones que tienen bajísimas emisiones.

El vapor de mercurio elemental es transportado por todo el orbe a través de la atmósfera, una vez emitido, el mercurio persiste en el medio ambiente, donde circula por aire, agua y suelo. Las emisiones de hoy en día se suman al “fondo mundial”, es decir, que el mercurio está movilizándose constantemente, depositándose en suelo y agua, volviendo a moverse a la atmósfera mediante evaporación y partículas transportadas por el viento.

Se estima que la cantidad de mercurio actualmente contenida en el “fondo mundial” es aproximadamente tres veces más alta que los niveles preindustriales. Esto significa que aunque las emisiones naturales de mercurio son significantes, la actividad humana ha doblado con creces la cantidad de mercurio circulando por la biosfera. Por otra parte, esto también significa que el fondo de mercurio puede disminuir mediante esfuerzos humanos destinados a reducir las emisiones de mercurio al medio ambiente.

La contaminación por mercurio es un problema común de carácter global, lo que hace o deja de hacer una nación puede afectar a todas las demás naciones. Por lo tanto, el problema puede ser reducido mediante esfuerzos comunes a escala internacional.

El siguiente diagrama muestra la distribución estimada del uso del mercurio por sectores clave a nivel mundial en 2005, en toneladas métricas/año.



**Figura 1** "Distribución de Mercurio a Nivel Mundial (fuente P. Maxson, 2006)"

Como es posible apreciar en esta figura, para el año 2005, la distribución estimada del uso del mercurio es de mayor significancia en la actividad de extracción aurífera a nivel artesanal, seguida de la producción de monómeros de cloruro de vinilo, la producción de cloro alcalino, pilas, uso dental y, en menor medida, en otros usos como termómetros, electricidad o iluminación.

A raíz de lo expuesto, el Consejo de Administración del PNUMA en sus decisiones 22/4 V y 23/9 IV, insta a todos los países a que fijen objetivos y adopten medidas a nivel nacional. Los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), han reducido su uso progresivamente, pero sigue utilizándose y manipulando en regiones menos desarrolladas.

La importancia de generar un proyecto radica en que los países cuenten con lineamientos claros, para enfrentar la contaminación causada por el mercurio.

Para el caso de Chile, aunque se han abordado algunas medidas al respecto, las autoridades ambientales del país aún no consideran al mercurio como una sustancia prioritaria. Por ello, hoy en día no existe conciencia de la problemática real que genera la presencia de este contaminante en los seres humanos y en el medio ambiente. Particularmente se desconoce cuáles son los usos y consumos del mercurio en el país y la cantidad de sitios contaminados por éste a nivel nacional.

En este sentido, resulta clave para una gestión apropiada del mercurio en Chile conocer la dimensión del problema y, posteriormente, establecer un "Programa integrado de la gestión de mercurio" abarcando todo el país e integrando múltiples planes de acción.

Por ello, en febrero del año 2007 CONAMA y UNITAR firman el Memorando de Entendimiento (MOA N° 2007G02, para la realización del “Proyecto Piloto en Refuerzo del Desarrollo de un Inventario y Gestión de Riesgos en la Toma de Decisiones sobre el Mercurio: Una contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio.

En dicho memorando se establece que CONAMA debe desarrollar una Evaluación de Capacidades y un Plan de Acción antes del 31 de diciembre de 2007, dirigido a la integración de un Inventario Nacional sobre Emisiones de Mercurio dentro del marco del Registro Nacional de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de Chile.

Además, la CONAMA se compromete a realizar antes del 31 de diciembre de 2007, un taller de refuerzo de capacidades en la toma de decisiones para la gestión de riesgos como actividad preparatoria al desarrollo de un Plan Nacional para la Gestión de los Riesgos del Mercurio.

Ambas actividades de acuerdo al artículo 10 del memorando antes mencionado, deben ser informadas en un informe de progreso en la implementación del proyecto antes del 31 de diciembre de 2007.

Se crea además un grupo técnico que apoya la ejecución del proyecto , para l cual se identifica y convoca a sectores tanto público, privado, académico y organizaciones no gubernamentales (ONGs), que son de interés tanto para el desarrollo del “Inventario de Liberaciones de Mercurio” como para el desarrollo del “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio.

A continuación se indican las instituciones que conforman éste Comité de trabajo, de las cuales es posible obtener más información de los contactos en cada una de ellas en el Anexo 2.

➤ Sector Público

- Dirección Nacional de Aduanas
- Ministerio de Obras Públicas
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)
- Ministerio de Salud
- Instituto Nacional de Estadística
- Instituto de Salud Pública
- PROCHILE
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO)
- Corporación Nacional Forestal (CONAF)
- Instituto Forestal de Chile (INFOR)
- Corporación Nacional del Cobre (CODELCO)
- Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante (DIRECTEMAR)
- Secretaria Regional Ministerial de Salud R.M.

- Sector Privado
  - Celulosa Arauco S.A.
  - Cementos Bío Bío S.A.
  - Polpaico S.A.
  - Lafarge S.A.
  - CMPC Celulosa S.A.
  - Empresa Nacional de Minería (ENAMI)
  - Sociedad Nacional de Minería (SONAMI)
  - Asociación de Industriales Químicos (ASIQUIM)
  - Asociación Chilena de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas (ASIMET)
  - Empresa Nacional de Petróleo (ENAP)
  - Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.
  - PROCESAN S.A.
  - Asociación de Empresas Profesionales para el Medio Ambiente (AEPA)
  - Clínica Dávila
  - Agrupación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
  - Procesadora Ambiental de Residuos Ecoworld
  - Comisión Nacional de Energía CNE
  - Empresa KDM
  - SOPROCAL S.A.
  - Bravo Energy
  - HIDRONOR
  - PlataVips Ltda.
  - Ecología Dental
  - Sociedad de Químicos Farmacéuticos de la Industria de Chile (SOQUIFICH)
  - Asociación Industrial de Laboratorios Farmacéuticos (ASILFA)
  - Cámara de la Industria Farmacéutica de Chile (A.G.CIF)
  - Sociedad Chilena de Químicos Cosméticos
  - Cámara Nacional de Laboratorios (CANALAB)
  - Colegio de Químicos Farmacéuticos de Chile A.G.
  - Agrupación de Crematorios
  - Gerdau Aza
  - Recycla Chile S.A.
  - ENDESA S.A.
  - AES Gener S.A.
  - Eléctrica Guacolda
  - EDELNOR Electroandina
  - Planta PETROPOWER
  - NORGENER S.A.
  
- Sector Académico
  - Universidad de Atacama
  - Universidad de La Serena



## ***1.5 Información Nacional e Internacional relativa a los Usos y Liberaciones de Mercurio***

Como Parte de la realización del presente proyecto, se revisó y recopiló la información existente relativa a los usos y liberaciones del mercurio, tanto a nivel nacional como internacional. A continuación se presentan de forma resumida los resultados de dicha recopilación:

### **a) Fuentes de información Internacionales:**

#### Publicaciones del PNUMA:

- ✓ Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, borrador preliminar, Noviembre de 2005, Programa de Mercurio PNUMA productos químicos, incluidas las 273 referencias bibliográficas del Capítulo 6.
- ✓ Evaluación Mundial Sobre el Mercurio, publicado por el PNUMA Productos Químicos, Ginebra, Suiza, Diciembre de 2002, incluidas las 427 referencias bibliográficas.
- ✓ Programa de la EPA en construcción: “EPA mercury-containing Product and Alternative Database”.
- ✓ Developing a Risk Management Plan for a Priority Chemical, Guidance Document, Working Draft, 10 December 2001, UNITAR. Fuentes de información contenidas en el documento:
  - European Commission (1996). Technical Guidance Document in Support of The Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances, and The Commission Regulation (EC)1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances. Commission of the European Communities/European Chemical Bureau, Ispra.
  - Health Canada (2000). *Health Canada Decision-making Framework for Identifying, Assessing, and Managing Health Risks*. Health Canada, February 1st document 2000.
  - IPCS (1999). Principles for the Assessment of Risks to Human Health from Exposure to Chemicals. Environmental Health Criteria no. 210, International Programme on Chemical Safety, Geneva
  - The Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management (1997). Framework for Environmental Health Risk Management (volume 1), and Risk Assessment and Risk Management in Regulatory Decision making (volume 2), Final Report, Washington DC.
  - UN (1995). Screening Information Data Set (SIDS) for High Production Volume Chemicals. O.E.C.D. Initial Assessment, processed by IRPTC, Volume 1(1), United Nations, New York and Geneva.
  - USEPA (1986). Guidelines for Carcinogenic Risk Assessment. Federal Register 51, 33992-34086.
  - Van Leeuwen et al. (1996). Risk Assessment and Management of New and Existing Chemical Substances. Environmental Toxicology and Pharmacology 2, 243-299.

- ✓ Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury, Junio de 2006, Programa de Mercurio PNUMA productos químicos
- ✓ Edward B. Swain, Paul M. Jakus, Glenn Rice, Frank Lupi, Peter A. Maxson, Jozef M. Pacyna, Alan Penn, Samuel J. Spiegel and Marcello M. Veiga. Socioeconomic Consequences of Mercury Use and Pollution
- ✓ HALTING THE CHILD BRAIN DRAIN, Why we need to tackle global mercury contamination. Health and Environment Alliance (HEAL) and Health Care Without Harm Europe (HCWH)
- ✓ Convenios internacionales en el marco de la agenda química internacional destacando aquellos que contiene disposiciones relativas al mercurio: LRTAP; OSPAR, Helsinki, Convenio de Basilea sobre el “Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación”. y Convenio de Róterdam sobre el “Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos a objeto de comercio internacional”.
- ✓ Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes considerando que el Mercurio presenta un comportamiento equivalente a los COPs.
- ✓ Normativa de la Unión Europea relativa al usos y liberaciones de mercurio
- ✓ Normativa en Canadá, Estados Unidos y México. Específicamente el Plan de Acción Regional de América del Norte (PARAN) sobre el Mercurio

**b) Fuentes de Información Nacional:**

La primera revisión será de Normativa Nacional con inclusión de mercurio en forma directa, la cual será descrita en detalles más adelante en el punto 3.1

Por otro lado una revisión de estudios relativos al mercurio o de aplicación directa sobre este elemento:

- ✓ “Elementos Base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico, Claudia Jara, 16/04/2007
- ✓ Estudio Diciembre 2005: "Identificación y Confirmación de Sitios con Potencial Presencia de Contaminantes", desarrollado por Fundación Chile y en el cual se desarrollo un sistema computacional para registrar y priorizar sitios potencialmente contaminados por cualquier sustancia peligrosa entre ellas el mercurio el cual será incorporado al RETC e integrado con el SINIA Territorial de CONAMA como para del presente estudio.

Como parte del estudio GEF/UNEP para el desarrollo del PNI de COPs en Chile se está considerando el estudio: Desarrollo de una Metodología para la Implementación de un Catastro Priorizado de Sitios Contaminados con COPs.

### **Fuentes de Información revisadas y que son utilizadas para el desarrollo del presente estudio:**

- ✓ Información de Aduanas: productos / materias primas exportados e importados que contiene mercurio según partidas arancelarias.
- ✓ Estadísticas de comercio exterior otorgadas por el “Centro de Información” de la agencia PROCHILE dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores.
- ✓ Estudio de la legislación y normativa aduanera del “Servicio Nacional de Aduanas”.
- ✓ Estadísticas de la Central de Abastecimientos del Sistema Nacional de Servicios de Salud, relativas a las importaciones de mercurio para la fabricación de amalgamas dentales.
- ✓ Resultados de la encuesta realizada por el Departamento de Salud Bucal, del Ministerio de Salud de Chile, relativa al uso de mercurio en servicios odontológicos” con el fin de dimensionar su uso.
- ✓ Resultados de la encuesta realizada por la Unidad de Salud Ocupacional, perteneciente a la Subsecretaría de Redes Asistenciales del Ministerio de Salud del país relativa al uso de instrumentos que contienen mercurio y su disposición en los servicios de salud del país. Actualmente esta encuesta se encuentra en una etapa de actualización.
- ✓ Catastro de depósitos de residuos mineros. SERNAGEOMIN.
- ✓ Recopilación directa desde las industria, asociaciones gremiales y organismos sectoriales específicos, tales como: ASQUIM, INFOR, ICH (Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile), COCHILCO, SERNAGEOMIN, sectores específicos tales como sector minero, cementero, termoeléctricas, ENAP, según reuniones establecidas con las entidades, además de encuestas directas que se están realizando.
- ✓ Estudio para la generación de normas para centrales termoeléctricas: "Apoyo a la Implementación de Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas”, Comisión Nacional de Energía (CNE), actualmente en ejecución.

### **Documentación referencial para la elaboración del Plan Nacional de gestión de riesgo:**

- ✓ Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente
- ✓ Criterios Nacionales para el Establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental
- ✓ Política Ambiental para el Desarrollo Sustentable (1998).
- ✓ Propuesta de Política Ambiental para el Manejo Seguro y Racional de las Sustancias Químicas (1999).
- ✓ Marco Jurídico para la Gestión Ambiental De las Sustancias Químicas Peligrosas, CONAMA, Año 2000

- ✓ Análisis de legislación vigente sobre materiales peligrosos y desarrollo de propuestas normativas y de gestión institucional, CONAMA, año 2003.
- ✓ Política de gestión integral de residuos sólidos, aprobada por el consejo directivo de CONAMA el 17 de Enero del 2005.
- ✓ Política Nacional de Seguridad Química. En proceso de aprobación.
- ✓ Política Nacional para la Gestión de Sitios con Presencia de Contaminantes. En proceso de aprobación.
- ✓ Política de producción Limpia 2006-2010
- ✓ Evaluación de Desempeño Ambiental de Chile 1990-2004 – OCDE.
- ✓ “Programa de Manejo Integral de la Variable Ambiental de la Pequeña Minería” y el “Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal” (PAMMA) impulsado por Servicio Nacional de Geología” del Ministerio de Minería
- ✓ Manejo de Derrames de Mercurio en Sector Salud, Chile.
- ✓ GEF/UNEP “Desarrollo de un Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Chile”, en el cual se considerarán los siguientes estudios específicos:
  - i. Perfil Chileno sobre la Gestión de las Sustancias Químicas
  - ii. Evaluación Técnico-Económica de las Capacidades Analíticas de los COPs en Chile.
  - iii. Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Chile Fase I: 2006 – 2010
- ✓ Estudios para el diseño del RETC en Chile (ETAPA I a la VI<sup>3</sup>)
- ✓ Estudio de Opciones Legales para la Creación de una Ventanilla Única de Reporte para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes en Chile. CONAMA 2006
- ✓ Elaboración de un Reglamento Interno para la Implementación del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes en Chile, CONAMA 2006
- ✓ Reglamentos en elaboración pro el MINSAL: lodos, residuos hospitalarios y rellenos sanitarios

**Información base para caracterizar los niveles de actividad (las características tecnológicas de los procesos productivos han sido obtenidas de estudios de inventarios de emisiones previos):**

- ✓ D.S. 138/2005 MINSAL: Se han verificado niveles de actividad en calderas generadoras de vapor y/o agua caliente; producción de celulosa; fundiciones primarias y secundarias; centrales termoeléctricas; producción de cemento, cal o yeso; producción de vidrio; producción de cerámica; siderurgia; petroquímica, asfaltos y equipos electrógenos.

---

<sup>3</sup> “Serie de Guías de UNITAR para la Implementación del Proyecto para el Diseño de un RETC Nacional”

- ✓ Encuesta Nacional Industrial Anual del INE año 2005 entregada a CONAMA en el marco del RETC. Se han revisado antecedentes relativos a la producción, consumo de materias primas y consumo de combustible para toda la industria manufacturera del país sobre 10 trabajadores.
- ✓ Inventario Nacional de Fuentes de Dioxinas y Furanos. Primer esfuerzo para determinar las cantidades potenciales de dioxinas y furanos liberadas al ambiente en Chile y Plan de acción desarrollado para estas fuentes en el país. Se han tomado algunos datos provenientes del estudio, para el primer cálculo preliminar del Inventario de emisiones de Mercurio.
- ✓ Inventarios de gases de efecto invernadero (sector energía y no energía)
- ✓ Inventarios de contaminantes criterio desarrollados por CONAMA en las regiones: II (Tocopilla), V, VI, VIII, IX y R.M
- ✓ Información de la Autoridad Sanitaria para caderas a nivel nacional y declaración de emisiones para la Región Metropolitana
- ✓ Catastro de sitios de disposición final de MINSAL
- ✓ Instituto Nacional de Estadísticas, “Estudio determinación del Universo de los Pequeños Mineros Artesanales de Chile”, Ministerio de Minería.
- ✓ Resultados del estudio “Confección de Factores de Generación y Manejo de Residuos Sólidos en Chile”, CONAMA 2006.
- ✓ Balance nacional de energía de la CNE
- ✓ Estadísticas de quemas agrícolas e incendio forestales de CONAF
- ✓ Estudios ingresados al SEIA
- ✓ APLs: Industria química, sector minero, industria del papel, productores de cemento, etc.

### ***1.6 Información Relativa a la experiencia Internacional en Catastros de Sitios Potencialmente Contaminados***

En lo que se refiere a la experiencia y práctica internacional sobre la generación de catastros de sitios potencialmente contaminados con mercurio, se revisaron los antecedentes disponibles de los casos de Brasil, considerando antecedentes de la CETESB (Agencia de Protección Ambiental del Estado de Sao Paulo); Estados Unidos, caso en el que se ha revisado los antecedentes del SUPERFUND; y el caso de la República Federal de Alemania, en el cual se entregan antecedentes de los criterios impuestos por la normativa vigente en ese país.

Cabe señalar que se estableció contacto con profesionales de las agencias de protección ambiental de los estados de Sao Paulo, Santa Catarina y Bahía, de la República Federal del Brasil, además se revisaron las experiencias de Canadá y México.

## 1.6.1 El Programa SUPERFUND de los Estados Unidos



Figura 2 "Programa SUPERFUND USA"

Hace unas cuatro décadas atrás, existía menos conciencia acerca de los efectos nocivos de la disposición ilegal de residuos químicos sobre la salud de las personas y el medio ambiente. En muchas propiedades o plantas industriales, en donde estas prácticas eran intensivas y continuas, el resultado fue la existencia de sitios de disposición de residuos peligrosos, así como bodegas de almacenamiento de éstos, sin control alguno.

La preocupación ciudadana acerca de la extensión de este problema llevó al congreso de los Estados Unidos a establecer el Programa SUPERFUND en el año 1980, con el objetivo de localizar, investigar y sanear los casos más urgentes, a nivel nacional. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA, administra el Programa SUPERFUND en cooperación con cada uno de los estados federales, cuya gestión es vigilada por la Oficina de Remediación de Sitios Contaminados e Innovación Tecnológica (Office of Superfund Remediation and Technology Innovation - OSRTI). A través de su página Web, el Programa SUPERFUND entrega una visión general de los pasos claves en los procesos de saneamiento, guía a los usuarios para obtener información técnica, entrega una lista de las oficinas de la EPA encargadas del tema y acoge a organizaciones, además de dar respuesta a las consultas más frecuentes.

### Lista Nacional de Prioridades, NPL

Los sitios contaminados (y potencialmente contaminados) son incluidos en un listado nacional, denominado "Lista Nacional de Sitios Contaminados Prioritarios" (National Priority List – en adelante denominada según su sigla en inglés: NPL), en consideración a un sistema de evaluación de riesgos, que permite su priorización (Hazard Ranking System - HRS); las solicitudes o propuestas emanadas de la comunidad; una vez que se cuente con la opinión de las partes involucradas.

En primera instancia, la NPL sirve como una herramienta de información y gestión de sitios contaminados y es parte del procedimiento de saneamiento del SUPERFUND.

La NPL es actualizada en forma periódica. Las actualizaciones de datos del Registro Federal para el NPL proveen una lista de propuestas y una lista final de sitios contaminados<sup>4</sup>. El listado es ordenado por años y entrega una breve indicación complementaria del Registro Federal, acerca de cada dato.

---

<sup>4</sup> Según la interpretación de este consultor, quien ha realizado las traducciones para este informe, se trataría de sitios potencialmente contaminados y sitios contaminados confirmados.

De acuerdo con las modificaciones normativas, hoy en día se requiere que el criterio entregado por el sistema de priorización o evaluación de riesgos – HRS, sea utilizado para preparar una lista de prioridades nacionales que incluya las emisiones conocidas o sospechosas, de sustancias peligrosas o contaminantes, en todo el territorio de los Estados Unidos. Esta lista, que corresponde al apéndice B del Plan Nacional de Contingencias, es la NPL.

La identificación de un sitio para la NPL, tiene por objetivo guiar a la EPA en los siguientes aspectos:

- La determinación de cuáles de los sitios requieren de mayor investigación para evaluar la naturaleza y alcance de los riesgos asociados a cada uno de ellos, sobre la salud humana y el medio ambiente;
- la identificación de qué acciones de remediación pueden ser apropiadas;
- la notificación a la comunidad sobre los sitios que la EPA estime que requieren de mayor investigación; y
- la notificación a eventuales responsables cuando la EPA deba iniciar acciones de remediación.

Sin perjuicio de lo anterior, la inclusión de un sitio en la NPL no refleja por sí mismo un juicio acerca de las actividades llevadas a cabo por un propietario u operador del mismo, no obliga a aquellas personas a ejecutar ninguna acción, ni tampoco les asigna culpabilidad. La NPL sólo sirve para efectos de información primaria, identificando para los estados federales y para la comunidad, sobre aquellos sitios que eventualmente podrían requerir acciones de remediación.

En la siguiente figura se presenta una imagen del sitio en Internet de la NPL.



Figura 3 "Sitio WEB de la NPL"

## Procedimiento de Inclusión de Sitios en la NPL

La regulación federal<sup>5</sup>, provee tres mecanismos para registrar sitios en la NPL.

- El primer mecanismo es el Sistema de Priorización de Riesgos, Hazardous Ranking System – HRS, de la EPA.
- El segundo mecanismo para incluir sitios en la NPL, permite a los estados federales y territorios, a designar un sitio de primera prioridad, sin perjuicio de su calificación.
- El tercer mecanismo permite enlistar un sitio si es que este reúne los siguientes tres requerimientos:
  - a) la Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (Agency for Toxic Substances and Disease

<sup>5</sup> Section 300.425(c) of the NCP, 55 FR 8845, March 8, 1990. CERCLA.



- Registry – ATSDR, of the U.S. Public Health Service), haya emitido una recomendación sanitaria para remover a la población del sitio;
- b) la EPA determina que el sitio implica una amenaza significativa para la salud pública; y
  - c) la EPA anticipa que será de mayor costo-efectividad la utilización de su autoridad para la remediación (la cual sólo es aplicable para los sitios enlistados en la NPL), que usar su autoridad para la remoción de emergencia de un sitio.

### **Descripción del Sistema de Priorización de Riesgos, Hazardous Ranking System – HRS, de la EPA**

El Sistema de Priorización de Riesgos, Hazardous Ranking System – HRS<sup>6</sup>, es el principal mecanismo que utiliza la EPA para enlistar vertederos ilegales en la NPL. Es un sistema de evaluación numérica que utiliza información de investigaciones iniciales – evaluación preliminar e inspección de sitios – para determinar el potencial relativo de los sitios a constituir amenazas a la salud humana y del medio ambiente. Cualquier persona u organización puede elevar una solicitud a la EPA para que lleve a cabo una evaluación preliminar, aplicando la Solicitud de Evaluación Preliminar.

Las calificaciones resultantes del HRS no determinan la prioridad ni fundamentos para ejecutar acciones de remediación, ya que la información colectada mediante este procedimiento no es suficiente para determinar la extensión o alcance de la contaminación, ni la respuesta apropiada para cada sitio en particular.

Además, los sitios con la mayor puntuación no constituyen necesariamente motivo de atención inmediata por parte de la EPA, ya que ello podría implicar la detención de acciones de respuesta que ya estén siendo ejecutadas. La EPA requiere de estudios de mayor detalle, como los estudios de factibilidad de remediación.

El HRS usa una aproximación de análisis estructurado, para dar puntuación o calificar los sitios. Esta aproximación asigna valores numéricos a factores que relacionan los riesgos a las condiciones del sitio. Estos factores se agrupan en tres categorías:

- Potencial de que un sitio haya emitido, o difundido, o pueda emitir, sustancias peligrosas al ambiente;
- Características del material peligroso (por ejemplo, toxicidad o cantidad); y
- Personas o componentes ambientales, afectados por la emisión (receptores).

Existen cuatro rutas que pueden ser calificadas mediante el HRS:

- Migración de aguas subterráneas (agua de bebida);

---

6 The Hazard Ranking System Guidance Manual; Interim Final, November 1992, (NTIS PB92-963377, EPA 9345.1-07) and the December 14, 1990 Federal Register, Hazard Ranking System; Final Rule (55 FR 51532).

- Migración de aguas superficiales (agua de bebida, cadenas alimentarias, componentes ambientales sensibles);
- Exposición del suelo (población residente, población cercana, componentes ambientales sensibles); y
- Transporte aéreo (población, componentes ambientales sensibles).

Luego de la calificación de una o más rutas, ellas son combinadas mediante una ecuación para determinar la calificación total del sitio, mediante un instrumento electrónico, denominado “Quickscore”. Si todas las rutas son calificadas con una puntuación baja, entonces se obtendrá un valor bajo para la evaluación total. Sin embargo, el resultado de la calificación del sitio puede ser relativamente alto, aunque sólo una de las rutas sea calificada con puntuación alta. Esta es una característica importante del HRS, ya que algunos sitios contaminados pueden ser extremadamente peligrosos e implican amenazas sólo a través de una ruta de exposición.

### **Evaluación Preliminar e Inspección de Sitios**

La EPA aplica un procedimiento de Evaluación Preliminar e Inspección de Sitios, para evaluar el potencial de emisión de sustancias peligrosas desde un sitio.

La información colectada durante una evaluación preliminar e inspección de sitios, es utilizada para calcular la puntuación de calificación en el marco de la aplicación del HRS. Aquellos sitios con una puntuación de 28, 50 o más, pueden ser enlistados en la NPL.

### **Evaluación Preliminar**

Esta es una evaluación de la información acerca de un sitio y su área circundante<sup>7</sup>. Una evaluación preliminar está destinada a determinar si un sitio implica una leve o ninguna amenaza a la salud humana o al medio ambiente, o si este ya implica una amenaza, esta evaluación permite determinar si es necesario realizar más investigaciones.

En el marco de una evaluación preliminar, se recolecta información disponible de un sitio y de sus áreas circundantes. Este procedimiento permite distinguir, sobre la base de datos limitados, si existe algún riesgo y si es necesario continuar con más investigación. También identifica sitios que requieran de evaluación para tomar posibles medidas de respuesta de emergencia. Si esta evaluación preliminar indica que es necesario realizar más investigaciones, se realiza una inspección del sitio.

---

<sup>7</sup> Guidance for Performing Preliminary Assessments Under CERCLA, September 1991, (NTIS PB92-963303, EPA 9345.0-01A).

## ▪ Inspección de Sitios

La inspección de sitios<sup>8</sup> permite identificar aquellos sitios incluidos en el procedimiento de la NPL y proveer los datos necesarios para la aplicación del sistema de priorización de riesgos (HRS) y su documentación.

Los inspectores de sitios usualmente recolectan muestras ambientales y de residuos para determinar qué sustancias peligrosas pueden estar presentes en un sitio. Ellos determinan si estas sustancias están siendo emitidas al ambiente y evalúan si las mismas han alcanzado o pueden alcanzar a los receptores sensibles.

La inspección de sitios puede ser conducida en una o dos etapas. La primera etapa, o inspección de sitio focalizada, somete a prueba las hipótesis desarrolladas durante la evaluación preliminar y puede proporcionar información suficiente para desarrollar las puntuaciones de calificación, en el marco del HRS. Si fuera necesario obtener más información que permita documentar una calificación en el marco del HRS, se llevará a cabo una inspección de sitio expandida.

## Estudios de Factibilidad de Remediación

Luego de que un sitio ha sido incluido en la Lista Nacional de Sitios Contaminados Prioritarios – NPL, se realiza un estudio de factibilidad de remediación. Este estudio sirve como mecanismo para recolectar información referida a los siguientes aspectos:

Caracterización de las condiciones del sitio;

- Determinar la naturaleza de los residuos o sustancias presentes;
- Evaluar el riesgo a la salud humana y al medio ambiente; y
- Conducir pruebas para evaluar el potencial de efectividad y los costos de las tecnologías de tratamiento que estén siendo contempladas.

El estudio de factibilidad es el mecanismo para el desarrollo, chequeo y evaluación detallada de acciones alternativas de remediación de suelos.

Los estudios de factibilidad e investigaciones de remediación son llevados a cabo corrientemente. Los datos colectados durante la investigación de remediación influyen en la identificación y desarrollo de alternativas tecnológicas en el estudio de factibilidad, lo cual a su vez afecta la determinación de requerimientos de información y las metas de los estudios de tratabilidad<sup>9</sup> y de investigaciones adicionales en terreno. Esta aproximación en fases permite una continua redefinición de metas de caracterización de los sitios, e implica una minimización de colección de datos innecesarios y maximiza la calidad de la información.

---

<sup>8</sup> Guidance for Performing Site Inspections Under CERCLA; Interim Final, September 1992, (NTS PB92-963375, EPA 9345.1-05).

<sup>9</sup> Tratabilidad: técnica para la bioremediación de suelos.

Los estudios de factibilidad e investigaciones de remediación incluyen las siguientes fases:

- Definición de metas;
- Caracterización de sitios;
- Desarrollo y chequeo de alternativas;
- Investigaciones de tratabilidad; y
- Análisis de detalle.

### **Proceso de Participación de la Comunidad**

La comunidad tiene el derecho de expresar sus comentarios a la propuesta de la EPA de inclusión de sitios a la NPL. La EPA publica tales comentarios en el Registro Federal, indicando cuáles son los sitios propuestos. Los documentos que forman parte del dossier y la lista, son puestos a disposición del público en archivos localizados en las oficinas centrales de la EPA en Washington DC (Headquarters Superfund Docket)<sup>10</sup> y en las oficinas de las regiones en donde se encuentren tales sitios.

La EPA considera todos los comentarios recibidos dentro de un plazo de 60 días siguientes a la fecha de publicación del Registro Federal. Durante tal período, los documentos son mantenidos en las oficinas, en calidad de “repcionados”. Un set completo de comentarios estará disponible para su revisión, en los archivos regionales, hasta una semana después de terminado el plazo de recepción. Los comentarios que incluyan informes voluminosos o complejos, o materiales preparados con objetivos distintos a los referidos a la aplicación del sistema de priorización de riesgos – y sus respectivas calificaciones, deberán indicar la información específica a ser considerada por la EPA y la forma en que dicha información podría afectar las respectivas puntuaciones de calificación. La EPA seleccionará aquellos comentarios considerados relevantes. Las decisiones tomadas por esta autoridad serán documentadas en un documento en PDF, que incluirá todos los sitios enlistados en la NPL para los cuales se haya recibido comentarios.

Los archivos contendrán:

- Las fichas de evaluación (HRS) para cada sitio propuesto;
- El registro de documentación de cada sitio, describiendo la información aplicada para asignar las puntuaciones de calificación (HRS);
- Información para cualquier sitio afecto a requerimientos especiales, o criterios y políticas de la EPA para su inclusión en la lista; y
- Una lista de documentos referenciados en registro de documentos.

---

10 Headquarters Superfund Docket Public Reading Room, Room B102, EPA West Building, 1301 Constitution Avenue, Washington, DC 20004, 202/566-0276. El documento consultado, además informa las direcciones de las oficinas regionales y sus horarios de atención.

Cada archivo regional contendrá la totalidad de la información que se encuentre registrada en las oficinas centrales en Washington DC, además de los documentos de referencia relacionada y citada por la EPA al evaluar y aplicar el procedimiento de puntuación y calificación (HRS) para los sitios ubicados en la región de que se trate. Estos documentos de referencia sólo estarán disponibles en los archivos regionales. Las partes interesadas pueden revisar documentos sólo mediante una solicitud para tal efecto y se podrán solicitar copias a las oficinas centrales o a través de las oficinas regionales correspondientes.

También es posible acceder por Internet a los archivos de la EPA, en la siguiente dirección: <http://www.regulations.gov>.

### **1.6.2 El Caso de Brasil – Estado de Sao Paulo**



En el caso de Brasil, destaca el trabajo que desempeña la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental – CETESB<sup>11</sup>, organismo dependiente del Estado de Sao Paulo, que plantea que el tema de la contaminación de suelos y de las aguas subterráneas (objeto de preocupación durante las últimas tres décadas en países industrializados, principalmente en los Estados Unidos y Europa), es un problema ambiental que se ha tornado más grave en el caso de centros urbanos, como es en la Región Metropolitana de Sao Paulo.

Según la CETESB, las soluciones para estas áreas contaminadas por parte de los órganos del estado que poseen atribuciones de administración de problemas ambientales, deben contemplar un conjunto de medidas que aseguren tanto el conocimiento de sus características como de los impactos por ellas causadas, en cuanto a la creación y aplicación de instrumentos necesarios para la toma de decisiones y las formas y niveles de intervención más adecuados. Esto con el objetivo de minimizar los riesgos a la población y al medio ambiente, relacionados con la existencia de los mismos.

La CETESB, responsable de las acciones de control ambiental en el Estado de Sao Paulo, y como organismo que aborda este problema en el ámbito estatal, ha intentado organizar y de dotar a la institución de la estructura que posibilite su acción efectiva y la búsqueda de soluciones para este grave problema ambiental. Por consiguiente, se procuró apoyo técnico y soporte financiero a través de la cooperación técnica con el Gobierno de Alemania, por medio de la Sociedad de Cooperación Técnica (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ), desarrollando un proyecto específico dentro del tema de las áreas

---

<sup>11</sup> [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas\\_contaminadas/areas.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/areas.asp)

contaminadas (léase sitios contaminados) con el objeto de capacitar a la institución para su acción en la gestión de estos sitios.

De acuerdo con la CETESB, un sitio contaminado puede ser definido como un área, local o terreno, en donde se ha comprobado la contaminación causada por la introducción de cualquier sustancia o residuos que en ella hayan sido depositados, acumulados, almacenados, enterrados o infiltrados, de forma planeada, accidental o incluso, de manera natural. En estos sitios, los contaminantes pueden concentrarse a nivel subsuperficial, en diferentes zonas, como en diferentes compartimientos, como por ejemplo, en el suelo, en los sedimentos, en rocas, en aguas subterráneas, o incluso en paredes o pisos de estructuras construidas.

Los contaminantes pueden ser transportados a partir de estos medios, propagándose por diferentes vías, como el aire, el propio suelo, las aguas subterráneas y superficiales, alterando sus características naturales de calidad y determinados impactos negativos y/o riesgos sobre los bienes a proteger, localizados en el propio sitio, o en los alrededores.

De acuerdo con la Política Nacional de Medio Ambiente (Ley N° 6.938/81), son considerados bienes a proteger los siguientes:

- la salud y el bienestar de la población;
- la flora y la fauna;
- la calidad del suelo, de las aguas y del aire;
- naturaleza y paisaje, objeto de protección;
- la ordenación territorial y el planeamiento regional y urbano;
- la seguridad y el orden público.

## **Contaminación**

El suelo actúa frecuentemente como un filtro, que tiene la capacidad de depuración y de inmovilización de gran parte de las impurezas depositadas en él. Sin embargo, esta capacidad es limitada, pudiendo ocurrir una alteración de la calidad del suelo debido a un efecto acumulativo de la deposición de contaminantes atmosféricos; a la aplicación de pesticidas y fertilizantes; y a la disposición de residuos sólidos industriales, urbanos, materiales tóxicos y radiactivos.

Según la página en Internet de la CETESB, el tema de la contaminación de suelos, se ha ido constituyendo cada vez más en un motivo de preocupación para la sociedad y para las autoridades debido, no sólo a los aspectos relacionados con la protección de la salud pública y del medio ambiente, sino que también al alto impacto en la opinión pública de la ocurrencia de eventos críticos de contaminación de este medio en todo el mundo.

A pesar de esta realidad, la contaminación del suelo todavía no ha sido plenamente discutida y aún no existe un consenso entre los investigadores, sobre cuáles serían las

mejores maneras de abordar esta temática. Aparte de las dificultades técnicas involucradas, el aspecto político reviste gran importancia, ya que, si el tema no fuera adecuadamente conducido, el control de la contaminación podría arrastrar consecuencias negativas en otros aspectos asociados.

Históricamente, el suelo ha sido utilizado por generaciones como receptor de sustancias resultantes de la actividad humana. Con el advenimiento de procesos de transformación a gran escala, a partir de la revolución industrial, la liberación descontrolada de contaminantes al ambiente y su consecuente acumulación en el suelo y en los sedimentos, ha sufrido un cambio drástico de forma y de intensidad, derivada del uso intensivo de los recursos naturales y de los residuos generados por el aumento de las actividades urbanas, industriales y agrícolas.

Esta utilización del suelo como receptor de contaminantes puede manifestarse localmente a partir de un sitio de disposición de residuos; por un área de almacenamiento o procesamiento de productos químicos; por disposición de residuos o efluentes, ya sea por descargas o derrames; o incluso a nivel regional por la precipitación de contaminantes atmosféricos, inundaciones y hasta por prácticas agrícolas indiscriminadas.

De esta forma, ocurrirá una constante migración descendiente de contaminantes del suelo hacia las aguas subterráneas, lo cual puede convertirse en un gran problema para aquellas poblaciones que hagan uso de estos recursos hídricos. La siguiente figura, obtenida de la página en Internet de la CETESB, presenta en forma sucinta, un esquema de las fuentes de contaminación del suelo y su migración.

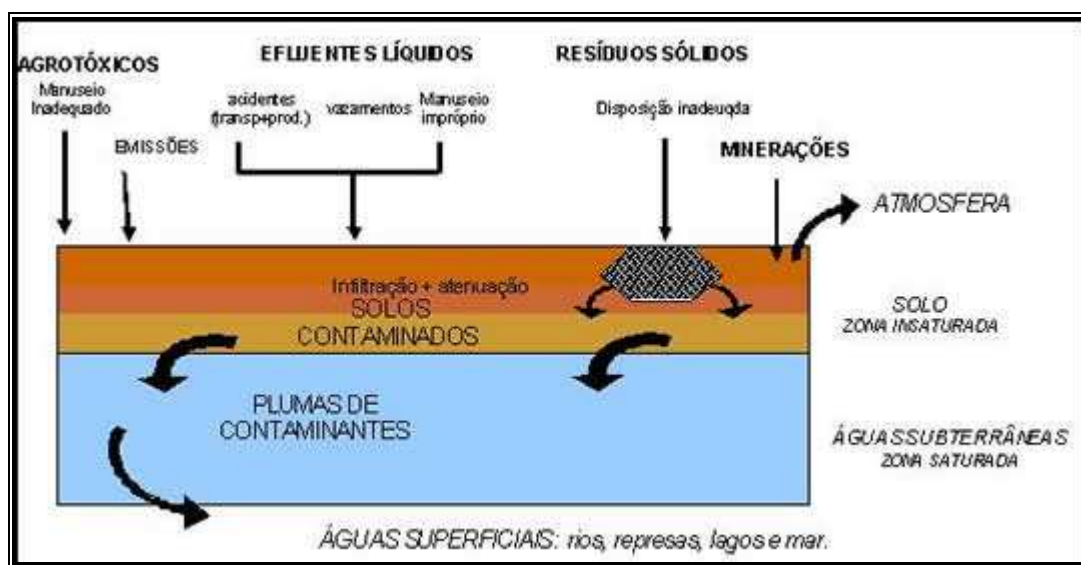


Figura 1: "Esquema conceptual presentado por la CETESB"

La preocupación respecto a las consecuencias ambientales derivadas de estos fenómenos, especialmente en el suelo, han sido discutidas sólo en forma reciente, al menos en Brasil. Cada vez más, el suelo es considerado un recurso limitado, y fundamental en los ecosistemas.

La contaminación del suelo es un asunto complejo, no sólo por las diversas funciones que este medio desempeña, sino que también por el reconocimiento del valor económico intrínseco que este posee.

Desde el momento en que un contaminante alcanza la superficie del suelo, puede ser adsorbido, arrastrado por el viento, por las aguas de escurrimiento superficial o lixiviado por las aguas de infiltración, pasando a las capas inferiores y alcanzando las aguas subterráneas. Una vez que el contaminante haya alcanzado las aguas subterráneas, este podrá ser arrastrado a otras zonas.

Las siguientes figuras ilustran las formas de ocurrencia de estos fenómenos y los principales mecanismos de atenuación y transporte.

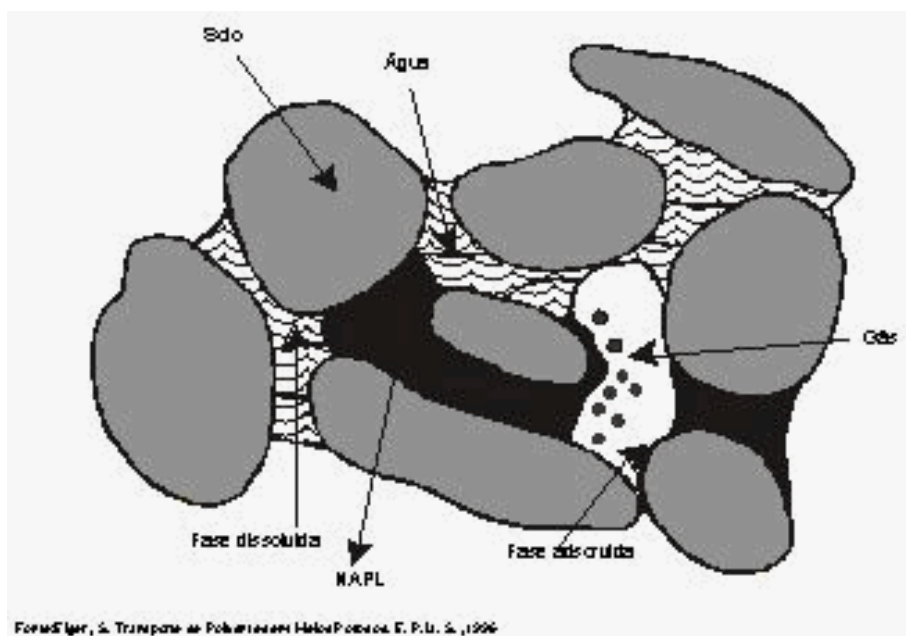


Figura 4 "Fases en que se pueden encontrar los contaminantes en el suelo, según esquema presentado por la CETESB"



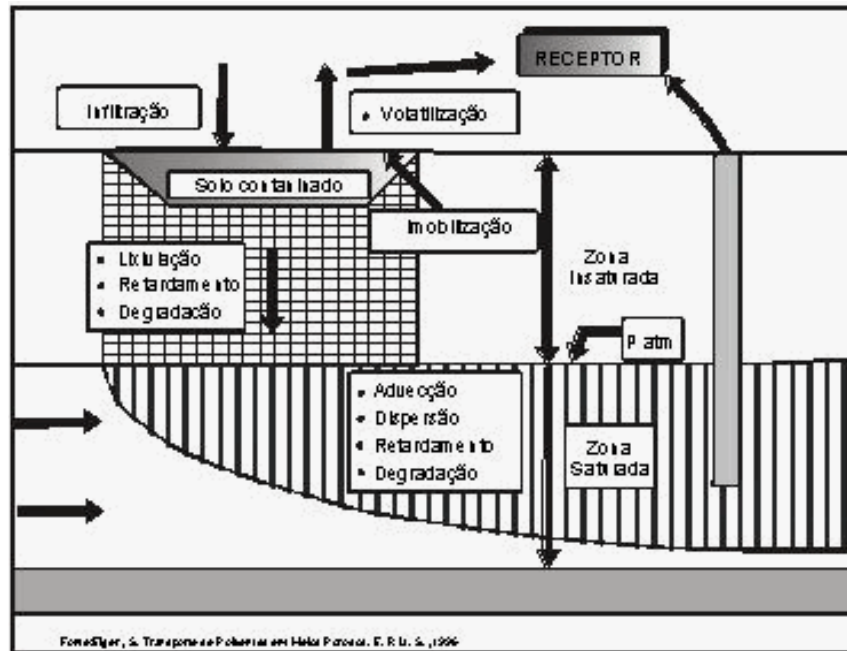


Figura 5 "Formas de transporte y difusión de contaminantes en el suelo, según esquema presentado por la CETESB"

Un gran número de sustancias potencialmente peligrosas puede ser encontrado en un sitio, sin perjuicio de que sus concentraciones sean bajas. Estas sustancias frecuentemente estarán acumuladas cerca del punto en que han sido procesadas, almacenadas o utilizadas, lo cual constituye un dato muy importante a la hora de conducir estudios efectivos de la historia de dicho sitio. Las concentraciones determinadas en estos sitios, serán comparadas a los valores orientadores para la definición de la condición de la calidad del suelo.

### Gestión de Áreas Contaminadas

La gestión de áreas contaminadas tiene por objeto el minimizar los riesgos a los que se encuentran expuestos tanto la población como los recursos naturales y el medio ambiente, conforme a la existencia de éstas, mediante un conjunto de medidas que aseguren el conocimiento de las características de estas áreas y de los impactos causados por ellas, proporcionando los instrumentos necesarios a la toma de decisiones en cuanto a las formas de intervención más adecuadas.

Con el fin de optimizar los recursos técnicos y financieros, la metodología aplicada en la gestión de áreas contaminadas, se basa en una estrategia constituida por etapas secuenciales, en que la información obtenida en cada etapa constituye la base para la ejecución de la etapa posterior.

En la siguiente imagen, se presenta la secuencia por etapas, del procedimiento de gestión de áreas contaminadas.

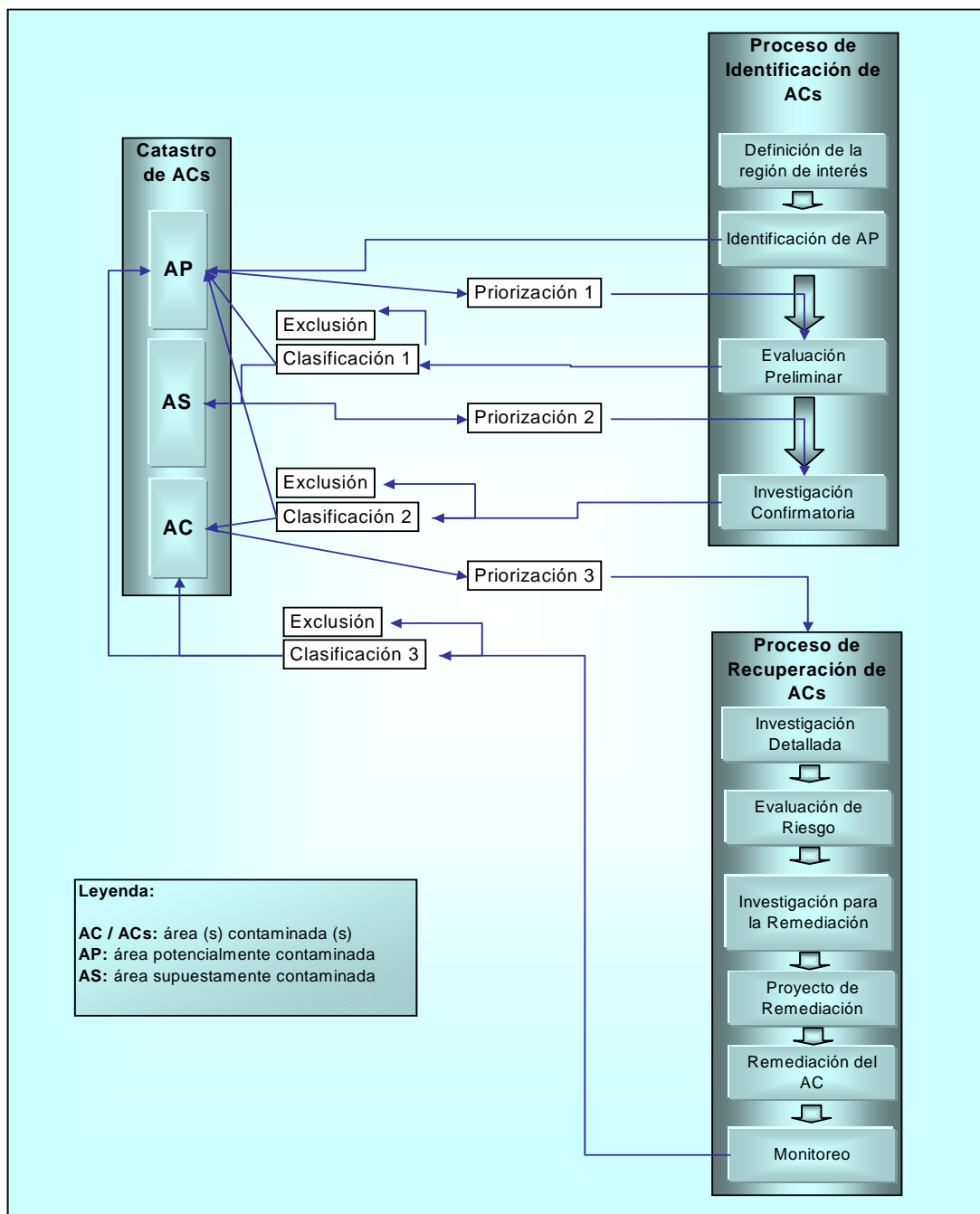


Figura 6 "Procedimiento de Gestión de Áreas Contaminadas de la CETESB"

## **Catastro de Áreas Contaminadas**

El catastro de áreas contaminadas, constituye el instrumento central de la gestión de éstas. Mediante el catastro se registran todas las informaciones recopiladas durante la ejecución de sus etapas, referentes a los sitios potencialmente contaminados, las áreas supuestamente contaminadas, y las áreas contaminadas.

La consulta de este importante instrumento puede tener como resultado la adopción de medidas de remediación de los sitios involucrados, el control ambiental, la planificación urbana y la definición de usos de suelo de manera lógica, práctica y económicamente viable.

El ingreso de datos en el catastro es realizado en forma posterior a la etapa de identificación de áreas potencialmente contaminadas y se basa principalmente en la primera página de la ficha catastral de AC (Anexo N° 2). Las actualizaciones deben ser hechas luego de la etapa de evaluación preliminar, investigación confirmatoria y proceso de recuperación de áreas contaminadas.

El catastro se compone de una parte física, en la que se almacenan los datos disponibles del sitio, las fichas catastrales y su calificación o puntuación, además de mapas temáticos diversos usados como bases en las etapas realizadas, como por ejemplo, mapas topográficos usados para localizar áreas y los recursos a proteger, informes emitidos durante el desarrollo de las etapas de gestión del sitio, etc. También deben mantenerse en el catastro físico, los proyectos e informes de remediación, cuando ésta fuese implementada.

El catastro también cuenta con una parte informatizada en la que se almacena el banco de datos alfanuméricos asociados a un sistema de información geográfico que permite visualizar la zona en estudio, ya sea a nivel regional o local, según las áreas de interés facilitando la planificación de las acciones a ser adoptadas.

La cartografía puede presentarse a escalas diversas, dependiendo del estado de las etapas de gestión en ejecución, en la que las zonas en cuestión pueden ser mostradas en la forma de puntos o de polígonos.

Como resultado de la etapa de identificación de áreas potencialmente contaminadas, estas son presentadas como puntos en mapas a escalas regionales. En la etapa de evaluación preliminar las áreas supuestamente contaminadas obtenidas pueden ser presentadas en forma de polígonos, incluyendo un mayor nivel de detalle. En la etapa de investigación detallada, las áreas contaminadas podrán ser presentadas en polígonos correspondientes al área afectada, con un nivel aun mayor de detalle.

Los datos registrados en el SIG, en conjunto con los datos alfanuméricos, permiten la realización de investigaciones gráficas en que el usuario podrá identificar un punto o área del mapa de la zona de interés y tener acceso a las informaciones disponibles, imágenes y textos digitalizados relacionados al sitio. A partir del cruzamiento de los datos de diferentes mapas temáticos, se definen regiones críticas o prioritarias.

### **1.6.3 El Caso Alemán**

La República Federal de Alemania cuenta con la Ley de Protección contra Alteraciones Nocivas del Suelo y para Saneamiento de Sitios Contaminados, Ley Federal Alemana de Protección del Suelo (Bundes-Bodenschutzgesetz-BbodSchG), dictada por el Parlamento Federal el 27 de Marzo de 1998.

El objetivo y bases de esta Ley Federal radican en garantizar o restaurar la función del suelo. En dicho sentido, se deben prevenir las alteraciones nocivas del suelo; descontaminar los sitios contaminados y los cuerpos de agua; e implementar medidas de prevención contra efectos negativos en el suelo. En cada impacto sobre el suelo, se debe evitar perjudicar la función natural de éste, así como su función de reservorio natural e histórico.

- **Definiciones de esta Ley:**

El suelo, para efectos de esta Ley, es la capa superior de la corteza terrestre, incluyendo sus fases líquidas y gaseosas, pero no contempla las aguas subterráneas y sus lechos.

También en el sentido de esta Ley, las alteraciones nocivas del suelo, se definen como perjuicios de las funciones del suelo, que pueden conducir a peligros, perjuicios o molestias considerables, para los individuos o para la población en general.

En el caso alemán, se utiliza el término de “ALTLASTEN“, que se refiere a los sitios contaminados, los que pueden ser constituidos por:

- sitios abandonados en los que se han depositado, almacenado, tratado o manipulado residuos de diferente clase;
- sitios abandonados en los cuales se han manipulado materiales peligrosos. Se excluyen los sitios en los que se han desarrollado actividades nucleares, para los cuales existen otras normas.

Por otra parte, como saneamiento se entiende:

- las medidas para la eliminación o reducción de los contaminantes (medidas de descontaminación);
- evitar la propagación de los contaminantes, sin necesariamente considerar su eliminación o tratamiento (medidas de seguridad); y
- minimización de las alteraciones de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo.

Es importante destacar que esta Ley sólo se aplica en aquellos casos en que otras disposiciones relacionadas no se refieren al particular.

Para las alteraciones del suelo, se aplican las normas y obligaciones establecidas por la Ley Federal de Protección de la Calidad Ambiental (Bundes-Immissionsschutzgesetzes), sin embargo, los límites de los contaminantes corresponden a aquellos establecidos por esta Ley y sus reglamentos.

A continuación se presenta una traducción efectuada por este consultor de la Ley de Protección contra Alteraciones Nocivas del Suelo y para Saneamiento de Sitios Contaminados, Ley Federal Alemana de Protección del Suelo.



## **Ley de Protección contra Alteraciones Nocivas del Suelo y para Saneamiento de Sitios Contaminados, Ley Federal Alemana de Protección del Suelo<sup>12</sup>**

Esta Ley, promulgada en Marzo de 1998 por la Primera Cámara del Parlamento Federal Alemán, fue modificada en Diciembre de 2004, y contiene las siguientes disposiciones:

### **PRIMERA PARTE: DISPOSICIONES GENERALES**

#### **Intención y bases de la ley**

El objetivo y bases de la Ley Federal radican en garantizar o restaurar la función del suelo. En dicho sentido, se deben prevenir las alteraciones nocivas del suelo; descontaminar los sitios contaminados y los cuerpos de agua; y la implementación de medidas de prevención contra efectos negativos en el suelo. En cada impacto sobre el suelo, se debe evitar perjudicar su función natural, así como su función de reservorio natural e histórico.

#### **Definiciones de esta Ley:**

---

<sup>12</sup> AbfR 1.2.3 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz-BBodSchG)

El suelo, para efectos de esta Ley, es la capa superior de la corteza terrestre, incluyendo sus fases líquidas y gaseosas, pero no contempla las aguas subterráneas y sus lechos.

(1) Las funciones del suelo, de acuerdo al sentido de esta Ley, tienen relación con:

1. Funciones naturales:

- a) Biotopo para las personas, animales, plantas y otros organismos del suelo;
- b) Componente del equilibrio natural, especialmente en relación con la circulación de agua y nutrientes;
- c) Medio para la conformación, equilibrio y degradación de sustancias y sus efectos, a causa de sus propiedades de filtración, reservorio y transformación de materiales, en especial en lo que se refiere a la protección de las aguas subterráneas.

2. Archivo de la historia de la naturaleza y de la cultura

3. Funciones de uso:

- a) Reservorio de recursos naturales,
- b) Superficie para la habitación y la recreación,
- c) Superficie para las actividades agropecuarias y forestales
- d) Sitio para otras actividades económicas y usos públicos, transporte, abastecimiento y disposición final de residuos.

(2) Las alteraciones nocivas del suelo, se definen como perjuicios de las funciones del suelo, que pueden conducir a peligros, desventajas considerables o molestias también considerables, para los individuos o para la población en general.

(3) También se habla en esta Ley de superficies o sitios en los que se presume la existencia de alteraciones nocivas del suelo.

(4) En el caso alemán, se utiliza el término de “ALTLASTEN“, que se refiere a los sitios contaminados por actividades antiguas (o abandonados), los que pueden ser constituidos por:

- sitios abandonados en los que se han depositado, almacenado, tratado residuos de diferente clase;
- sitios abandonados en los cuales se han manipulado materiales peligrosos. Se excluyen los sitios en los que se han encontrado actividades nucleares, para los cuales existen otras normas.

(5) *Los sitios abandonados potencialmente contaminados*, en el sentido de esta Ley, corresponden a sitios en los que en la antigüedad se han desarrollado actividades o vertido materiales, de los cuales se sospecha la existencia de alteraciones nocivas u otros peligros para los individuos o una comunidad.

(6) Como *saneamiento* se entiende:

- las medidas para la eliminación o reducción de los contaminantes (Medidas de descontaminación);
- Evitar la propagación de los contaminantes, sin necesariamente considerar su eliminación o tratamiento (medidas de seguridad); y
- Minimización de las alteraciones de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo.

(7) Esta Ley también contempla las *medidas de protección o de delimitación del uso de suelo*, tendientes a evitar o minimizar peligros, perjuicios o molestias a los individuos o a la comunidad.

### **Área de aplicación**

(1) Esta ley se puede aplicar sólo cuando las normas que se citan a continuación no se refieren al particular:

- Disposiciones relativas a la utilización de residuos y lodos del tratamiento de aguas servidas en la agricultura.
- Disposiciones relativas al manejo y disposición final de residuos, así como al diseño de las respectivas instalaciones.
- Disposiciones relativas al manejo de sustancias peligrosas.
- Disposiciones relativas al uso de fertilizantes y plaguicidas.
- Disposiciones de la Ley de Tecnología Genética.
- Disposiciones del segundo capítulo de la Ley de Bosques y las leyes sobre silvicultura y bosques de los Estados Federales.
- Disposiciones de la Ley de Protección de Suelos de Uso Agrícola.
- Disposiciones relativas a la construcción, mantenimiento, operación de rutas y caminos, así como las reglas del tránsito.
- Disposiciones relativas a la construcción y el equipamiento.
- Disposiciones relativas a la minería.
- Disposiciones de la Ley Federal de Protección de la Calidad Ambiental, relativas a la construcción y operación de plantas e instalaciones referidas en cualquiera de las disposiciones anteriormente citadas.

(2) Esta Ley no se aplica a instalaciones nucleares, materiales radioactivos o a la eliminación de armas.

(3) Para evaluación de las alteraciones del suelo, se aplican las normas y obligaciones establecidas por la Ley Federal de Protección de la Calidad Ambiental (Bundes-Immissionsschutzgesetz). Sin embargo, los límites de los contaminantes corresponderán a aquellos establecidos por esta Ley y sus reglamentos<sup>13</sup>.

El reglamento debe indicar límites para emisiones, si estos no son sobrepasados se asume que una planta no perjudica al suelo. En caso contrario, se deberá realizar una evaluación caso a caso.

## **SEGUNDA PARTE: BASES Y OBLIGACIONES**

### **Los deberes para evitar el peligro**

Cada persona tiene que actuar en tal forma, que no cause cambios nocivos del suelo.

Los propietarios del suelo, tienen el deber de tomar medidas contra cambios nocivos del suelo.

Quien cause un cambio nocivo o una contaminación persistente (“Altlast“), tanto su sucesor legal como el propietario están obligados a sanear el suelo o las aguas contaminadas, de forma tal que no implique peligros, desventajas o molestias substanciales para los individuos o la comunidad en general. Esto implica que, además de las medidas de descontaminación, también se deben implementar medidas de seguridad que eviten la propagación de materiales nocivos, si esto no es posible o razonable, se deberán tomar otras medidas de protección.

En aquellos casos de alteraciones del suelo o evidencias de contaminaciones persistentes que hayan ocurrido en forma posterior al 1 de Marzo de 1999, se deberá eliminar todo material nocivo.

En el caso de terrenos que hayan sido vendidos con posterioridad al 1 de Marzo de 1999, el antiguo propietario tiene el deber de sanear el suelo, cuando se determine que este conocía o debería haber conocido el estado de contaminación de la propiedad.

### **Obligación de Restauración del Suelo**

El Gobierno Federal tiene la facultad legal, aprobada por decreto de la Segunda Cámara que representa a los estados federales en el Parlamento (Bundesrat), para obligar a un propietario de un terreno a restaurar el suelo en su forma antigua u original.

---

<sup>13</sup> Límites no definidos en el marco de esta Ley, a la fecha del presente informe.



## **Aplicación de materiales al suelo**

El Gobierno Federal regula por decreto con aprobación de la Segunda Cámara del Parlamento, las exigencias respecto de la aplicación de materiales al suelo en cuanto a la prohibición de distintos materiales, lugar y tiempo de la aplicación, investigación de materiales y suelos, etc.

## **Obligación de prevención**

El propietario y la persona que hace trabajos en un terreno, que cause o pueda causar alteraciones de las propiedades del suelo, está obligado a tomar medidas de prevención contra las causas que originen cambios nocivos del mismo.

## **Valores (límites) y requerimientos**

El Gobierno Federal puede regular por decreto con aprobación de la Segunda Cámara del Parlamento:

- Valores límites, para los que en caso de ser excedidos, se deberá realizar pruebas individuales, para determinar la posible existencia de contaminantes.
- Valores límites para influencias y cargas, para los que en caso de ser excedidos, se asumirá que existe contaminación y será necesario tomar medidas de descontaminación.
- Requerimientos relativos a evitar la contaminación y requerimientos para determinar el grado deseado de saneamiento del suelo, así como las medidas de protección a implementar.
- Contaminaciones permisibles y requerimientos para evitar y disminuir la contaminación.

Junto con los valores límites, el decreto define métodos para determinar sustancias nocivas en el suelo. Estos métodos incluyen requerimientos respecto de una toma representativa de muestras, procesamiento de muestras, aseguramiento de la calidad del procedimiento, etc.

## **Estimación del peligro e instrucción de investigar**

Cuando las autoridades cuenten con indicaciones sobre la existencia de suelos contaminados, deben tomar las medidas necesarias para su verificación. En particular, las autoridades deben investigar el tipo y concentración de sustancias nocivas; investigar la posibilidad de su movilidad (difusión) en el ambiente y del posible contacto con el hombre, animales, plantas u otros organismos vivos; y considerar el uso del suelo en esta evaluación.

Tanto el propietario del terreno, así como el responsable de la contaminación, serán comunicados acerca de los resultados de dicha evaluación.

Cuando exista sospecha sustancial sobre contaminación de suelos, las autoridades podrán decretar medidas para evitar los peligros asociados. Las autoridades también pueden instar la realización de investigaciones por especialistas en la materia, o por otras autoridades relacionadas.

### **Otras instrucciones**

En aquellos casos en que las autoridades decreten medidas que limiten la explotación de un terreno, debido a que se determine que éste se encuentra contaminado, y sin embargo, se compruebe que el propietario no ha sido el causante de la contaminación del suelo, las autoridades deben acceder a otorgarle una compensación, si dicha limitación de explotación implicase un menoscabo económico para el afectado.

## **TERCERA PARTE: DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS**

### **Registro**

Los Estados Federales pueden regular el registro de casos de suelos contaminados o de suelos potencialmente contaminados.

### **Información a los afectados**

Se deberá informar a los afectados, sean estos propietarios, ocupantes del terreno o la comunidad cercana, acerca de sitios en los que se haya determinado la existencia de suelos contaminados, o cuando se trate de suelos potencialmente contaminados. También se deberá informar acerca de los resultados de las evaluaciones y las medidas a tomar.

### **Investigaciones y planificación del saneamiento**

En caso de suelos contaminados, en donde la variedad de las medidas necesarias o la forma, extensión o cantidad de las sustancias nocivas impliquen peligros para el público en general, las autoridades deben instruir la ejecución de investigaciones necesarias para tomar las decisiones sobre las medidas requeridas. Además, las autoridades deben demandar la presentación de un plan de saneamiento. Este plan contiene:

1. Un resumen del potencial del peligro y de las investigaciones del saneamiento,
2. informaciones sobre el uso anterior y el uso futuro del suelo,
3. indicación del fin del plan de saneamiento y las medidas necesarias de descontaminación, de protección, de limitación de usos, y el tiempo requerido para ejecutar dichas medidas.

El Gobierno Federal, por decreto aprobado por la Segunda Cámara del Parlamento, definirá los requerimientos y el contenido de los planes de saneamiento. Mientras que las autoridades, en uso de sus atribuciones, podrán demandar que las investigaciones relativas al plan de saneamiento y su ejecución, sean efectuadas por un experto en la materia y declarar el plan de saneamiento como válido, ya sea en su forma original, o con modificaciones.

### **Plan de saneamiento emitido por las autoridades**

Las autoridades podrán elaborar el plan de saneamiento, por parte de sus funcionarios, o bien por parte de un experto en la materia, siempre y cuando:

1. El plan original no haya sido presentado durante el tiempo definido por las autoridades, o adolezca de insuficiencias;
2. no se pueda contactar a las personas que tienen la obligación de presentar el plan;
3. sea necesario actuar en forma coordinada, en consideración a la extensión de la superficie afectada, la contaminación de aguas o por la cantidad de las personas afectadas.

### **Control administrativo, autocontrol**

Todo suelo contaminado, o potencialmente contaminado, estará sujeto a la supervisión de las autoridades.

En caso de existencia de un suelo contaminado, las autoridades podrán obligar al propietario a efectuar controles propios, en especial la realización de investigaciones del suelo y agua, además de la instalación de puntos de control. Los resultados deberán ser registrados y guardados durante 5 años.

## **CUARTA PARTE: USO AGRÍCOLA DEL SUELO**

### **Buenas prácticas en la agricultura**

En caso del uso agrícola del suelo, se asume que el deber de prevención estará siendo cumplido por la aplicación de buenas prácticas agrícolas<sup>14</sup>.

Las buenas prácticas agrícolas son las siguientes:

1. La preparación del suelo, considerando las condiciones meteorológicas locales;
2. la mantención de la estructura del suelo o su mejoramiento;
3. el evitar el aplastamiento o modificación de la estructura del suelo, debido a la utilización de maquinarias, considerando el tipo de suelo y su contenido de humedad;
4. utilización del suelo, que considere pendientes, comportamiento natural de la fase líquida y capacidad de aireación y evitando su cubrimiento;
5. la mantención de estructuras artificiales destinadas a evitar la alteración del suelo, tales como terrazas, superficies para el desplazamiento de maquinarias y otras;
6. la mantención o el mejoramiento de la capacidad de sostener actividad biológica del suelo;
7. la mantención del contenido típico, a nivel local, de humus del suelo, especialmente por la adición de sustancias orgánicas o por la reducción del uso intensivo del mismo.

## **QUINTA PARTE: DISPOSICIONES FINALES**

### **Consulta de círculos participativos**

Cuando la autorización para dictar decretos así lo requiera, se deberá consultar a un conjunto de representantes de áreas científicas, economía, agricultura, ganadería, asociaciones ambientales, entidades relacionadas con el patrimonio nacional, comunas, etc.

---

<sup>14</sup> El propietario y la persona que hace trabajos en un terreno, que cause o pueda causar alteraciones de las propiedades del suelo, está obligado a tomar medidas de prevención contra las causas que originen cambios nocivos del mismo.

## **Costos**

Los costos de las medidas deben ser pagadas por las personas que estén obligadas a efectuarlas. En aquellos casos en que la sospecha no sea confirmada, la persona que debió incurrir en los gastos deberá ser indemnizada.

## **Arreglo / compensación del valor**

En aquellos casos en que se utilicen fondos públicos para la ejecución de medidas de evaluación, protección o de saneamiento, y cuando ello resultare en un aumento del valor del suelo, el propietario deberá pagar a las autoridades una indemnización del valor correspondiente.

## **Multas**

El no cumplimiento de las disposiciones descritas puede implicar la cancelación de multas de hasta 50.000 Euros.

### **1.6.4 Comentarios sobre las Experiencias Internacionales Revisadas**

Habiéndose revisado las experiencias del programa SUPERFUND de los Estados Unidos, la labor que realiza la Compañía de Saneamiento Ambiental del Estado de Sao Paulo - CETESB y el caso alemán (a través de su Ley Federal de Protección del Suelo), es posible resaltar los siguientes aspectos:

#### **Criterio Conceptual**

En los tres casos analizados, se evidencia la aplicación de un criterio conceptual relacionado con la interrogante acerca de la movilidad de los contaminantes en el suelo, ya sea por fenómenos de difusión, arrastre, solubilización o lixiviación, reconociendo la importancia de determinar la posibilidad de que los contaminantes puedan entrar en contacto con las personas, organismos vivos en general y recursos del medio, especialmente los cuerpos de agua y la atmósfera. En dicho sentido, se aprecia una concordancia con el criterio propuesto para Chile, en el que se analiza el problema enfocándose en la fuente, la ruta del contaminante y los receptores.

#### **▪ Procedimiento**

De acuerdo a los criterios aplicados en los casos objeto de esta revisión, los procedimientos concuerdan con la determinación de que los contaminantes del suelo puedan entrar en contacto con los receptores, sean éstos los seres humanos, o los recursos del medio, incluyendo la biota, agua y aire.

En dicho sentido, los tres casos analizados estudian los registros históricos de actividades pasadas o presentes que hayan o estén siendo ejecutadas en un sitio, y se utilizan las denominaciones de “*sitios supuestamente contaminados*” o “*sitios potencialmente contaminados*”, como un modo de calificarlos mediante aproximaciones cualitativas, lo cual asigna a estos sitios la condición o “*grado de investigación*”.que merecen.

También es concordante el hecho de que en los tres casos estudiados, el uso del suelo tanto presente como en el futuro, constituye uno de los principales aspectos a la hora de tomar decisiones acerca de la necesidad de realizar mayores investigaciones. Asimismo, la decisión de adoptar medidas de saneamiento, erradicación de actividades industriales, reformulación de sistemas de ordenamiento territorial, e inclusive, el desalojo y reemplazamiento de comunidades también son decisiones abordadas considerando el uso del suelo en evaluación. Además, en todos los casos se contempla el desarrollo de actividades de monitoreo y vigilancia.

#### ▪ **Valores Límite o Estándares**

Sólo en el caso de la República Federal Alemana, ha sido posible encontrar mención a valores límites, los cuales corresponderían a aquellos contenidos en la Ley Federal de Protección de la Calidad Ambiental (Bundes-Immissionsschutzgesetz) que establece estándares en suelos, aplicables para efectos de evaluación de las alteraciones de este medio.

En los casos de Estados Unidos y Brasil (estado de Sao Paulo), se aplican valores orientadores considerando lo extenso y diverso de sus territorios, y siempre ligando las respectivas evaluaciones a los usos del suelo y la movilidad de los contaminantes dentro de un análisis caso a caso.

#### ▪ **Asignación de Responsabilidades**

Hasta la fecha, no se ha obtenido información referente a la asignación de responsabilidades para los eventos de contaminación de suelos, a excepción del caso de la República Federal de Alemania, en que mediante la Ley Federal de Protección del Suelo, se definen incluso las multas que deberán pagar los responsables cuando ello sea comprobado.

## **2 Capítulo 2: Inventario de Liberaciones de Mercurio y Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados**

### **2.1 Generación del Inventario de Liberaciones de Mercurio**

#### **2.1.1 Resumen**

El objetivo general de este proyecto es identificar y gestionar el mercurio en Chile, para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Asimismo, y como parte de las tareas destinadas a dar cumplimiento al objetivo general de este proyecto, se puede mencionar a las siguientes actividades:

- Identificar las principales fuentes de emisión y vías de liberación en el país.
- Entregar las directrices para la gestión de un “Plan de Gestión de Riesgos”.
- Monitorear el avance hacia las metas que se establezcan a partir del inventario y las actualizaciones subsiguientes.

La metodología para la elaboración del presente inventario se basó en el “Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio” (toolkit), Borrador Preliminar, Ginebra, Suiza, Noviembre del 2005. Este Instrumental fue elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Productos Químicos. Para los cálculos de liberaciones se utilizó una planilla Excel, aportada como complemento del Instrumental.

La primera etapa de aplicación del Instrumental consistió en la elaboración de una matriz gruesa de selección para identificar las principales categorías de fuentes de mercurio en el país; en la segunda etapa se incorporaron subcategorías, reuniendo información cualitativa adicional, con el fin de identificar actividades y fuentes de liberaciones de mercurio presentes en el país; como tercera etapa se realizó una recopilación de información cuantitativa detallada sobre las fuentes identificadas, a partir de:

- Visitas a terreno
- Entrevistas con expertos y académicos
- Información directa proporcionada por empresas
- Proyectos ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)
- Información existente de Anuarios, Inventarios y Memorias de tesis
- Encuestas directas
- Información de Consejo Nacional de Producción limpia

- Monitoreos existentes en Riles
- Datos disponibles en el “Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos” y en los planes de manejo.

En esta última etapa se utilizó además una metodología “Top-down”, es decir, el cálculo de las estimaciones con información global (agregada a nivel nacional) para las principales categorías de fuentes de liberación del inventario. Este enfoque permitió obtener, de manera anticipada, una primera estimación de las liberaciones (Inventario Preliminar).

En la cuarta etapa del proceso de elaboración del inventario para la cuantificación de liberaciones a escala nacional, se continuó con el enfoque “Top - Down” y se incorporó a la metodología el enfoque “Bottom – UP”, es decir, una recopilación de información de manera específica por fuente, en aquellos casos en que fue posible llegar a un nivel de desagregación puntual, en base a la información disponible.

La estrategia empleada para el desarrollo del inventario, en base a un enfoque “Top-Down” y “Bottom – Up”, permitió la continua comparación de los datos con el objeto de validar, corregir, mejorar y converger los resultados en la medida que se obtuvieron (para aquellas actividades en que fue posible desagregar la información).

Para la ejecución del inventario se han utilizado las siguientes categorías:

- 5.1 “Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía”
- 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”
- 5.3 “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”
- 5.5 “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio”
- 5.6 “Otros usos deliberados en productos/procesos”
- 5.7 “Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)”
- 5.8 “Incineración de desechos”
- 5.9 “Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales”
- 5.10 “Crematorios y cementerios”

Es importante destacar, que en la categoría 5.4 “Uso deliberado de mercurio en procesos industriales”, no se identificaron niveles de actividad para ninguna de las cuatro subcategorías que componen esta fuente. Para el caso de la subcategoría “producción de cloro álcali con tecnología de mercurio”, la planta existente en el país ha sustituido el uso de mercurio de sus procesos; dentro de la misma categoría, no se identificó la fabricación de polímeros a partir de catalizadores con mercurio.

Como consecuencia del desarrollo del inventario surgió la necesidad de incorporar ciertas fuentes de liberaciones que el Instrumental no consideraba, es el caso de los “Incendios forestales” y “Quemas Agrícolas” incluidos dentro de la subcategoría 5.1.6 “Energía



obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”. Otras dos actividades incorporadas son la “Producción de cerámica” y “Producción de yeso” dentro de la subcategoría 5.3.4 “Otros minerales y materiales”.

Las emisiones fueron estimadas dentro de intervalos a partir de factores de entrada sugeridos por el instrumental. Preliminarmente, las liberaciones de mercurio estimadas en Chile se sitúan en un intervalo entre 126.328 y 383.308 Kg Hg/año, (ambos valores no son absolutos).

Debido a la poca información disponible en el país respecto de contenidos de mercurio en las distintas corrientes del proceso de obtención del cobre, se debió estimar las emisiones utilizando los coeficientes establecidos en el Borrador de Toolkit y con algunos datos aportados por COCHILCO para el caso de los relaves, lo que significó que la categoría “Producción primaria (virgen) de metales” resultó ser la principal fuente emisora de mercurio en el país. Lo anterior se debe a la importancia de los volúmenes de la producción minera de Chile (primer productor mundial del metal) y otras actividades que aportan liberaciones de mercurio en esta categoría, como son la mediana y pequeña minería del oro, ya sea por el mercurio natural presente en este tipo de yacimientos y/o debido a que este elemento es utilizado en el proceso de obtención del oro (amalgamación).

Es importante destacar que los factores del toolkit no necesariamente corresponden a la realidad chilena, ya que por razones geológicas los yacimientos chilenos de cobre, en general, tienen contenidos muy bajos de mercurio en los minerales.

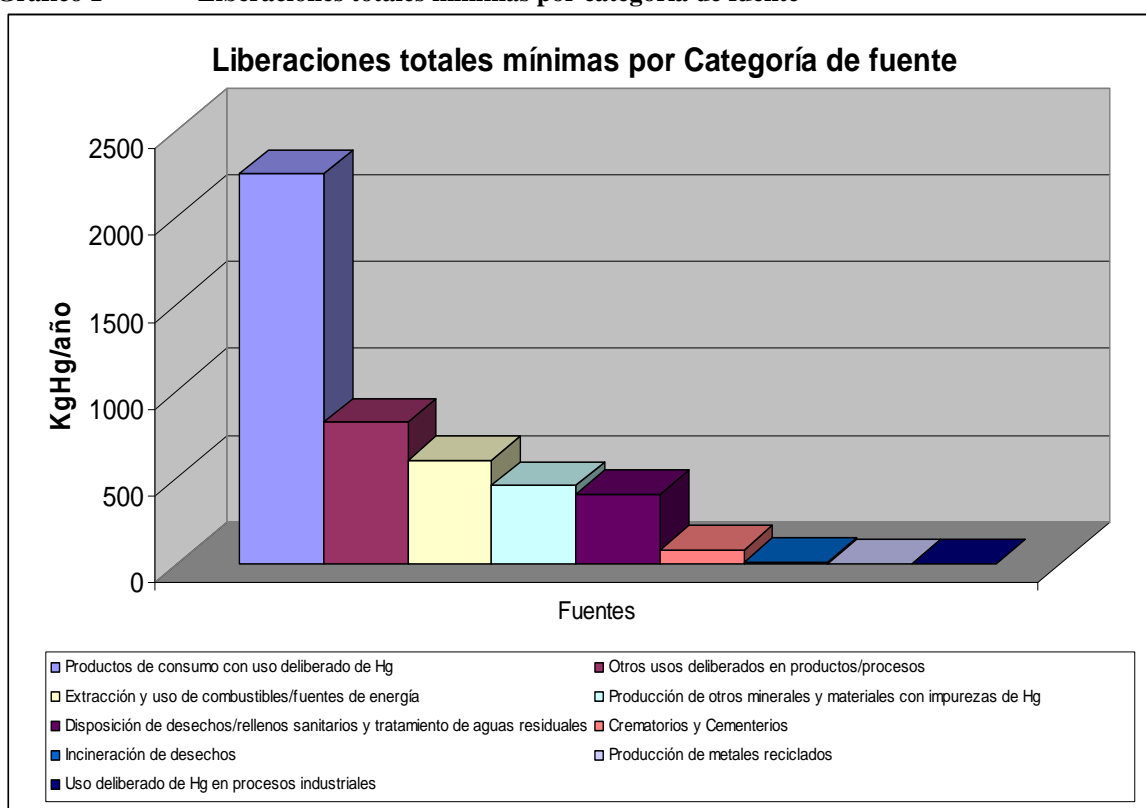
El análisis comparativo de los resultados obtenidos, en base a los factores de entrada aplicados (mínimos y máximos), indica que cinco de las diez categorías estudiadas muestran las mayores liberaciones de mercurio. Debido al rango obtenido para la categoría “Producción primaria (virgen) de metales” esta gráfica se muestra de forma separada para su mejor entendimiento (Gráfico 2 y 4, factores de entrada mínimos y máximos respectivamente).

A continuación se presentan las gráficas de los resultados obtenidos tanto para ambos factores de entrada utilizados (Gráfico 1, 2, 3 y 4).

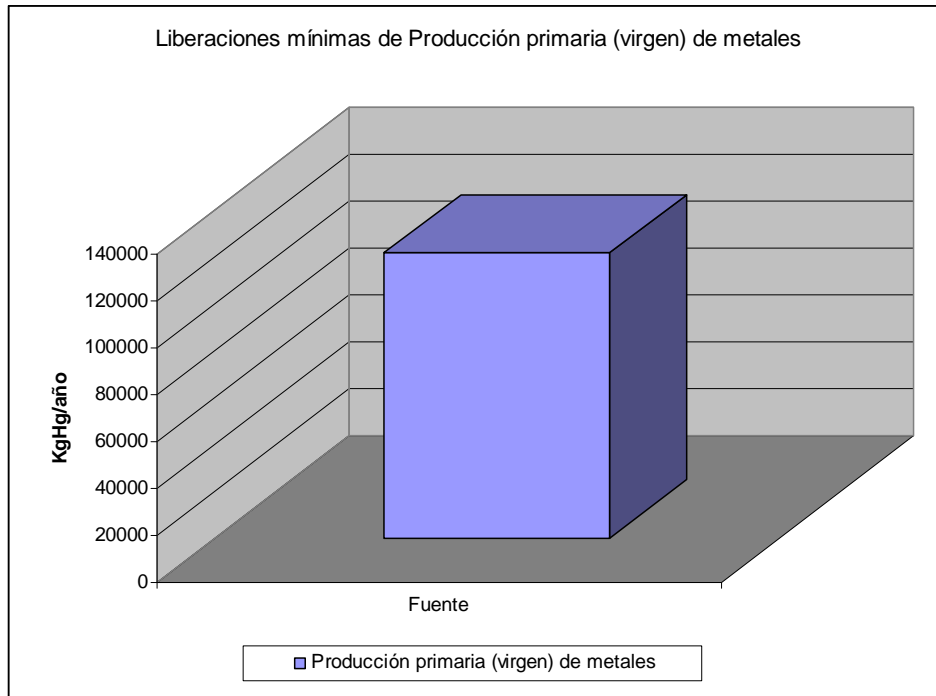
**Tabla 1 Categorías de fuentes**

Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	5.1
Producción primaria (virgen) de metales	5.2
Producción de otros minerales y materiales con impurezas de Hg	5.3
Uso deliberado de Hg en procesos industriales	5.4
Productos de consumo con uso deliberado de Hg	5.5
Otros usos deliberados en productos/procesos	5.6
Producción de metales reciclados	5.7
Incineración de desechos	5.8
Crematorios y Cementerios	5.10
Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	5.9

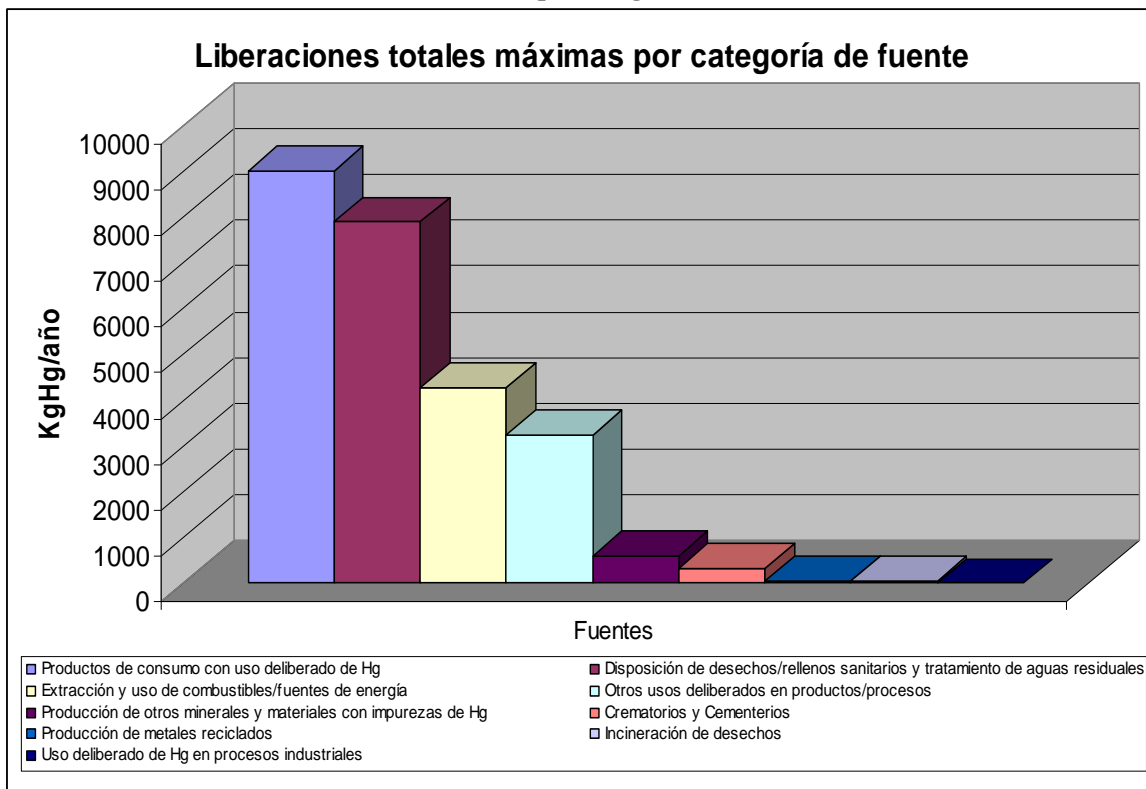
**Gráfico 1 “Liberaciones totales mínimas por categoría de fuente”**



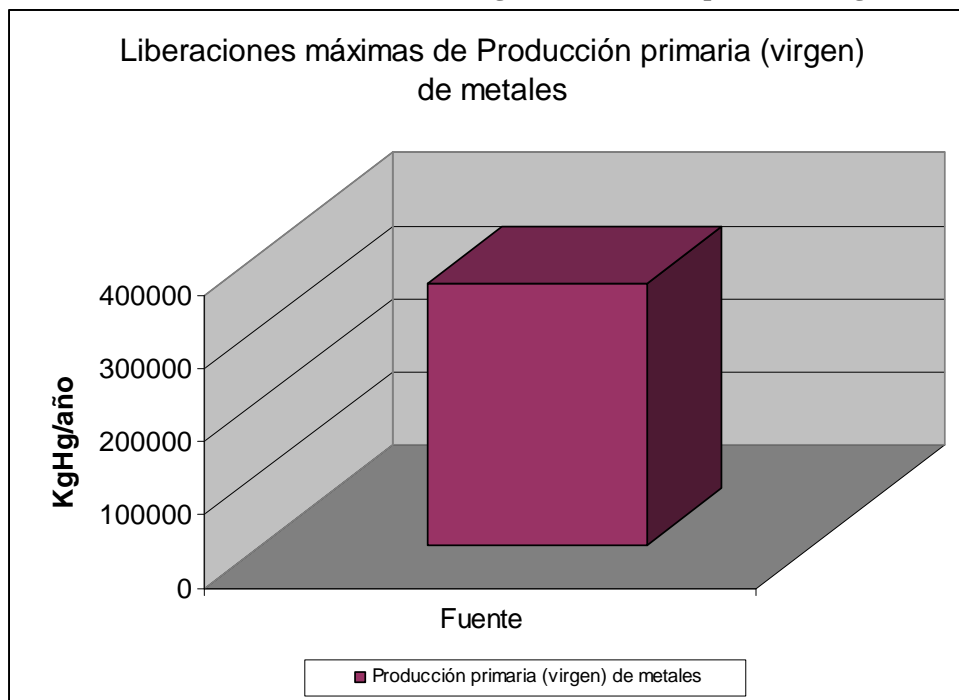
**Gráfico 2 “Liberaciones totales mínimas categoría, Producción primaria (virgen) de metales”**



**Gráfico 3 “Liberaciones totales máximas por categoría de fuente”**



**Gráfico 4** “Liberaciones totales máximas categoría, Producción primaria (virgen) de metales”



Respecto a las diferentes vías de liberación asociadas a las categorías estudiadas, la principal vía corresponde a la tierra, en cuyo caso la categoría de mayor contribución es la “Producción primaria (virgen) de metales”, principalmente por el relave generado en la minería del cobre y por las actividades de extracción de oro con y sin amalgamación de mercurio.

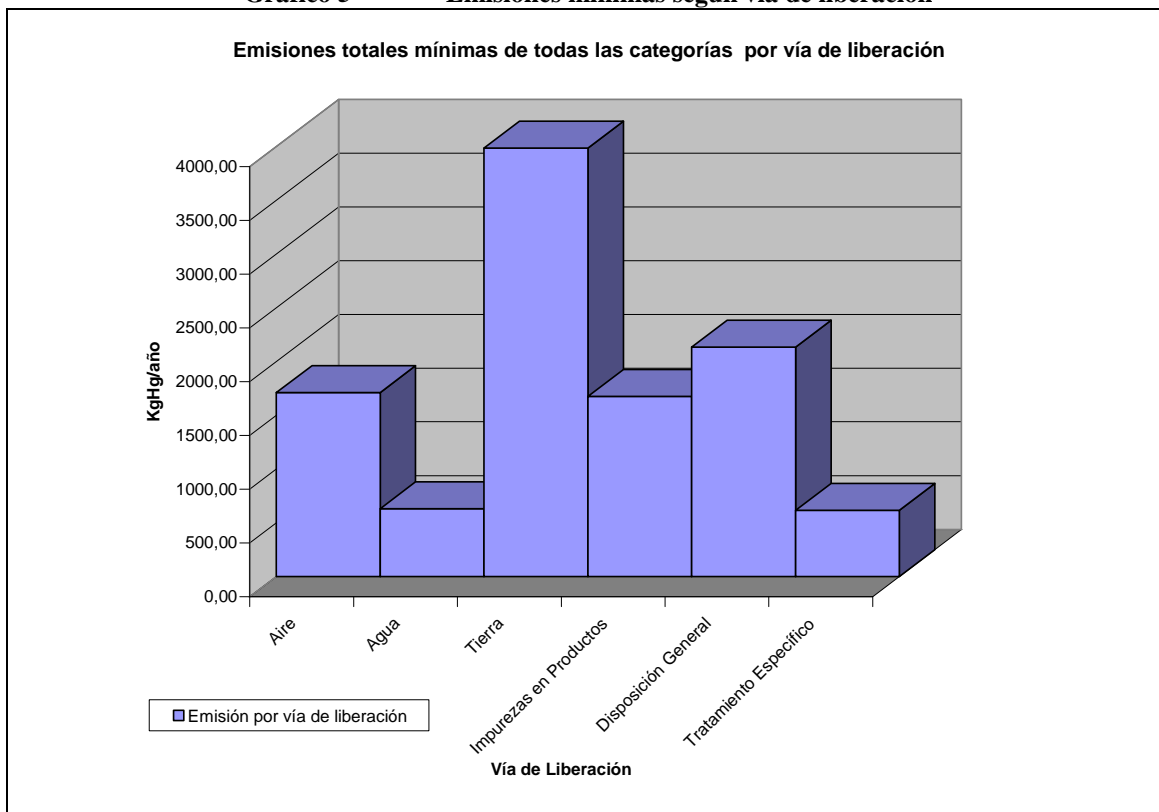
El incremento en depósitos generales se atribuye a los productos desechados con contenido de mercurio, tales como pilas, termómetros, lámparas y otros, para los cuales no existe un tratamiento previo.

En cuanto a las liberaciones al aire a nivel nacional, los sectores productivos de mayor contribución son las centrales termoeléctricas de energía en base a carbón, biomasa, petróleo, gas natural y combustión con destilados del petróleo; las fundiciones mineras; y la incineración de residuos médicos.

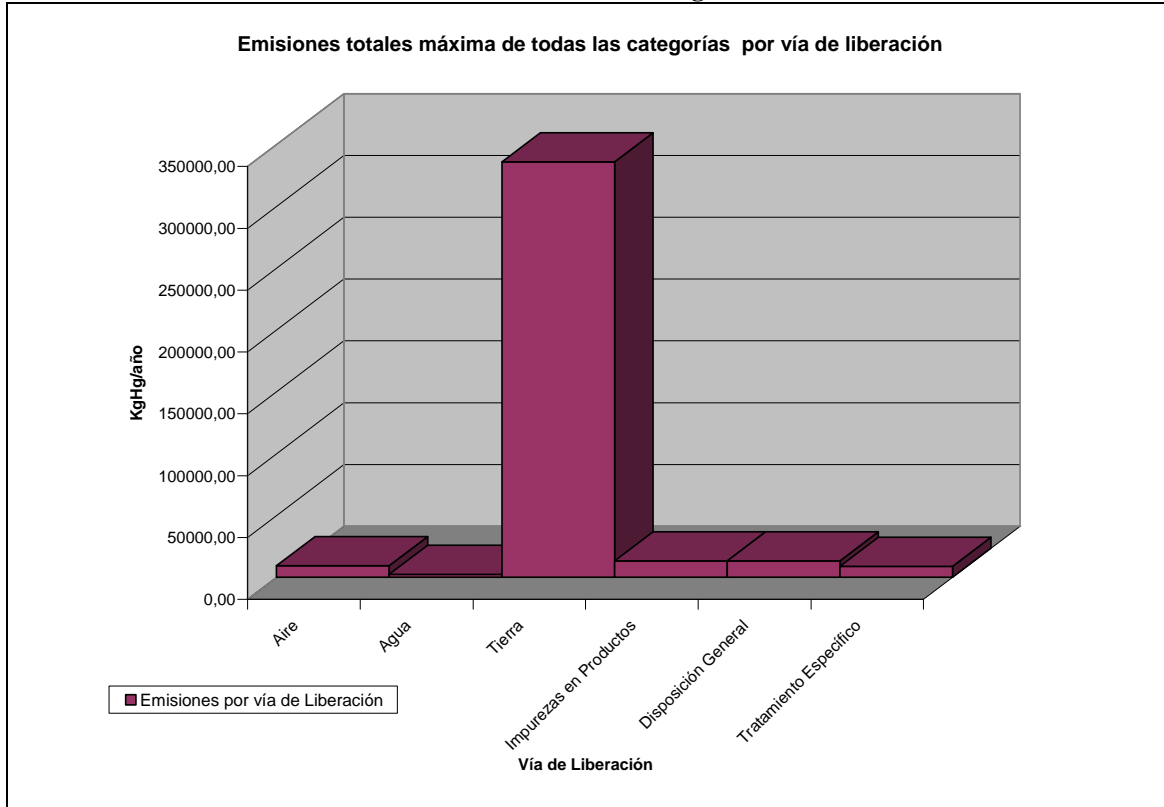
La vía de liberación “Impureza en Productos” se ve incrementada en gran medida por la subcategoría “Extracción y procesamiento inicial de cobre” y “Amalgamas dentales de mercurio”.

A continuación, en los Gráfico 5 y Gráfico 6 se pueden apreciar las emisiones mínimas y máximas de todas las categorías, y sus subcategorías, según vías de liberación:

**Gráfico 5 “Emisiones mínimas según vía de liberación”**



**Gráfico 6 “Emisiones máximas según vía de liberación”**



### 2.1.2 Liberaciones por categorías de fuentes

A continuación se presentan las tablas correspondientes a las liberaciones según categoría de fuente y vía de liberación, tanto sus valores mínimos en la Tabla 2, como valores máximos en la Tabla 3.

**Tabla 2. Liberaciones mínimas por Categoría de Fuente y vía de liberación**

	Categoría de Fuente	Existe en Chile (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
			Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico
5.1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	y	503,1	31,00	7,74	0,00	41,28	19,29
5.2	Extracción primaria (virgen) de metales	y	611,65	35,97	119437,00	1187,73	0,00	434,39
5.3	Producción de otros minerales	y	444,47	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00
5.4	Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.5	Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio	y	107,04	222,98	32,53	0,00	1888,32	0,00
5.6	Otros usos deliberados de mercurio en Productos/procesos	y	16,27	115,07	0,00	488,02	98,80	99,20
5.7	Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)	y	4,05	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00

5.8	Incineración de desechos	y	8,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas servidas	y	12,08	225,91	4,01	0,00	98,07	61,16
5.10	Crematorios y Cementerios	y	3,59	0,00	80,09	0,00	0,00	0,00
	Total		<b>1710,77</b>	<b>690,90</b>	<b>119561,37</b>	<b>1675,94</b>	<b>2134,80</b>	<b>614,24</b>

**Tabla 3 Liberaciones máximas por categoría de fuente y vía de liberación**

	Categoría de Fuente	Existe en Chile (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					Tratamiento específico
			Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	
5.1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	y	3794,89	30,96	7,74	0,00	437,17	53,60
5.2	Extracción primaria (virgen) de metales	y	4117,88	539,57	335320,18	11259,71	0,00	6529,60
5.3	Producción de otros minerales	y	593,89	0,00	0,00	0,00	7,88	0,00
5.4	Uso deliberado de mercurio en procesos industriales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.5	Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio	y	619,13	636,81	406,68	0,00	7368,15	0,00
5.6	Otros usos deliberados de mercurio en Productos/procesos	y	65,07	456,68	0,00	1952,07	391,61	392,01
5.7	Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)	y	40,50	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00
5.8	Incineración de desechos	y	42,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas servidas	y	120,84	778,28	120,22	0,00	5019,60	1864,70
5.10	Crematorios y Cementerios	y	14,35	0,00	320,34	0,00	0,00	0,00
	Total		<b>9409,23</b>	<b>2442,31</b>	<b>336175,16</b>	<b>13211,79</b>	<b>13228,92</b>	<b>8840,90</b>

A partir de los resultados obtenidos, tanto para los valores mínimos como los máximos, las categorías más relevantes son: “Producción primaria (virgen) de metales”; “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio”; “Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía”; “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”; “Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales” y “Otros usos deliberados en productos/procesos”

### 2.1.3 Subcategorías importantes por categoría de fuente

A continuación se analizan brevemente todas las categorías y sus principales subcategorías según su contribución a las emisiones totales de mercurio al ambiente.

La categoría 5.4 “Uso deliberado de mercurio en procesos industriales” no fue analizada, pues dicha categoría no se aplica en el país.

### 2.1.3.1 Subcategorías importantes para fuente 5.1: “Extracción y uso de combustibles/ fuentes de energía”

En esta categoría, no se identificaron las siguientes subcategorías:

- i. 5.1.7 “Producción de energía geotérmica” (actividad no se realiza en el país)
- ii. 5.1.5 “Extracción y uso de otros combustibles fósiles” (asociada a la producción de turba y esquisto bituminoso, sin actividades en el país).

Las subcategorías con mayores liberaciones son:

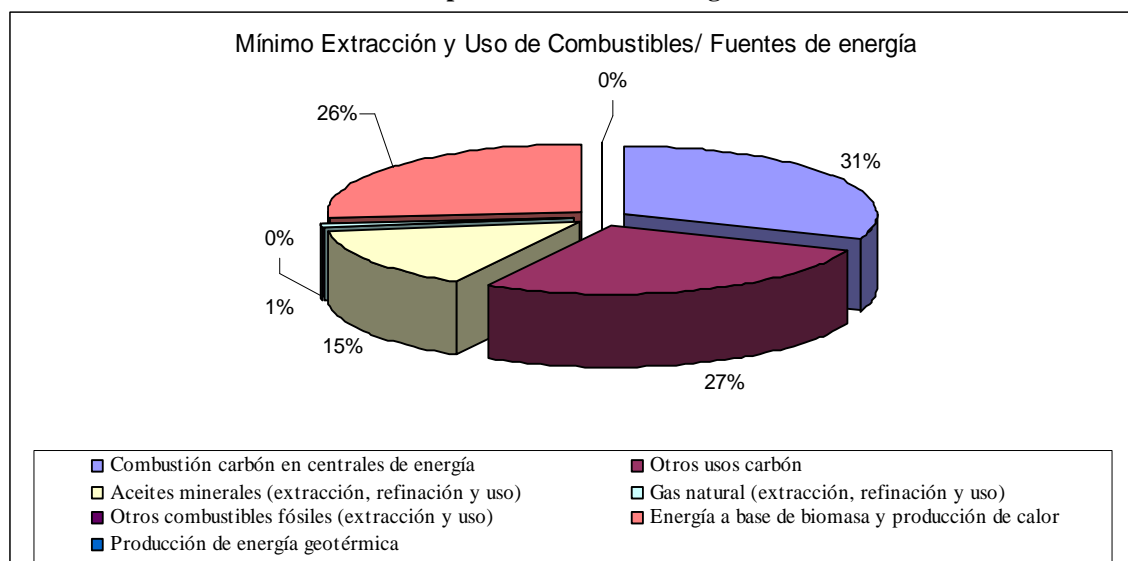
- i. 5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”
- ii. 5.1.2 “Otras formas de combustión de carbón” (en donde se desagregó la información por establecimientos a nivel país).

Con menor importancia destacan la subcategoría 5.1.3 “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”. La actividad extractiva del país se realiza en la XII Región, mientras que la refinación de crudo nacional e importado en refinerías de las regiones V, VIII y XII.

Respecto al uso como combustible en industrias y los medios de transporte convencionales, esta subcategoría fue desagregada a nivel de establecimientos en el país.

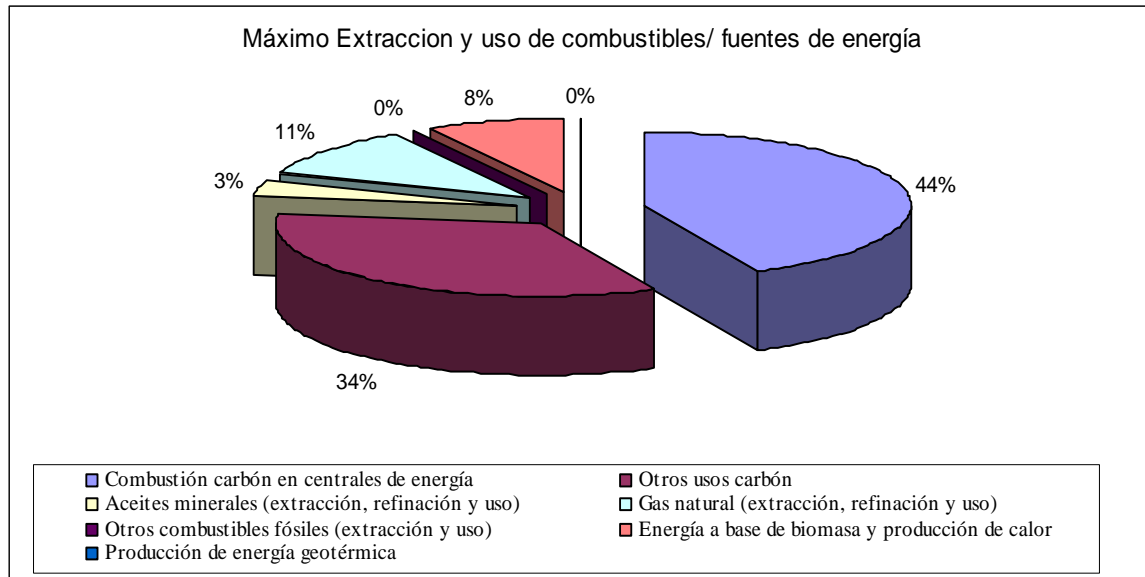
Los siguientes gráficos (7 y 8) muestran la participación de las subcategorías según sus valores mínimos y máximos para la categoría en estudio:

**Gráfico 7 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**





**Gráfico 8 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



### 2.1.3.2 Subcategorías importantes para fuente 5.2: Producción primaria (virgen) de metales

En esta categoría, no se identificó la subcategoría 5.2.1 “Extracción primaria y procesamiento de mercurio”, ya que en la actualidad no existe producción primaria de mercurio en el país.

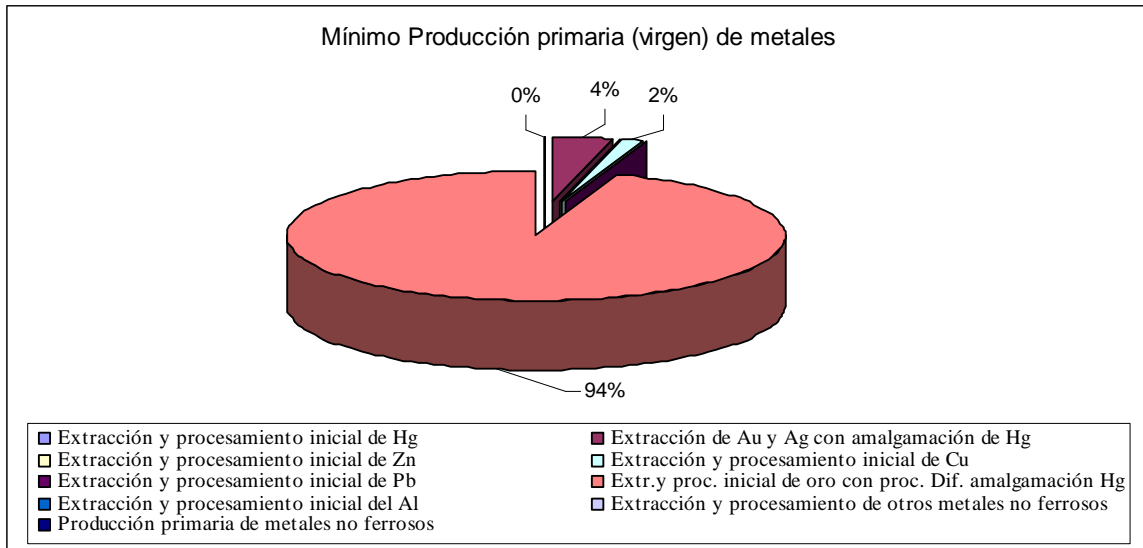
Una de las fuentes de liberaciones importantes de esta categoría se registra en la subcategoría 5.2.4 “Extracción y procesamiento inicial de cobre”. La metodología no considera el ripio resultante de los procesos hidrometalúrgicos para la obtención de cobre, en cuyo caso el mercurio no se utiliza y, por ende, el Instrumental no entrega factores asociados a este proceso. Sin embargo, esta categoría se ve fuertemente incrementada en liberaciones de mercurio a la tierra producto de la gran cantidad de relave generado en el proceso de concentración de sulfuros de cobre. El sector minería del cobre en Chile realizará mediciones de contenido de mercurio en las distintas corrientes del proceso a fin de proveer información fidedigna respecto de la actividad en Chile.

Otra subcategoría con una participación importante en las emisiones de mercurio es la 5.2.2 “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”, actividad desarrollada por pequeños mineros artesanales de nuestro país. Actualmente, existe una gran cantidad de pirquineros utilizando esta técnica, distribuidos principalmente entre la III Región y la IV Región del país.

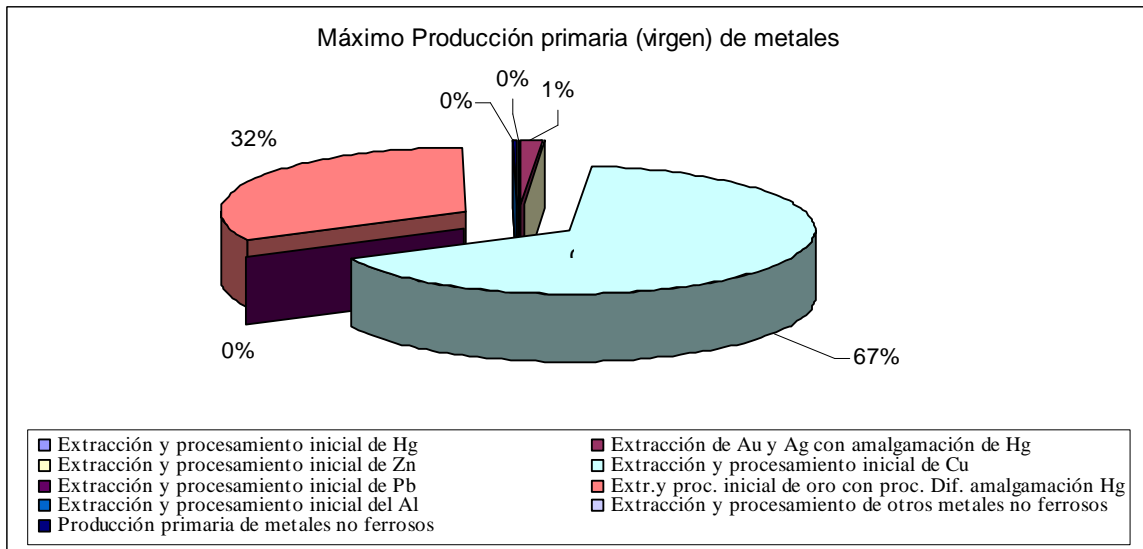
Respecto a la subcategoría 5.2.6 “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”, la producción proviene de las Regiones II, III, IV, V, RM y XII. Dicha producción se presenta, principalmente, bajo la forma de oro metálico, metal doré y concentrados de oro.

Los siguientes gráficos (9 y 10) muestran la participación de las subcategorías según sus valores mínimos y máximos para la categoría en estudio:

**Gráfico 9 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**



**Gráfico 10 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



### 2.1.3.3 Subcategorías importantes para fuente 5.3: Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio

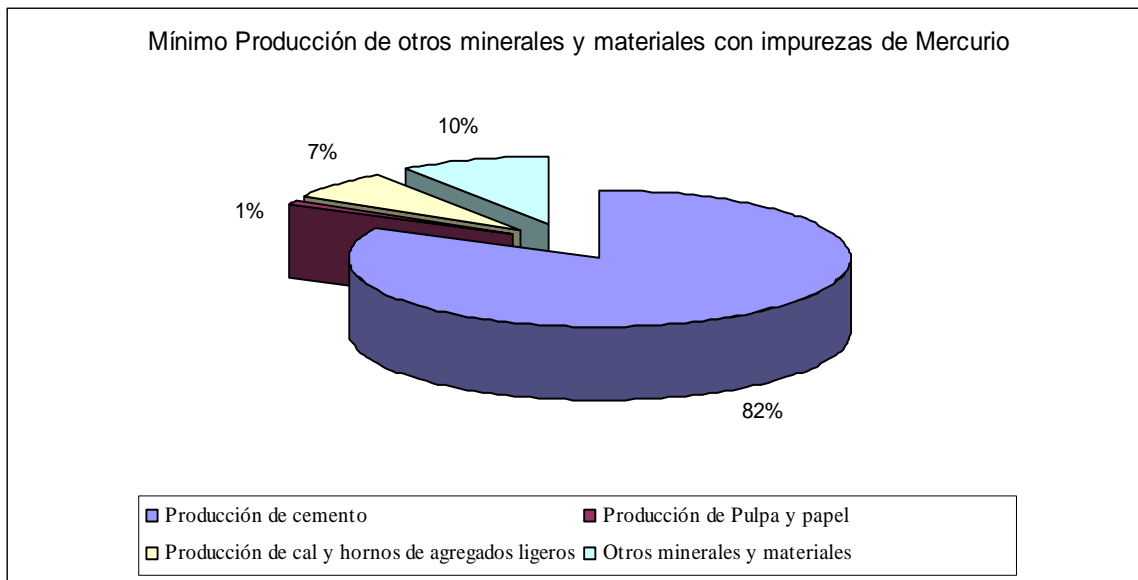
En esta categoría se identificaron en el país todas las subcategorías otorgadas por el Instrumental, siendo la más importante la subcategoría 5.3.1 “Producción de Cemento”.

En Chile existen cinco plantas productoras de cemento, distribuidas en las regiones II, V, RM, VII y VIII del país. El proceso de calcinación, constituye la mayor liberación de mercurio al aire.

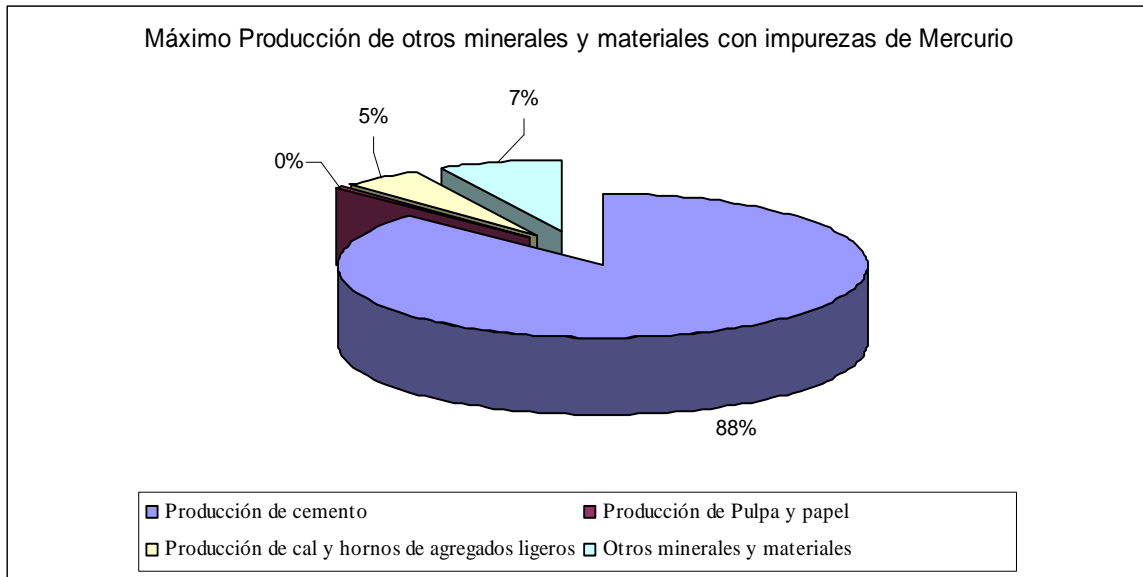
Dentro de la metodología de cálculo para la estimación de emisiones, se asignó un factor de emisión atmosférica máximo de 0,14 ppm (ponderado en base a mediciones entregadas por Cemento Polpaico S.A.), y el valor máximo de concentración establecido en la “Norma de emisión para la incineración y coincineración de residuos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia” (para el caso de las otras dos empresas cementeras existentes en el país). El valor mínimo fue establecido en base al factor atmosférico de 0,1 ppm, sugerido por el instrumental.

Los siguientes gráficos (11 y 12) muestran la participación de las subcategorías según sus valores mínimos y máximos para la categoría en estudio:

**Gráfico 11 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**



**Gráfico 12 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



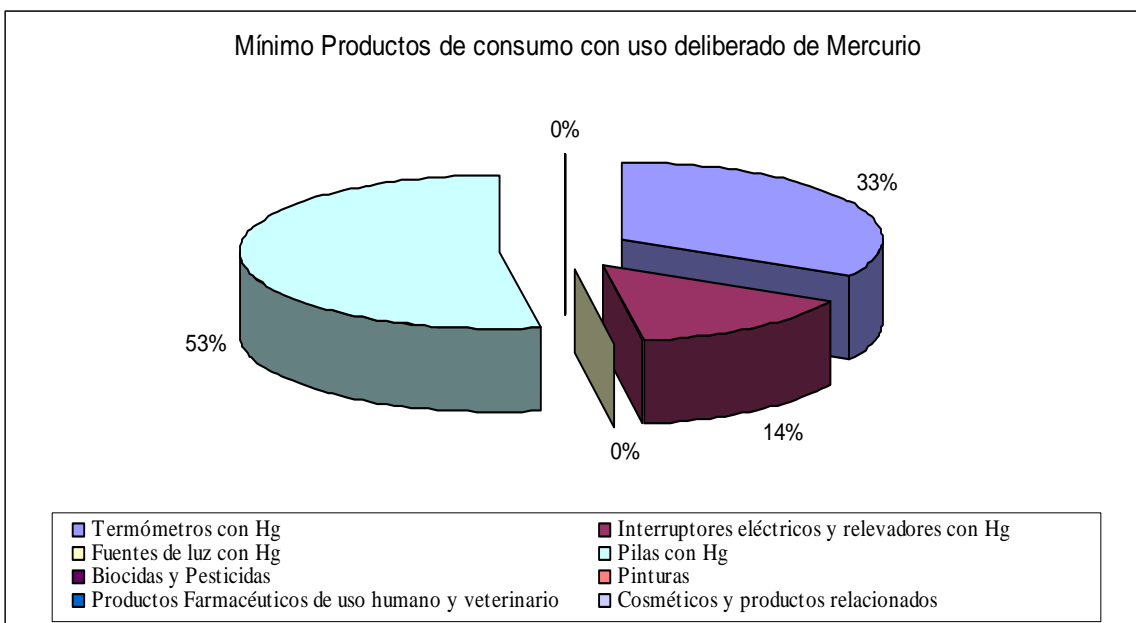
#### **2.1.3.4 Subcategorías importantes para fuente 5.5: Productos de consumo con uso deliberado de mercurio**

En esta categoría no se identificó la subcategoría 5.5.5 “Biocidas y pesticidas”, actividad que se encuentra regulada en Chile desde 1993 a través de Resolución N° 996 del Servicio Agrícola y Ganadero. Otra subcategoría no identificada es la 5.5.6 “Pinturas con mercurio”, ya que se ha reportado la sustitución de compuestos con contenidos de mercurio dentro de las pinturas utilizadas en el país.

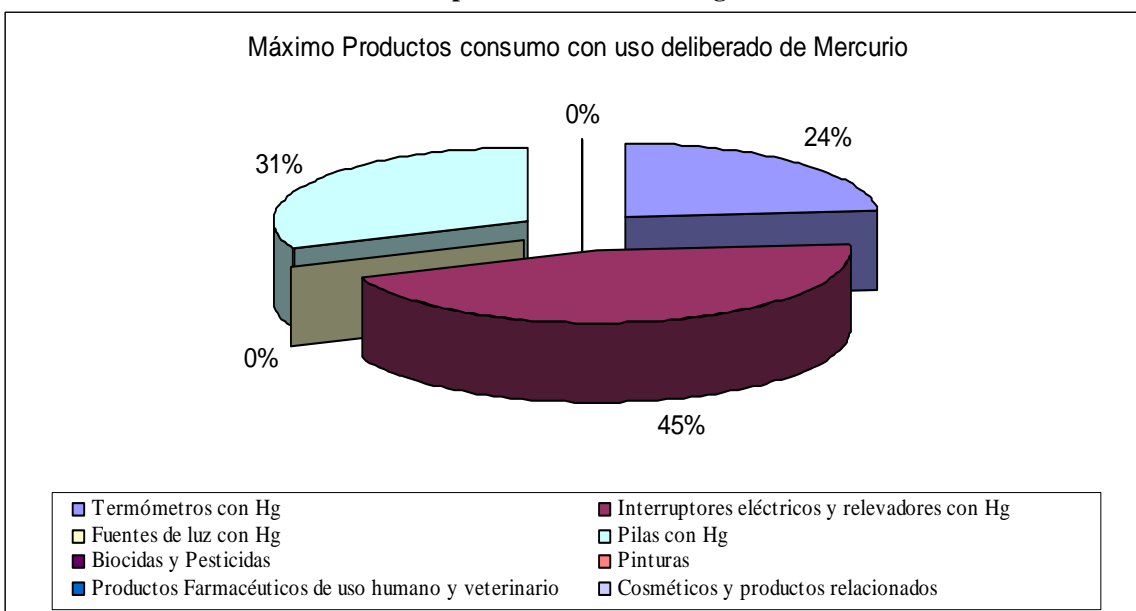
Las subcategorías más importantes para esta fuente son la 5.5.1 “Termómetros que contienen mercurio” y 5.5.4 “Pilas con mercurio”, en ambas no se reporta producción en Chile. Sin embargo, al país ingresan una gran cantidad de estos productos, datos que han sido entregados por el Servicio Nacional de Aduanas, y empresas que realizan manejo de residuos peligrosos, reportan un manejo de disposición de aproximadamente el 3% de las pilas con mercurio consumidas al año.

Los gráficos 13 y 14 indican la contribución de las subcategorías según sus valores mínimos y máximos para la categoría en estudio:

**Gráfico 13 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**



**Gráfico 14 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



### 2.1.3.5 Subcategorías importantes para fuente 5.6: Otros usos deliberados de mercurio en productos/ procesos

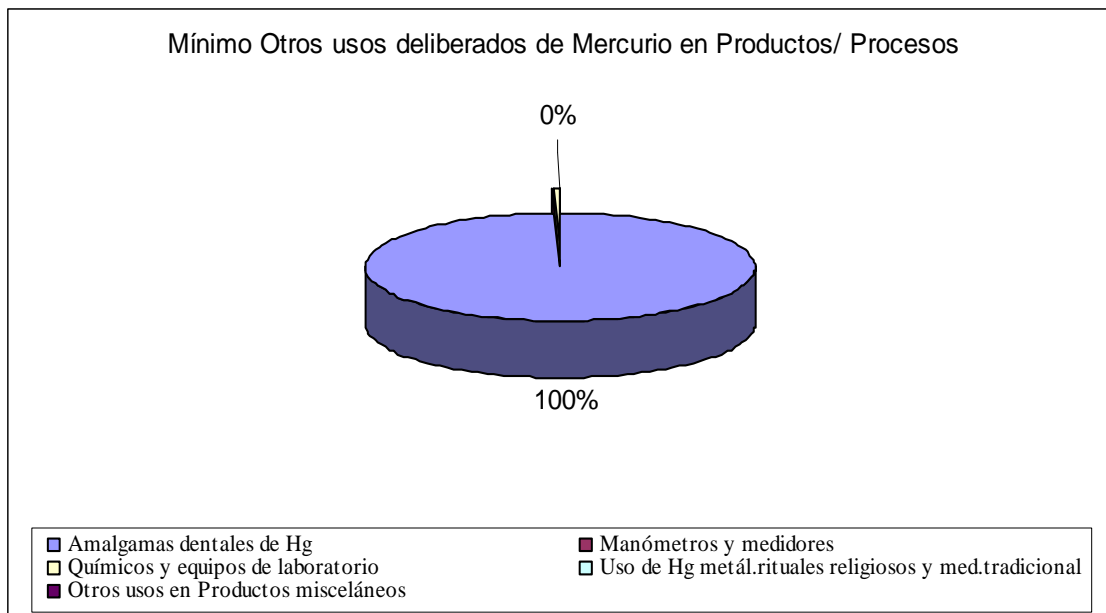
En esta categoría no se identificó la subcategoría 5.6.4 “Usos étnicos/culturales/rituales”, ya que no se reportan actividades asociadas con uso de mercurio para fines de este tipo dentro del país. Lo mismo ocurre con la subcategoría 5.6.5 “Otros usos del metal mercurio”.

Las subcategorías más importantes en este caso se reportan para 5.6.1 “Amalgamas dentales de mercurio”, práctica que se realiza principalmente en el sector público de salud.

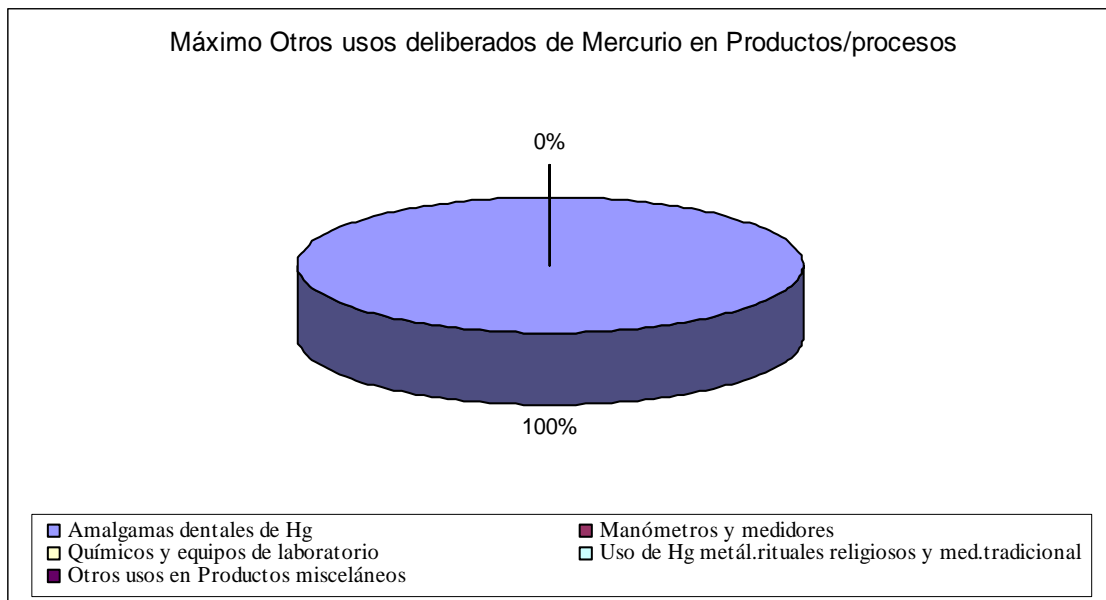
Respecto a la subcategoría 5.6.2 “Manómetros y medidores de presión sanguínea”, no se dispone de información sobre tasas de actividad asociadas a la producción, sin embargo, se cuenta con datos sobre importaciones registradas en el Servicio Nacional de Aduanas, al igual que los químicos con contenido de mercurio utilizados en análisis de laboratorio.

Los gráficos 15 y 16 muestran la participación de las subcategorías según sus valores mínimos y máximos para la categoría en estudio:

**Gráfico 15 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**



**Gráfico 16 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



#### **2.1.3.6 Subcategorías importantes para fuente 5.7: Producción de metales reciclados (Producción secundaria de metales)**

En esta categoría se identifica como la única fuente de contribución a la subcategoría 5.7.2 “Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)”, actividad que es liderada por una empresa a nivel nacional, representado el 100% de las emisiones de esta categoría.

La estimación de las emisiones no fue posible debido a que el Instrumental no reporta factores de entrada ni de salida para los cálculos. Luego, no fue posible generar la información necesaria para estimarlo; sin embargo, se debe buscar una forma adecuada y consistente que permita en un futuro estimar éstas emisiones.

#### **2.1.3.7 Subcategorías importantes para fuente 5.8: Incineración de desechos**

En esta categoría se identifica como única subcategoría que reporta niveles de actividad en el país, a la “Incineración de desechos médicos”, utilizándose como factores de entrada aquellos recomendados por el instrumental.

### 2.1.3.8 Subcategorías importantes para fuente 5.9: Disposición de desechos / rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales

En esta categoría se identificaron las subcategorías “Rellenos sanitarios/depositos controlados” y “Sistema/tratamiento de aguas residuales”, para esta última actividad ya se encuentran regulados los límites de mercurio en las descargas a los cursos de agua a través de normativas.

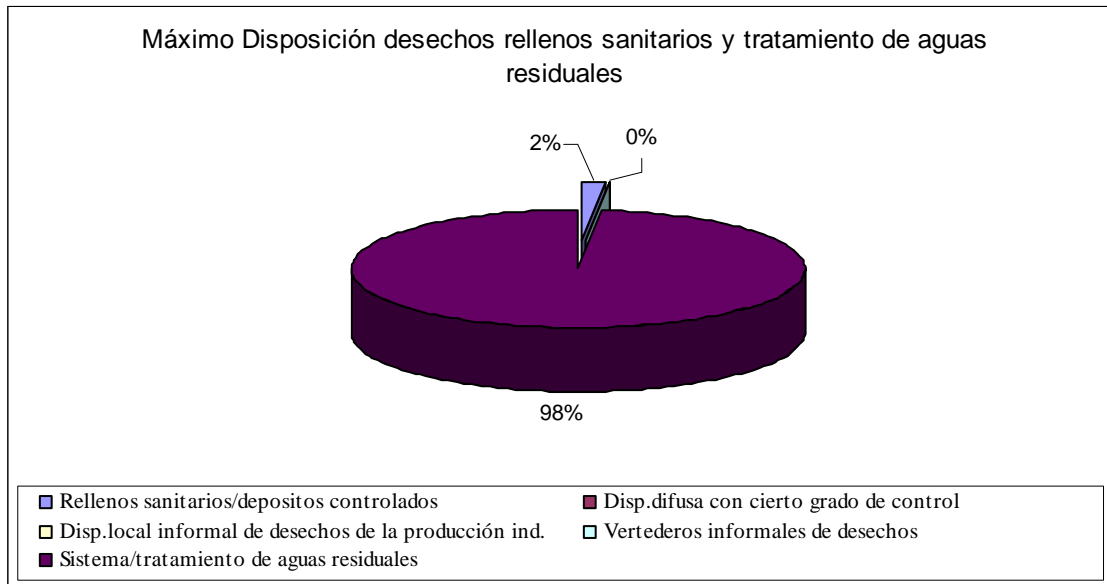
Los siguientes gráficos muestran la participación de cada subcategoría según los valores mínimos y máximos de estimación:

**Gráfico 17 Participación de cada subcategoría con valor mínimo**





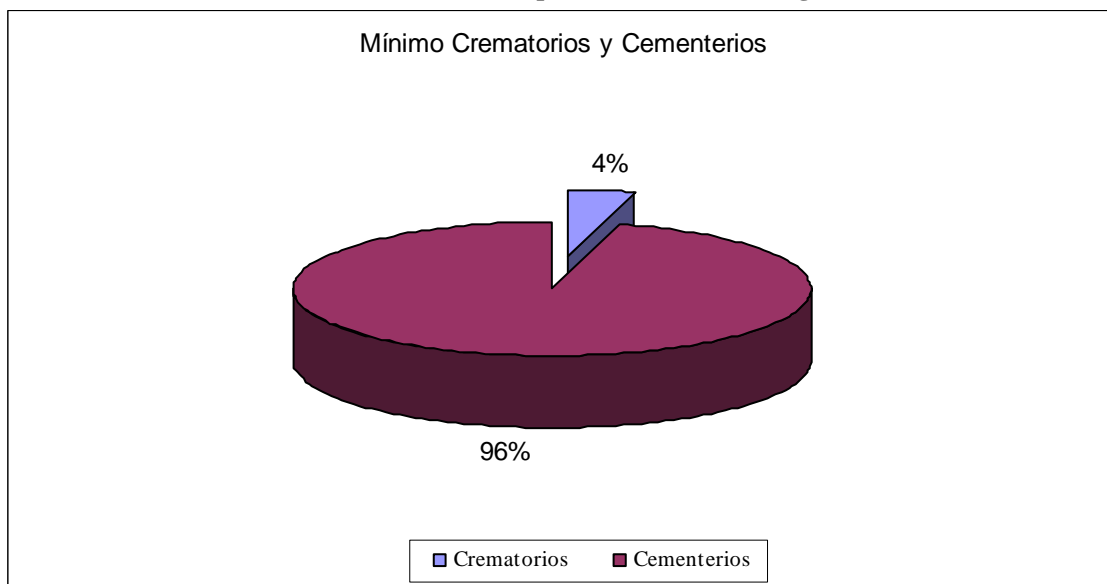
**Gráfico 18 Participación de cada subcategoría con valor máximo**



### 2.1.3.9 Subcategorías importantes para fuente 5.10: Crematorios y Cementerios

En esta categoría se identificaron las dos subcategorías otorgadas por el instrumental, siendo la categoría que presenta mayores liberaciones la correspondiente a cementerios (5.10.2). En este caso los factores de entrada, tanto mínimos como máximos son iguales, por lo que sólo se presenta un gráfico de participación:

**Gráfico 19 Participación de cada subcategoría**



## 2.2 Datos Faltantes

En general, existe una gran cantidad de datos faltantes en muchas de las subcategorías estudiadas, razón por la cual se determinó usar los factores sugeridos por defecto en el Instrumental.

Para aquellas subcategorías en que el Instrumental no reporta factores de entrada, se utilizó información en base a datos reportados por la experiencia previa de otros países que fue recopilada dentro del Instrumental. En el caso de los factores de salida, se utilizó la misma metodología.

Respecto a la distribución de salidas por vía de liberación, cuando el instrumental no presenta sugerencias a determinada subcategoría, se aplicó una distribución en base a la información por eficiencia del equipo de abatimiento y/o consulta a expertos.

Una de las mayores falencias en la existencia de datos necesarios para la estimación de las emisiones se encuentra en la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”. Principalmente, asociada a niveles de actividad en la pequeña minería del oro con procesos de amalgamación de mercurio, y a la producción de Zinc y Cobre (relacionada a mediciones en menas de cobre, concentrados y relaves). Sin embargo, esta falencia de datos será mejorada, pues se contará con dicha información de manera completa, dentro de un plazo posterior al establecido para la entrega del presente estudio.

Por otra parte en las categorías 5.5 “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio” y 5.6 “Otros usos deliberados en productos/procesos”, existe una gran cantidad de productos con contenido de mercurio que fueron identificados, pero no fue posible su cuantificación debido al diseño actual de las partidas aduaneras en nuestro país.

En el caso de la Subcategoría 5.6.3 “Químicos y equipos de laboratorio con mercurio”, se identificaron compuestos con contenido de mercurio ingresados al país para su uso en laboratorios químicos, pero no se logró su cuantificación por la complejidad de los equipos que lo contienen.

Para la Subcategoría 5.7.3 “Producción de otros metales reciclados”, se reporta actividad en la producción de aluminio reciclado, pero no fue posible estimar liberaciones de mercurio debido a que no se pudieron establecer factores de entrada y salida a la fecha de entrega de este informe, sin embargo se sigue trabajando en la búsqueda de una forma adecuada para estimar las liberaciones de ésta subcategoría.

En la Subcategoría 5.9.1 “Rellenos sanitarios/depósitos controlados”, no fue posible establecer factores de salida, para los lixiviados, mientras que el instrumental tampoco sugiere factores por defecto.

## 2.3 Conclusiones

El inventario de usos, consumo y liberaciones de mercurio desarrollado, constituye el primer esfuerzo para tener un acercamiento del problema con este elemento a nivel país. Los niveles de incertidumbre, ya sea en los “niveles de actividad”, “factores de entrada y factores de distribución de salida”, fueron mejorados en la medida que las industrias entregaron información con respecto a sus procesos (como es el caso del sector del cemento y del petróleo).

El análisis general de los resultados anteriormente expuestos indica que las tareas futuras deben estar orientadas a mejorar la información existente. Esto, con el objeto de perfeccionar el inventario previo a la toma de decisiones trascendentales en su gestión. En particular, respecto al sector minero, éste aún presenta un alto nivel de incertidumbre, no obstante se ha entregado información por parte de COCHILCO, específicamente de mediciones en algunas partes del proceso de extracción y una medición en pulpa de relave. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, el sector de la minería del cobre en Chile realizará mediciones en las distintas corrientes del proceso.

Por ello, es necesario focalizar medidas claves como realizar mesas de trabajo con diferentes sectores y analizar la situación actual para generar y mejorar el acceso a información más precisa y desagregada por sector.

En ese sentido, el avance del trabajo realizado con sectores como el cemento y el petróleo permitió disminuir el valor resultado de las emisiones de mercurio para dichos sectores (en el rango de valores máximos). Esto, demuestra que al contar con mayor y mejor información se obtienen resultados con un menor grado de incertidumbre y más cercanos a la realizada del país.

Por otra parte, el sector asociado al uso de productos con contenido de mercurio representa uno de los mayores niveles de incertidumbre. En el corto plazo, es posible realizar mejoras con medidas tales como perfeccionar las clasificaciones de entrada de dichos productos al país, a través del Servicio Nacional de Aduanas, ya que actualmente la información se encuentra en forma dispersa, impidiendo una identificación clara de los productos que contienen mercurio.

Asimismo, se debe generar un sistema de seguimiento para los productos con contenido de mercurio desde su entrada al país hasta su distribución final al consumidor. Esto, pues mientras en el sector público de salud se ha logrado acceder a ciertos niveles de información, y existe la intención de seguir mejorándola para generar planes de acción en el corto y mediano plazo; el acceso a la información en el sector privado de salud es muy complejo siendo conveniente contar con un sistema de declaración para el ingreso de productos con mercurio asociado a este sector.

## 2.4 Fuentes de Liberación de Mercurio Identificadas

Tabla 4 Resumen de liberaciones máximas por subcategoría de fuente y vía de liberación

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico
5.1		Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía							
	5.1.1	Combustión de carbón	y	1611,06	0,00	0,00	0,00	254,42	0,00
	5.1.2	Otras formas de combustión de carbón	y	1312,55	0,00	0,00	0,00	128,80	38,13
	5.1.3	Extracción, refinación y uso del aceite mineral	y	83,25	30,96	7,74	0,00	5,76	15,48
	5.1.4	Extracción, refinación y uso del gas natural	y	433,08	0,00	0,00	0,00	47,88	0,00
	5.1.5	Extracción, refinación y uso de otros combustibles fósiles	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.1.6	Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor	y	354,95	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
	5.1.7	Producción de energía geotérmica	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.2		Producción primaria (virgen) de metales							
	5.2.1	Extracción primaria y procesamiento de mercurio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.2.2	Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio	y	0,00	0,00	4214,70	468,30	0,00	0,00
	5.2.3	Extracción y procesamiento inicial del zinc	y	0,00	0,00	55,67	0,00	0,00	0,00
	5.2.4	Extracción y procesamiento inicial del cobre	y	2697,85	539,57	216345,3	10791,41	0,00	6474,85
	5.2.5	Extracción y procesamiento inicial del plomo	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.2.6	Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio	y	379,78	0,00	114704,6	0,00	0,00	0,00
	5.2.7	Extracción y procesamiento inicial del aluminio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.2.8	Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	y	1040,25	0,00	0,00	0,00	0,00	54,75
5.3		Producción de otros materiales con impurezas de mercurio							
	5.3.1	Producción de cemento	y	522,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.3.2	Producción de pulpa y papel	y	2,63	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00
	5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	y	28,30	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00
	5.3.4	Otros minerales y materiales	y	40,00	0,00	0,00	0,00	4,44	0,00
5.4									

Uso deliberado de mercurio

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico
		<b>en procesos industriales</b>							
	5.4.1	Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.4.2	Producción de VCM	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.4.3	Producción de acetildahidos con HgSO4 como catalizador	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.4.4	Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de Hg como catalizador	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>Productos de consumo con uso deliberado de mercurio</b>							
	5.5.1	Termómetros con mercurio	y	212,27	636,81	0,00	-	1273,62	0,00
	5.5.2	Interruptores eléctricos y rele con mercurio	y	406,68	0,00	406,68	-	3253,46	0,00
	5.5.3	Fuentes de luz con mercurio	y	0,17	0,00	0,00	-	3,30	0,00
	5.5.4	Pilas con mercurio	y	0,00	0,00	0,00	-	2837,77	0,00
	5.5.5	Biocidas y pesticidas con mercurio	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.5.6	Pinturas con mercurio	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.5.7	Productos Farmacéuticos de uso Humano y Veterinario	y	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.5.8	Cosméticos y productos relacionados	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
		<b>Otros usos deliberados de mercurio en productos/procesos</b>							
	5.6.1	Amalgamas dentales	y	65,07	455,48	0,00	1952,07	390,41	390,41
	5.6.2	Manómetros y medidores	y	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.6.3	Químicos y equipos de laboratorio	y	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20	1,60
	5.6.4	Usos étnicos/culturales/rituales	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.6.5	Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
		<b>Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)</b>							
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	y	40,50	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		<b>Incineración de desechos</b>							
	5.8.1	Incineración de desechos municipales/generales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	y	42,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico
	5.8.5	Incineración informal de desechos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.9		Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales							
	5.9.1	Rellenos sanitarios depósitos controlados	y	120,84	-	-	-	-	-
	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de control	n	-	-	-	-	-	-
	5.9.3	Disposición informal de desechos de producción industrial	n	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	5.9.4	Vertederos informales de desechos	n	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	5.9.5	Sistema/tratamiento de aguas residuales	y	0,00	778,28	120,22	0,00	5019,60	1864,70
		Crematorios y cementerios							
5.10	5.10.1	Crematorios	y	14,35	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.10.2	Cementerios	y	0,00	0,00	320,34	-	0,00	0,00
<b>Suma de liberaciones cuantificadas:</b>			<b>-</b>	<b>9409,23</b>	<b>2442,3</b>	<b>336175,2</b>	<b>13211,79</b>	<b>13228,92</b>	<b>8840,90</b>

Tabla 5 Resumen de liberaciones mínimas por subcategoría y vía de liberación

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
				Aire	Agua	Suelo	Producto	Desechos Generales	Tratamiento específico
5.1		Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía							
	5.1.1	Combustión de carbón	y	161,11	0,00	0,00	0,00	25,44	0,00
	5.1.2	Otras formas de combustión de carbón	y	145,15	0,00	0,00	0,00	14,86	3,81
	5.1.3	Extracción, refinación y uso del aceite mineral	y	33,13	30,96	7,74	0,00	0,19	15,48
	5.1.4	Extracción, refinación y uso del gas natural	y	4,47	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00
	5.1.5	Extracción, refinación y uso de otros combustibles fósiles	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.1.6	Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor	y	159,23	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
	5.1.7	Producción de energía geotérmica	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.2		Producción primaria (virgen) de metales							
	5.2.1	Extracción primaria y procesamiento de mercurio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.2.2	Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio	y	0,00	0,00	4214,70	468,30	0,00	0,00

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y						
				Aire	Agua	Suelo	Producto	Desechos Generales	Tratamiento específico	
	5.2.3	Extracción y procesamiento inicial del zinc	y	0,00	0,00	55,67	0,00	0,00	0,00	
	5.2.4	Extracción y procesamiento inicial del cobre	y	179,86	35,97	462,07	719,43	0,00	431,66	
	5.2.5	Extracción y procesamiento inicial del plomo	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.2.6	Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio	y	379,78	0,00	114704,56	0,00	0,00	0,00	
	5.2.7	Extracción y procesamiento inicial del aluminio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.2.8	Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	y	52,01	0,00	0,00	0,00	0,00	2,74	
	5.3		Producción de otros materiales con impurezas de mercurio							
		5.3.1	Producción de cemento	y	373,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.3.2		Producción de pulpa y papel	y	2,63	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	
5.3.3		Producción de cal y hornos de agregados ligeros	y	28,30	0,00	0,00	0,00	3,14	0,00	
5.3.4		Otros minerales y materiales	y	40,00	0,00	0,00	0,00	4,44	0,00	
5.4		Uso deliberado de mercurio en procesos industriales								
	5.4.1	Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.4.2	Producción de VCM	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.4.3	Producción de acetildahidos con HgSO4 como catalizador	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.4.4	Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de Hg como catalizador	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
5.5		Productos de consumo con uso deliberado de mercurio								
	5.5.1	Termómetros con mercurio	y	74,33	222,98	0,00	-	445,97	0,00	
	5.5.2	Interruptores eléctricos y rele con mercurio	y	32,53	0,00	32,53	-	260,28	0,00	
	5.5.3	Fuentes de luz con mercurio	y	0,17	0,00	0,00	-	3,30	0,00	
	5.5.4	Pilas con mercurio	y	0,00	0,00	0,00	-	1178,77	0,00	
	5.5.5	Biocidas y pesticidas con mercurio	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	
	5.5.6	Pinturas con mercurio	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	
	5.5.7	Productos Farmacéuticos de uso Humano y Veterinario	y	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	
	5.5.8	Cosméticos y productos relacionados	y	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	
5.6		Otros usos deliberados de								

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)	Salidas de mercurio calculadas, Kg/y					
				Aire	Agua	Suelo	Producto	Desechos Generales	Tratamiento específico
		mercurio en productos/procesos							
	5.6.1	Amalgamas dentales	y	16,27	113,9	0,00	488,02	97,60	97,60
	5.6.2	Manómetros y medidores	y	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.6.3	Químicos y equipos de laboratorio	y	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20	1,60
	5.6.4	Usos étnicos/culturales/rituales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.6.5	Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
5.7		Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)							
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	n	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	y	4,05	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.8		Incineración de desechos							
	5.8.1	Incineración de desechos municipales/generales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	y	8,54	0,00	0,00	0,20	0,00	0,20
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5.8.5	Incineración informal de desechos	n	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.9		Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales							
	5.9.1	Rellenos sanitarios depósitos controlados	y	12,08	?	?	-	-	-
	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de control	n	-	-	-	-	-	-
	5.9.3	Disposición informal de desechos de producción industrial	n	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	5.9.4	Vertederos informales de desechos	n	0,00	0,00	0,00	-	-	-
	5.9.5	Sistema/tratamiento de aguas residuales	y	0,00	225,9	4,01	0,00	98,07	61,16
5.10		Crematorios y cementerios							
	5.10.1	Crematorios	y	3,59	0,00	0,00	-	0,00	0,00
	5.10.2	Cementerios	y	0,00	0,00	80,09	-	0,00	0,00
Suma de liberaciones cuantificadas:			-	1710,8	630,9	119561,37	1675,94	2134,80	614,24



**Tabla 6** Reporte de existencia de cada subcategoría identificada

<b>C</b>	<b>Sub-C</b>	<b>Categoría de Fuente</b>	<b>Existe (y/n)</b>
<b>5.1</b>		<b>Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía</b>	
	<b>5.1.1</b>	<b>Combustión de carbón</b>	Y
	<b>5.1.2</b>	<b>Otras formas de combustión de carbón</b>	Y
	<b>5.1.3</b>	<b>Extracción, refinación y uso del aceite mineral</b>	Y
	<b>5.1.4</b>	<b>Extracción, refinación y uso del gas natural</b>	Y
	<b>5.1.5</b>	<b>Extracción, refinación y uso de otros combustibles fósiles</b>	No se identificaron
	<b>5.1.6</b>	<b>Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor</b>	Y
	<b>5.1.7</b>	<b>Producción de energía geotérmica</b>	No se identificaron
<b>5.2</b>		<b>Producción primaria (virgen) de metales</b>	
	<b>5.2.1</b>	<b>Extracción primaria y procesamiento de mercurio</b>	No se identificaron
	<b>5.2.2</b>	<b>Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio</b>	Y
	<b>5.2.3</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial del zinc</b>	Y
	<b>5.2.4</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial del cobre</b>	Y
	<b>5.2.5</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial del plomo</b>	No se identificaron
	<b>5.2.6</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio</b>	Y
	<b>5.2.7</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial del aluminio</b>	No se identificaron
	<b>5.2.8</b>	<b>Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos</b>	No se identificaron
	<b>5.2.9</b>	<b>Producción primaria de metales ferrosos</b>	Y
<b>5.3</b>		<b>Producción de otros materiales con impurezas de mercurio</b>	
	<b>5.3.1</b>	<b>Producción de cemento</b>	Y
	<b>5.3.2</b>	<b>Producción de pulpa y papel</b>	Y
	<b>5.3.3</b>	<b>Producción de cal y hornos de agregados ligeros</b>	Y
	<b>5.3.4</b>	<b>Otros minerales y materiales</b>	Y
<b>5.4</b>		<b>Uso deliberado de mercurio en procesos industriales</b>	
	<b>5.4.1</b>	<b>Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio</b>	No se identificaron
	<b>5.4.2</b>	<b>Producción de VCM</b>	No se identificaron
	<b>5.4.3</b>	<b>Producción de acetildahídos con HgSO<sub>4</sub> como catalizador</b>	No se identificaron
	<b>5.4.4</b>	<b>Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de Hg como catalizador</b>	No se identificaron

C	Sub-C	Categoría de Fuente	Existe (y/n)
5.5		Productos de consumo con uso deliberado de mercurio	
	5.5.1	Termómetros con mercurio	Y
	5.5.2	Interruptores eléctricos y relé con mercurio	Y
	5.5.3	Fuentes de luz con mercurio	Y
	5.5.4	Pilas con mercurio	Y
	5.5.5	Biocidas y pesticidas con mercurio	No se identificaron
	5.5.6	Pinturas con mercurio	No se identificaron
	5.5.7	Productos Farmacéuticos de uso Humano y Veterinario	Sin cuantificar
	5.5.8	Cosméticos y productos relacionados	No se identificaron
5.6		Otros usos deliberados de mercurio en productos/procesos	
	5.6.1	Amalgamas dentales	Y
	5.6.2	Manómetros y medidores	Y
	5.6.3	Químicos y equipos de laboratorio	Y
	5.6.4	Usos étnicos/culturales/ rituales	No se identificaron
	5.6.5	Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes	No se identificaron
5.7		Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)	
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	No se identificaron
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	Y
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	Y
5.8		Incineración de desechos	
	5.8.1	Incineración de desechos municipales/generales	No se identificaron
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	No se identificaron
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	Y
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	No se identificaron
	5.8.5	Incineración informal de desechos	No hay datos Disponibles
5.9		Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	
	5.9.1	Rellenos sanitarios depósitos controlados	Y
	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de control	No se identificaron
	5.9.3	Disposición informal de desechos de producción industrial	No se identificaron
	5.9.4	Vertederos informales de desechos	No se identificaron
	5.9.5	Sistema/tratamiento de aguas residuales	Y
5.10		Crematorios y cementerios	
	5.10.1	Crematorios	Y
	5.10.2	Cementerios	Y

## 2.5 Cuantificación de Liberaciones de Mercurio

### 2.5.1 Categoría 5.1 “Extracción y uso de combustibles / fuentes de energía”

#### 2.5.1.1 Subcategoría 5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”

##### Antecedentes Generales

Al año 2005, en Chile operaban 14 termoeléctricas usando como combustible carbón, estas centrales se encuentran distribuidas en todo el país a través del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado Norte Grande (SING).

Las centrales cuentan con turbinas de vapor y cada una de ellas presenta diferentes tecnologías en el quemado del combustible, siendo preponderante el quemado en base a carbón pulverizado y, en menor grado, el uso de quemadores de lecho fluidizado (Central termoeléctrica Petropower), quemador tangencial (Central termoeléctrica Bocamina) y parrillas móviles (Centrales termoeléctricas en Ventanas y Huasco vapor).

##### Parámetros considerados para la estimación de las liberaciones de mercurio asociadas a la combustión de carbón en grandes centrales de energía:

- Tasa de actividad en función del consumo individual de carbón en toneladas por año, para cada central termoeléctrica. En la Tabla 7 se puede apreciar la tasa de actividad de la subcategoría:

Tabla 7 “Consumo de Carbón en Centrales Termoeléctricas Chilenas”

Centrales Termoeléctricas carbón	a	Ubicación	Consumo t/año (*)	Generación anual Mw/hora	Consumo esp. Kg/Kw. hora	Referencia -año
Central Tarapacá	Termoeléctrica	Puerto Patache	188.322,16	422.247	0,446	CNE-2005
Central Mejillones 1	Térmica	Mejillones	6.345,345	14.587	0,435	CNE 2005
Central Mejillones 2	Térmica	Mejillones	8.754,84	21.096	0,415	CNE 2005
Nueva Tocopilla 1		Tocopilla	79.416,045	198.045	0,401	CNE 2005
Nueva Tocopilla 2		Tocopilla	67.134,288	169.104	0,397	CNE 2005
Tocopilla Unidad 12		Tocopilla	30.135,203	58.973	0,511	CNE 2005
Tocopilla Unidad 13		Tocopilla	72.169,554	147.586	0,489	CNE 2005
Tocopilla Unidad 14		Tocopilla	106.068,48	276.220	0,384	CNE 2005
Tocopilla Unidad 15		Tocopilla	152.615,511	390.321	0,391	CNE 2005
Huasco		Vallenar	10.846,464	11.136	0,974	CNE 2005
Laguna Verde		Valparaíso	68.238,85	80.281	0,85	CNE 2005
Ventanas 1		Ventanas	134.484,485	324.059	0,415	CNE 2005
Ventanas 2		Ventanas	333.822,214	840.862	0,397	CNE 2005
Bocamina		Coronel	161.006,38	423.701	0,38	CNE 2005

(\*) Fuente: Elaborado a partir de “Fijación de precios de nudo”, CNE 2005

**Tabla 8 "Consumo de carbón-petcoke en Centrales termoeléctricas Chilenas"**

<b>Centrales Termoeléctricas carbón-petcoke</b>	<b>a</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Consumo t/año (*)</b>	<b>Generación anual Mw/hora</b>	<b>C. esp. Kg/Kw. hora</b>	<b>Referencia -año</b>
Central Térmica Mejillones 1		Mejillones	93.966,31	432.029	0,435	CNE 2005
Central Térmica Mejillones 2		Mejillones	171.779,5	827.853	0,415	CNE 2005
Nueva Tocopilla 1		Tocopilla	70.340,01	350.823	0,401	CNE 2005
Nueva Tocopilla 2		Tocopilla	71.264,87	359.017	0,397	CNE 2005
Tocopilla unidad 12		Tocopilla	0	0	0,511	CNE 2005
Tocopilla unidad 13		Tocopilla	0	0	0,489	CNE 2005
Tocopilla unidad 14		Tocopilla	104.069,57	542.029	0,384	CNE 2005
Tocopilla unidad 15		Tocopilla	33.263,05	340.287	0,391	CNE 2006
Guacolda 1		Huayco	199.700,64	1.109.448	0,36	CNE 2005
Guacolda 2		Huayco	199.936,26	1.110.757	0,36	CNE 2005
Petropower man		Hualpén	178.219,11	365.953	0,974	CNE 2005

(\*) Consumo correspondiente a carbón, en base a carga de combustible 50% Petcoke.  
 Fuente: Elaborado a partir de "Fijación de Precios de nudo", CNE 2005

El consumo de carbón en toneladas por año para cada termoeléctrica se estimó a partir del Balance Nacional de Energía (BNE) y la "Fijación de precios de nudo" publicado por la Comisión Nacional de Energía (CNE 2005).

Además se realizaron cruces de información, a partir de las declaraciones efectuadas en el Decreto Supremo N° 138/05<sup>15</sup>, del Ministerio de Salud, y el estudio "Apoyo a la Implementación de Norma de Emisión para Centrales termoeléctricas" (CNE 2007).

### **Información necesaria para el desarrollo de la categoría**

- Procedencia del carbón utilizado.

En el año 2005, el sector energético del país importó carbón proveniente de los siguientes países: Indonesia (33%), Australia (21%), Canadá (14%), Colombia (14%), Nueva Zelanda (14%) y EEUU (4%)<sup>16</sup>,

---

15 Este Decreto Supremo establece la obligación de entregar los antecedentes necesarios para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos de los siguiente rubros, actividades o tipos de fuentes: calderas generadoras de vapor y/o agua caliente; producción de celulosa; fundiciones primarias y secundarias; centrales termoeléctricas; producción de cemento, cal o yeso; producción de vidrio; producción de cerámica; siderurgia; petroquímica, asfaltos y equipos electrógenos

16 Fuente: "Política de Seguridad Energética, diagnóstico y líneas de acción", Karen Poniachik, 2006"

No fue posible establecer la procedencia del carbón, usado por cada central termoeléctrica en forma individual, ni mediciones de mercurio contenido en el carbón de acuerdo al país de origen. No se obtuvo información con respecto al tratamiento previo realizado al carbón, antes de ser utilizado.

- Equipos de control de emisiones utilizados en cada unidad y su eficiencia respecto a emisión de Hg

Las centrales cuentan mayoritariamente con precipitadores electrostáticos y filtros de tela, como equipos de abatimiento de material particulado, cuyas eficiencias con respecto al mercurio se encuentran en base a lo reportado en el instrumental.

No se obtuvo información acerca de la disposición final de los residuos recolectados por cada central.

### **Metodología de cálculo**

Se realizó una distribución proporcional en las centrales termoeléctricas de acuerdo a los orígenes del carbón ingresado a Chile durante el año 2005. Al no contar con información de contenido de mercurio en algunos tipos de carbón, se realizó un promedio ponderado en base a la información disponible de contenidos de mercurio según su origen. El valor obtenido se sitúa en el intervalo recomendado por el instrumental.

Para la estimación de la subcategoría se utilizaron los factores de entradas dados por el instrumental; debido a que en Chile no se mide mercurio presente en el combustible, la distribución por vía de liberación se realizó en función del equipo de abatimiento utilizado por cada central termoeléctrica y considerando la eficiencia reportada por el instrumental.

Por último, esta subcategoría se desagregó como fuente puntual a nivel de establecimientos.

**Tabla 9 Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.1: Combustión de Carbón en grandes centrales de Energía**

5.1.1: Combustión de Carbón en grandes centrales de Energía	Unidad	Uso						Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		S/E <sup>17</sup>		PES <sup>18</sup>		FM <sup>19</sup>			
<b>Tasa de actividad</b>	Ton/año	68239		3306287		356438		-	
Factor de entradas para la etapa *1	gHg/ t	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	-	
		0,5	0,05	0,5	0,05	0,5	0,05		
Entradas calculadas para la etapa *2	Kg Hg/año	34,12	3,41	1653.15	165.31	89.1	8.92	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>		S/E		PES		FM			
- Aire		1		0,9		0,5		-	
- Agua								-	
- Tierra								-	
- Productos								-	
- Tratamiento general de desechos				0,1		0,5		-	
- Tratamiento de desechos específico por sector								-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		S/E		PES		FM		Máx.	Mín.
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.		
- Aire	Kg Hg /año	34,12	3,41	1487,83	148,78	44,55	4,46	1566,5	156,65
- Agua	Kg Hg /año								
- Tierra	Kg Hg /año								
- Productos	Kg Hg /año								
- Tratamiento de desechos generales	Kg Hg /año			165,32	16,53	44,55	4,46	209,87	20,99
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg Hg /año								

<sup>17</sup> Sin Equipo de Abatimiento

<sup>18</sup> Precipitador Electroestático

<sup>19</sup> Filtro de Manga

**Tabla 10 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.1.1	Coal combustion in large power plants	I	84,744				9,4161081		94,1610
		II	755,339				83,9266001		839,2660
		III	364,554				40,5060132		405,0601
		V	244,857				23,415335		268,2727
		VIII	161,562				97,159785		258,7222
			1611,058	0	0	0	254,424	0	1865,482

**Tabla 11 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.1.1	Coal combustion in large power plants	I	8,4744973				0,9416108		9,4161
		II	75,533941				8,3926600		83,926
		III	36,455412				4,0506013		40,506
		V	24,485743				2,3415335		26,827
		VIII	16,156242				9,7159875		25,872
			161,10583	0	0	0	25,442393	0	186,548

### 2.5.1.2 Subcategoría 5.1.2 “Otras formas de combustión de carbón”

#### Antecedentes Generales

Al año 2005, los sectores, industrial, minero, siderúrgico, autoprodutores de electricidad, el sector público y el residencial son responsables de un 34,8% del total del carbón consumido en el país.

Por otro lado se desarrolla, en menor medida, el consumo, la producción de carbón, (principalmente en la octava y décimo segunda región); además la producción de coque es realizada principalmente en el rubro siderúrgico, el que es empleado como materia prima en la fabricación de hierro.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Otras formas de combustión de carbón”

- Tasa de actividad en función del consumo de carbón en toneladas por año para cada sector

**Tabla 12 "Consumo de Carbón por centros de Consumo a nivel país"**

Sector Industrial Y Minero	Ubicación Región	Consumo de carbón t/año	Referencia-año (*)
Industria del Hierro	IV	85.000	Balance Energético CNE 2005
Industria del Cemento	II,V,VII,RM,VIII	199.000	Balance Energético CNE 2005
Industria del Azúcar	VII, VIII	126.000	Balance Energético CNE 2005
Industria de la Pesca	V,VIII,X	19.000	Balance Energético CNE 2005
Industrias varias	V,R.M.,VII,VIII,X	198.000	Balance Energético CNE 2005
Minas varias	II,III,IV	3.000	Balance Energético CNE 2005
Total Consumo Industrial y minero	País	630.000	Balance Energético CNE 2005
Sector Público y residencial	Ubicación	Consumo de carbón T/año	Referencia-año(*)
Público	País	5.000	Balance Energético CNE 2005
Residencial	País	1.000	Balance Energético CNE 2005
Sector Siderúrgico	Ubicación Región	Consumo de carbón t/año	Referencia-año (*)
Siderurgias	V,R.M.,VIII	723.000	Balance Energético CNE 2005
Sector Industrial y Minero	Ubicación	Consumo de carbón t/año	Referencia-año (*)
Calderas a carbón-petcoke	País	78.000	Balance Energético CNE 2005

(\*) Desagregación por regiones, en proceso de revisión, a través de DS 138

**Tabla 13 "Generación de electricidad, en base a carbón"**

Generación Electricidad	Ubicación Región	Consumo t/año	Referencia-año
Electricidad autoproductores (**)	II, III IV	13.000	Balance Energético CNE 2005

(\*\*) Electricidad generada por autoproductores, se refiere a empresas industriales y mineras que generan electricidad para cubrir sus propias necesidades

- Tasa de actividad en función de la cantidad de carbón producido.

**Tabla 14 "Producción de Carbón. Anuario Minería"**

Producción de Carbón	Ubicación	T/año	Fuente de información
ENACAR (*)	VIII Región	138.056,00	Anuario de Minería 2005
Chabunco S.A.	XII Región	594309,00	Anuario de Minería 2005

- Tasa de actividad en función de la cantidad de coque producido.

**Tabla 15 "Producción de Coke. Anuario Minería"**

Producción de Carbón	Ubicación	T/año	Fuente de información
Huachipato	VIII Región	305.000	Balance Energético CNE 2005



El consumo de carbón utilizado en el sector minero, industrial, siderúrgico, público y residencial se obtuvo a partir del BNE 2005, de la Comisión Nacional de Energía 2005, con cruces de información al D.S. N° 138/2005 de MINSAL. Las mismas fuentes de información fueron utilizadas para el cálculo de la producción de coque.

### **Información necesaria para el desarrollo de la subcategoría**

- i. Identificación de la procedencia del carbón utilizado.

No fue posible establecer en forma individual el tipo de carbón consumido en cada establecimiento, así como tampoco se obtuvo información respecto de los procesos de acondicionamiento del carbón previos a la combustión, ni de los equipos de control de emisiones utilizados con sus respectivas eficiencias respecto al mercurio.

Por otro lado, respecto al carbón procesado para ser convertido en coque mediante destilación seca, proviene de Canadá y Australia (Fuente: Compañía de Acero del Pacífico, CAP).

- ii. Identificación de los contenidos de Hg en carbón usado.

Se determinó en base a los valores de contenido de Hg distribuidos de acuerdo a la procedencia del país de origen, aplicando los valores dados por la US EPA en el instrumental.

- iii. Identificación de equipos de control de emisiones utilizados en cada unidad y su eficiencia respecto a emisión de Hg.

Información obtenida a partir del D. S. 138.

- iv. Identificación de la disposición final de los residuos recolectados.

No fue posible identificar la disposición final de los residuos recolectados.

### **Metodología de cálculo**

Para la estimación de la subcategoría, referida al uso de carbón en calderas de los distintos sectores involucrados, se utilizaron los factores de entradas, con un valor mínimo (0,05 g Hg /t) y un valor máximo (0,5 g Hg /t) sugeridos por el instrumental; su distribución por vía de liberación se realizó en función del equipo de abatimiento utilizado por cada unidad (en este caso se trata de 100% de liberación a la atmósfera, ya que las calderas existentes, no cuentan con control de emisiones).

Para la producción de carbón se utilizó un factor de entrada de 0,03 g Hg/t, tanto como factor de entrada mínimo y máximo. Este dato fue extraído del instrumental en base a datos

de US EPA (1997), la cual lo menciona como factor de emisión atmosférica de mercurio en instalaciones alemanas.

Para la producción de coque se utilizaron los factores de entradas, con un valor mínimo (0,05 g Hg/t) y un valor máximo (0,5 g Hg/t) sugeridos por el instrumental; su distribución por vía de liberación, fue de 90% al aire (coque producido por empresa siderúrgica, en proceso en el cual es utilizado el gas coque y luego quemado dentro de la misma planta) y 10% a disposición desechos generales.

La subcategoría se desagregó como fuente puntual, a nivel de establecimiento para la producción de carbón y coque.

**Tabla 16 Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.2: Otras formas de Combustión de Carbón**

5.1.2: Producción de carbón y Producción de coque	Unidad	Producción				Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Carbón		Coke		Máx.	Mín.		
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	732365		305000		2610000			
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	gHg/ t	0,03	0,03	0,5	0,05	0,5	0,05	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	Kg Hg/año	22	22	152,5	15,25	1305	130,5	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>									
- Aire		0,9		0,75		0,9		-	
- Agua								-	
- Tierra								-	
- Productos								-	
- Tratamiento general de desechos		0,1				0,1		-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				0,25				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	PES		Máx.	Mín.
						Máx.	Mín.		
- Aire	Kg Hg /año	19,77	19,77	114,38	11,44	1178,4	117,84	1312,55	154,11
- Agua	Kg Hg /año								
- Tierra	Kg Hg /año								
- Productos	Kg Hg /año								
- Tratamiento de desechos generales	Kg Hg /año	2,2	2,2			126,6	12,66	128,75	14,86
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg Hg /año			38,13	3,81			38,13	3,81

**Tabla 17 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.1.2	Other coal use	VIII	156,227				0,414		156,642
		XII	16,046				1,783		17,829
			172,274	0	0	0	2,197	0	174,471

**Tabla 18 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.1.2	Other coal use	VIII	18,978				0,414		19,392
		XII	16,046				1,783		17,829
			35,024	0,000	0,000	0,000	2,197	0,000	37,221

### 2.5.1.3 Subcategoría 5.1.3 “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”

#### Enfoque General y Puntual

#### Antecedentes Generales

Esta subcategoría incluye la extracción, refinación y usos en combustión de los aceites minerales, entendiéndose como aceites minerales a los genéricamente denominados “crudo” o “petróleo”.

La Región de Magallanes concentra el 100% de la producción de petróleo en Chile, mientras que la refinación es realizada a través del holding de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) en la V región (Concón) y la VIII región (Hualpén). Dentro de los usos del aceite mineral, se consideran las calderas por la combustión de petróleos grados N° 5 y N° 6.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”

- Tasa de actividad en función de la producción de petróleo en toneladas por año.

**Tabla 19 "Producción de Petróleo en Chile"**

Producción de Petróleo crudo	Ubicación	m <sup>3</sup>	Fuente de información
ENAP	XII región	192.032	Anuario de Minería 2005

- Tasa de actividad en función de la cantidad de crudo refinado en toneladas por año

**Tabla 20 "Refinación de Petróleo en Chile"**

Refinación de Petróleo crudo	Ubicación	m <sup>3</sup>	Fuente de información
Holding ENAP Crudo Nacional	V y VIII Región	221.856	Anuario de Minería 2005
Holding ENAP Crudo Importado	V y VIII Región	11.951.539	Anuario de Minería 2005

- Tasa de actividad en función de los destilados del petróleo usado en los sectores:
  - Transporte
  - Industrial y minero
  - Comercial, público y residencial
  - Sector energético
  - Centros de transformación

**Tabla 21 "Consumo de destilados de petróleo a nivel país"**

Sector Industrial y Minero	Ubicación Región	Consumo de combustible t/añal	Referencia-año (*)
Total Consumo Industrial y minero	País	1.908.750	Balance Energético CNE 2005
Sector Público y residencial	Ubicación	Consumo de combustible t/añal	Referencia-año(*)
Total Consumo Público y residencia	País	163.750	Balance Energético CNE 2005
Sector Transporte	Ubicación Región	Consumo de combustible t/añal	Referencia-año (*)
Total Consumo transporte	País	7.228.150	Balance Energético CNE 2005

(\*) Desagregación por regiones, en proceso de revisión, a través de DS 138

**Tabla 22 "Consumo sector energético"**

Sector energético	Ubicación Región	Consumo t/añal	Referencia-año
Sector energético y Centros de transformación	País	530.594	Balance Energético CNE 2005

### Información necesaria para el desarrollo de la subcategoría

- i. Denominación y País de procedencia del crudo refinado.

En la Tabla 23 se puede apreciar las cantidades importadas según la procedencia del crudo

**Tabla 23 "Importación de crudo según país de origen"**

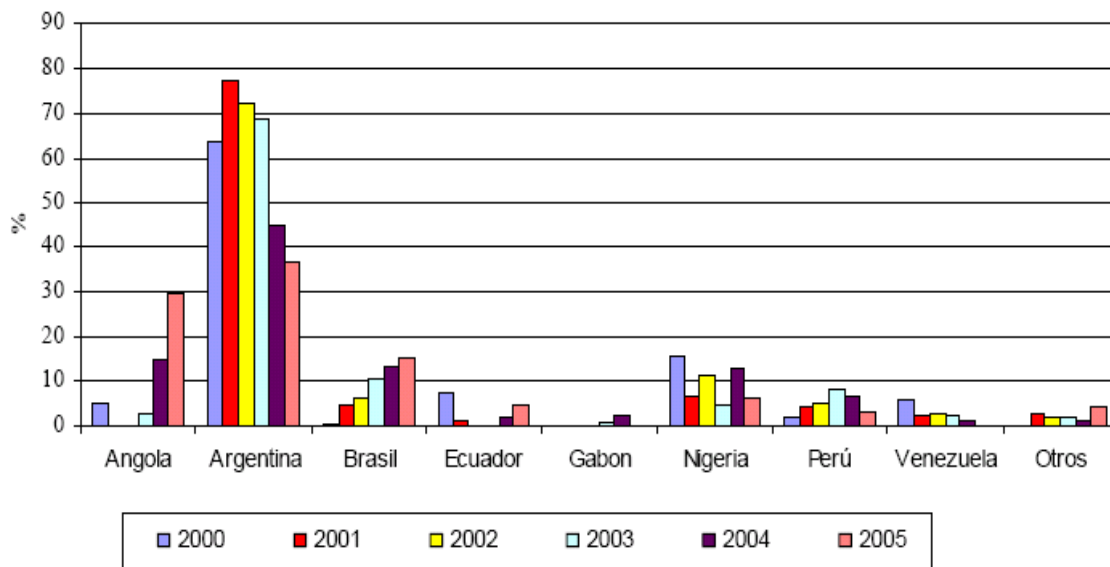
País de origen	m <sup>3</sup>	Contenido de Hg ppb	Fuente de información
Angola	3549793	1,6	ENAP

Argentina	4521511	16,1	ENAP
Brasil	1868295	1,1	ENAP
Nigeria	604842	1,8	ENAP
Otros	1407098	S/I	ENAP

A continuación se muestra una gráfica con las importaciones de crudo, según país de origen:

**Gráfico 20 Importaciones de crudo según país de origen**

### Importaciones de Crudo, Según Mercado de Origen



ii. Identificación de los contenidos de Hg en el crudo refinado.

La ENAP envió información de acuerdo al país de origen del cuál se importó el crudo. Dichos países pueden ser apreciados en la Tabla 23.

Es importante mencionar que para el caso de Nigeria los contenidos de mercurio varían según el origen dentro del mismo país, incluso algunos no presentaban información, pero el valor incluido en dicha tabla corresponde al contenido de mercurio predominante.

### Metodología de Cálculo

El factor de entrada se determinó en base al trabajo de investigación “Mercury in Crude Oil Processed in the United States (2004)”, S. Markwhilek et al. Para el caso de los crudos que no consideraban valor de concentración de mercurio, (aproximadamente 7,3% del total), se aplicó el promedio ponderado. Para la combustión se aplicó un factor de entrada

correspondiente al 10% del valor usado para la refinación, según la proporción establecida por el instrumental.

**Tabla 24 Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.3: Extracción, refinación y uso de aceite mineral**

5.1.3: Extracción, refinación y uso de aceite mineral	Unidad	Producción		Refinación		Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	192032		10347386		10942324			
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	mgHg/ t	300	10	7,48	7,48	0,748	0,748	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	Kg Hg/año	57,61	1,92	77,40	77,40	8,18	8,18	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>									
- Aire		0,9		0,3		1		-	
- Agua				0,4				-	
- Tierra				0,1				-	
- Productos								-	
- Tratamiento general de desechos		0,1						-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				0,2				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg Hg/año	51,85	1,73	23,22	23,22	8,18	8,18	83,25	33,13
- Agua	Kg Hg/año			30,96	30,96			30,96	30,96
- Tierra	Kg Hg/año			7,74	7,74			7,74	7,74
- Productos	Kg Hg/año								
- Tratamiento de desechos generales	Kg Hg/año	5,76	0,19					5,76	0,19
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg Hg/año			15,48	15,48			15,48	15,48

**Tabla 25 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.1.3	Mineral oils - extraction, refining and use	I	0,002						0,002
		II	0,003						0,003
		III	0,017						0,017
		V	11,055	14,618	3,654			7,309	36,636
		RM	0,022						0,022
		VI	0,011						0,011
		VII	0,002						0,002
		VIII	10,811	14,401	3,600			7,200	36,012
		X	0,020						0,020
		XI	0,003						0,003
		XII	53,305	1,941	0,485		5,761	0,970	62,462
			75,249	30,959	7,740	0,000	5,761	15,480	135,189

**Tabla 26 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.1.3	Mineral oils - extraction, refining and use	I	0,002						0,002
		II	0,003						0,003
		III	0,017						0,017
		V	11,055	14,618	3,654			7,309	36,636
		RM	0,022						0,022
		VI	0,011						0,011
		VII	0,002						0,002
		VIII	10,811	14,401	3,600			7,200	36,012
		X	0,020						0,020
		XI	0,003						0,003
		XII	3,184	1,941	0,485		0,192	0,970	6,773
			25,129	30,959	7,740	0,000	0,192	15,480	79,500

#### 2.5.1.4 Subcategoría 5.1.4 “Extracción, refinación y uso de gas natural”

##### Enfoque: Enfoque general y puntual

##### Antecedentes Generales

La presente categoría incluye los procesos de extracción, refinación y combustión de gas natural. En Chile, la producción de gas natural, al igual que la del petróleo, se sitúa en la XII región de Magallanes. Respecto a los procesos de combustión de gas natural en el país, para el año 2005, éstos se realizaron en centros de consumo, específicamente, en centrales termoeléctricas, sector industrial, minero y combustión a nivel público y residencial.



- Tasa de actividad en función de la producción de gas natural en m<sup>3</sup>/año

**Tabla 27 "Producción de Gas Natural caso ENAP"**

Producción de Gas Natural	Ubicación	m3/año	Fuente de información
ENAP	País	2.393.992	Anuario de Minería 2005

- Tasa de actividad en función del Consumo por sector en m<sup>3</sup>/año.

**Tabla 28 "Gas Natural: Sector Industrial y Minero"**

Sector Industrial y Minero	Ubicación	m3/año	Referencia-año
Gas Natural	A nivel País	959.000.000,00	Balance CNE 2005

**Tabla 29 "Gas Natural: Sector combustión nivel público y residencial"**

Sector Público y res.	Ubicación	m3/año	Referencia-año
Gas Natural	A nivel País	503.000.000,00	Balance CNE 2005

**Tabla 30 "Consumo de gas a nivel país"**

Sector Transporte	Ubicación Región	Consumo de gas m <sup>3</sup> /anual	Referencia-año
Total Consumo Transporte	País	37.000.000	Balance Energético CNE 2005
Sector Energético	Ubicación	Consumo de gas M <sup>3</sup> /anual	Referencia-año
Total Consumo Energético	País	648.000.000	Balance Energético CNE 2005
Centros de Transformación	Ubicación Región	Consumo de gas m <sup>3</sup> /anual	Referencia-año
Total Consumo centros de transformación	País	688.000.000	Balance Energético CNE 2005

### Información necesaria para el desarrollo de la subcategoría

- Identificación de la procedencia del gas natural.

El gas natural importado al año 2005, proviene en su totalidad de la república argentina (Fuente "Mercado del gas natural en Chile", CNE, 2006")

- Identificación de los contenidos de Hg en el gas natural.

No se identificaron contenidos de Hg y/o mediciones, por lo cual se usaron los valores por defecto, establecidos en el instrumental.

- Identificación de equipos de control de emisiones utilizados en cada unidad y su eficiencia respecto a emisión de Hg.

A continuación en la Tabla 31 se presentan las Centrales termoeléctricas a gas natural, con sus respectivos equipos de abatimiento:

**Tabla 31 Equipos de Abatimiento. Centrales Termoeléctricas a Gas Natural''**

Equipos de Abatimiento (*)						
Centrales Termoeléctricas a Gas Natural	PM 10	Eficiencia	Sox	Eficiencia	Nox	Eficiencia
Central Atacama 1ª	No				Dry Low	80%
Central Atacama 1B	No				Dry Low	80%
Central Atacama 2ª	No				Dry Low	80%
Central Atacama 2B	No				Dry Low	80%
Central Térmica Mejillones 3	No				Sistema reducción	< 30 ppm V
Central TurboGAS N°3	No		No		No	
Tocopilla Unidad 16	No				s/inf	
Centrales Térmica Taltal 1	No				Dry Low	
Centrales Térmica Taltal 2	No				Dry Low	
Central Nehuenco	No				Dry Low	S/inf
Central Nehuenco TG 9B	No				Iny. Agua	S/Inf
Central Nehuenco II	No				Dry Low	S/Inf
Central San isidro	No		No		No	
Central Térmica Horcones TG	No		No		No	
Central Térmica Coronel TG	No				Inyección agua	s/Inf
Central Nueva Renca	No				Quemadores Low NOx	S/Inf

(\*) Fuente: "Propuesta e Implementación de Normas Atmosféricas para Fuentes Fijas a Nivel Nacional y Recopilación de Información de Soporte Técnico-Económico para la dictación de una Norma de Emisión para Centrales Termoeléctricas"

## Metodología de Cálculo

En base a factores de entrada y salida, establecidos en el instrumental.  
Fuente desagregada a nivel puntual, por establecimiento.

**Tabla 32 Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.4: Extracción, refinación y uso de gas natural**

5.1.4: Extracción, refinación y uso de gas natural	Unidad	Producción		Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
<b>Tasa de actividad</b>	m <sup>3</sup> /año	2393992000		5406383655		
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	-
Factor de entradas para la etapa *1	µgHg/ m <sup>3</sup> N	200	2	0,4	0,03	-
Entradas calculadas para la etapa *2	Kg Hg/año	478,8	4,79	2,16	0,16	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>						

5.1.4: Extracción, refinación y uso de gas natural	Unidad	Producción		Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
- Aire		0,9		1		-	
- Agua						-	
- Tierra						-	
- Productos						-	
- Tratamiento general de desechos		0,1				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector						-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg Hg /año	430,92	4,31	2,16	0,16	433,1	4,47
- Agua	Kg Hg /año						
- Tierra	Kg Hg /año						
- Productos	Kg Hg /año						
- Tratamiento de desechos generales	Kg Hg /año	47,88	0,48			47,88	0,48
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg Hg /año						

**Tabla 33 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.1.4	Natural gas - extraction, refining and use	II	0,481						0,481
		III	0,097						0,097
		V	0,311						0,311
		RM	0,139						0,139
		XII	430,920				47,880		
			431,949	0,000	0,000	0,000	47,880	0,000	479,829

**Tabla 34 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.1.4	Natural gas - extraction, refining and use	II	0,036						0,036
		III	0,007						0,007
		V	0,023						0,023
		RM	0,010						0,010
		XII	4,309				0,479		4,788
			4,386	0,000	0,000	0,000	0,479	0,000	4,865

### 2.5.1.5 Subcategoría 5.1.5 “Extracción y uso de otros combustibles fósiles”

#### Enfoque: Enfoque General

#### Antecedentes generales

Esta subcategoría está referida a la extracción y el uso de otros combustibles fósiles, tales como la turba y el esquisto bituminoso, entre otras. Al año 2005, el Servicio Nacional de Geología y Minería no reportó la producción de estos combustibles fósiles.

### 2.5.1.6 Subcategoría 5.1.6 “Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”

#### Antecedentes Generales

Esta subcategoría está referida a la combustión de biomasa para obtener energía y/o producir calor, incluyendo como combustible de combustión a la madera (ramas pequeñas, corteza, aserrín, virutas de madera, turba y/o residuos agrícolas como paja, gránulos de cítricos, entre otros (PNUMA, 2003).

En Chile, existen centrales de energía de biomasa distribuidas desde la IV a la XII regiones. Además, se tiene conocimiento del consumo de leña a nivel residencial, comercial e institucional.

Cabe destacar que en esta subcategoría se han incorporado los incendios forestales, la cuál no está contemplada en el instrumental.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”

- Tasa de actividad, consumo de leña por regiones, en toneladas por año

**Tabla 35** "Consumo leña residencial regiones"

Sector del consumo leña	Ubicación	T/año	Referencia-año (*)
Residencial	IV	158.760	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	V	69.131	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	VI	468.883	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	VII	1.737.238	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	VIII	2.341.014	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	IX	1.485.064	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	X	3.302.928	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	XI	459.280	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Residencial	XII	281.477	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006

Residencial	RM	90.133	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
<b>Total Residencial</b>		<b>10.393.908</b>	
<b>Sector del consumo leña</b>	<b>Ubicación</b>	<b>T/año</b>	<b>Referencia-año</b>
Comercial e institucional	V	10.881	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	VI	1.680,80	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	VII	11.279,50	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	VIII	66.328,70	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	IX	67.275,80	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	X	373.405,70	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	XI	83.630,10	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Comercial e institucional	RM	12.204,60	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
<b>Total Comercial e Institucional</b>		<b>626.686,20</b>	
<b>Sector del consumo leña</b>	<b>Ubicación</b>	<b>T/año</b>	<b>Referencia-año</b>
Industrial	IV	271.884,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	V	289.139,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	VI	192.838,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	VII	1.078.895,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	VIII	1.479.555,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	IX	654.519,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	X	135.528,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	XI	3.107,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
Industrial	RM	25.306,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006
<b>Total Consumo Industrial</b>		<b>4.130.771,00</b>	
<b>Sector del consumo leña</b>	<b>Ubicación</b>	<b>T/año</b>	<b>Referencia-año</b>
Desechos Industriales	País	5.076.000,00	Centro de Microdatos U. de Chile, 2006

(\*) "Diagnóstico del Mercado de la Leña", Centro de Microdatos U. de Chile, 2006

- Tasa de actividad del consumo de biomasa y licor negro en calderas de recuperación y poder

**Tabla 36 "Centrales termoeléctricas, combustible biomasa"**

Centrales termoeléctricas, combustible biomasa	Ubicación	T/año	Fuente de información
Central Constitución	VII región	194.400	CNE 2005
Central Nueva Aldea	VIII región	1.180	CNE 2005
Central Laja	VIII región	1.003.632	CNE 2005

- Tasa de actividad de los incendios forestales por región, en toneladas quemadas al año

**Tabla 37 "Incendios Forestales"**

Incendios Forestales.	Ubicación	T/año	Referencia-año
Incendios	A nivel País	701.691	CONAF

## Metodología de Cálculo

Para los incendios forestales, se realizó un estudio en base a información entregada por CONAF, correspondiente a las hectáreas quemadas al año 2005. A estas hectáreas se les aplicó factores de carga de 25 t/ha para superficies forestales y 15 t/ha para superficies de arbustos, los cuales corresponden a datos de la ciudad de Temuco, única información disponible para estos fines.

Los factores de entrada utilizados, fueron extraídos del instrumental; para el factor de entrada mínimo, a partir de un estudio realizado en Dinamarca (Skårup *et al.*, 2003), para el factor de entrada máximo, en base a estudio realizado en Suecia (Kindbom y Munthe, 1998)

Para las restantes subcategorías, factores de entrada sugeridos por el instrumental. Subcategoría “Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor” se desagregó en forma puntual, por región.

**Tabla 38 Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.6: Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor**

5.1.6: Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor	Unidad	Uso						Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Consumo Leña		Incendios Forestales		Centrales a Biomasa			
Tasa de actividad	T/año	15.854.255,392							
Factor de entradas para la etapa *1	gHg/ t	Máx. 0,02	Mín. 0,01	Máx. 0,07	Mín. 0,007	0,0026			-
Entradas calculadas para la etapa *2	Kg Hg/año	303	151	49	4,9	3,11			-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>									
- Aire		1		1		0,9			-
- Agua									-
- Tierra									-
- Productos									-
- Tratamiento general de desechos						0,1			-
- Tratamiento de desechos específico por sector									-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.			Máx.	Mín.
- Aire	Kg Hg /año	303	151	49	4,9	2,8	2,8	354,8	56,7
- Agua	Kg Hg								

5.1.6: Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor	Unidad	Uso						Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
	/año								
- Tierra	Kg Hg /año								
- Productos	Kg Hg /año								
- Tratamiento de desechos generales	Kg Hg /año					0,31	0,31	0,31	0,31
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg Hg /año								

**Tabla 39 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.1.6	Biomass fired power and heat production	IV	8,613						8,613
		V	7,383						7,383
		RM	2,550						2,550
		VI	13,268						13,268
		VII	57,003				0,051		57,054
		VIII	80,089				0,261		80,350
		IX	44,137				0,000		44,137
		X	76,237				0,000		76,237
		XI	10,920						10,920
		XII	5,630				0,000		5,630
			305,831	0,000	0,000	0,000	0,312	0,000	306,142

**Tabla 40 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año	
5.1.6	Biomass fired power and heat production	IV	4,306						4,306	
		V	3,692						3,692	
		RM	1,280						1,280	
		VI	6,634						6,634	
		VII	28,729				0,051		28,780	
		VIII	41,220				0,261		41,481	
		IX	22,069				0,000		22,069	
		X	38,119				0,000		38,119	
		XI	5,460						5,460	
		XII	2,815						2,815	
				154,323	0,000	0,000	0,000	0,312	0,000	154,635

## 2.5.2 Categoría 5.2 Producción primaria (virgen) de metales

### Antecedentes Generales

Chile es un país esencialmente minero, siendo esta actividad destacada como factor fundamental en el desarrollo económico y social del país.

Tanto la pequeña como la mediana y gran minería, han situado al país como uno de los mayores productores de cobre, oro y plata en el mundo. Por ello, la presente categoría representa una de las más importantes a analizar.

#### 2.5.2.1 Subcategoría 5.2.1. “Extracción y procesamiento inicial de mercurio”

##### Antecedentes Generales

Al año 2005 no hay extracción y procesamiento inicial de Mercurio en Chile.

#### 2.5.2.2 Subcategoría 5.2.2 “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”

##### Antecedentes Generales

El procesamiento de los minerales de cobre, dependiendo de su composición, se puede realizar por dos vías: hidrometalúrgica o pirometalúrgica. Los minerales oxidados y sulfuros secundarios se tratan por lixiviación, extracción por solvente y electrodeposición, procesos para los cuales el borrador de Toolkit no considera factores de emisión, por lo cual no son considerados en este informe.



Por su parte, el mineral sulfurado se somete a un proceso de concentración y luego el concentrado se refina en las fundiciones para obtener ánodos de cobre.

La antigua técnica de extracción de oro por medio de su amalgamación con Hg aún se encuentra muy arraigada dentro de los pequeños mineros artesanales de nuestro país. Actualmente, existe una gran cantidad de pirquineros utilizando esta técnica, distribuidos principalmente entre la III y IV región del país.

### **Parámetros considerados para la estimación de “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”**

Actualmente se cuenta con un registro de la pequeña minería, en las regiones tercera y cuarta, pero no fue posible desagregar la tasa de actividad asociada a cada uno de ellos en forma puntual. Diversas faenas con cantidades de amalgamación con mercurio fueron visitadas como parte del desarrollo del estudio de catastro de sitios potencialmente contaminados.

Para la estimación del uso de Hg asociado a la producción de oro y plata, se presentan la siguiente tabla que muestra los niveles de actividad de la producción de oro y plata del país que utilizan amalgamación dentro del proceso de extracción del oro, considerando su producción en kilogramos por año

- Tasa de actividad de faenas mineras con uso de amalgamación, en Kilogramos por año

**Tabla 41 "Producción de Oro con uso de amalgamación. III y IV Región"**

Faenas mineras del Oro con uso de amalgamación	Ubicación	Kg de Fino	Fuente de información
Pequeña empresa Minera	III y IV	1.561,00	SERNAGEOMIN 2005

**Tabla 42 Producción de plata con uso de amalgamación III Región**

Faenas mineras del Plata con uso de amalgamación	Ubicación	Kg de Fino	Fuente de información
Pequeña empresa Minera	III	133	SERNAGEOMIN 2005

### **Metodología de Cálculo**

Factores de entrada, sugeridos por el instrumental para la “Extracción a partir del concentrado”

Se considera la tierra como la principal vía de liberación de emisiones de Hg por concepto de su uso en la extracción de oro, y en menor medida el aire. Esto, debido a que gran parte de los pequeños mineros artesanales no cuentan con medios o equipos de captación de dichas emisiones.

**Tabla 43 Cuadro Resumen, subcategoría 5.2.2: Extracción oro y plata con amalgamación de Mercurio.**

5.2.2 Extracción oro y plata con amalgamación de Mercurio	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
Tasa de actividad	Kg/año	1.561			
		Relave		-	
Factor de entradas para la etapa *1	KgHg / Kg oro Prod.	3		-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	4683		-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire				-	
- Agua				-	
- Tierra		0,9		-	
- Productos		0,1		-	
- Tratamiento general de desechos				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año				
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año	4214,7	4214,7	4214,7	4214,7
- Productos	Kg/año	468,3	468,3	468,3	468,3
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

**Tabla 44 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/ año
5.2.2 Gold and silver extraction with mercury amalgamation processes	III-IV	79,800	26,600	26,600				133,000

**Tabla 45 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/ año
5.2.2 Gold and silver extraction with mercury amalgamation processes	III-IV	79,800	26,600	26,600				133,000

### 2.5.2.3 Subcategoría 5.2.3. “Extracción y procesamiento inicial de zinc”

#### Antecedentes Generales

La extracción de Zinc en Chile se realiza únicamente en la XI región por parte de la Minera “El Toqui, en la cuál solo hay producción de concentrados, no se realiza proceso de fundición en Chile”.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Extracción y procesamiento inicial de Zinc”

- Tasa de actividad de la Producción de Zinc, en toneladas por año

**Tabla 46 "Producción nacional de Zinc"**

Producción de Zinc	Ubicación	T de Fino	Fuente de información
Minera Toqui	XI Región	28.841	SERNAGEOMIN 2005

#### Metodología de Cálculo

Factor de concentración 0,69 g/t de Hg para el relave, en base a valor reportado por el instrumental, para la producción de concentrados en la fábrica Burnswik, Canadá (Klimenko y Kiazimov, 1987).

Para la determinación del relave generado, se realizó un cálculo aproximado preliminar, a partir de una ley media del mineral del 7,9% (Fuente; Boletín Minero N° 1130, SONAMI) y 30% de Zinc contenido en el concentrado.

En base a los antecedentes recopilados, se distribuyen las emisiones principalmente a la tierra, producto del proceso extractivo.

**Tabla 47 Cuadro Resumen, subcategoría 5.2.3: Extracción y procesamiento inicial del Zinc.**

5.2.3 Extracción y procesamiento inicial del Zinc	Unidad	Producción	Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	80.682	
		Relave	-
Factor de entradas para la etapa *1	gHg / t.	0,69	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	55,67	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>			
- Aire			-
- Agua			-

5.2.3 Extracción y procesamiento inicial del Zinc	Unidad	Producción	Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
- Tierra		1	-
- Productos			-
- Tratamiento general de desechos			-
- Tratamiento de desechos específico por sector			-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>			
- Aire	Kg/año		
- Agua	Kg/año		
- Tierra	Kg/año	55,67	55,67
- Productos	Kg/año		
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año		
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año		

**Tabla 48 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.2.3 Zinc extraction and initial processing	XII			55,700				55,700

**Tabla 49 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/ año
5.2.3 Zinc extraction and initial processing	XII			55,700				55,700

#### 2.5.2.4 Subcategoría 5.2.4. “Extracción y procesamiento inicial de cobre”

##### Antecedentes Generales

El procesamiento de los minerales de cobre, dependiendo de su composición, se puede realizar por dos vías: hidrometalúrgica o pirometalúrgica. Los minerales oxidados y sulfuros secundarios se tratan por lixiviación, extracción por solvente y electrodeposición, procesos para los cuales el borrador de Toolkit no considera factores de emisión, por lo cual no son considerados en este informe.

Por su parte, el mineral sulfurado se somete a un proceso de concentración y luego el concentrado se refina en las fundiciones para obtener ánodos de cobre.

En Chile existen siete fundiciones de Cobre que constituyen la parte del proceso de obtención de este mineral en donde se producen las mayores liberaciones de mercurio contenido en el concentrado de cobre. A continuación se analiza en detalle la presente subcategoría de extracción y procesamiento inicial de cobre y su aporte a las emisiones totales de Hg.

##### Parámetros considerados para la estimación de “Extracción y procesamiento inicial de cobre”

- Tasas de actividad de Producción de cobre en el País, en toneladas por año

**Tabla 50 "Producción de Cobre por la vía Pirometalúrgica"**

Producción de Cobre	Ubicación	T/año	Fuente de información
Cobre fino	País	3.802.000	COCHILCO-2005

**Tabla 51 "Producción de Fundición"**

Producción de Cobre	Ubicación	T/año	Fuente de información
Producción de Fundición	País	1.798.569	COCHILCO-2005

- Tasas de actividad de las Fundiciones primarias de cobre en el País, en toneladas por año

**Tabla 52 "Fundiciones Primarias"**

Fundiciones Primarias	Ubicación	T/año	Fuente de información (*)
Chuquicamata CODELCO	Chuquicamata	468.729	COCHILCO-2005
Altonorte NORANDA	Antofagasta	297.386	COCHILCO-2005
Potreros CODELCO	Potreros	196.372	COCHILCO-2005
Hernán Videla Lira (ENAMI)	Paipote	97.161	COCHILCO-2005
Ventanas (CODELCO-VENTANAS)	Ventanas	209.464	COCHILCO-2005
Chagres (Anglo American Chile)	Catemu	139.033	COCHILCO-2005
Caletones (CODELCO)	Caletones	390.424	COCHILCO-2005
TOTAL		1.798.569	

### Información necesaria para el desarrollo de la subcategoría

- Identificación de los contenidos de Hg en los concentrados de cobre.
- Identificación de los procedimientos de acondicionamiento previo de los concentrados.
- Identificación de equipos de control de emisiones utilizados en cada unidad y su eficiencia respecto a emisión de Hg.
- Identificación de la disposición final de los residuos recolectados.

Debido a la poca información disponible en el país respecto de contenidos de mercurio en las distintas corrientes del proceso de obtención del cobre, COCHILCO envió información parcial de contenido de mercurio en distintas partes del proceso de extracción de éste mineral y seguirá realizando mediciones durante el año 2008.

Es importante contar con esta información ya que por razones geológicas los yacimientos chilenos de cobre, en general, tienen contenidos muy bajos de mercurio en los minerales, por lo que los factores del toolkit no necesariamente corresponden a la realidad chilena.(Fuente:COCHILCO)

### Metodología de Cálculo

Por disposición de la contraparte técnica del estudio, se decidió utilizar el factor de concentración entregado por COCHILCO de 0,0001 p.p.m. de mercurio presente en la pulpa de relave como valor mínimo del intervalo considerado, debido a que éste valor no es representativo de la realidad nacional.

Como valor máximo del intervalo se consideró el factor de concentración 0,69 g/t de Hg para el relave, en base a valor reportado por el instrumental, para la producción de concentrados en la fábrica Burnswik, Canadá (Klimenko y Kiazimov, 1987).

Para la determinación del relave generado a partir de minerales sulfurados, se utilizó el factor de emisión dado en la **Tabla 53** correspondiente al relave de flotación; dicha tabla fue proporcionada por COCHILCO.

La distribución de las emisiones se consideró principalmente al componente suelo.

Para la producción de cátodos por proceso pirometalúrgico, se utilizó el factor de entrada y salida sugerido por el instrumental. Esta subcategoría se desagregó como fuente puntual, a nivel de establecimiento.

**Tabla 53 Coeficientes para cálculo del relave.**

Residuo	Factor de Emisión
Relave de flotación	80 t/t Cu
Escoria de fundición	1.8 t/t Cu
Ripios de lixiviación	190.5 t/t Cu - 1500 t/kg Au
Estéril de mina	377 t/t Cu - 315 t/kg Au

(Fuente: “Cuantificación y Caracterización de los Residuos Mineros Masivos en Chile”, SGA Ibersis S.A., 1998).

**Tabla 54 Cuadro Resumen, subcategoría 5.2.4: “Producción y procesamiento inicial del Cobre”**

5.2.4 Producción y procesamiento inicial del Cobre	Unidad	Producción				Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Relave		Desde concentrado			
<b>Tasa de actividad</b>	T	304.160.000		1.798.569			
		Relave		Desde Concentrado			
		Mín.	Máx	Mín.	Máx.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	gHg/t	0,0001	0,69	1	15	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	30,42	209.870	1.799	26.979	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>		Relave		Desde Concentrado			
- Aire				0,1		-	
- Agua				0,02		-	
- Tierra		1		0,24		-	
- Productos				0,4		-	
- Tratamiento general de desechos						-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				0.24		-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Relave		Desde Concentrado		Máx.	Mín.
				Máx.	Mín.		
- Aire	Kg/año			2697,85	179,86	2697,85	179,86
- Agua	Kg/año			539,57	35,97	539,57	35,97
- Tierra	Kg/año	30,42	209870,4	6474,85	431,66	6505,27	210301,66
- Productos	Kg/año			10791,4	719,43	10791,4	719,43
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año						
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año			6474,85	431,66	6474,85	431,66

A continuación se muestran las liberaciones por región correspondientes a las fundiciones (no se contemplan las liberaciones por relave).

**Tabla 55 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.2.4	Copper extraction and initial processing	II	1149,1725	229,8345	2758,014	4596,69	0	2758,014	11491,725
		III	440,2995	88,0599	1056,7188	1761,198	0	1056,7188	4402,995
		V	522,7455	104,5491	1254,5892	2090,982	0	1254,5892	5227,455
		VI	585,636	117,1272	1405,5264	2342,544	0	1405,5264	5856,36
			2697,8535	539,5707	6474,8484	10791,414	0	6474,8484	26978,535

**Tabla 56 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.2.4	Copper extraction and initial processing	II	76,6115	15,3223	183,8676	306,446	0	183,8676	766,115
		III	29,3533	5,87066	70,44792	117,4132	0	70,44792	293,533
		V	34,8497	6,96994	83,63928	139,3988	0	83,63928	348,497
		VI	39,0424	7,80848	93,70176	156,1696	0	93,70176	390,424
			179,8569	35,97138	431,657	719,4276	0	431,65656	1798,569

#### 2.5.2.5 Subcategoría 5.2.5. “Extracción y procesamiento inicial de plomo”

##### Antecedentes Generales

Al igual que en el Zinc, la producción nacional de Plomo está situada en la XI región del país y es extraído por la Minera “El Toqui”.

Para esta categoría no se consideró los niveles de actividad del plomo, debido a que éstos están contenidos en el proceso de extracción del Zinc.

#### 2.5.2.6 Subcategoría 5.2.6. “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”

##### Antecedentes Generales

La producción de oro en Chile proviene de las Regiones II, III, IV, V, RM y XI, en donde están concentradas las mayores reservas conocidas del país. Dicha producción se presenta, principalmente, bajo la forma de oro metálico, metal doré y concentrados de oro.



## Parámetros considerados para la estimación de “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”

- Tasa de actividad, en toneladas por año

**Tabla 57 "Producción de Oro. "**

Producción de Oro	Ubicación	T de Fino/año	Fuente de información
Grande empresa minera	A nivel país	5.205,00	Anuario de minería 2005
Mediana Minería	A nivel país	13.912	Anuario de minería 2005

Se reporta medición de emisión atmosférica para una minera productora de oro, mediante proceso de cianuración, ubicada en la III Región del país, con una emisión atmosférica de 40,01 Kg. de mercurio al año; para las mediciones se aplicaron las metodologías de la Agencia Ambiental de los Estados Unidos de América, US EPA. Específicamente se utilizaron los métodos 1 a 5<sup>20</sup>, para la cuantificación de flujo volumétrico de gases.

### Metodología de Cálculo

En base a factores de entrada y salida sugeridos por el instrumental.  
Fuente desagregada a nivel puntual por región.

**Tabla 58 Cuadro Resumen, subcategoría 5.2.6: Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio.**

5.2.6: Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	19,12		-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	6020		-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	115.084,34		-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		0,0033		-	
- Agua				-	
- Tierra		0,9977		-	
- Productos				-	
- Tratamiento general de desechos				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.

20 Dichos métodos se pueden encontrar en “Evaluación de Eficiencia de Captación de Scrubber Compañía Minera mantos de Oro”(2005)

5.2.6: Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
- Aire	Kg/año	379,78	379,78	379,78	379,78
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año	114704,6	114704,6	114704,6	114704,6
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

**Tabla 59 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.2.6	Gold extraction and initial processing by methods other than mercury amalgamation	II	189,085		57109,275				57298,360
		III	145,042		43806,978				43952,020
		IV	10,529		3180,071				3190,600
		V	28,408		8580,192				8608,600
		RM	46,447		14028,313				14074,760
		XI	57,413		17340,387				17397,800
			476,923		144045,217	0,000	0,000	0,000	144522,140

**Tabla 60 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.2.6	Gold extraction and initial processing by methods other than mercury amalgamation	II	189,085		57109,275				57298,360
		III	145,042		43806,978				43952,020
		IV	10,529		3180,071				3190,600
		V	28,408		8580,192				8608,600
		RM	46,447		14028,313				14074,760
		XI	57,413		17340,387				17397,800
			476,923		144045,217	0,000	0,000	0,000	144522,140

### 2.5.2.7 Subcategoría 5.2.7. “Extracción y procesamiento inicial de aluminio”

En Chile no existe extracción y procesamiento inicial de aluminio a partir de bauxita.

No aplica.

## 2.5.2.8 Subcategoría 5.2.8. “Extracción y procesamiento de otros metales no ferrosos”

### Antecedentes Generales

Esta subcategoría está referida a la extracción y el procesamiento de otros metales no ferrosos que pueden ser fuente de liberaciones de mercurio como la plata, níquel, cobalto, estaño, antimonio, molibdeno y tungsteno, entre otros.

En Chile, la mayor parte de la producción de plata se genera como subproducto de la minería del cobre y oro. La producción directa de plata es de 133 t/año para el 2005 de la pequeña minería, la cual fue considerada en la subcategoría, “Extracción inicial de oro, con proceso de amalgamación de mercurio”

## 2.5.2.9 Subcategoría 5.2.9. “Producción primaria de metales ferrosos”

### Antecedentes Generales

Una de las principales aplicaciones del hierro son la obtención del hierro fundido y del acero, materiales metálicos de amplia utilización en la construcción habitacional y pública, las obras civiles, la industria manufacturera, naviera, automotriz, metal-mecánica, y la fabricación de electroimanes. La producción de hierro en Chile proviene de las Regiones III y IV, y es efectuada en su totalidad por empresas de la gran y mediana minería del hierro.

En cuanto a la producción de arrabio (material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro), esta actividad está siendo desarrollada en la Siderúrgica Cía. Aceros del Pacífico, la que es principalmente abastecida por las mineras situadas en la tercera y cuarta región, de propiedad de la misma empresa.

### Parámetros considerados para la estimación de “Producción primaria de metales ferrosos”

- Tasa de actividad de la producción de hierro, en toneladas por año

**Tabla 61 "Producción de minerales de hierro"**

Producción de minerales de hierro	Ubicación	t/año	Tmf (*)	Referencia-año
Cía. Minera Huayco	III región	5.983.441	3.484.515	Anuario de Minería 2005
Cía. Minera del Pacífico	IV región	1.878.620	1.222.441	Anuario de Minería 2005

(\*) Toneladas métricas fundidas

- Tasa de actividad de la producción de arrabio, en toneladas por año

**Tabla 62 "Siderúrgicas"**

Siderúrgicas	Ubicación	T/año	Referencia-año
Cía. Aceros del Pacífico	VIII	1.095.000	CAP-2005

**Información necesaria a para el desarrollo de la subcategoría:**

- Mediciones de contenidos de mercurio en materias primas
- Identificación de equipos de control de emisiones utilizados y su eficiencia respecto a emisión de Hg
- Identificación de la disposición final de los residuos recolectados

No se obtuvo información del sector al momento de la confección del presente informe.

**Metodología de Cálculo**

El instrumental sugiere un factor de entrada en base a la producción de arrabio, condición que no es acorde a la realidad Chilena, debido a que el mineral de hierro es extraído y procesado en forma de pellet en la tercera y cuarta región (liberación de Hg en dichas regiones), y caliza proveniente de la XII región.

Se estimó en base al factor de entrada sugerido por el instrumental, en base a la producción de arrabio.

La producción de coque, que forma parte del sistema productivo de esta subcategoría, fue estimada en la categoría 5.1, “Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía”

**Tabla 63 Cuadro Resumen, subcategoría 5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos**

5.2.9: Producción primaria de metales ferrosos	Unidad	Producción de arrabio		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	1.095.000		
		Máx.	Mín.	-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	1	0,05	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	1095	55	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>				
- Aire		0,95		-
- Agua				-
- Tierra				-
- Productos				-
- Tratamiento general de desechos				-
- Tratamiento de desechos específico por sector		0,05		-

5.2.9: Producción primaria de metales ferrosos	Unidad	Producción de arrabio		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>					
- Aire	Kg/año	1040,25	52,01	1040,25	52,01
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año	54,75	2,74	54,75	2,74

**Tabla 64 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.2.9 Primary ferrous metal production	VIII	52,025					2,738	54,763

**Tabla 65 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.2.9 Primary ferrous metal production	VIII	1040,250					54,750	1095,000

### 2.5.3 Categoría 5.3 “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”

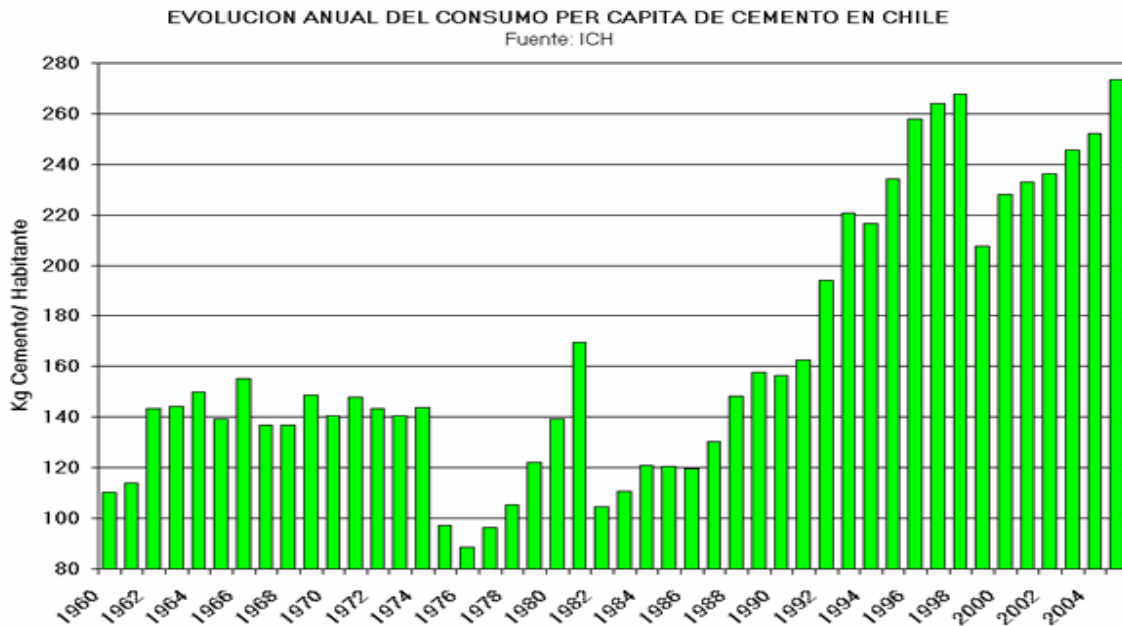
#### Antecedentes Generales

Esta categoría considera dos subcategorías, destacando la Producción de Cemento a nivel nacional, con un consumo per cápita al año 2004 de 270 Kg de cemento por habitante. Respecto a la producción de celulosa, Chile está situado entre los diez primeros productores a nivel mundial, y entre los cinco primeros por su exportación.

A continuación se puede apreciar la evolución del consumo anual per cápita de cemento en Chile, el

Gráfico 21.

**Gráfico 21 Evolución del consumo per cápita de cemento en Chile**



### 2.5.3.1 Subcategoría 5.3.1. “Producción de cemento”

#### Antecedentes Generales

En la diversidad de materias primas usadas para la producción de cemento se conoce la existencia de cantidades traza de mercurio. El origen de este metal es el mercurio naturalmente presente en las materias primas vírgenes empleadas en el proceso (caliza, carbón, petróleo, etc.). El uso de combustibles alternativos como materia prima (sólidos y/o líquidos) puede incrementar significativamente la entrada total de mercurio a la producción de cemento si no son controlados. La principal vía de salida del mercurio presente en las materias primas son las liberaciones atmosféricas, además de los niveles traza de mercurio en el cemento producido. El cemento producido en Chile es de tipo puzolánico.

## Parámetros considerados para la estimación de “Producción de Cemento”

- Tasa de actividad de producción de cemento

**Tabla 66** "Producción de Cemento"

Producción de Cemento	Ubicación	T/año	Fuente de información
Cementos Bío Bío S.A.	Antofagasta	286.750	Directo Empresa- Producción 2005
Cementos Lafarge	El Melón	1.462.744	Directo Empresa- Producción 2005
Cemento Polpaico S.A.	Cerro Blanco	1.336.023 (*)	Directo Empresa- Producción 2005
Cementos Bío Bío S.A.	Curicó	516.738	Directo Empresa- Producción 2005
Cementos Bío Bío S.A.	Talcahuano	396.745	Directo Empresa- Producción 2005
<b>Total</b>		<b>3.999.000 (**)</b>	

(\*) Producción correspondiente a Cerro Blanco, Coronel y Mejillones. Para cálculos de Factor de Emisión Máximo, se considera solo la producción de Cerro Blanco, que corresponde a 1.072.436 t., ya que la producción de Coronel y Mejillones de 263.587 t., se realiza con clinker importado.

(\*\*) Para efectos de cálculo, se considera un total de 3.735.413 t., ya que 263.587 t, correspondiente a Cemento Polpaico S.A., son producidas con clinker importado.

### Metodología de Cálculo

Se asignó un factor de emisión atmosférica máximo de 0,14 ppm, ponderado en base a mediciones entregadas por Cemento Polpaico S.A. y al valor máximo de concentración establecido en la “Norma de emisión para la incineración y coincineración de residuos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia”, para el caso de las otras dos empresas cementeras. Para el valor mínimo, se consideró el factor atmosférico de 0,1 ppm, sugerido por el instrumental.

En base a los antecedentes recopilados, se aplicó solo distribución al aire. La Subcategoría se desagregó en forma puntual, a nivel de establecimiento.



**Tabla 67 Cuadro Resumen, subcategoría 5.3.1: Producción de Cemento.**

5.3.1 Producción de Cemento	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	3735413			
		Máx.	Mín.		-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	0,14	0,1		-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	523	374		-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		1			-
- Agua					-
- Tierra					-
- Productos					-
- Tratamiento general de desechos					-
- Tratamiento de desechos específico por sector					-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	523	374	523	374
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

**Tabla 68 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.1	Cement production	II	40,145						40,145
		V	204,78416						204,78416
		RM	150,14104						150,14104
		VII	72,34332						72,34332
		VIII	55,5443						55,5443
			522,95782						522,95782

**Tabla 69 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.3.1	Cement production	II	28,675						28,675
		V	146,2744						146,2744
		RM	107,2436						107,2436
		VII	51,6738						51,6738
		VIII	39,6745						39,6745
			373,5413						373,5413

### 2.5.3.2 Subcategoría 5.3.2. “Producción de pulpa y papel”

#### Enfoque: Fuente Puntual

#### Antecedentes Generales

En Chile, la industria de la pulpa y el papel está liderada principalmente por dos empresas del rubro.

Para la producción de pulpa se aplican métodos químicos y mecánicos a partir de la madera cruda. La fuente de entrada de mercurio está asociada a los niveles traza de esta sustancia que se encuentran en la madera, en los combustibles empleados para la producción de energía y en los químicos que participan en el proceso de producción de la pulpa.

#### Parámetros Considerados para la estimación de “Producción de Pulpa y papel”

- Tasa de actividad, en función del consumo de biomasa

**Tabla 70 "Calderas de Recuperación y Poder, combustible biomasa"**

Calderas de Recuperación y Poder, combustible biomasa	Ubicación	T/año	Fuente de información
Planta Constitución CELCO	VII región	96.749	CNE 2005
Planta Licancel	VII región	569.910	CNE 2005
Planta Arauco	VIII región	158.871	CNE 2005
Planta Cholguan	VIII región	195.388	CNE 2005
Celulosa Valdivia	IX Región	86.145	CNE 2005

- Tasa de actividad, en función del consumo de Licor negro

**Tabla 71 Calderas de recuperación y poder, combustible Licor Negro**

Calderas de Recuperación y Poder, combustible Licor Negro	Ubicación	T/año	Fuente de información
Planta Constitución CELCO	VII región	504.100	CNE 2005
Planta Licancel	VII región	237.339	CNE 2005
Planta Arauco	VIII región	1.941.761	CNE 2005
Planta Nueva Aldea	VIII región	1.721	CNE 2005
Celulosa Valdivia	IX Región	443.412	CNE 2005

### Metodología de Cálculo

Factores de entrada y salida, sugeridos por el instrumental, en base al consumo de biomasa y licor negro.

Subcategoría se desagregó como fuente puntual, a nivel de establecimiento.

**Tabla 72 Cuadro Resumen, subcategoría 5.3.2: Producción de Pulpa y Papel**

5.3.2 Producción de Pulpa y Papel	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
		Biomasa	L.Negro	
<b>Tasa de actividad</b>		1107063	2128333	
		Biomasa	L.Negro	-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	0,0026	0,00002	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	2,88	0,04	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>				
- Aire		0,9		-
- Agua				-
- Tierra				-
- Productos				-
- Tratamiento general de desechos		0,1		-
- Tratamiento de desechos específico por sector				-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>				
- Aire	Kg/año	2,63		2,63
- Agua	Kg/año			
- Tierra	Kg/año			
- Productos	Kg/año			
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	0,29		0,29
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año			

**Tabla 73 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.2	Pulp and paper production	VII	1,573				0,175		1,748
		VIII	0,848				0,094		0,942
		X	0,210				0,023		0,233
			2,631	0,000	0,000	0,000	0,292	0,000	2,923

**Tabla 74 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.2	Pulp and paper production	VII	1,573				0,175		1,748
		VIII	0,848				0,094		0,942
		X	0,210				0,023		0,233
			2,631	0,000	0,000	0,000	0,292	0,000	2,923

### 2.5.3.3 Subcategoría 5.3.3. “Producción de cal y hornos de agregados ligeros”

#### Antecedentes Generales

Esta subcategoría contempla la producción de cal, actividad llevada a cabo en Chile en la segunda, tercera y región metropolitana.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Producción de cal y hornos de agregados ligeros”

- Tasa de actividad de la Producción de cal en toneladas por año

**Tabla 75 "Producción de Cal"**

Producción de Cal	Ubicación	T/año	Fuente de información
INACESA Antofagasta	Antofagasta	297.281	Directo Empresa.
INACESA Copiapó	Copiapó	109.512	Directo Empresa.
SOPROCAL S.A.	RM	165.009	Empresa

#### Metodología de Cálculo

En base a factores de entrada y salida, sugeridos por el instrumental

**Tabla 76 Cuadro Resumen, subcategoría 5.3.3: Producción de Cal.**

5.3.1 Producción de Cal	Unidad	Producción	Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
<b>Tasa de actividad T</b>		571.802	-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	0,055	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	31	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>			
- Aire		0,9	-
- Agua			-
- Tierra			-
- Productos			-
- Tratamiento general de desechos		0,1	-
- Tratamiento de desechos específico por sector			-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>			
- Aire	Kg/año	28,3	28,3
- Agua	Kg/año		
- Tierra	Kg/año		
- Productos	Kg/año		
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	3,14	3,14
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año		

**Tabla 77 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.3	Production of lime and light weight aggregates	II	14,715				1,635		16,350
		III	5,421				0,602		6,024
		RM	8,168				0,908		9,075
			28,304	0,000	0,000	0,000	3,145	0,000	31,449

**Tabla 78 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.3	Production of lime and light weight aggregates	II	14,715				1,635		16,350
		III	5,421				0,602		6,024
		RM	8,168				0,908		9,075
			28,304	0,000	0,000	0,000	3,145	0,000	31,449

### 2.5.3.4 Subcategoría 5.3.4. “Otros minerales y materiales”

#### Antecedentes Generales

El instrumental no incorpora mayores antecedentes al respecto. Se incorporaron a esta subcategoría, la producción de yeso y cerámicas.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Otros minerales y materiales”

- Tasa de actividad de Producción de Yeso, en toneladas por año

**Tabla 79 "Producción de Yeso calcinado. Anuario Minería 2005"**

Producción de yeso	Ubicación	T/año	Referencia-año
Producción de yeso	II	15.204	Anuario de minería 2005
Producción de yeso	IV	4.950	Anuario de minería 2005
Producción de yeso	RM	309.836	Anuario de minería 2005

- Tasa de actividad de Cerámica , en toneladas por año

**Tabla 80 "Producción de Cerámica. RM y VII Fuente ENIA"**

Producción de Cerámica (*)	Ubicación	T/año	Fuente de información
RM, VIII	País	147275	ENIA

(\*) Cerámicas Batuco, Nacimiento y Fanaloza

#### Metodología de Cálculo

Factor de entrada y salida, el sugerido por el instrumental para la producción de cal.

**Tabla 81 Cuadro Resumen, subcategoría 5.3.4: Producción y procesamiento de otras materias primas**

5.3.4 Producción y procesamiento de otras materias primas	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
		Yeso	Cerámica	
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	660.753	147.275	
		Yeso	Cerámica	-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	0,055	0,055	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	36	8	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>				
- Aire		0,9		-
- Agua				-
- Tierra				-
- Productos				-

5.3.4 Producción y procesamiento de otras materias primas	Unidad	Producción		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
		Yeso	Cerámica	
- Tratamiento general de desechos		0,1		-
- Tratamiento de desechos específico por sector				-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>				
- Aire	Kg/año	32,71	7,29	40
- Agua	Kg/año			
- Tierra	Kg/año			
- Productos	Kg/año			
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	3,63	0,81	4,44
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año			

**Tabla 82 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.4	Otros minerales y materiales	II	0,753				0,084		0,836
		IV	0,245				0,027		0,272
		RM	22,316				2,480		24,796
		VIII	0,311				0,035		0,345
			23,625	0,000	0,000	0,000	2,625	0,000	26,250

**Tabla 83 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.3.4	Otros minerales y materiales	II	0,753				0,084		0,836
		IV	0,245				0,027		0,272
		RM	22,316				2,480		24,796
		VIII	0,311				0,035		0,345
			23,625	0,000	0,000	0,000	2,625	0,000	26,250

## 2.5.4 Categoría 5.4 “Uso deliberado de mercurio en procesos industriales”

### 2.5.4.1 Subcategoría 5.4.1. “Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio”

No aplica actualmente en Chile.

La Industria Cloro-Soda "Occidental Chemical Chile", ubicada en VIII Región, sustituyó en su proceso la tecnología en base a celdas con mercurio en 1991, para la fabricación de cloro y soda, por el de celdas de membranas.

**2.5.4.2 Subcategoría 5.4.2. "Producción de VCM (monómeros de cloruro de vinilo) con bicloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>) como catalizador"**

No aplica.

**2.5.4.3 Subcategoría 5.4.3. "Producción de acetaldehídos con sulfato de mercurio (HgSO<sub>4</sub>) como catalizador"**

No aplica.

**2.5.4.4 Subcategoría 5.4.4. "Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de mercurio como catalizadores"**

No aplica.

**2.5.5 Categoría 5.5 "Productos de consumo con uso deliberado de mercurio"**

**Antecedentes Generales**

El consumo de productos con uso deliberado de mercurio es muy amplio y el destino de las liberaciones (aire, agua o tierra) depende de diversas variables tales como el uso del producto, su vida útil, el ciclo de vida, entre otras. Así, estas emisiones dependerán del tipo de producto, del proceso de producción, manipulación durante el uso y la disposición final como residuo. Las emisiones también se determinan considerando factores de entrada y factores de distribución de salida. Para el caso de Chile no se reporta fabricación de productos con uso deliberado de mercurio.

**Metodología de cálculo de emisiones y factores de emisión para los productos**

La metodología entregada por el instrumental, determina que las emisiones de Hg asociadas al uso de productos que lo contienen se calculan como la multiplicación del consumo de un producto determinado o tasa de actividad, por los "factores de entrada" que corresponden a la cantidad de mercurio estimada para cada producto. Luego, estos valores son multiplicados por "factores de distribución" correspondientes a porcentajes estimados de liberaciones al aire, agua, tierra, desechos, entre otros.

Los valores para los factores de entrada y de distribución se obtendrán a partir de la investigación realizada, usando la mejor información disponible, ya sea por especificaciones del fabricante, país de origen y/o del Instrumental.



Las emisiones fueron estimadas de acuerdo a la siguiente expresión general dada por el instrumental:

**Ecuación 1: "Ecuación definida por el Instrumental"**

$$E = FE * TA * FD$$

*Donde*

*E* : Emisiones del contaminante en estudio [T/año]

*FE* : Factor de entrada del contaminante en estudio, en función del tipo de producto [T Hg. /T producto]

*TA* : Tasa de actividad, definido en este caso por el consumo anual de producto en estudio [T/año].

*FD* : Factores de distribución al aire, agua, tierra o desechos, expresados en porcentajes, por producto.

A diferencia de otras categorías, para el caso de la presente subcategoría se utilizaron datos históricos de los productos ingresados al país debido a que muchos de éstos tienen una vida útil determinada, además de un uso y una disposición que no necesariamente hacen que el Hg contenido en ellos se libere en el año de su ingreso al país el año 2005.

El desarrollo de la subcategoría 5.5 y 5.6, se inició con la revisión de la “Base de datos de productos con mercurio” de la EPA, con el objetivo de revisar los productos con contenido de mercurio que se encuentran allí identificados.

**2.5.5.1 Subcategoría 5.5.1. Termómetros con mercurio**

**Antecedentes generales**

Los termómetros de mercurio se han usado tradicionalmente para la medición de rangos de temperatura en todo tipo de medios. Los principales identificados son, los termómetros médicos, termómetros de temperatura ambiente, de vinos, para medición de temperatura en comidas, y para medición de temperatura en quipos industriales.

**Parámetros considerados para la estimación de “Termómetros con mercurio”**

- Tasa de actividad de termómetros con mercurio

**Tabla 84 "Termómetros según tipo al 2005, en unidades"**

Consumo de pilas	Ubicación	T/año	Fuente de información
Termómetros Médicos	País	1.058.012,72	Aduana
Termómetros Ambientales	País	107.137,69	Aduana

## Información necesaria para el desarrollo de la subcategoría

Cabe destacar, que como paso preliminar para una estimación a nivel país, la Unidad de Salud Ocupacional, perteneciente a la Subsecretaría de Redes Asistenciales del Ministerio de Salud del país, confeccionó una encuesta con el fin de conocer el uso de instrumentos que contienen mercurio y su disposición en los servicios de salud públicos del país.

En reunión sostenida con dicha entidad, se acordó desarrollar una nueva encuesta, la cual será distribuida en los servicios de salud públicos. Para el desarrollo del Inventario, no fue posible aplicar dicho instrumento, pero sí será posible su utilización dentro “Plan de gestión de Riesgos” y su actualización posterior en el RETC.

Se aplicó una encuesta a 20 instituciones privadas del país, para la cuál se vio dificultada su aplicación, por el hecho de que la mayoría de las instituciones privadas no entregan información al respecto y al corto período de tiempo, en que se manejan los plazos del estudio. Al momento de la confección del presente informe no se reportó información al respecto.

## Metodología de Cálculo

Los termómetros que se logro cuantificar, fueron los de tipos clínico y ambiental.

Para calcular el total de termómetros que fueron dispuestos al año 2005, se consideró un supuesto de una tasa de rotura de 5% por año, por lo cual se realizó un cálculo acumulativo, considerando los termómetros ingresados al país desde el año 1990, lo cual fue aplicado para ambos tipos de termómetros cuantificados.

Para el factor de entrada se utilizaron los valores sugeridos por el instrumental; en cuanto al factor de distribución de salida, se distribuyo en base a lo sugerido por el instrumental con el siguiente supuesto, “No hay recolección separada de termómetros o ésta es muy limitada.

Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada”

**Tabla 85 Cuadro Resumen, subcategoría 5.5.1: Termómetro con mercurio**

5.5.1: Termómetro con mercurio	Unidad	Uso				Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
		Médicos		Ambientales		
Tasa de actividad	unidades	1.058.013		107.138		
		Médicos		Ambientales		-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / item	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	-
		1,5	0,5	5	2	
Entradas calculadas para la etapa *2	item/año	1587	529	536	214	-
Factores de distribución de salidas para la etapa: *3						
- Aire		0,1				-

5.5.1: Termómetro con mercurio	Unidad	Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Médicos	Ambientales		
- Agua		0,3		-	
- Tierra				-	
- Tratamiento general de desechos		0,6		-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	212,27	74,33		
- Agua	Kg/año	636,81	222,98		
- Tierra	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	1273,62	445,97		
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

### 2.5.5.2 Subcategoría 5.5.2. Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio

#### Antecedentes Generales

El uso de mercurio en los interruptores eléctricos incluye un grupo muy diverso de productos, usos y sus contenidos. En Chile no hay producción de interruptores eléctricos.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio”

- Tasa de actividad, habitantes estimados al 2005

**Tabla 86 "Habitantes al año 2005, según compendio estadístico 2005"**

Habitantes	Ubicación	habitantes/año	Fuente de información
	País	16.267.278	INE

No fue posible cuantificar la entrada de interruptores eléctricos, por datos reales e históricos de importaciones, con el detalle del tipo de producto, modelo, marca, empresa, importador, descripción del producto y lugar de procedencia a través del sistema Nacional de Aduanas, debido a que la partida aduanera es muy amplia y no específica, por el tipo de interruptor, si contiene o no mercurio.

En las asociaciones industriales, comerciales y de institutos no se manejan datos de la actividad.

## Metodología de Cálculo

Se realizaron los cálculos en base a la tasa de actividad sugerida por el instrumental, es decir a partir del número de habitantes, en este caso al año 2005.

Se utilizó los factores de entrada sugeridos por el instrumental y su distribución de salida en base al siguiente supuesto, “No hay recolección separada de interruptores o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada”

**Tabla 87 Cuadro Resumen, subcategoría 5.5.2: Interruptores eléctricos y electrónicos, contacto y relevadores con mercurio.**

5.5.2: Interruptores eléctricos y electrónicos, contacto y relevadores con mercurio	Unidad	Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Tasa de actividad</b>	Habitantes	16.267.278			
		Máx.	Mín.		-
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / item	0,25	0,02		-
Entradas calculadas para la etapa *2	item/año	4067	325		-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		0,1			-
- Agua					-
- Tierra		0,1			-
- Tratamiento general de desechos		0,8			-
- Tratamiento de desechos específico por sector					-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	406,68	32,53	406,68	32,53
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	406,68	32,53	406,68	32,53
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año	3253,46	260,28	3253,46	260,28

### 2.5.5.3 Subcategoría 5.5.3. Fuentes de luz con mercurio

#### Antecedentes Generales

El mercurio se usa en pequeñas cantidades para diversos tipos de lámparas de descarga. Los ejemplos más comunes son los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas

(CFL) entre las que destacan las lámparas de metal halógeno, de vapor de mercurio, de sodio de alta presión y de neón.

En Chile no hay producción de lámparas con mercurio, su nivel de actividad está dada por uso y disposición.

### **Parámetros considerados para la estimación de “Fuentes de luz con mercurio”**

- Tasa de actividad de Fuentes de Luz, en toneladas por año

**Tabla 88** "Fuentes de Luz"

Fuentes de Luz	Ubicación	T/año	Fuente de información
Vapor de mercurio	País	115.906,93	Aduana

La tasa de actividad requerida para la estimación de emisiones de mercurio, queda determinada por el consumo anual de lámparas actual e histórico acumulativo y su disposición de acuerdo a sus usos.

Las importaciones de este tipo de productos son realizadas principalmente desde Alemania, China, Francia, EEUU y Japón.

### **Metodología de Cálculo**

A partir de los datos entregados por el Servicio Nacional de Aduanas, fue posible identificar las lámparas de vapor de mercurio o fluorescentes.

Para estimar las Lámparas de vapor de mercurio que fueron dispuestas al año 2005, se consideró una tasa de rotura de 5% por año, y una vida útil de cinco años por lo cual se realizó un cálculo acumulativo, considerando las lámparas ingresadas al país desde el año 2001.

Se utilizó el factor de entrada sugerido por el instrumental para este tipo de lámparas, y un factor de distribución de salida, asignado por el instrumental, en base al siguiente supuesto, “No hay recolección separada de lámparas o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada”

**Tabla 89 Cuadro Resumen, subcategoría 5.5.3: Fuentes de Luz con mercurio.**

<b>5.5.3: Fuentes de luz con mercurio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Uso</b>	<b>Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada</b>
<b>Tasa de actividad T</b>	unidades	115.907	-
Factor de entradas para la etapa *1	mg Hg / item	30	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	3,47	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>			
- Aire		0,05	-
- Agua			-
- Tierra			-
- Tratamiento general de desechos		0,95	-
- Tratamiento de desechos específico por sector			-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>			
- Aire	Kg/año	0,17	0,17
- Agua	Kg/año		
- Tierra	Kg/año		
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	3,3	3,3
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año		

#### **2.5.5.4 Subcategoría 5.5.4. Pilas con mercurio**

##### **Antecedentes Generales**

El uso de mercurio en pilas representa uno de los usos más significativos para este contaminante. El mercurio es usado principalmente en pilas primarias, es decir, no recargables.

En Chile, no hay producción de pilas, pero si existe un alto consumo y un manejo de disposición controlado muy bajo.

##### **Parámetros considerados para la estimación de “Pilas con Mercurio”**

- Tasa de actividad de Pilas, según tipos de pila, en toneladas por año

**Tabla 90 "Pilas según tipo al 2005, en toneladas"**

Consumo de pilas	Ubicación	T/año	Fuente de información
Oxido de mercurio	País	1,71	Aduana
Zinc- aire	País	2,13	Aduana
Oxido de Plata botón	País	13,24	Aduana
Otras alcalinas distintas de botón	País	2212	Aduana

La tasa de actividad requerida para la estimación de emisiones de mercurio, está dada por el consumo anual de pilas e histórico de acuerdo a sus usos, para esto fue necesario contar con información se solicitó al Servicio Nacional de Aduanas con nivel de detalle en cuanto a, modelo; marca; empresa; importador; descripción del producto; lugar de procedencia.

No fue posible encontrar cifras de ventas con nivel de desagregación regional y comunal y distribuidores de las importaciones.

No fue posible considerar la importación de pilas contenidas en los empaques de otros productos con contenido de mercurio, como aparatos electrónicos, juguetes, etc., los cuales en un gran número ingresan al país con pilas incorporadas.

Las pilas que se determinaron con uso de mercurio en sus componentes son:

- Pilas alcalinas de manganeso, se usan para aparatos de más consumo y uso intenso como walkman, cámaras de fotos y juguetes.
- Pilas de aireado de zinc, adecuadas para aparatos para sordos, marcapasos y equipos fotográficos.
- Pilas de Oxido de Mercurio, aparatos de sordos, marcapasos y fotografía
- Pilas de Oxido de Plata, relojes, calculadoras y cámaras fotográficas

### **Metodología de Cálculo**

Para la estimación de pilas dispuestas al año 2005, se consideró una vida útil menor a un año, por lo cual no se aplicó un método acumulativo histórico, a excepción las pilas botón Zinc-mercurio, a las cuales se le asignó una vida útil de dos años.

Se consideró el factor de entrada sugerido por el instrumental, según tipo de pilas; para lo cual fue necesario transformar la tasa de actividad de unidades a toneladas métricas.

Para el factor de salida, se aplicó el factor de distribución de salida, sugerido por el instrumental, en base al siguiente supuesto, "No hay recolección separada de pilas o ésta es muy limitada. Todos o casi todos los desechos generales se recogen y manejan de manera abiertamente controlada"

**Tabla 91 Cuadro Resumen, subcategoría 5.5.4: Pilas y baterías con mercurio.**

<b>5.5.4: Pilas y baterías con mercurio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Uso</b>	<b>Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada</b>
<b>Tasa de actividad T</b>	T/año	2.229	-
Factor de entradas para la etapa *1	mg Hg / item	4 - 320 <sup>21</sup>	-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	2.838	-
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>			
- Aire			-
- Agua			-
- Tierra			-
- Tratamiento general de desechos		1	-
- Tratamiento de desechos específico por sector			-
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>			
- Aire	Kg/año		
- Agua	Kg/año		
- Tierra	Kg/año		
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	2.838	2.838
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año		

### 2.5.5.5 Subcategoría 5.5.5. Biocidas y pesticidas

#### Antecedentes Generales

Muchos compuestos de mercurio son tóxicos a los microorganismos, por esto, se le ha usado como biocida en la industria papelera, de pinturas, cereales de siembra y otras aplicaciones agrícolas.

En Chile, según Resolución Exenta N° 996 de 1993, SAG, se “prohíbe la importación, fabricación, distribución, venta y uso de plaguicidas agrícolas que contengan sales orgánicas o inorgánicas de mercurio”.

No aplica en Chile.

<sup>21</sup> Variación que se presenta según tipo de pila o batería



### **2.5.5.6 Subcategoría 5.5.6. Pinturas**

#### **Antecedentes Generales**

Esta categoría no aplica en nuestro país, según información manejada por ASIQUIM, y en revisión al estudio “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial de la industria elaboradora de pinturas” CONAMA (1998).

No aplica en Chile.

### **2.5.5.7 Subcategoría 5.5.7. Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario**

#### **Antecedentes Generales**

El mercurio se ha usado como conservador en diversos productos farmacéuticos, como vacunas, gotas oftálmicas, soluciones nasales, antisépticos, medicamentos de uso ginecológico, medicamentos a base de hierbas y otros productos.

No fue posible cuantificar esta subcategoría, sí se identificaron algunos productos, que son comercializados en el país.

Los tipos de compuestos identificados para algunos productos farmacéuticos son:

1. Desinfectante Mercurio cromo (también llamado metapío)
2. Timerosal, como preservante de vacunas
3. Pomada amarilla (Ungüentos oftalmológicos)

### **2.5.5.8 Subcategoría 5.5.8. Cosméticos y productos relacionados**

#### **Antecedentes Generales**

El mercurio se ha usado en cremas y jabones para aclarar la piel, como conservador en algunos cosméticos para los ojos y como desmaquillante. Las liberaciones pueden tener lugar durante la producción, el uso y la disposición de estos productos.

Sector regulado en Chile a través del Decreto Supremo N° 239/02 el cual da un listado de compuesto prohibidos en los cosméticos dentro de los cuales están incluidos lo compuestos de mercurio.

## 2.5.6 Categoría 5.6 Otros usos deliberados en productos / procesos

### 2.5.6.1 Subcategoría 5.6.1. Amalgamas dentales de mercurio

#### Antecedentes Generales

Los obturaciones dentales de amalgama consisten en una aleación de mercurio, plata, cobre y estaño (contenido típico de mercurio de 44 a 51% por ciento del peso).

El mercurio se libera al aire, el agua y los desechos durante la producción, el uso y la disposición de obturaciones de amalgama. En Chile aun está muy arraigado su uso en el sector público.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Amalgamas dentales de Mercurio”

- Tasa de actividad, habitantes estimados al 2005

Tabla 92 "Habitantes al año 2005, según compendio estadístico 2005"

Habitantes	Ubicación	habitantes/año	Fuente de información
	País	16.267.278	INE

El Departamento de Salud Bucal, Subsecretaría de Salud Ministerial, realizó una encuesta al sector público, (antes de empezar con este estudio) en donde se obtuvo un primer aproximado, con la cantidad de mercurio usado en obturaciones con aplicación de amalgama en el sector público.

Los resultados indican un promedio mensual de 40.994 obturaciones de amalgamas para los 457 sillones de atención, con un consumo de mercurio total de 23,4 kg. lo que implica que en un año se utilizan alrededor de 281 kg de mercurio, considerando que un 57% del total de servicios odontológicos del país respondieron a la encuesta. No obstante este sector representa solo una parte, ya que existe una gran cantidad de Odontólogos en el país en el ámbito privado, que es muy difícil de cuantificar, según información entregada por el mismo departamento.

Cabe destacar que gracias a la gestión del Departamento de Salud Bucal del Ministerio de Salud de Chile, se cuenta con información del número total de obturaciones realizadas en establecimientos del Sistema Nacional de Servicios de Salud - SNSS desde 1999 hasta el 2006, incluyendo los nombres de los Jefes de Programas de Salud Dental de la Región Metropolitana que representan mas del 45% del total nacional, pero se desconoce que número de obturaciones son realizadas con amalgamas. Hay una gran disposición del sector para mejorar la información y realizar posibles planes de gestión, según reunión sostenida con la Subdirectora del departamento de salud Bucal.

Se logró obtener información a través del Servicio Nacional de Aduanas, en cuanto al ingreso de mercurio para el uso de obturaciones con amalgamas; la cual corresponde a 2,1 toneladas de mercurio para estos fines entre los años 1997 al 2006, importaciones realizadas por el Departamento de Aprovisionamiento del Estado.

Se aplicó una encuesta a 20 instituciones odontológicas privadas del país, pero se vio dificultada su aplicación, al igual que en las clínicas privadas por el hecho de poder entregar información al respecto y/o al corto período de tiempo, en que se manejan los plazos del estudio. Al momento de la elaboración del presente informe no se reportó información al respecto.

En función de lo antes expuesto, se optó por aplicar los factores de entrada y salida establecidos por el instrumental, ya que no fue posible establecer una proyección a nivel Nacional para la subcategoría.

### **Metodología de Cálculo**

Tasa de actividad, sugerida por el instrumental, en función del número de habitantes, que para efectos de este estudio, corresponde a la población existente al año 2005; en la etapa del ciclo, “Preparación de obturaciones en los dientes en las clínicas dentales”.

Factor de entrada sugerido por el instrumental, en base a un intervalo y factor de distribución de salidas, en base al supuesto “Preparaciones de obturaciones para dientes en clínicas dentales (porción de suministro actual de mercurio para amalgamas dentales)”, en donde se asigna un 60% de salida como producto, ya que queda contenida en la boca del paciente, la cual se irá liberando en el futuro, a través de excreciones y/o en su defunción.

No se aplicó a estadísticas pasadas, ya que se consideró la categoría de cementerios y crematorios al año 2005, en donde el mercurio liberado corresponde a obturaciones con mercurio de años anteriores.

**Tabla 93 Cuadro Resumen, subcategoría 5.6.1: Amalgamas dentales con mercurio.**

5.6.1: Amalgamas dentales con mercurio	Unidad	Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Tasa de actividad</b>	Habitantes	16.267.278			
		Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / habitante	0,2	0,05	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	3253	813	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		0,02		-	
- Agua		0,14		-	
- Tierra				-	
- Productos		0,6		-	
- Tratamiento general de desechos		0,12		-	
- Tratamiento de desechos específico por sector		0,12		-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	65,07	16,27	65,07	16,27
- Agua	Kg/año	455,48	113,87	455,48	113,87
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año	1952,07	488,05	1952,07	488,05
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	390,41	97,6	390,41	97,6
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año	367,88	97,6	367,88	97,6

### 2.5.6.2 Subcategoría 5.6.2. Manómetros y medidores

#### Antecedentes Generales

El mercurio se usa en algunos medidores de presión sanguínea (esfigmomanómetros), manómetros industriales y meteorológicos, y válvulas de presión pudiendo liberarse en el uso de estos instrumentos o en su disposición final.

En Chile no hay producción de estos dispositivos, sólo uso y disposición.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Manómetros y medidores”

- Tasa de actividad, Manómetros al 2005

**Tabla 94** "Manómetros"

Manómetros	Ubicación	T/año	Fuente de información
Manómetros	País	713	Aduana

No fue posible establecer la cantidad de manómetros con contenido de mercurio que esta comercializándose el país.

Es muy difícil determinar la cantidad de manómetros con funcionamiento en base a mercurio, por las mismas razones expuesta en la categoría referida a productos.

Se identifican tipos de medidores, pero no se puede determinar cuales tienen contenido de mercurio.

Los tipos de medidores con contenido de Hg que se han identificado son:

1. Barómetros
2. Hidrómetros
3. Tensiómetros
4. Barómetro
5. Termohigrómetro
6. Manómetros
7. Densímetro

Se logra cuantificar ingreso de esfigmomanómetros al 2005, pero por la pequeña cantidad de ellos, aun sin considerar un "supuesto", para la posible liberación de mercurio según el contenido de mercurio que sugiere el instrumental, que corresponde a 0.002 g Hg / item esta categoría se minimiza prácticamente a cero, razón por la cual no se ha incluido un cuadro resumen.

### **2.5.6.3 Subcategoría 5.6.3. Químicos y equipos de laboratorio**

#### **Antecedentes Generales**

El mercurio se usa en los instrumentos, reactivos, preservadores y catalizadores de los laboratorios. Parte del Hg contenido en estos instrumento se libera al aire, principalmente a través del sistema de ventilación, sin embargo, también existe liberación de mercurio a través de las aguas residuales o por disposición en los desechos generales.

Se logró cuantificar el ingreso de 4 Kg de mercurio como producto químico, importación realizada por un laboratorio Nacional en el año 2005, a través del Servicio Nacional de Aduanas.

El factor de salida aplicado, fue el sugerido por el instrumental, con una distribución de 30% al agua, 30% a desechos generales y 40% de tratamiento a sector específico.

Se identifican ingreso de productos químicos con contenido de mercurio, a través de un laboratorio, pero no fue posible cuantificar, debido a lo complejidad de los compuestos que lo contienen.

**2.5.6.4 Subcategoría 5.6.4. Uso del metal mercurio en rituales religiosos y medicina tradicional**

No aplica en Chile.

**2.5.6.5 Subcategoría 5.6.5. Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes**

**Antecedentes Generales**

A partir de la información entregada por el Servicio Nacional de Aduanas, no fue posible identificar y cuantificar la existencia de estos productos.

**2.5.7 Categoría 5.7. Producción de metales reciclados (producción “secundaria” de metales)**

**Antecedentes Generales**

Esta categoría establece tres subcategorías, de las cuales, sólo la producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) como actividad se desarrolla en Chile.

**2.5.7.1 Subcategoría 5.7.1. Producción de mercurio reciclado (“producción secundaria”)**

No aplica en Chile.

## 2.5.7.2 Subcategoría 5.7.2. Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)

### Antecedentes generales

La producción del hierro y el acero reciclado, comienza en la chatarra y aplica 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 del metal, como interruptores o algún producto que se pueda filtrar en la chatarra.

### Parámetros considerados para la estimación de “Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y Acero)”

- Tasa de actividad, Producción de hierro y acero reciclado, en toneladas por año

Tabla 95 "Producción de hierro y acero reciclado"

Producción de hierro y acero reciclado	Ubicación	Ton/año	Referencia-año
	RM	450.000	Gerdau- Aza 2005

### Metodología de Cálculo

Factores de entrada y salida sugeridos por el instrumental.

Está subcategoría fue desagregada en forma puntual, a nivel de establecimiento.

**Tabla 96 Cuadro Resumen, subcategoría 5.7.2: Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)**

<b>5.7.2: Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero).</b>	<b>Unidad</b>	<b>Uso</b>		<b>Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada</b>	
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	450.000			
		Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t	0,1	0,01	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	45	5	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		0,9		-	
- Agua				-	
- Tierra				-	
- Productos				-	
- Tratamiento general de desechos		0,1		-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	40,5	4,05	40,5	4,05
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	4,5	0,45	4,5	0,45
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

**Tabla 97 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.7.2 Production of recycled ferrous metals (iron and steel)	RM	40,500				4,500		45,000



**Tabla 98 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.7.2 Production of recycled ferrous metals (iron and steel)	RM	4,050				0,450		4,500

### 2.5.7.3 Subcategoría 5.7.3. Producción de otros metales reciclados

#### Enfoque: Fuente Puntual

#### Antecedentes generales

El instrumental sugiere que es posible que el aluminio, el cobre, el zinc y otros metales que se reciclan en gran parte de los países, contengan mercurio. Para el caso de la mayoría de los metales, los procesos para su fabricación original indican que las impurezas naturales de mercurio en la materia prima no siguen en los metales producidos en un grado alto. El aluminio es uno de varios metales reciclados con potencial de emitir mercurio.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y Acero)”

- Tasa de actividad de Fundiciones secundarias, en toneladas por año

**Tabla 99 "Fundiciones"**

Fundiciones	Ubicación	Ton/año	Referencia-año
Sin detalle por empresas	RM	2658	Proyectado-2005
Sin detalle por empresas	RM	8177	Proyectado-2005
Sociedad Industrial Metalam	V región	250	Proyectado-2005
Fundición Imperial	VIII	209	Proyectado-2005
Fundición Inducto metal	X	12	Proyectado-2005

En la fuente identificada, no fue posible estimar las emisiones ya que el instrumental no reporta factores de entrada y de distribución de salida, y no se obtuvo la información necesaria para generar factores que permitieran realizar dicha estimación.

## **2.5.8 Categoría 5.8. Incineración de desechos**

### **Antecedentes Generales**

En lo que respecta a esta categoría, se ha identificado solamente la categoría de Incineración de desechos médicos, las otras restantes no aplican en Chile.

#### **2.5.8.1 Subcategoría 5.8.1. Incineración de desechos municipales / generales**

No aplica en Chile

#### **2.5.8.2 Subcategoría 5.8.2. Incineración de desechos peligrosos**

No aplica en Chile

#### **2.5.8.3 Subcategoría 5.8.3. Incineración de desechos médicos**

### **Antecedentes Generales**

En Chile hay entidades dedicadas a la incineración de desechos médicos. Dichos desechos abarcan los desechos infecciosos y no infecciosos generados en diversas instalaciones médicas tales como: atención médica veterinaria o actividades de investigación realizadas en hospitales, clínicas, consultorios médicos y dentales; laboratorios médicos y facultades; unidades de investigación en medicina humana y veterinaria; entre otros.

El contenido de mercurio en el flujo de los desechos médicos tiene su origen fundamental en los productos desechados o en los residuos de procesos con uso deliberado de mercurio. Las concentraciones de mercurio dependen directamente de las entradas de este metal a los desechos.

### **Parámetros considerados para la estimación de “incineración de desechos médicos”**

- Tasa de actividad de Incineración de desechos médicos por región, en toneladas por año

**Tabla 100 "Incineración Desechos Médicos"**

<b>Incineración Desechos Médicos</b>	<b>Ubicación</b>	<b>T/año</b>	<b>Referencia-año (*)</b>
	I	49856	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	II	20044	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	III	18368	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IV	25092	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	V	7052	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	RM	255,35	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VI	69208	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VII	29192	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VIII	284376	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IX	113,16	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	X	156292	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XI	35506	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XII	14432	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02

(\*) Proyectados en base a crecimiento de la actividad de empresas incineradoras

### **Estimación de las liberaciones y los porcentajes a los medios receptores finales:**

En base a los antecedentes recopilados, se distribuirán las emisiones respectivamente por vía de liberación, aire, agua, tierra, desechos generales, tratamiento o disposición específico.

La incineración regulada con doble cámara de combustión, es una práctica aislada en el país, sólo se efectúa en tres empresas, ubicadas en la Región Metropolitana y la VIII Región.

### **Metodología de Cálculo**

A partir de la empresa PROCESAN S.A., dedicada a la incineración y gestión de residuos médicos, se proyectó el crecimiento que se tiene reportado por regiones y establecimientos del inventario de Dioxinas y Furanos.

Factores de Entrada y distribución de salidas sugeridos por el instrumental.  
Se desagregó la subcategoría, como fuente puntual, a nivel de establecimiento.

**Tabla 101 Cuadro Resumen, subcategoría 5.8.3: Incineración de Desechos Médicos.**

5.8.3 Incineración de desechos médicos	Unidad	Uso				Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		S/E		PES			
<b>Tasa de actividad</b>	T/año	846,98		245			
		Máx.		Mín.		-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / t desechos	40		8		-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	43,66		8,74		-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>		S/E		PES			
- Aire		1		0,9		-	
- Agua						-	
- Tierra						-	
- Productos						-	
- Tratamiento general de desechos						-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				0,1		-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	33,8	6,78	8,8	1,76	42,68	8,54
- Agua	Kg/año						
- Tierra	Kg/año						
- Productos	Kg/año						
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año						
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año			0,98	0,20	0,98	0,20

**Tabla 102 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.8.3	Incineration of medical waste	I	1,994						1,994
		II	1,122						1,122
		III	0,735						0,735
		IV	1,004						1,004
		V	0,282						0,282
		RM	9,247					0,955	10,201
		VI	2,768						2,768
		VII	1,168						1,168
		VIII	11,588					0,024	11,611
		IX	4,526						4,526
		X	6,252						6,252
		XI	1,420						1,420
		XII	0,577						0,577
				42,683	0,000	0,000	0,000	0,000	0,978

**Tabla 103 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/año
5.8.3	Incineration of medical waste	I	0,399						0,399
		II	0,224						0,224
		III	0,147						0,147
		IV	0,201						0,201
		V	0,056						0,056
		RM	1,849					0,191	2,040
		VI	0,554						0,554
		VII	0,234						0,234
		VIII	2,318					0,005	2,322
		IX	0,905						0,905
		X	1,250						1,250
		XI	0,284						0,284
		XII	0,115						0,115
				8,536	0,000	0,000	0,000	0,000	0,196

**2.5.8.4 Subcategoría 5.8.4. Incineración de lodos cloacales**

No aplica en Chile.

### 2.5.8.5 Subcategoría 5.8.5. Incineración informal de desechos

No aplica en Chile

### 2.5.9 Categoría 5.9. Disposición de desechos / rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales

Esta categoría, en lo referido a tratamiento de aguas residuales, se encuentra regulada en Chile a través de Normativas que limitan el contenido de mercurio a cursos de agua.

#### 2.5.9.1 Subcategoría 5.9.1. Rellenos sanitarios / depósitos controlados

##### Antecedentes Generales

El contenido de mercurio en los desechos obedece principalmente al mercurio usado deliberadamente en productos desechados y residuos de procesos; a impurezas naturales de mercurio en materiales variados; y al mercurio como contaminante traza antropogénico en grandes volúmenes de material.

##### Parámetros considerados para la estimación de “Disposición de Basura”

- Tasa de actividad disposición de basura , en toneladas por año

Tabla 104 "Disposición de Basura"

Disposición de basura	Ubicación	T/año	Referencia
Basural	País	688.069,0	Catastro residuos 2004
Relleno	País	3.129.334,0	Catastro residuos 2004
Vertedero	País	1.587.873,0	Catastro residuos 2004
Otras	País	66.480,0	Catastro residuos 2004
Disposición de basura	Ubicación	T/año	Referencia
<b>Residuos recibidos</b>	<b>País</b>	<b>5.471.756,0</b>	<b>Catastro residuos 2004</b>

## Metodología de Cálculo

Factores de entrada y salida sugeridos por el instrumental, las liberaciones de salida se aplicaron sólo para el aire, ya que no se logró obtener información de los lixiviados, para realizar una estimación a otros medios

**Tabla 105 Cuadro Resumen, subcategoría 5.9.1: Rellenos sanitarios/ depósitos controlados.**

5.9.1: Rellenos sanitarios/ depósitos controlados	Unidad	Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
<b>Tasa de actividad</b>	m <sup>3</sup> gas	24.167.746,2			
		Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	µg Hg / m <sup>3</sup> gases de relleno	5.000	500	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	120,83	12,083	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		1		-	
- Agua				-	
- Tierra				-	
- Productos				-	
- Tratamiento general de desechos				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	120,83	12,083	120,83	12,083
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

### 2.5.9.2 Subcategoría 5.9.2. Disposición difusa con cierto grado de control

No Aplica

### 2.5.9.3 Subcategoría 5.9.3. Disposición local informal de los desechos de la producción industrial

No Aplica

### 2.5.9.4 Subcategoría 5.9.4. Vertederos informales de desechos

No Aplica

### 2.5.9.5 Subcategoría 5.9.5. Sistemas / tratamiento de aguas residuales

#### Antecedentes Generales

Se recabó información respecto a mediciones de las concentraciones de mercurio en el agua en los conductos de entrada y de salida con muestras representativas de plantas de tratamiento de aguas residuales, y en los lodos cloacales resultantes. Además de información sobre cantidad de aguas residuales tratadas y cantidad de lodos cloacales producidos.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Sistemas / tratamiento de aguas servidas”

- Tasa de actividad aguas tratadas , en m<sup>3</sup> por año

**Tabla 106 "Aguas tratadas"**

Ubicación	M <sup>3</sup> /año	Referencia-año
I	26.436.628,8	SISS 2005
II	22.973.976	SISS 2005
III	16.307.265,6	SISS 2005
IV	25.935.206,4	SISS 2005
V	130.813.358	SISS 2005
RM	365.117.501	SISS 2005
VI	36.957.038,4	SISS 2005
VII	22.661.769,6	SISS 2005
VIII	80.003.678,4	SISS 2005
IX	10.334.347,2	SISS 2005
X	51.611.817,6	SISS 2005
XI	5.052.067,2	SISS 2005
XII	11.075.443,2	SISS 2005



## Metodología de Cálculo

Se realizó la siguiente disposición de lodos según las siguientes divisiones; categorías de tratamiento mecánico, cuando el tratamiento no genera lodos, de tratamiento biológico (lodos activados) sin aplicación de lodos a la tierra y de tratamiento biológico con aplicación agrícola.

Los factores de entrada aplicados, son los sugeridos por el instrumental.

Los factores de distribución de las salidas de mercurio fueron acotados respecto a lo que sugería el instrumental por la existencia de normas que regulan el contenido de mercurio en descargas a cursos de aguas, por lo cual se consideró para el máximo del intervalo el valor de 0,001 mg/l, para liberaciones al agua, distribuyéndose en proporción al factor de entrada para el resto de los receptores finales.

**Tabla 107 Cuadro Resumen, subcategoría 5.9.5: Sistema/ tratamiento aguas residuales.**

5.9.5: Sistema / tratamiento aguas residuales	Unidad	Uso						Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
		Máx.		Mín.					
Tasa de actividad	m <sup>3</sup> agua tratada	778280096							
		Máx.		Mín.					-
Factor de entradas para la etapa *1	mg Hg / m <sup>3</sup> agua tratada	10		0,5					-
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	7782,8		389,15					-
Factores de distribución de salidas para la etapa: *3		Trat. Mec.		Mec. y Biol.		Mec y Biol <sup>22</sup>			
		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.		
- Aire									-
- Agua		0,1	0,9	0,1	0,5	0,1	0,5		
- Tierra						0,3	0,2		-
- Productos									-
- Tratamiento general de desechos		0,9	0,1	0,6	0,3	0,3	0,15		-
- Tratamiento de desechos específico por sector				0,3	0,2	0,3	0,15		-
Salidas/liberaciones calculadas a: *4		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/ año								
- Agua	Kg/ año	156,71	70,52	581,5	145,37	40,07	10,0	778,28	225,91
- Tierra	Kg/ año					120,22	4,01	120,22	4,01

22 con aplicación al suelo

5.9.5: Sistema / tratamiento aguas residuales	Unidad	Uso						Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
- Productos	Kg/ año								
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año	1410,4	7,84	3488,97	87,22	120,22	3,01	5019,6	98,07
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año			1744,49	58,15	120,22	3,01	1864,7	61,16

**Tabla 108 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/ disposal	Total KgHg/ año
5.9.5	Waste system/ water treatment	I		26,437			237,107	0,823	264,366
		II		22,974			187,191	19,574	229,740
		III		16,307	3,936		94,513	48,316	163,073
		IV		25,935	1,769		206,728	24,920	259,352
		V		103,813	53,832		782,692	97,796	1038,13
		RM		365,118	5,752		2184,95	1095,353	3651,18
		VI		36,957			221,742	110,871	369,570
		VII		22,662			135,971	67,985	226,618
		VIII		80,004	44,002		436,020	240,011	800,037
		IX		10,334	10,927		51,079	31,003	103,343
		X		51,612			355,830	108,676	516,118
		XI		5,052			30,312	15,156	50,521
		XII		11,075			95,459	4,220	110,754
			778,280	120,218		5019,59	1864,705	7782,80	

**Tabla 109 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.9.5	Waste water system/treatment	I		11,842			1,349	0,027	13,218
		II		9,033			1,801	0,652	11,487
		III		4,117	0,131		2,328	1,578	8,154
		IV		10,010	0,059		2,083	0,816	12,968
		V		40,196	1,794		7,105	2,811	51,907
		RM		91,279	0,192		54,624	36,464	182,559
		VI		9,239			5,544	3,696	18,479
		VII		5,665			3,399	2,266	11,331
		VIII		20,001	1,467		10,900	7,634	40,002
		IX		2,584	0,364		1,277	0,942	5,167
		X		15,980			6,203	3,623	25,806
		XI		1,263			0,758	0,253	2,273
		XII		4,703			0,694	0,141	5,538
						225,912	4,007	0,000	98,065

## 2.5.10 Categoría 5.10. Crematorios y cementerios

### 2.5.10.1 Subcategoría 5.10.1. Crematorios

#### Antecedentes Generales

Chile es uno de los pioneros en realizar esta actividad en América Latina, sin embargo no existe un organismo que regule a las instituciones crematorias, como existe en la mayoría de los países del mundo, que se preocupe de aunar tecnologías y metodologías de trabajo, por lo que la obtención de información es compleja.

#### Parámetros considerados para la estimación de “Crematorios”

- Tasa de actividad cuerpos cremados al año 2005

A través de un contacto con la página Web de crematorios, se informó un nivel de actividad para el año 2005 en un intervalo aproximado que se sitúa entre las 2000 y 3000 personas, según los registros que manejan,

**Tabla 110 "Cremaciones"**

Cremaciones	Ubicación	Cuerpos	Referencia-año (*)
	I	84	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	II	102	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	III	50	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IV	129	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	V	422	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	RM	1336	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VI	198	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VII	234	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VIII	460	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IX	233	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	X	281	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XI	18	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XII	41	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02

(\*) Proyectados en base a crecimiento de la actividad de empresas incineradoras

### Metodología de Cálculo

Se actualizaron los valores del Inventario de Dioxinas y Furanos 2002, considerando las defunciones al año 2005 publicadas por INE, aplicándose un promedio ponderado de cremaciones del total de defunciones, el cual fue obtenido de dicho inventario.

Factores de entrada y salida sugeridos por el instrumental.

**Tabla 111 Cuadro Resumen, subcategoría 5.10.1: Cremaciones.**

5.10.1: Cremaciones	Unidad	Uso		Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada	
<b>Tasa de actividad</b>	Cremación/año	3587			
		Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / cadáver	4	1	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	14,348	3,587	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire		1		-	
- Agua				-	
- Tierra				-	
- Productos				-	
- Tratamiento general de desechos				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	14,35	3,59	14,35	3,59
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				

5.10.1: Cremaciones	Unidad	Uso	Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada
- Productos	Kg/año		
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año		
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año		

**Tabla 112 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.10.1 Crematoria	I	0,336						0,336
	II	0,408						0,408
	III	0,200						0,200
	IV	0,516						0,516
	V	1,688						1,688
	RM	5,344						5,344
	VI	0,792						0,792
	VII	0,936						0,936
	VIII	1,840						1,840
	IX	0,932						0,932
	X	1,124						1,124
	XI	0,072						0,072
	XII	0,164						0,164
		14,352						14,352

**Tabla 113 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación	Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.10.1 Crematoria	I	0,084						0,084
	II	0,102						0,102
	III	0,050						0,050
	IV	0,129						0,129
	V	0,422						0,422
	RM	1,336						1,336
	VI	0,198						0,198
	VII	0,234						0,234
	VIII	0,460						0,460
	IX	0,233						0,233
	X	0,281						0,281
	XI	0,018						0,018
	XII	0,041						0,041
		3,588						3,588

## 2.5.10.2 Subcategoría 5.10.2. Cementerios

### Antecedentes Generales

Subcategoría que se basa en la liberación de mercurio, producto de las obturaciones con amalgamas.

### Parámetros considerados para la estimación de “Crematorios”

- Tasa de actividad cuerpos cremados al año 2005

Tabla 114 "Cementerios"

Cementerios	Ubicación	cuerpos	Referencia-año (*)
	I	1884	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	II	2266	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	III	1107	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IV	2883	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	V	9429	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	RM	29822	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VI	4409	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VII	5221	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	VIII	10272	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	IX	5199	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	X	6262	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XI	405	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02
	XII	925	Inv. Nac. Fuente Diox y Furanos 02

(\*) Proyectados en base a las defunciones totales publicadas por INE al 2005

### Metodología de Cálculo

Se actualizaron los valores del Inventario de Dioxinas y Furanos, considerando las defunciones al año 2005 publicadas por INE, aplicando la diferencia entre las defunciones totales y las cremaciones.

Factores de entrada y salida aplicados, sugeridos por el instrumental.

**Tabla 115 Cuadro resumen Cementerios**

<b>5.10.2: Cementerios</b>	<b>Unidad</b>	<b>Uso</b>		<b>Suma de liberaciones a la vía a partir de la sección del ciclo de vida evaluada</b>	
<b>Tasa de actividad</b>	Sepulturas/año	80085			
		Máx.	Mín.	-	
Factor de entradas para la etapa *1	g Hg / cadáver	4	1	-	
Entradas calculadas para la etapa *2	KgHg/año	323,34	80,805	-	
<b>Factores de distribución de salidas para la etapa: *3</b>					
- Aire				-	
- Agua				-	
- Tierra		1		-	
- Productos				-	
- Tratamiento general de desechos				-	
- Tratamiento de desechos específico por sector				-	
<b>Salidas/liberaciones calculadas a: *4</b>		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
- Aire	Kg/año	80,805	323,34	80,805	323,22
- Agua	Kg/año				
- Tierra	Kg/año				
- Productos	Kg/año				
- Tratamiento de desechos generales	Kg/año				
- Tratamiento de desechos específico por sector	Kg/año				

**Tabla 116 Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación máxima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.10.2	Cemetaries	I			7,536				7,536
		II			9,064				9,064
		III			4,428				4,428
		IV			11,532				11,532
		V			37,716				37,716
		RM			119,288				119,288
		VI			17,636				17,636
		VII			20,884				20,884
		VIII			41,088				41,088
		IX			20,796				20,796
		X			25,048				25,048
		XI			1,620				1,620
		XII			3,700				3,700
					320,336			320,336	

**Tabla 117 Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación**

Liberación mínima por subcategoría, región y vía de Liberación		Región	Air	Water	Land	Impurity in products	General waste	Sector specific treatment/disposal	Total KgHg/año
5.10.2	Cemetaries	I			1,884				1,884
		II			2,266				2,266
		III			1,107				1,107
		IV			2,883				2,883
		V			9,429				9,429
		RM			29,822				29,822
		VI			4,409				4,409
		VII			5,221				5,221
		VIII			10,272				10,272
		IX			5,199				5,199
		X			6,262				6,262
		XI			0,405				0,405
		XII			0,925				0,925
					80,084			80,084	



## **2.6 Conclusiones del Inventario**

El desarrollo del presente inventario, a partir de factores de entrada con valores mínimos y máximos sugeridos por el instrumental, permitió situarnos dentro de un intervalo que servirá de base para la mejora continua de la calidad de información en el futuro. Esto, debido a la gran incertidumbre que existe en el país en algunos sectores con respecto al tema.

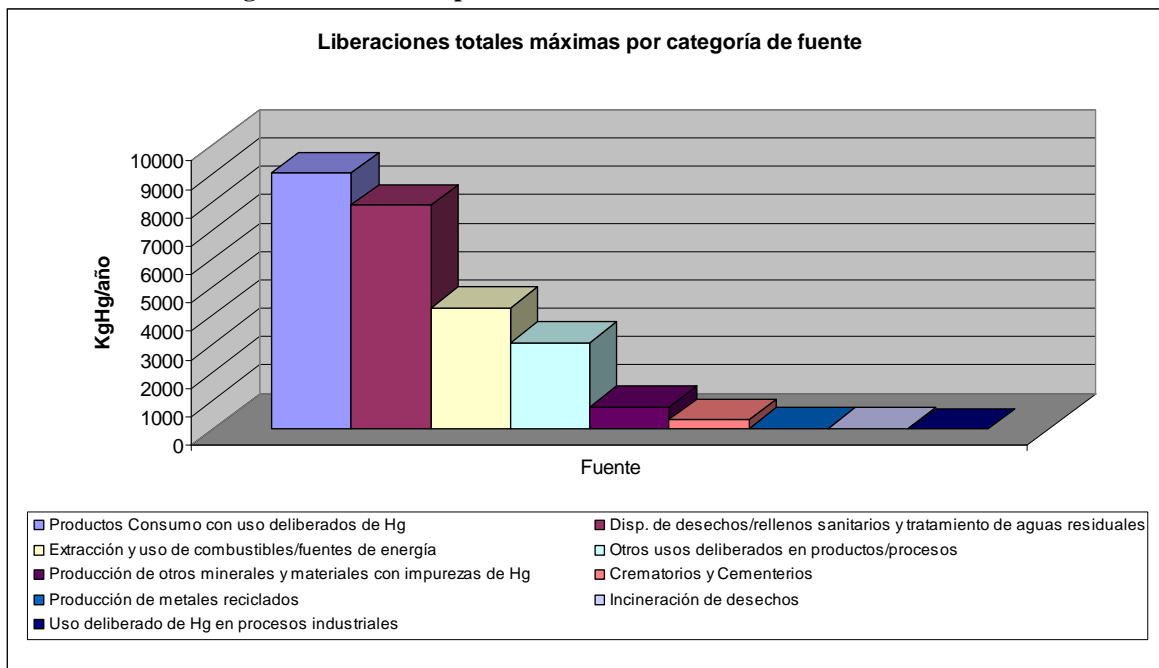
A medida que se desarrolló el inventario, se fue obteniendo información que permitió mejorar la incertidumbre en algunos sectores específicos.

Al comienzo del estudio, se obtuvieron resultados preliminares con intervalos de valores muy amplios, debido a que no se contaba con información detallada de ningún sector, lo que obligaba a usar factores de entrada y salida establecidos por defectos en el instrumental para todas las categorías. Posteriormente, se fue actualizando y mejorando la información, específicamente para la industria del cemento y del petróleo, los cuales bajaron sus emisiones considerablemente, una vez que se obtuvo acceso a mejor información; y al mismo tiempo se estrechó la brecha entre los valores mínimos y máximos del Inventario, (contribuyó el acotamiento de factores de salida en base a la normativa existente, como es el caso del “Sistema de tratamiento de aguas”, sector que se encuentra regulado, a través de decretos Supremos).

El sector cementero y la incineración de residuos, también se encuentra regulado a través de la reciente Norma oficializada, “Norma de Emisiones para la Incineración y Coincineración de Residuos”. Para el caso del rubro cementero fue considerada dicha norma para establecer el factor de emisión atmosférico, lo cual no implica que los datos seguirán mejorándose para obtener información de los contenidos de mercurio generados en otras partes del proceso.

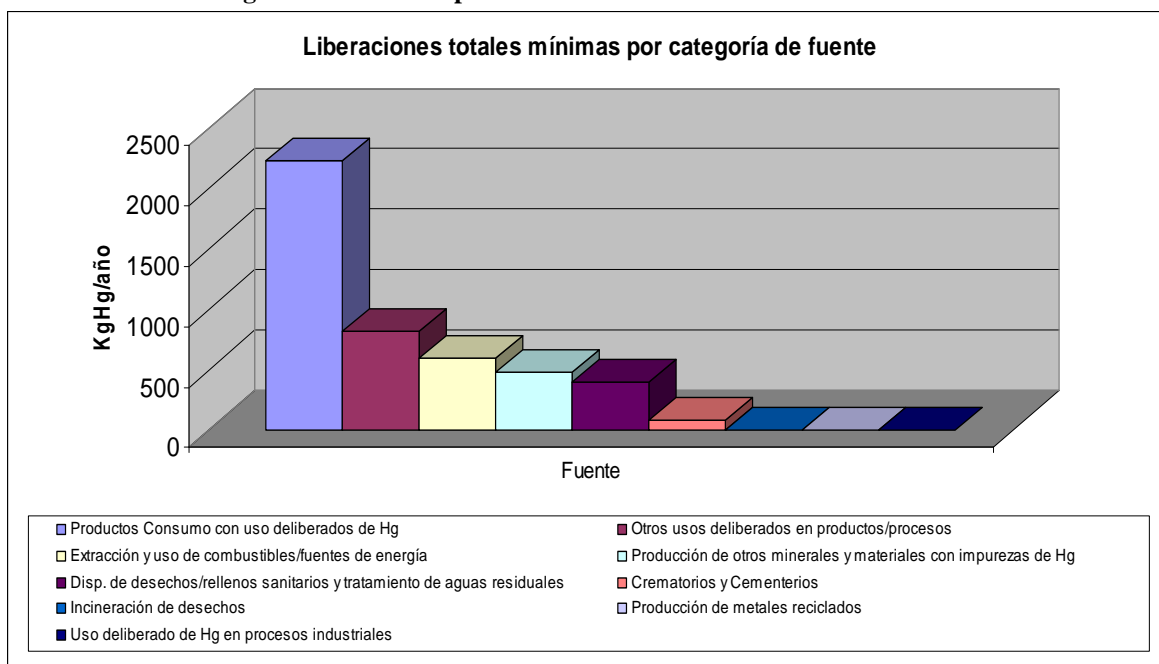
En las gráficas siguientes se puede apreciar el comportamiento de las diferentes categorías, antes de incorporar información más precisa y mejorar la información en los sectores antes mencionados.

**Gráfico 22 Categorías con valores preliminares máximos**



Nota: No se incluyó en la gráfica de la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”, la cual lidera el ranking.

**Gráfico 23 Categorías con valores preliminares mínimos**



Nota: No se incluyó en la gráfica de la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”, la cual lidera el ranking.

De las gráficas anteriores, destaca el hecho de que las categorías “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio” y “Extracción y uso de

combustibles/fuentes de energía”, luego de ocupar el segundo y tercer lugar respectivamente, en el gráfico con “valores máximos preliminares”, se hayan desplazado al sexto y cuarto lugar en el gráfico “valores máximos corregidos”. Este ejemplo corrobora lo fundamental que es contar con información de acuerdo a la realidad del país en todas las organizaciones que conforman una subcategoría; para el caso del sector cementero, se contaba preliminarmente con información de las emisiones por parte de la empresa Polpaico, no así de las otras empresas que conforman la subcategoría, es por ello que se acordó en el taller realizado en Santiago, el factor de emisión atmosférico a utilizar para el sector.

A continuación, en las gráficas siguientes, se puede apreciar las liberaciones mínimas y máximas por subcategoría, para su posterior análisis.

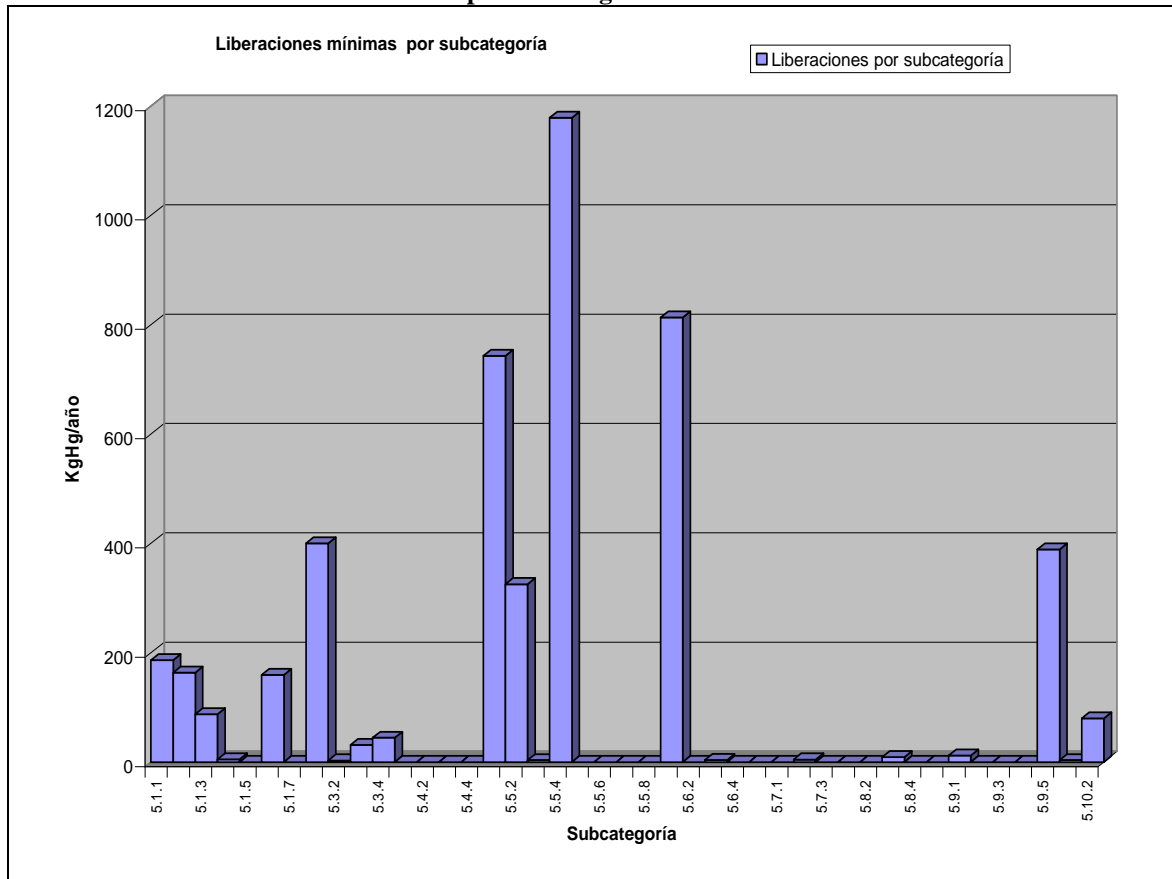
Para el mejor entendimiento de los gráficos 28, 29,30 y 31, continuación la tabla con las subcategorías que en ellos se consideran.

**Tabla 118** **Categorías y subcategorías de fuentes**

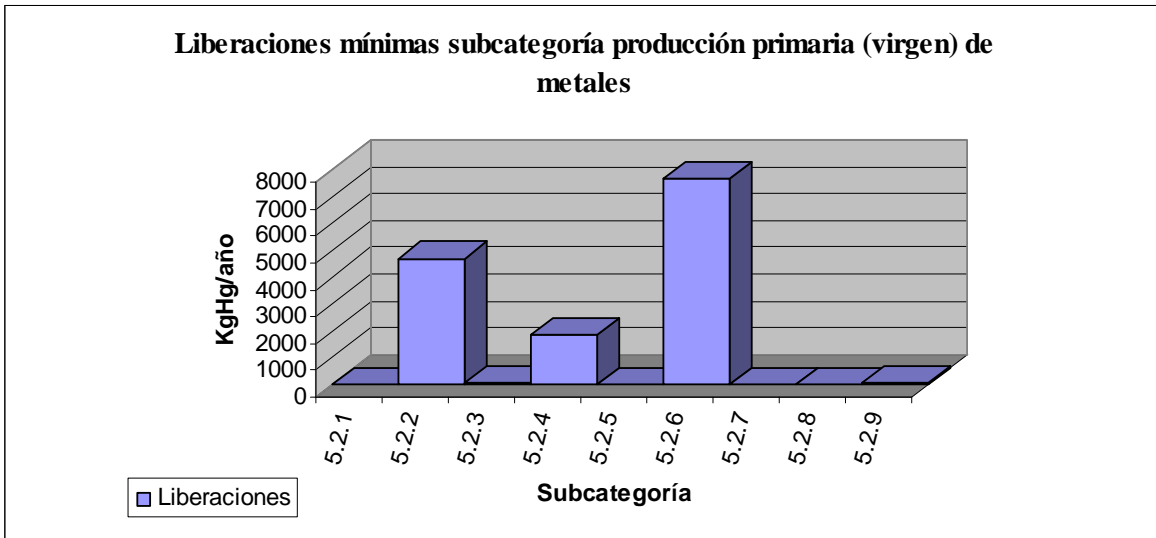
5.1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	5.5.6	Pinturas
5.1.1	Combustión carbón en centrales de energía	5.5.7	Productos Farmacéuticos de uso humano y veterinario
5.1.2	Otros usos carbón	5.5.8	Cosméticos y productos relacionados
5.1.3	Aceites minerales (extracción, refinación y uso)	5.6	Otros usos deliberados en productos/procesos
5.1.4	Gas natural (extracción, refinación y uso)	5.6.1	Amalgamas dentales de Hg
5.1.5	Otros combustibles fósiles (extracción y uso)	5.6.2	Manómetros y medidores
5.1.6	Energía a base de biomasa y producción de calor	5.6.3	Químicos y equipos de laboratorio
5.1.7	Producción de energía geotérmica	5.6.4	Uso de Hg metálico en rituales religiosos y medicina tradicional
5.2	Producción primaria (virgen) de metales	5.6.5	Otros usos en Productos misceláneos
5.2.1	Extracción y procesamiento inicial de Hg	5.7	Producción de metales reciclados
5.2.2	Extracción de Au y Ag con amalgamación de Hg	5.7.1	Producción de Hg reciclado
5.2.3	Extracción y procesamiento inicial de Zn	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados
5.2.4	Extracción y procesamiento inicial de Cu	5.7.3	Producción de otros metales reciclados
5.2.5	Extracción y procesamiento inicial de Pb	5.8	Incineración de desechos
5.2.6	Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de amalgamación de Hg	5.8.1	Incineración de desechos municipales/generales
5.2.7	Extracción y procesamiento inicial del Al	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos
5.2.8	Extracción y procesamiento de otros metales no ferrosos	5.8.3	Incineración de desechos médicos
5.2.9	Producción primaria de metales no ferrosos	5.8.4	Incineración de lodos cloacales
5.3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de Hg	5.8.5	Incineración informal de desechos
5.3.1	Producción de cemento	5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales
5.3.2	Producción de Pulpa y papel	5.9.1	Rellenos sanitarios/depósitos controlados
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de

	ligeros		control
5.3.4	Otros minerales y materiales	5.9.3	Disposición local informal de desechos de la producción industrial
5.5	Productos de consumo con uso deliberado de Hg	5.9.4	Vertederos informales de desechos
5.5.1	Termómetros con Hg	5.9.5	Sistema/tratamiento de aguas residuales
5.5.2	Interruptores eléctricos y relevadores con Hg	5.10	Crematorios y Cementerios
5.5.3	Fuentes de luz con Hg	5.10.1	Crematorios
5.5.4	Pilas con Hg	5.10.2	Cementerios
5.5.5	Biocidas y Pesticidas		

**Gráfico 24 “Liberaciones mínimas por subcategoría”**

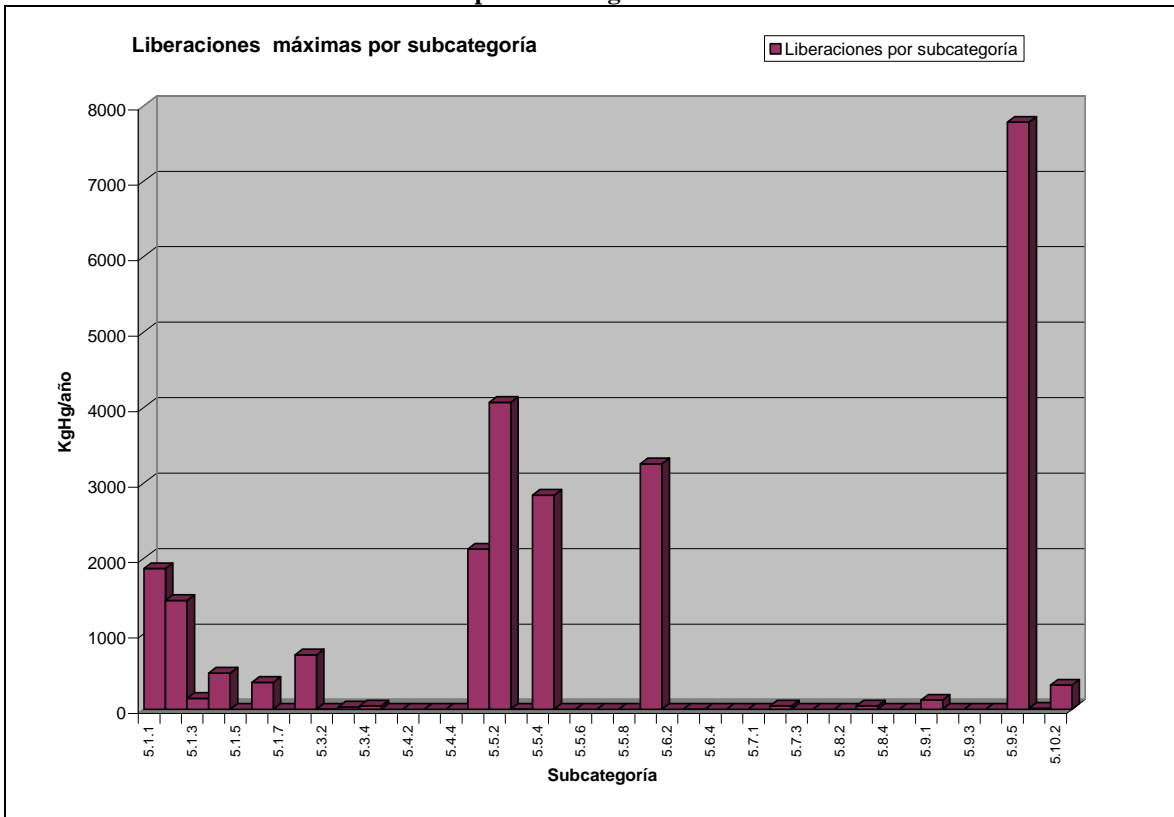


**Gráfico 25 Liberación mínima subcategoría “Producción primaria (virgen) de metales (\*)**

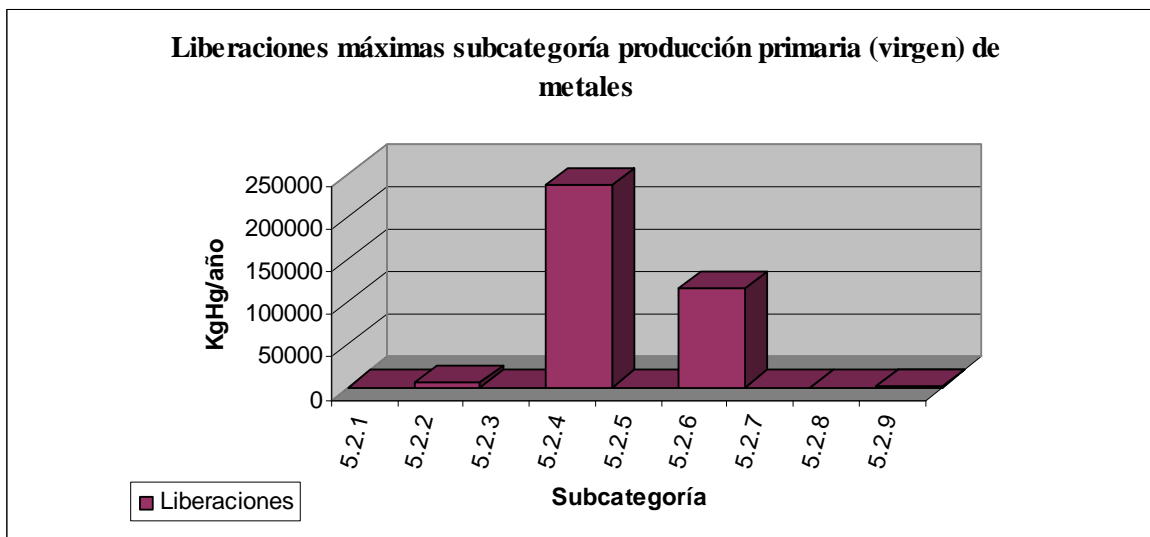


(\*) los valores de los gráficos son referenciales al orden de las subcategorías, los valores reales corresponden a los indicados en la Tabla 5

**Gráfico 26 “Liberaciones máximas por subcategoría”**



**Gráfico 27 Liberación máxima subcategoría “Producción primaria (virgen) de metales (\*\*)**



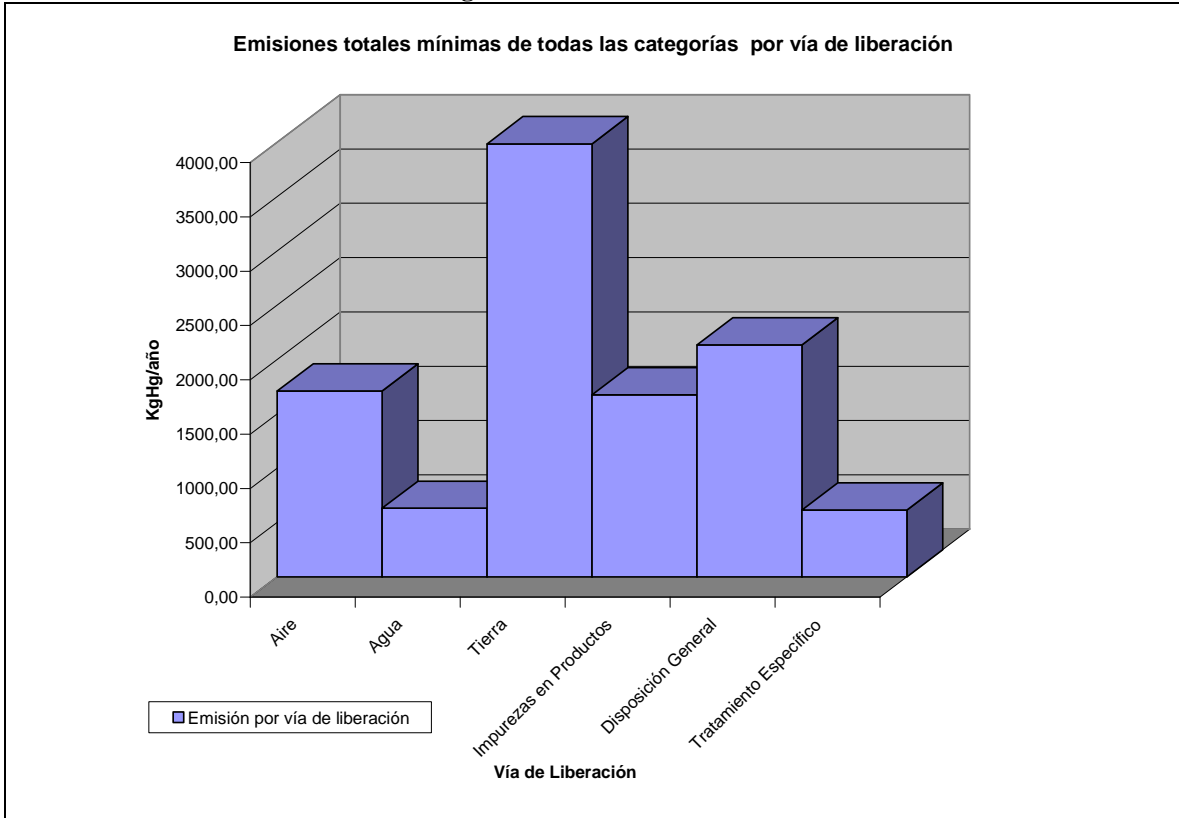
(\*\*) los valores de los gráficos son referenciales al orden de las subcategorías, los valores reales corresponden a los indicados en la Tabla 4

En las gráficas anteriores se muestran las liberaciones por subcategorías; se ha desplegado en forma individual la categoría “Producción primaria (virgen) de metales”, con el objetivo de poder apreciar mejor el resto de las subcategorías, las cuales presentan valores más pequeños, con respecto a esta.

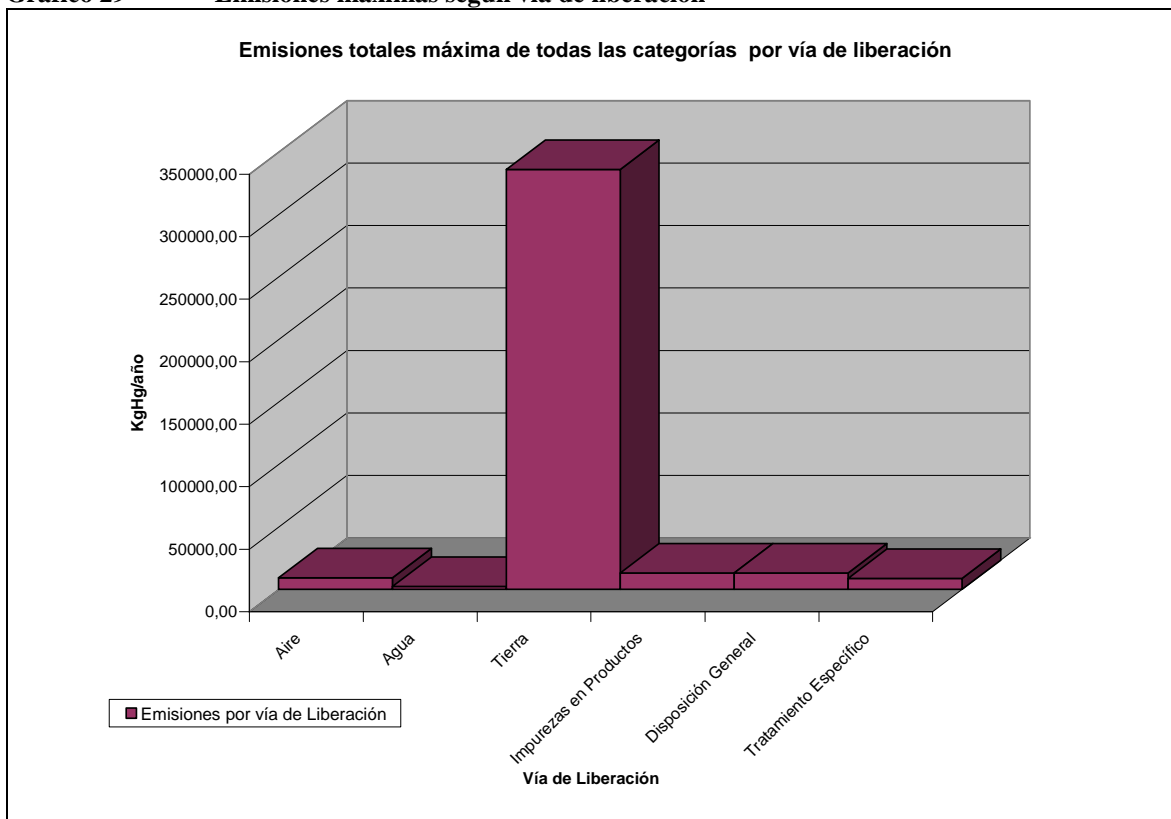
Destaca el hecho de que la subcategoría “Sistemas/tratamiento de aguas residuales”, cuyo factor de entrada asignado por el instrumental es alto, incide en que sobresalga como valor máximo en la gráfica de “liberación máxima por subcategoría”; cabe destacar que la distribución de salida está en función de lodos a “Sistema de Tratamiento de Sector Específico” y “disposición general”, ya que la salida a cursos de agua, se acotó al valor establecido en las Normativas Chilenas.

En las siguientes gráficas se pueden apreciar las emisiones mínimas y máximas de todas las subcategorías, según vía de liberación, para su posterior análisis:

**Gráfico 28** "Emisiones mínimas según vía de liberación"



**Gráfico 29** “Emisiones máximas según vía de liberación”



Respecto a las diferentes vías de liberación, las gráficas anteriores permiten observar que la principal vía de liberación corresponde a la tierra. La categoría que más contribuye a este medio, es la categoría “Producción primaria (virgen) de metales”, principalmente por el relave generado por la minería del cobre debido a la gran cantidad de mineral procesado; y las actividades de extracción de oro con y sin amalgamación de mercurio.

El incremento en depósitos generales se atribuye a productos desechados con contenido de mercurio, tales como pilas, termómetros, lámparas, etc., para los cuales no existe un tratamiento previo. En cuanto a los sectores, producción de energía en centrales termoeléctricas de carbón, biomasa, petróleo, gas natural, combustión con destilados del petróleo, fundiciones mineras, e incineración de residuos médicos, contribuyen con el mayor porcentaje de las liberaciones al aire a nivel nacional. Con respecto a la vía “impureza en productos”, esta se vería incrementada en gran medida por la subcategoría “Extracción y procesamiento inicial de cobre” y “Amalgamas dentales de mercurio”.



El sector minero, es una de las categorías que aún presenta un alto nivel de incertidumbre en los factores de entrada y distribución de salidas, a pesar de que se obtuvieron algunos datos para la confección de éste informe final. Sin embargo, se debe considerar la mejora de los datos dentro del plan de gestión de riesgos.

Otras fuentes importantes lo conforman las “centrales termoeléctricas a carbón”, “otros usos de combustión a carbón” y todos los procesos de combustión en general, en base a distintos combustibles, para los cuales no existe norma de emisión atmosférica asociada al mercurio. Una medida posible, sería incorporar al Decreto supremo 138, el declarar los contenidos de mercurio.

No obstante los esfuerzos, éstos deben seguir orientados a mejorar la información, con el objetivo de perfeccionar el inventario, antes de tomar decisiones trascendentales. Para ello, es necesario focalizar medidas más precisas, generar instancias como mesas de trabajo en diferentes sectores, con empresas que hacen manejo de residuos, con el objetivo de poder acceder a la información pertinente.

Cabe destacar que en el desarrollo del presente Inventario se ha incorporado la actividad de “Incendios forestales”, la cuál fue incluida en la subcategoría 5.1.6, “Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”.

Otras dos actividades incorporadas son la “Producción de cerámica” y “Producción de yeso”, incluidas en la subcategoría 5.3.4 “Otros minerales y materiales”, actividades que no estaban contempladas en el instrumental, las cuales fueron identificadas como actividades que contribuyen a la liberación de mercurio, y que representan una contribución a la alianza global.

Otro hecho importante en la confección del presente inventario, fue su desarrollo el inventario con un enfoque top-down y bottom-up, lo que se refleja en la poca incertidumbre de las tasas de actividad de los diferentes rubros del sector industrial; este hecho además permitió ir comparando y validando los datos en forma continua, lo que se refleja en el poder desagregar información a nivel regional, y en algunos casos a nivel de establecimiento, además de poder obtener una primera impresión de las liberaciones de mercurio por cada región del país.

En las gráficas siguientes se puede apreciar las liberaciones de mercurio considerados por región, para las siguientes subcategorías:

- 5.1.1 Combustión de carbón en grandes centrales de energía
- 5.1.2 Otros usos del carbón
- 5.1.3 Extracción, refinación y uso de aceites minerales
- 5.1.4 Extracción refinación y uso de gas natural
- 5.1.6 Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor
- 5.2.2 Extracción oro y plata con amalgamación de mercurio
- 5.2.3 Extracción y procesamiento inicial del zinc

- 5.2.4 Extracción y procesamiento inicial del cobre (sólo se consideran las fundiciones de cobre)
- 5.2.5 Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio.
- 5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos
- 5.3.1 Producción de cemento
- 5.3.2 Producción de pulpa y papel
- 5.3.3 Producción de cal y hornos de agregados ligeros
- 5.3.4 Producción y procesamiento de otras materias primas
- 5.7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)
- 5.8.3 Incineración de desechos médicos
- 5.9.5 Sistema/tratamiento de aguas residuales
- 5.10.1 Crematorios
- 5.10.2 Cementerios

Gráfico 30 “Liberaciones máximas por región”

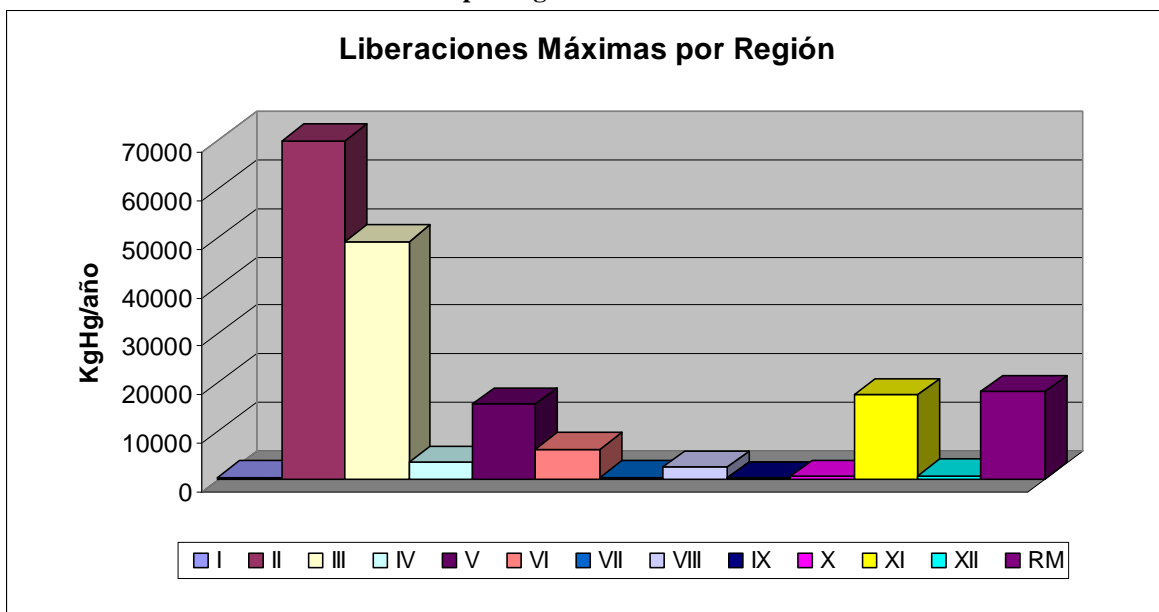
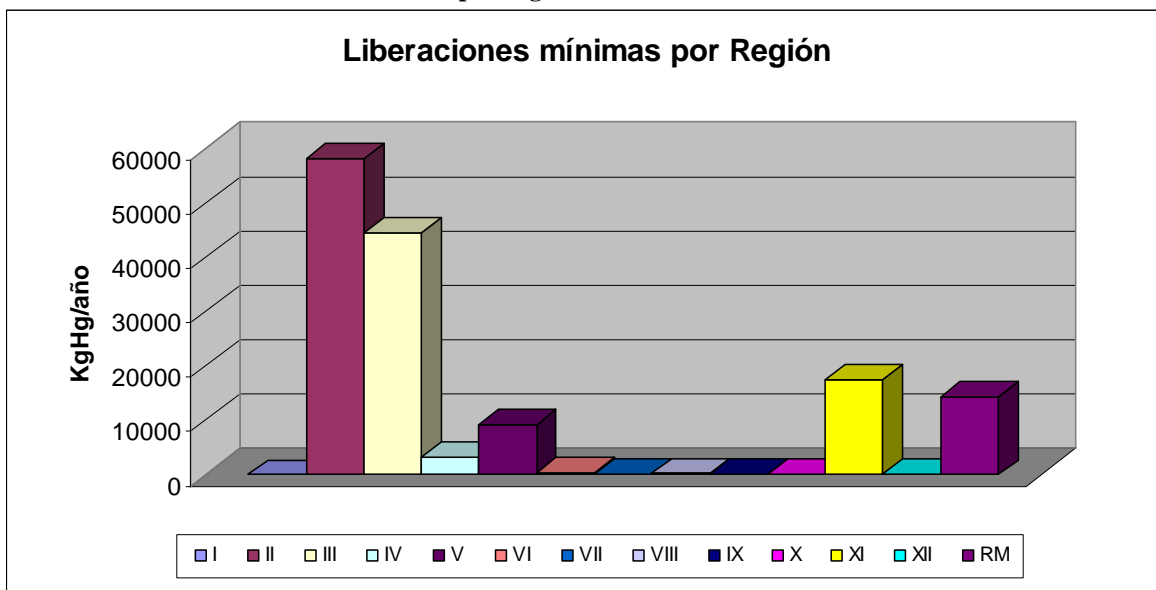


Gráfico 31 “Liberaciones mínimas por región”



De las gráficas anteriores es importante resaltar, que las regiones que muestran las liberaciones de mercurio más altas, están fuertemente influenciadas por la actividad minera (considerando solamente fundiciones), sector que ya fue analizado anteriormente.

Finalmente, las categorías “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio” y “Otros usos deliberados en productos/procesos”, se identifican como una de las categorías con mayor número de liberaciones; para el caso de Chile debido al uso y disposición; ya que no hay producción a nivel industrial, y su presencia se debe a la gran cantidad de importaciones; al mismo tiempo representan una de las categorías con mayores niveles de incertidumbre, debido a que los factores de entrada, son muy variables entre un producto y otro; identificándose una innumerable cantidad de productos que ingresan al país, para los cuales actualmente es muy difícil precisar con exactitud los contenidos de mercurio y que en algún momento serán liberados al medioambiente (riesgo potencial).

Sin embargo en estas categorías antes mencionadas es posible realizar mejoras en el corto plazo; con medidas tales como, mejorar las partidas aduaneras del Servicio Nacional de Aduanas, ya que actualmente la información se encuentra en forma muy dispersa, lo que no permite identificar en forma precisa los productos que contienen mercurio, por otra parte no existe regulación en Chile del ingreso de productos con contenido de mercurio, a excepción de los pesticidas, en los cuales se regula su ingreso, según resolución exenta desde el año 1993, lo que amerita una evaluación de poder nivelar la Normativa a nivel Internacional en forma gradual.

Se pudo constatar que en el área de la salud privada, en la gran mayoría de los centros de salud, no se permite entregar información por parte de sus funcionarios, lo que generó que la encuesta aplicada no entregara resultados satisfactorios; por lo que se deben generar sistemas de declaración para aquellos productos que son potenciales liberadores de mercurio, como es el caso de termómetros, esfigmomanómetros, amalgamas dentales, etc.

Finalmente después de haber sostenido diversas reuniones, con diferentes entidades del quehacer nacional, se puede concluir que existe voluntad de los sectores para realizar iniciativas en la mejora del proceso de obtención de información, como lo ha manifestado el Servicio Nacional de Aduanas.

Igualmente la Unidad de Salud Ocupacional, perteneciente a la Subsecretaría de Redes Asistenciales del Ministerio de Salud del país, acordó desarrollar una nueva encuesta, la cual será distribuida en los servicios de salud públicos, con el objetivo de mejorar la información de la cantidad y disposición de termómetros y esfigmomanómetros utilizados en los servicios asistenciales públicos del país. Para el desarrollo del presente Inventario, no fue posible aplicar dicho instrumento, por los plazos establecidos, pero sí puede ser posible su utilización dentro del “Plan de Gestión de Riesgos”.

Cabe destacar que el Departamento de Salud Bucal del Ministerio de Salud de Chile, manifestó la intención de hacer una reunión en conjunto con los Jefes de Programas de Salud Dental de la Región Metropolitana que representan más del 45% del total nacional, con el objetivo de generar instancias que permitan mejorar la información al respecto, y trabajar en conjunto ante el eventual desarrollo de un Plan de Gestión de Riesgos.

## 2.7 Resumen de Resultados del Inventario

A partir de los resultados obtenidos, la mayor fuente emisora de mercurio en el país corresponde a la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”. La categoría se encuentra representada por las subcategoría 5.2.6 “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”, la subcategoría 5.2.2: “Extracción de oro y plata con amalgamación de Mercurio” ya sea por el mercurio natural presente en este tipo de yacimientos y/o debido a que este elemento es utilizado en el proceso de obtención del oro (amalgamación) y la 5.2.4 “ Extracción y procesamiento inicial del cobre” debido a las fundiciones primarias y la gran cantidad de relaves generados.

En las siguientes tablas se puede apreciar el total de liberaciones mínimas y máximas de la categoría:

**Tabla 119 “Liberaciones mínimas de la categoría”**

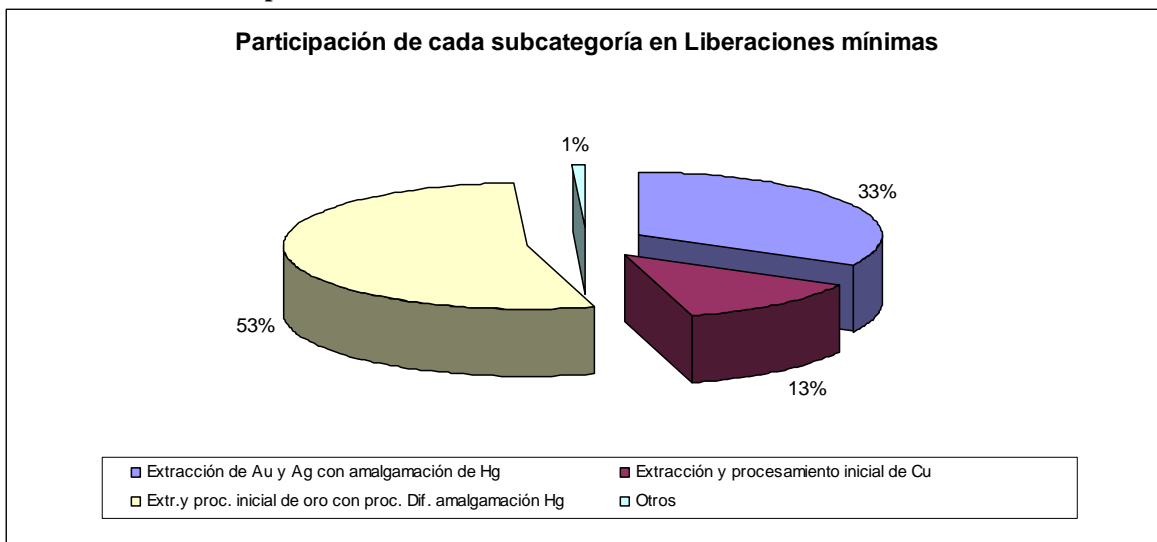
		Mercurio, Kg/año						
	Categoría de Fuente	Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico	Total
5.2	Producción primaria (virgen) de metales	611,65	35,97	119437,00	1187,73	0,00	434,39	121.706,74

**Tabla 120 “Liberaciones máximas de la categoría”**

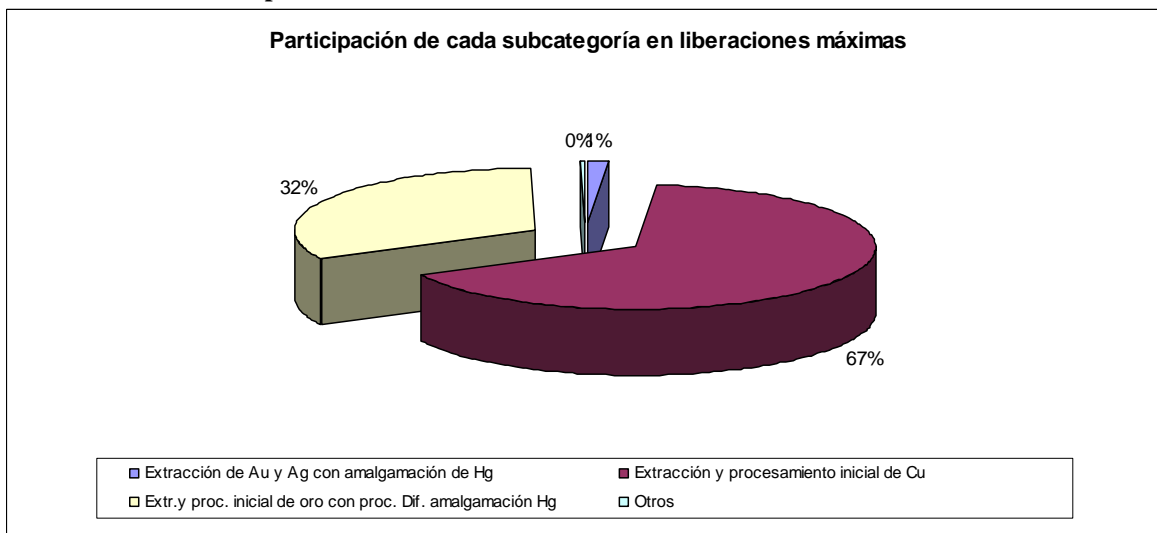
		Mercurio, Kg/año						
	Categoría de Fuente	Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico	Total
5.2	Producción primaria (virgen) de metales	4117,88	539,57	335320,18	11259,71	0,00	6529,60	357.766,95

A continuación se muestran el porcentaje de participación de las subcategorías que la componen

**Gráfico 32 Participación en las liberaciones mínimas**



**Gráfico 33 Participación en liberaciones máximas**



Las categorías que constituyen las mayores liberaciones sin considerar la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”; esta conformada por cinco de las diez categorías desarrolladas, las cuales se muestran a continuación:

**Tabla 121 Liberaciones mínimas por categoría de Fuente**

	Categoría de Fuente	Mercurio, Kg/año						Total
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico	
5.5	Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio	107,04	222,98	32,53	0,00	1888,32	0,00	2250,87
5.6	Otros usos deliberados de mercurio en Productos/procesos	16,27	115,07	0,00	488,02	98,80	99,20	817,36

5.1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	503,09	30,96	7,74	0,00	41,28	19,29	602,36
5.3	Producción de otros minerales	444	0	0	0	8	0	452
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas servidas	12,08	225,91	4,01	0,00	98,07	61,16	401,23

**Tabla 122 Liberaciones máximas por categoría de Fuente:**

		Mercurio, Kg/año						
	Categoría de Fuente	Aire	Agua	Suelo	Productos	Desechos Generales	Tratamiento específico	Total
5.5	Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio	619,13	636,81	406,68	0,00	7368,15	0,00	9030,77
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas servidas	120,84	778,28	120,22	0,00	5019,60	1864,70	7903,64
5.1	Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía	3794,89	30,96	7,74	0,00	437,17	53,6	4324,36
5.6	Otros usos deliberados de mercurio en Productos/procesos	65,07	456,68	0,00	1952,07	391,61	392,01	3257,44
5.3	Producción de otros minerales	593,89	0	0	0	7,88	0	601,77

### Resultados de Emisiones de Mercurio por Vía de Liberación

Respecto a las diferentes vías de liberación asociadas a las categorías estudiadas, la principal vía corresponde a la tierra, en cuyo caso la categoría de mayor contribución es la “Producción primaria (virgen) de metales.

El incremento en depósitos generales se atribuye a los productos desechados con contenido de mercurio, tales como pilas, termómetros, lámparas y otros, para los cuales no existe un tratamiento previo.

En cuanto a las liberaciones al aire a nivel nacional, los sectores productivos de mayor contribución son las centrales termoeléctricas de energía en base a carbón, biomasa, petróleo, gas natural, combustión con destilados del petróleo; las fundiciones mineras; e incineración de residuos médicos.

La vía de liberación “Impureza en Productos” se ve incrementada en gran medida por la subcategoría “Extracción y procesamiento inicial de cobre” y “Amalgamas dentales de mercurio”.

A continuación, se pueden apreciar en orden jerárquico las emisiones mínimas y máximas, según vías de liberación:

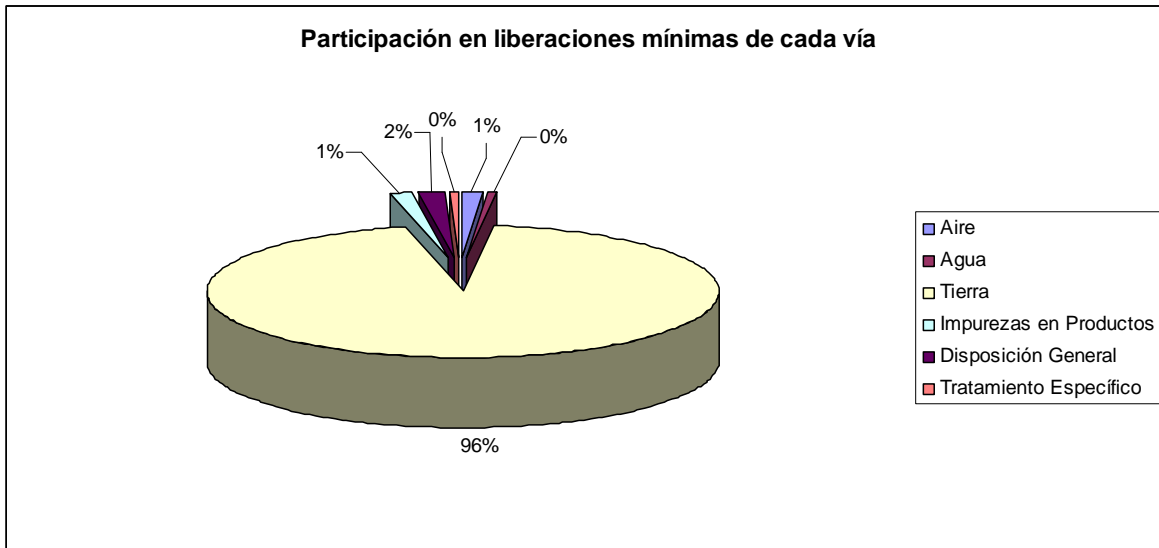
**Tabla 123 Emisiones mínimas por vía de liberación:**

Vía de Liberación	Mercurio Kg/año
1. Tierra	119.561,37
2. Disposición General	2.134,80
3. Aire	1.710,77
4. Impureza en Productos	1.675,94
5. Agua	630,90
6. Sector Tratamiento Específico	614,24

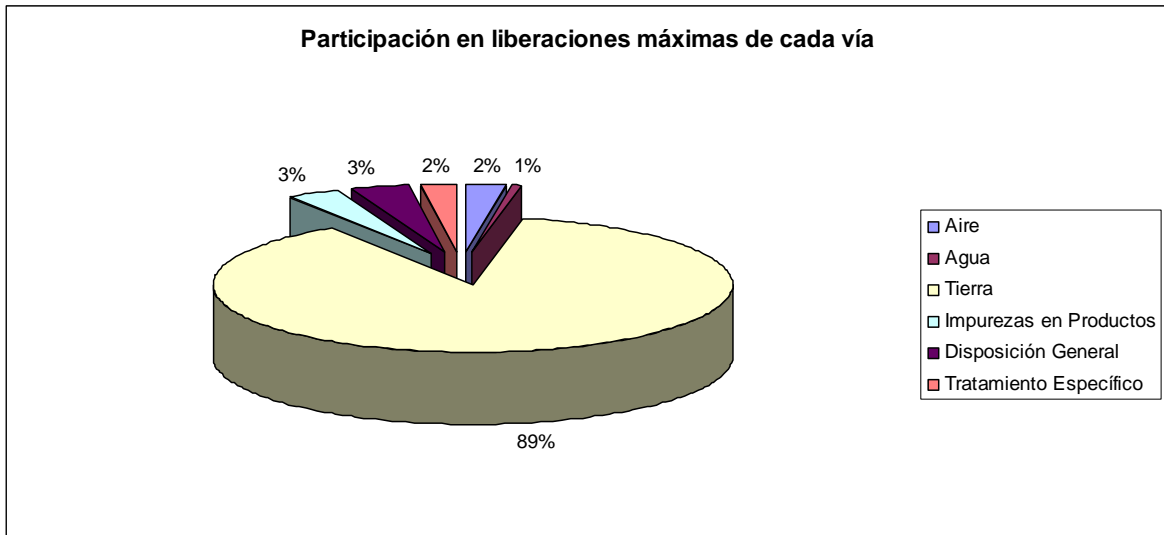
**Tabla 124 Emisiones máximas por vía de liberación:**

Vía de Liberación	Mercurio Kg/año
1. Tierra	336.175,16
2. Disposición General	13.228,92
3. Impureza en Productos	13.211,79
4. Aire	9409,23
5. Sector Tratamiento Específico	8.840,90
6. Agua	2.442,31

**Gráfico 34 Participación liberaciones mínimas en vías**



**Gráfico 35 Participación liberaciones máximas en vías**





## Resultados de Liberaciones de Mercurio por Subcategorías

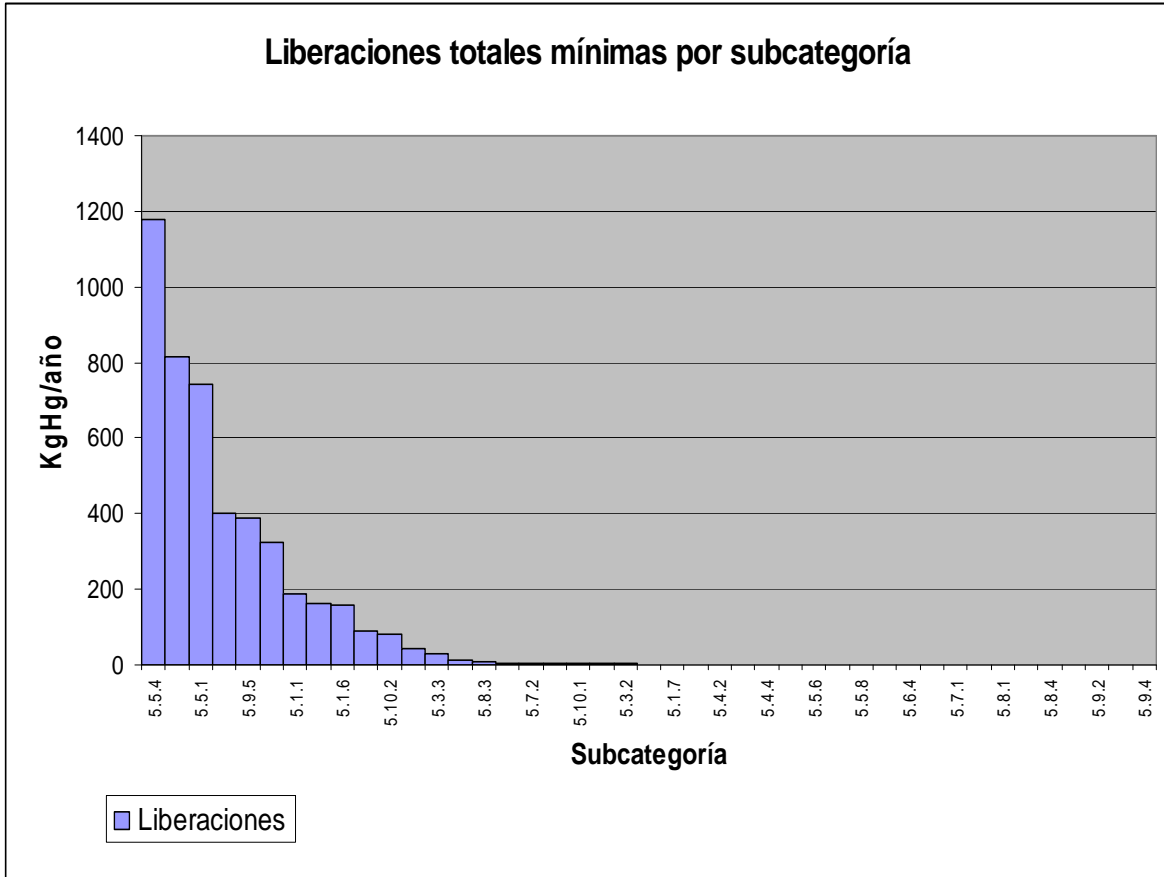
**Tabla 125 Subcategorías con mayor participación en las emisiones de mercurio**

Liberaciones mínimas KgHg/año		Liberaciones máximas Kg Hg/año	
5.2.4 “Extracción y procesamiento inicial de cobre”	1.829	5.2.4 “Extracción y procesamiento inicial de cobre”	236.849
5.2.6 “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”	115.084	5.2.6 “Extracción y procesamiento inicial de oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio”	115.084
5.2.2 “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”	4.683	5.2.2 “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”	4.683
5.5.4 “Pilas con mercurio”	1.179	5.9.5 “Sistemas/tratamiento de aguas residuales”	7.783
5.6.1 “Amalgamas dentales de mercurio”	813	5.5.2 “Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio”	4.067
5.5.1 “Termómetros con mercurio”	743	5.6.1 “Amalgamas dentales de mercurio”	3.253
5.3.1 “Producción de cemento”	374	5.5.4 “Pilas con mercurio”	2.838
5.9.5 “Sistemas/tratamiento de aguas residuales”	389	5.5.1 “Termómetros con mercurio”	2.123
5.5.2 “Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio”	325	5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”	1.865
5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”	187	5.1.2 “Otros usos de carbón”	1.479
5.1.2 “Otros usos de carbón”	164	5.3.1 “Producción de cemento”	523
5.1.6 “Energía a base de quema de biomasa y producción de calor”	160	5.1.4 “Gas natural – extracción, refinación y uso”	481
5.1.3 “Aceites minerales – extracción, refinación y uso”	88	5.1.6 “Energía a base de quema de biomasa y producción de calor”	355
5.10.2 “Cementerios”	80	5.10.2 “Cementerios”	320
5.3.4 “Otros minerales y materiales”	44	5.1.3 “Aceites minerales – extracción, refinación y uso”	143
5.3.3 “Producción de cal y hornos de agregados ligeros”	31	5.9.1 “Rellenos sanitarios/depósitos controlados”	121
5.9.1 “Rellenos sanitarios/depósitos controlados”	12	5.7.2 “Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)”	45

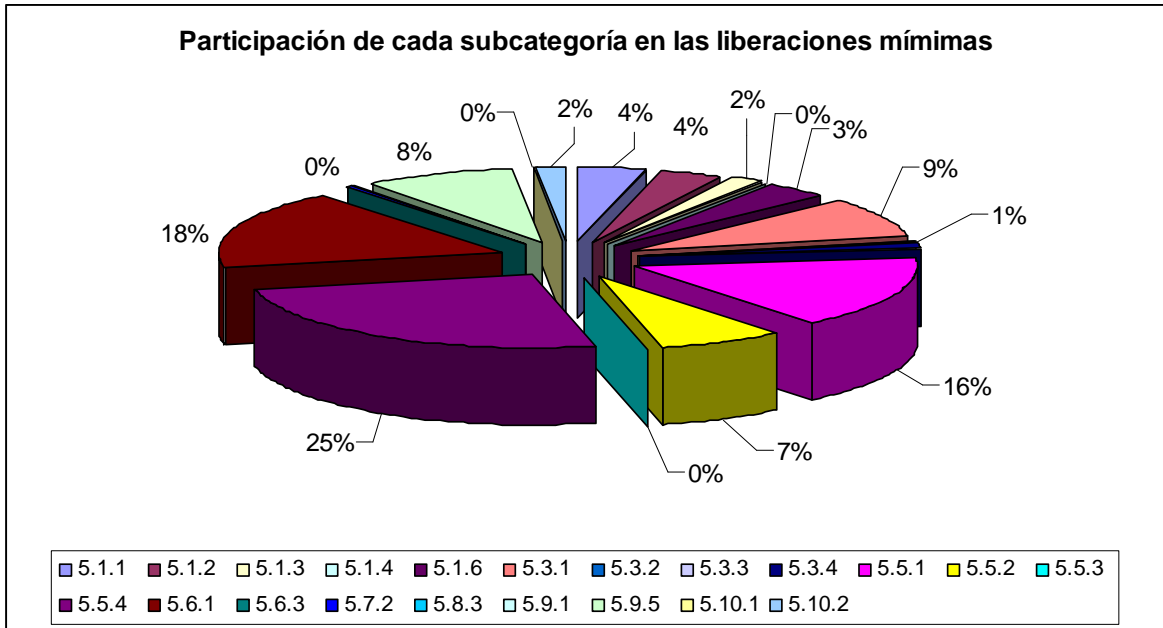
5.8.3 “Incineración de desechos médicos”	9	5.8.3 “Incineración de desechos médicos”	44
--	---	--	----

A continuación, en las gráficas siguientes, se puede apreciar las liberaciones mínimas y máximas por subcategoría

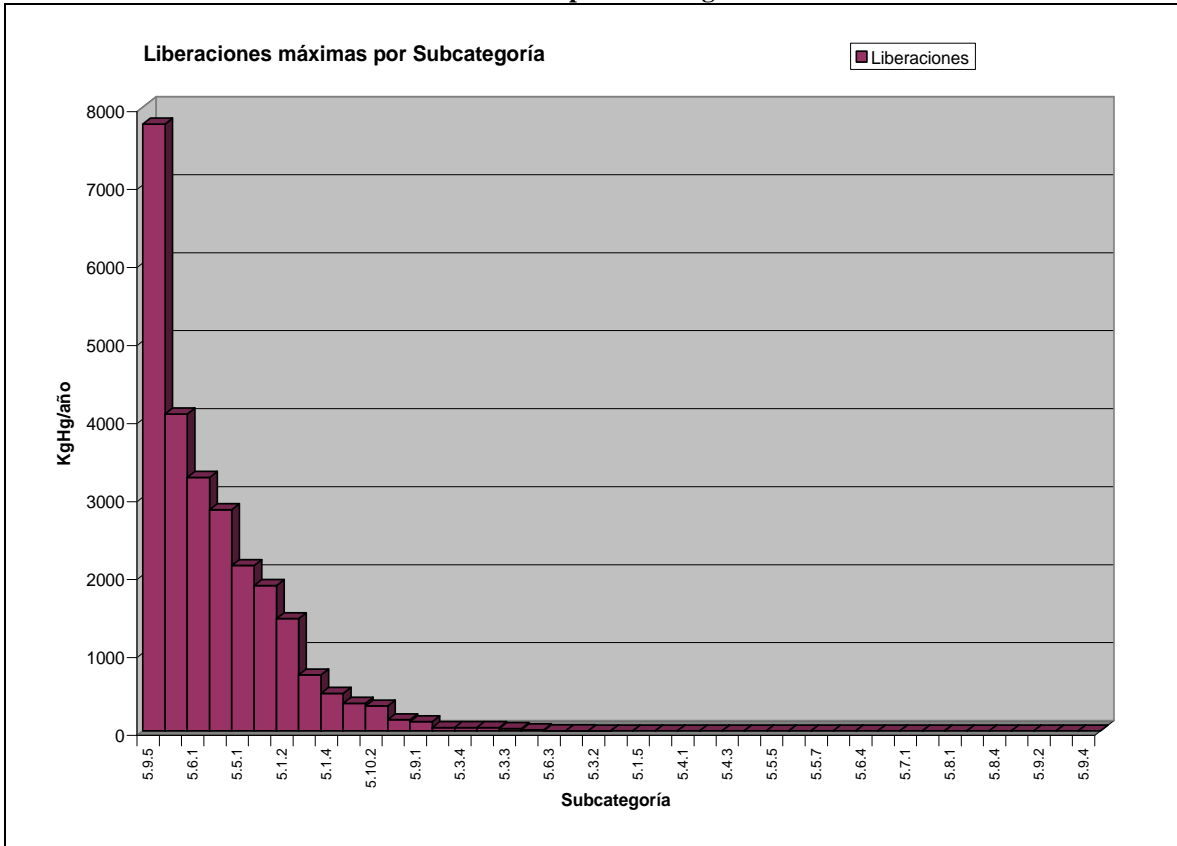
**Gráfico 36 “Liberaciones mínimas por subcategoría”**



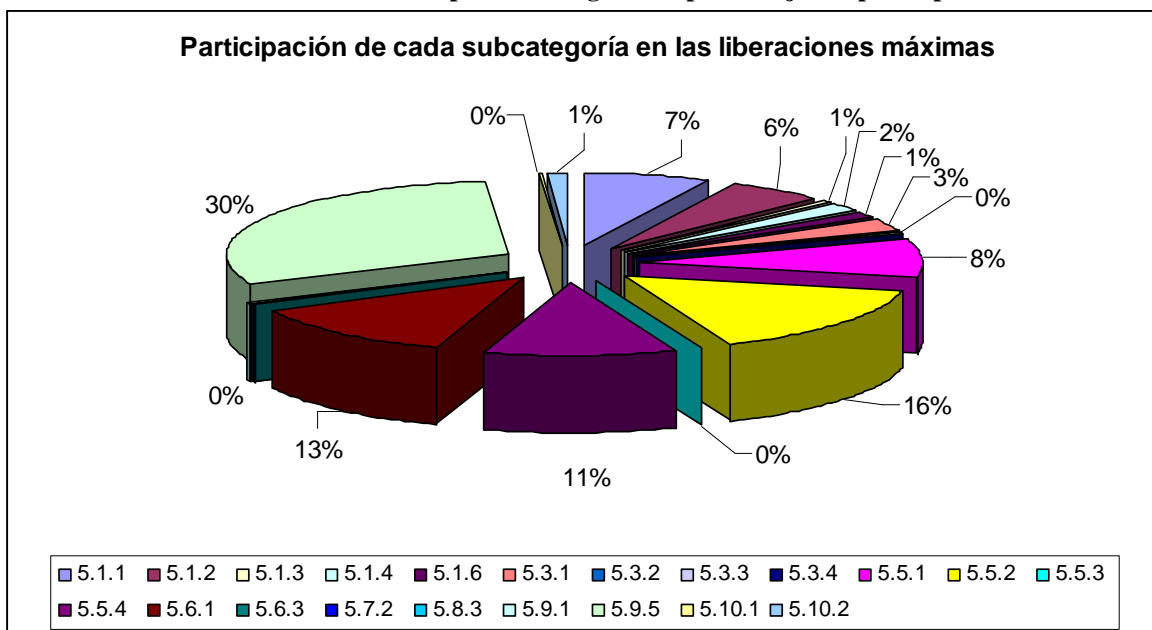
**Gráfico 37 Participación en liberaciones mínimas**



**Gráfico 38 “Liberaciones máximas por subcategoría”**



**Gráfico 39 Liberaciones máximas por Subcategoría en porcentajes de participación**

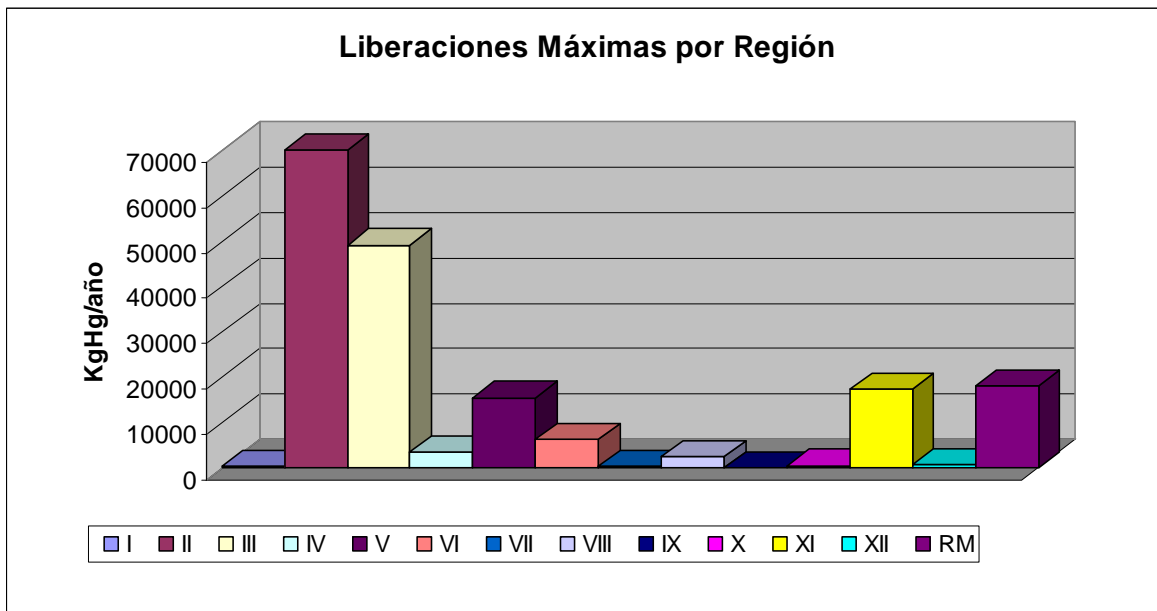


## RESULTADO DE LIBERACIONES DE MERCURIO POR REGIÓN

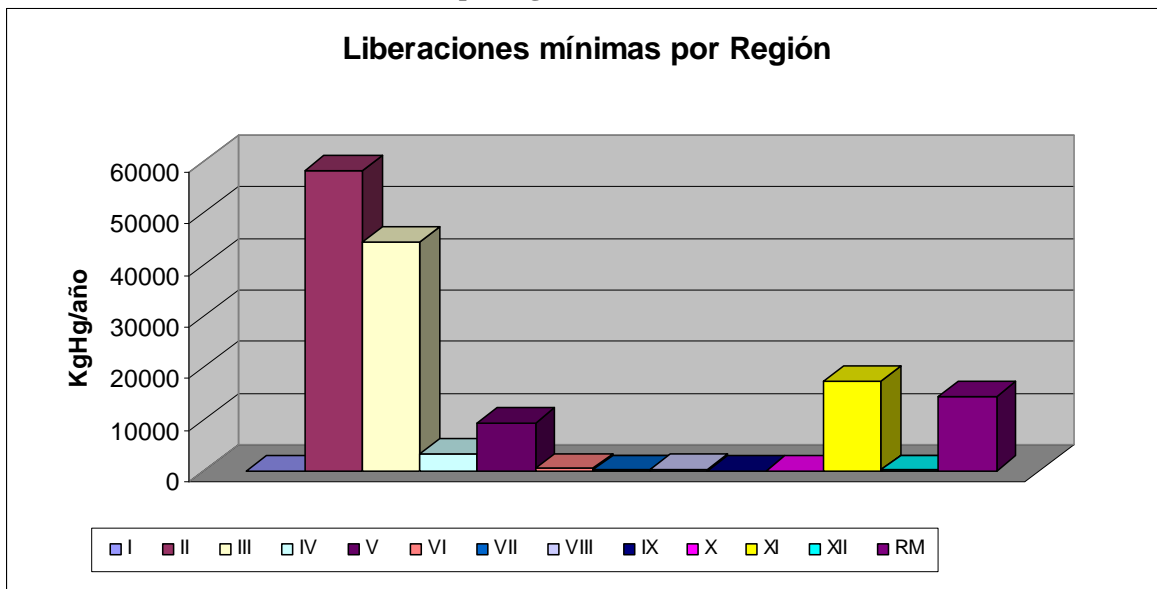
En el listado siguiente se puede apreciar las liberaciones de mercurio consideradas por región, para las siguientes subcategorías:

- 5.1.1 Combustión de carbón en grandes centrales de energía
- 5.1.2 Otros usos del carbón
- 5.1.3 Extracción, refinación y uso de aceites minerales
- 5.1.4 Extracción refinación y uso de gas natural
- 5.1.6 Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor
- 5.2.2 Extracción oro y plata con amalgamación de mercurio
- 5.2.3 Extracción y procesamiento inicial del zinc
- 5.2.4 Extracción y procesamiento inicial del cobre
- 5.2.5 Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación de mercurio.
- 5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos
- 5.3.1 Producción de cemento
- 5.3.2 Producción de pulpa y papel
- 5.3.3 Producción de cal y hornos de agregados ligeros
- 5.3.4 Producción y procesamiento de otras materias primas
- 5.7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)
- 5.8.3 Incineración de desechos médicos
- 5.9.5 Sistema/tratamiento de aguas residuales
- 5.10.1 Crematorios
- 5.10.2 Cementerios

**Gráfico 40 “Liberaciones máximas por región”**



**Gráfico 41 “Liberaciones mínimas por región”**



Las liberaciones de mercurio más altas, están fuertemente influenciadas por la actividad minera.

Finalmente, exceptuando la categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”, las categorías “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio” y “Otros usos deliberados en productos/procesos”, se identifican como una de las categorías con mayor número de liberaciones; para el caso de Chile debido al uso y disposición; ya que no hay producción a nivel industrial, y su presencia se debe a la gran cantidad de importaciones que ingresan al país.

## 2.8 Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio

Dentro del desarrollo del estudio se contempló la realización de visitas a sitios potencialmente contaminados por mercurio en la III Región de Atacama, IV Región de Coquimbo, V Región de Valparaíso, Región Metropolitana, VIII Región del Bío Bío y en la X Región de Los Lagos.

Para llevar a cabo las visitas ha sido necesaria la coordinación con las respectivas Direcciones Regionales de CONAMA, para posteriormente crear un listado de sitios y programar las actividades de terreno.

A continuación se presenta el reporte de las actividades relacionadas con el catastro de sitios potencialmente contaminados por mercurio, en las regiones contempladas por el estudio.

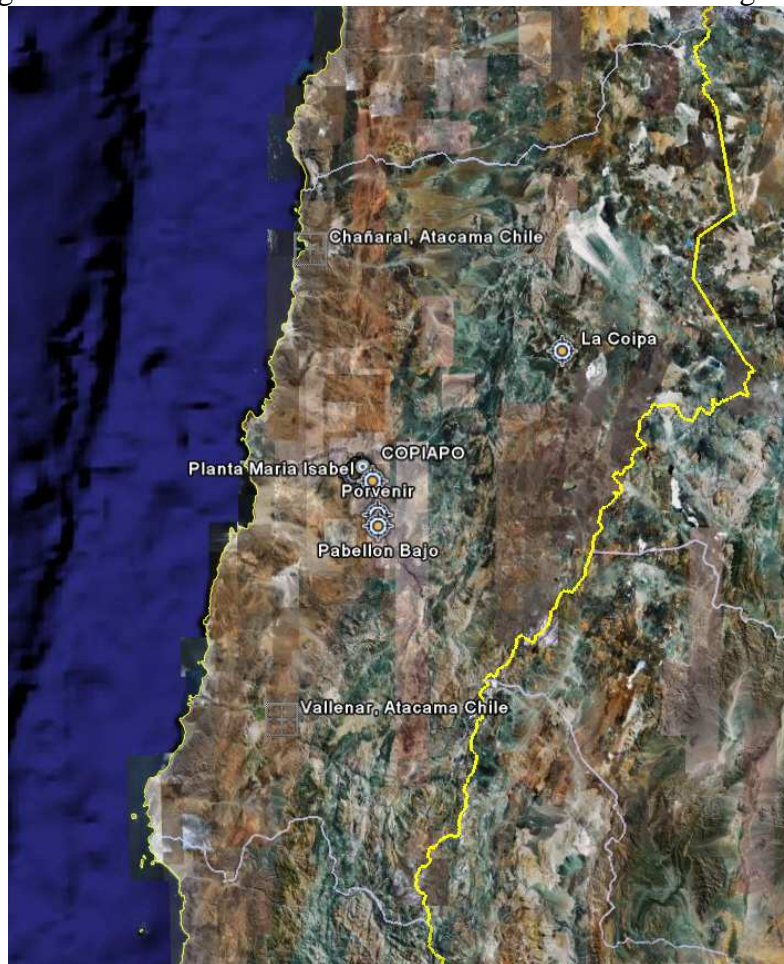
- **III Región de Atacama**

La siguiente tabla resume los lugares y fechas de las visitas realizadas.

**Tabla 126: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la III Región”**

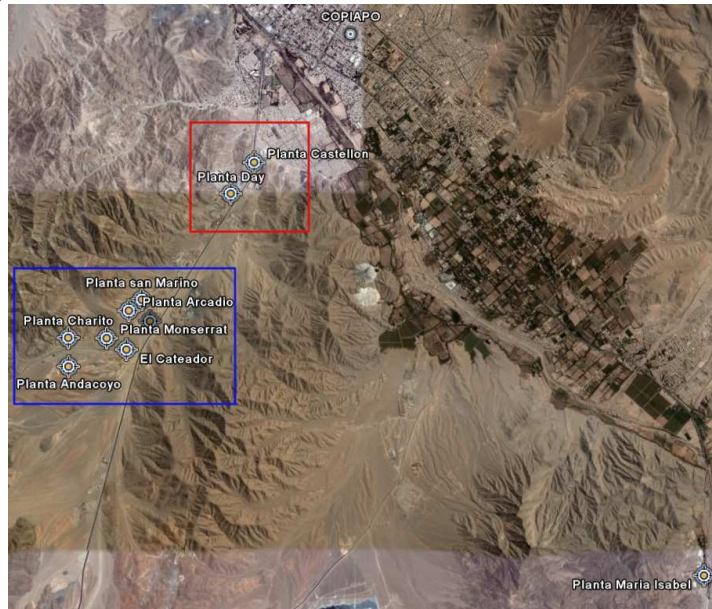
Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
III	Copiapó	17/10/2007	Relave de faena Minera La Coipa
III	Tierra Amarilla	18/10/2007	Sector Pabellón Bajo
III	Copiapó	18/10/2007	Relave Porvenir
III	Tierra Amarilla	18/10/2007	Planta Maria Isabel
III	Copiapó	18/10/2007	Planta Castellón
III	Copiapó	18/10/2007	Planta minera ojos de agua
III	Copiapó	18/10/2007	El Cateador
III	Copiapó	18/10/2007	Planta de amalgamación Guerrero Hermanos
III	Copiapó	19/10/2007	Planta Day
III	Copiapó	19/10/2007	Planta San Marino
III	Copiapó	19/10/2007	Planta Montserrat
III	Copiapó	19/10/2007	Planta Andacollo
III	Copiapó	19/10/2007	Planta Charito

La siguiente figura ilustra la ubicación de los sitios visitados en la III Región.

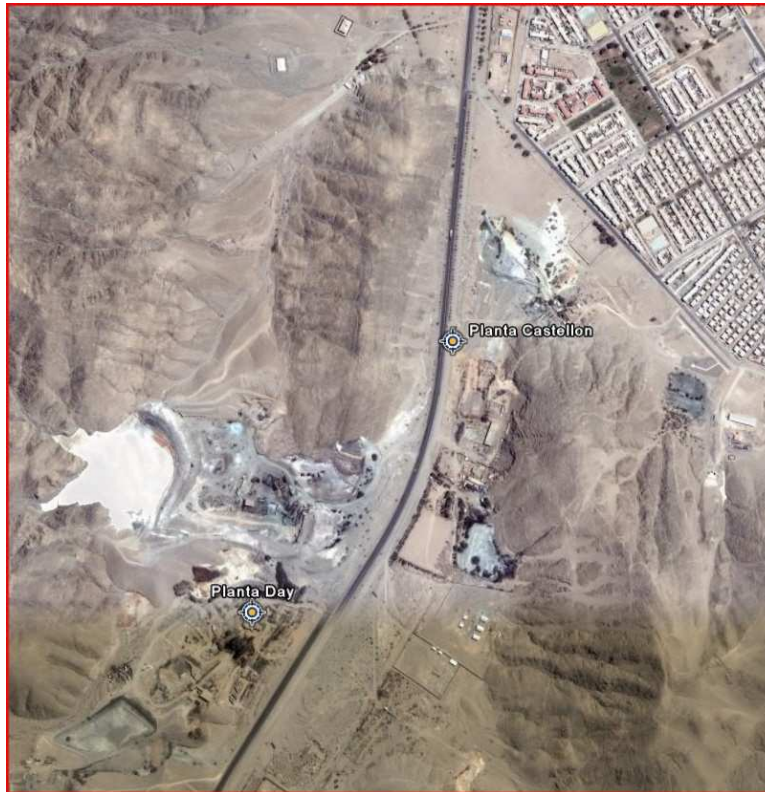


**Figura 7: “Lugares visitados en la III Región de Atacama”**

Las siguientes figuras muestran los sitios visitados en las cercanías de Copiapó.



**Figura8: “Lugares visitados en Copiapó”**



Fuente: Google Earth

**Figura9: “Lugares visitados en Copiapó”**





Fuente: Google Earth  
**Figura10: “Lugares visitados en Copiapó”**

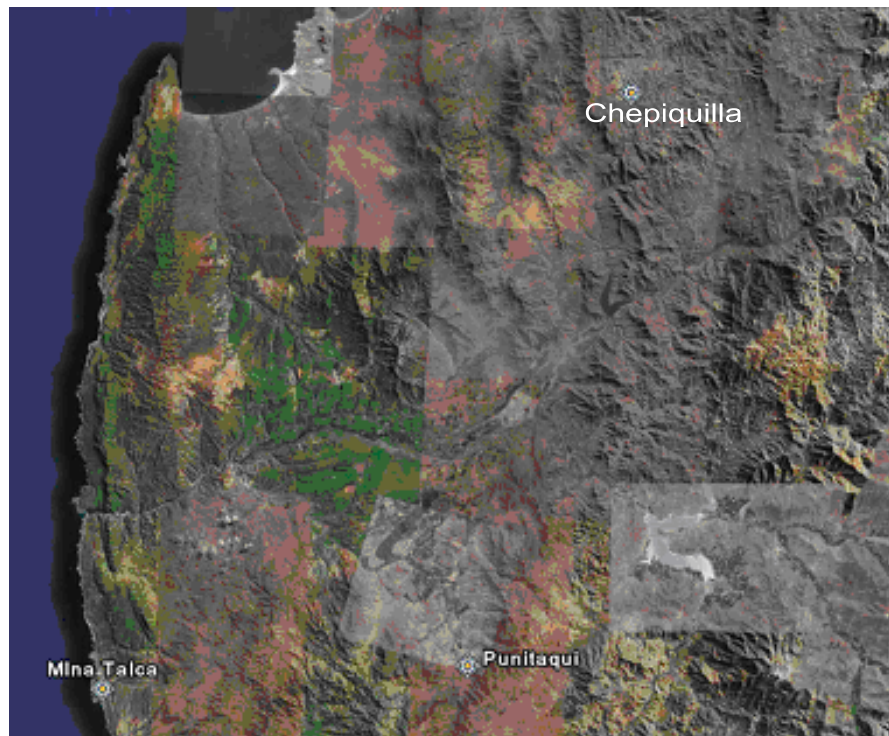
- **IV Región de Coquimbo**

La siguiente tabla resume los lugares y fechas de las visitas realizadas.

**Tabla 127: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la IV Región”**

Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
IV	Punitaqui	23/08/2007	Planta abandonada de procesamiento de Mercurio
IV	Punitaqui	23/08/2007	Relave antiguo
IV	Punitaqui	23/08/2007	Rajo Delirio - Ex faena aurífera
IV	Ovalle	23/08/2007	Mineral de Talca, Planta la Ventolera
IV	Ovalle	23/08/2007	Relave encarpetaado de mineral de Talca
IV	Andacollo	24/08/2007	Entrada a localidad de Chepiguilla
IV	Andacollo	24/08/2007	Planta Ponce

La siguiente figura ilustra la ubicación de los sitios visitados en la IV Región.



Fuente: Google Earth

**Figura11: “Lugares visitados en la IV Región de Coquimbo”**

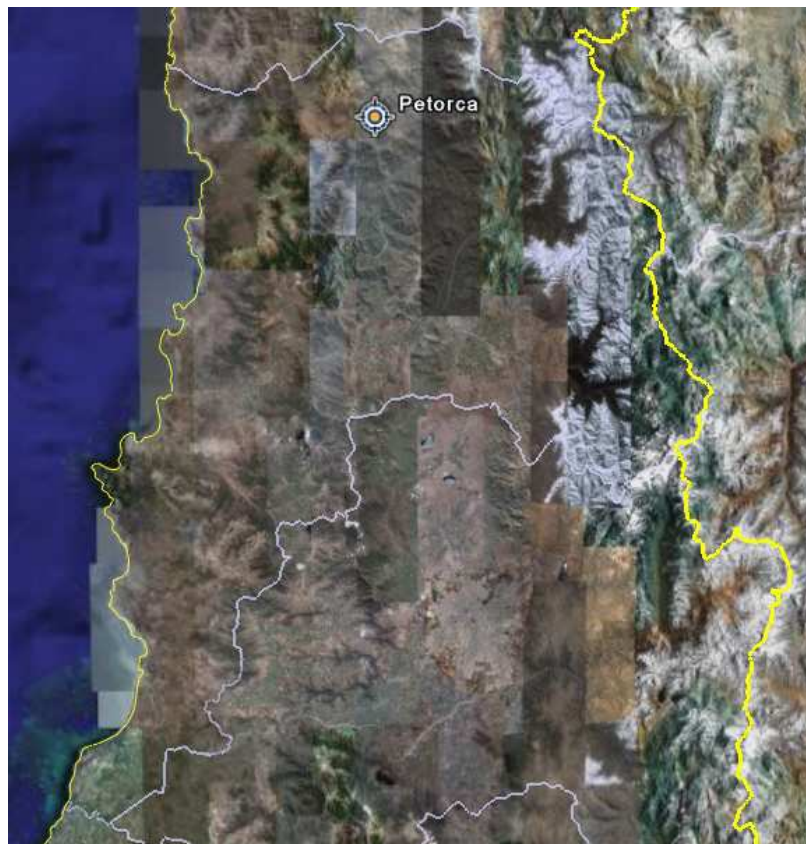
- **V Región de Valparaíso**

La siguiente tabla resume los lugares y fechas de las visitas realizadas.

**Tabla 128: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la V Región”**

Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
V	Petorca	06/12/2007	Rivera del Río Petorca
V	Petorca	06/12/2007	Rivera del Río Petorca

La siguiente figura ilustra la ubicación de los sitios visitados en la V Región.



**Fuente:** Google Earth

**Figura12: “Lugares visitados en la V Región de Valparaíso”**

- **VIII Región del Bío Bío**

La siguiente tabla resume los lugares y fechas de las visitas realizadas.

**Tabla 129: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la VIII Región del Bío Bío”**

Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
VIII	Coihueco	04/12/2007	Minas del Prado
VIII	Talcahuano	04/12/2007	Lenga

La siguiente figura ilustra la ubicación de los sitios visitados en la VIII Región del Bío Bío.



Fuente: Google Earth

**Figura13: “Lugares visitados en la VIII Región del Bio Bio”**

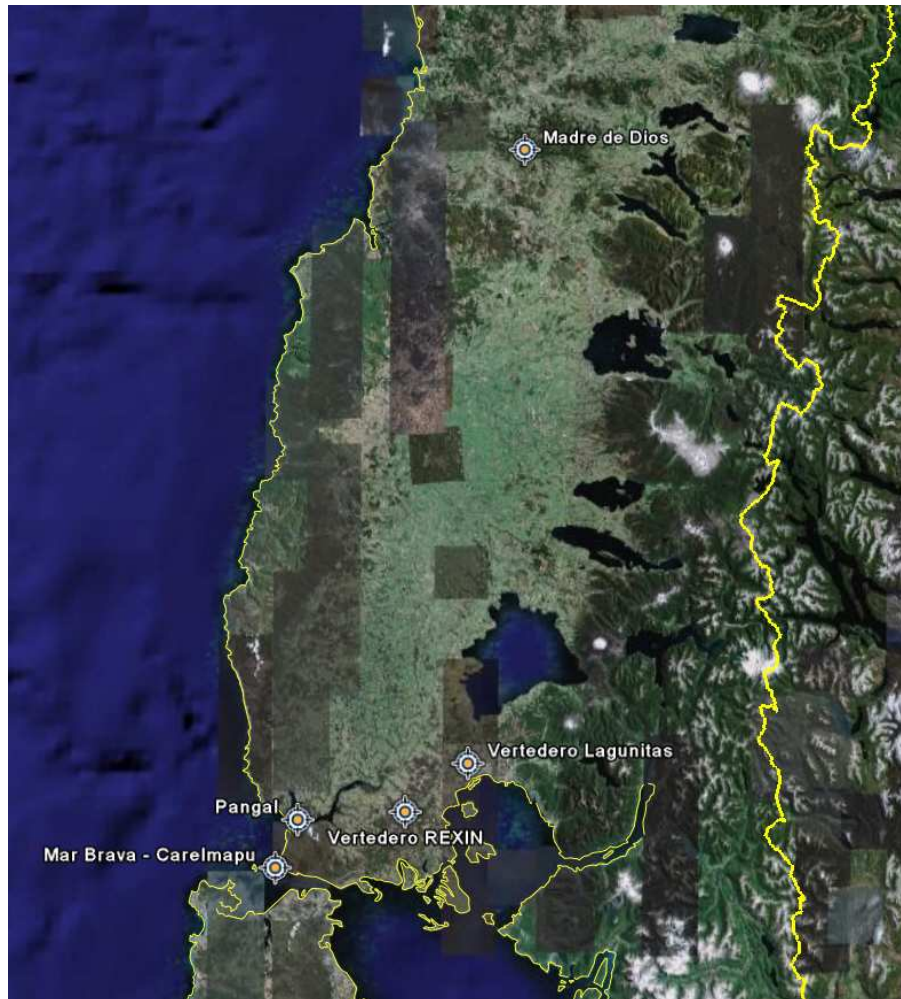
- **X Región de Los Lagos**

La siguiente tabla resume los lugares y fechas de las visitas realizadas.

**Tabla 130: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la X Región de Los Lagos”**

Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
X	Puerto Montt	22/10/2007	Vertedero Municipal Lagunitas
X	Calbuco	22/10/2007	Vertedero Industrial REXIN
X	San José de Mariquina	23/10/2007	Sector Madre de Dios
X	Mauñín	24/10/2007	Mar Brava
X	Mauñín	24/10/2007	Pangal

La siguiente figura ilustra la ubicación de los sitios potencialmente contaminados con mercurio, visitados en la X Región de Los Lagos.



Fuente: Google Earth

**Figura14: “Lugares visitados la X Región de Los Lagos”**

- **Región Metropolitana**

La siguiente tabla resume el lugar y la fecha de la visita realizada

**Tabla 131: “Visitas realizadas a sitios potencialmente contaminados con mercurio en la Región Metropolitana”**

Región	Comuna	Fecha	Nombre del Sitio
METROPOLITANA	TILTIL	11/12/2007	Relleno Sanitario Loma Los Colorados KDM

### **2.8.1 Resultados del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados por Mercurio**

Durante las visitas a terreno se trabajó en la tarea central de determinar de una manera preliminar las rutas de exposición de mayor importancia. Para ello, se acudió a los sitios previamente identificados en los que se presume la presencia de mercurio, aplicando la ficha básica de inspección, con el fin de verificar los medios ambientales que pudieran estar contaminados; los puntos de exposición de mayor riesgo y las vías de exposición más probables (ingestión, inhalación, contacto directo, absorción de raíz, etc.) y por último, la población potencialmente receptora de la o las sustancias involucradas.

Esta ficha ha sido una herramienta fundamental para realizar esta segunda priorización de sitios, en función de los puntajes de riesgo relativo ambiental. Su aplicación sustenta el uso posterior de la ficha o planilla de ponderación para la evaluación preliminar de riesgo, la que a través de un sistema de ponderaciones permite realizar evaluaciones comparativas entre diferentes sitios potencialmente contaminados.

#### **Asignación de puntajes**

La información recopilada de cada SPC en la ficha de inspección ha permitido obtener el segundo listado priorizado de sitios potencialmente contaminados con mercurio. Este listado lleva, entonces, a la definición de la categoría de cada uno de los sitios, en función de los resultados obtenidos, de acuerdo a su ponderación.

#### **Ponderación de Sitios**

El sistema de ponderación permite estimar, de manera preliminar y cualitativa, el riesgo ambiental de un sitio a través de la aplicación de un valor numérico sobre diferentes criterios que contiene la ficha. Como tal, es una evaluación que orienta a una segunda priorización del sitio, con el objeto de evaluar si corresponde avanzar a una fase de evaluación más detallada.

## **Clasificación de los sitios**

Una vez obtenido el puntaje del sitio se deberá clasificar los sitios en forma manual en algunas de las siguientes categorías:

**Categoría 1:** Sitio con alto riesgo ambiental y de salud humana. El sitio requiere de una urgente evaluación detallada de riesgo para la remediación.

**Categoría 2:** Sitio Contaminado. El sitio requiere de una evaluación de exposición detallada. Puede requerir de un monitoreo.

**Categoría 3:** Sitio con Presencia de Contaminantes. El sitio requiere de una investigación confirmatoria sobre la presencia de contaminantes y una evaluación preliminar de riesgo. El sitio puede requerir un monitoreo.

**Categoría 4:** Sitio con Sospechas de presentar contaminantes. El sitio requiere de una medición cuantitativa (o semicuantitativa) para identificar la presencia de contaminantes en el sitio.

**Categoría 5:** Sitio con Potencial Presencia de Contaminantes. El sitio requiere de la aplicación de la Ficha de Inspección.

**Categoría 0:** Mínimo Riesgo ambiental y de Salud Pública. El sitio puede ser excluido del catastro.

Para la clasificación de los sitios inspeccionados a la categoría 4 se deben cumplir a lo menos uno de los siguientes criterios:

1. Presencia de rutas completas de exposición.
2. Alto Riesgo preliminar, es decir puntaje igual o superior a los 40 puntos.
3. Existencia de evidencias, ya sea cualitativas o cuantitativas, que inducen a sospechar un riesgo a la salud humana y/o medio ambiente.

A continuación se presentan los resultados del catastro de sitios potencialmente contaminados con mercurio, que proponen la segunda priorización de sitios potencialmente contaminados, sobre la base de la aplicación de las fichas de inspección de terreno.

**Tabla 132 “Priorización de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio”**

Nombre del sitio	Comuna	Región	Puntaje
Sector Pabellón	Tierra Amarilla	Atacama (III)	61
Planta Ponce	Andacollo	Coquimbo (IV)	56
Relave antiguo	Paiguano	Coquimbo (IV)	53
Relave Porvenir	Tierra Amarilla	Atacama (III)	53
Entrada a localidad de Chepiquilla	Andacollo	Coquimbo (IV)	51
Rivera del Río Petorca 1	Petorca	Valparaíso (V)	49
Planta El Empalme - Regin	Puerto Montt	Los Lagos (X)	49
Vertedero Lagunitas	Puerto Montt	Los Lagos (X)	48
Relave faena minera La Coipa	Copiapó	Atacama (III)	47
Rivera del Río Petorca 02	Petorca	Valparaíso (V)	47
Planta Maria Isabel	Tierra Amarilla	Atacama (III)	47
Planta abandonada Punitaqui	Punitaqui	Coquimbo (IV)	41
Mineral de Talca	Ovalle	Coquimbo (IV)	41
Planta Castellón	Copiapó	Atacama (III)	40
El Cateador	Copiapó	Atacama (III)	38
Relleno Sanitario Loma Los Colorados KDM	Til- Til	Metropolitana (RM)	38
Planta Minas del Prado	Coihueco	Bio-Bio (VIII)	36
Planta Day	Copiapó	Atacama (III)	35
Planta Andacollo	Copiapó	Atacama (III)	34
Planta Arcadio	Copiapó	Atacama (III)	34
Santuario de la Naturaleza de Lengua	Hualpén	Bio-Bio (VIII)	34
Rajo del Río	Punitaqui	Coquimbo (IV)	33
Planta Charito	Copiapó	Atacama (III)	33
Relave en encarpelado de Mineral de Talca	Ovalle	Coquimbo (IV)	32
Planta San Marino	Copiapó	Atacama (III)	32
Sector Madre de Dios	Mariquina	Los Lagos (X)	31
Planta Montserrat	Copiapó	Atacama (III)	31
Mar Brava	Maullín	Los Lagos (X)	30
Planta minera Ojo de Agua	Copiapó	Atacama (III)	30



## 2.8.2 Conclusiones y Comentarios sobre el Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados por Mercurio.

### ▪ *La naturaleza de los contaminantes en análisis y sus riesgos asociados*

En el caso del mercurio, al ser esta una sustancia que presenta una serie de efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, y al tratarse de un contaminante que se encuentra en la agenda química internacional, es de gran relevancia y sería recomendable aumentar la ponderación total de los resultados que se obtengan de investigaciones de detalle, que sean aplicadas a aquellos sitios priorizados en este trabajo.

### ▪ *La movilidad del o los contaminantes*

En cuanto a la movilidad del mercurio, lo cual tiene relación directa con la ruta de esta sustancia, y que en gran parte define el riesgo asociado a cada sitio potencialmente contaminado, en el trabajo de terreno se ha considerado su volatilidad y su movilidad por arrastre por escorrentías superficiales, subsuperficiales o subterráneas, además de su susceptibilidad de constituir un compuesto o elemento bioacumulable.

### ▪ *Las rutas del mercurio*

Las fichas de inspección también han permitido considerar las posibles rutas mediante las que en cada sitio en particular, el mercurio podría ser capaz de alcanzar a los receptores (sean éstos personas u otros componentes del medio, tales como flora, fauna, recursos hídricos, etc.). Efectivamente, se consigna información relativa a la existencia de cursos de agua, características del terreno, etc.

### ▪ *El uso del suelo*

Por último, las fichas de inspección contemplan el levantamiento de información acerca del uso del suelo, para determinar la posible existencia de receptores que puedan entrar en contacto con el mercurio eventualmente presente en cada sitio visitado.

### ▪ **Sobre la priorización de los sitios visitados**

Como es posible observar a partir de la tabla de Priorización de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio, los sitios que presentan un mayor puntaje, corresponden a los de las regiones de Atacama y Coquimbo. En estos destaca el sitio denominado “Sector Pabellón” en Tierra Amarilla, con 61 puntos. Lo siguen los sitios denominados “Planta Ponce” en Andacollo (IV Región), con 56 puntos; “Relave Antiguo” de Paiguano, y “Relave Porvenir” de Tierra Amarilla, ambos con 53 puntos; y luego el sitio identificado en las fichas como “Entrada a la Localidad de Chepiquilla” en Andacollo, con 51.

Para el caso de Andacollo en la Región de Coquimbo, una situación especial que es evidente al visitar la ciudad. En ella se observa una gran concentración de sitios relacionados con la minería del oro abandonados, en las inmediaciones del área urbana. Se trata de zonas residenciales, comerciales y de recreación, en muchos casos a sólo metros de distancia de antiguos relaves. Todo ello, sin dejar de mencionar la importancia de la ciudad de Andacollo, al tratarse de un sitio patrimonial, de interés cultural y religioso, en donde se llevan a cabo dos importantes fiestas de la tradición católica, eventos a los que concurre una gran cantidad de turistas de la región y de todo el país.

Una situación similar ocurre con el sitio denominado “Santuario de la Naturaleza de Lengua”, en la comuna de Hualpén, en la Región del Bío Bío, que sólo recibió una puntuación de 34 puntos, aunque se trata de un área silvestre protegida.

Otro caso particular lo constituye el sitio identificado como “Mineral de Talca” en Ovalle, que a pesar de encontrarse a escasos metros del mar, y a unos dos kilómetros de una zona en donde se desarrolla actividad pesquera de tipo artesanal, sólo fue calificado con 41 puntos por el sistema.

En conclusión, se recomienda que cada uno de los sitios priorizados mediante este trabajo, sean sometidos a un nuevo análisis, en donde se conjuguen los resultados de la aplicación de las fichas de inspección, junto a consideraciones particulares de cada sitio, en lo que se refiere a la movilidad del mercurio, sus características especiales desde el punto de vista toxicológico, su capacidad de bioacumulación, y el uso del suelo, no considerando este último aspecto como una clasificación general (según la clasificación de uso del suelo presente en las fichas), sino haciendo un análisis detallado de cada lugar, contemplando también las costumbres locales y los intereses particulares de protección de los territorios involucrados. Se estima que dicho análisis debiera ser abordado por los Comités Operativos Regionales en materias de contaminación de suelos, en donde se incorpore a todos los actores relacionados, como son los gobiernos regionales, los municipios, los sectores académicos, la sociedad civil, los sectores salud, agricultura, educación, minería y el empresariado.

Finalmente, cabe mencionar que en el Anexo 1, es posible encontrar fotografías tomadas en las visitas realizadas a los sitios potencialmente contaminados con mercurio.

## 2.9 Listado de Factores de Emisión

En la realización del Inventario nacional de uso consumo y liberaciones de mercurio, se encontraron algunas subcategorías donde la realidad chilena no se adecuaba completamente a lo descrito en el Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio, lo cual generaba niveles de incertidumbre muy altos al utilizar los factores de entrada y de salida recomendados por dicho Instrumental, por tanto para estas subcategorías fue necesario evaluar la incorporación de datos que permitieran la generación de factores, ya sea de entrada, de distribución o emisión según fuese necesario, de tal manera que representaran de manera mas idónea la subcategoría.

Factores de emisión generados:

- Subcategoría 5.1.3 Extracción, refinación y uso de aceites minerales

Para esta actividad productiva se contaba con la información proporcionada por ENAP referida a la cantidad de crudos importados según país de origen, lo que permitió asignarle una cantidad de mercurio específica a cada tipo de crudo, con esto se calculó un promedio ponderado de mercurio por tonelada de mercurio que era refinada obteniéndose un valor de **7.48 mgHg/t** como factor de entrada, respecto las salidas también fueron modificadas según la información que fue directamente proporcionada por la empresa que en Chile realiza la refinación de crudos.

Según dicha información se considero como factor de emisión de la combustión de aceites minerales un valor del **0.78 mgHg/t** correspondiente al 10% de las entradas al proceso de refinación.

- Subcategoría 5.1.6 Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor

En esta subcategoría se realizó la incorporación de los incendios forestales a los cuales se les asignó un factor de emisión de un estudio de Dinamarca realizado por Skarup en 2003, donde se asigna un factor de **0.07 gHg/t** de carga forestal o de arbusto incendiada.

- Subcategoría 5.2.3 Extracción y procesamiento inicial de zinc

Se consideró para esta subcategoría los relaves generados por la extracción de minerales para lo cual se consideró un factor de entrada de **0.69 gHg/t** de relave, lo cual se aplica según lo indicado por fabrica Burnswick para la producción de concentrado, único dato disponible para estos fines.

- Subcategoría 5.2.4 Extracción y procesamiento inicial de Cobre

Por disposición de la contraparte técnica del estudio, se decidió utilizar el factor de concentración entregado por COCHILCO de 0,0001 p.p.m. de mercurio presente en la pulpa de relave, como valor mínimo del intervalo y de 0,69 gHg/t de relave como valor máximo del intervalo según lo indicado por fabrica Burnswick para la producción de concentrado, único dato disponible para estos fines.

- Subcategoría 5.3.1 Producción de cemento

Para esta actividad productiva se generó un factor de emisión que fuese más representativo que lo que indicaba el instrumental, para ello se calculó un factor ponderado donde se utilizaron mediciones realizadas por Polpaico para la autoridad sanitaria y para las empresas la Lafarge y Bío-Bío se considero el valor máximo estipulado por la norma de emisión para incineración y coincineración de residuos lo cual dio como resultado un factor de emisión máximo de **0.14 ppm**.

- Subcategoría 5.3.4 Producción de otros materiales y minerales

- Producción de Yeso y cerámica

Dentro de esta subcategoría se incorporaron al instrumental la producción de yeso y cerámica para lo cual se consideraron como factor de entrada el mismo utilizado para la producción de cal correspondiente a **0.055 gHg/t**.

- Subcategoría 5.9.5 Sistema/ tratamiento de aguas residuales

Debido a la existencia de norma que regula el contenido de mercurio en descargas a cursos de aguas se debieron adaptar los factores de distribución de salidas que sugería el instrumental, acotándose a **0.001 mgHg/L** como máximo para liberaciones al agua correspondiendo esto a un 10% del límite máximo de las entradas de esta subcategoría.

## ***2.10 Inventario Nacional de Emisiones de Mercurio en RETC***

En el marco de la implementación y ejecución del proyecto “**Programa Nacional de Gestión Ambiental de Mercurio en Chile**”, el que se implementó en marzo del año 2007 a través de la CONAMA con cooperación de PNUMA División Químicos, se generó un inventario de liberaciones, usos y productos de mercurio, utilizando para ello el Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio del PNUMA productos químicos.

El Mercurio esta incorporado en algunas normativas de regulación y control en Chile, las medidas aplicables están de forma indirecta y por lo tanto, no resuelven la problemática de este contaminante en su conjunto; para ello es necesario evaluar la generación de regulaciones a través de Normativas que permitan obtener la información que alimentará el RETC Nacional y su actualización en el tiempo.

A continuación se describen las normativas actuales vigentes asociadas al mercurio (Un análisis más detallado fue descrito en el capítulo 14):

- **D.S. N° 148/03 de MINSAL** (Diario Oficial: 16/06/2004), “**Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos**”. Establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclaje, disposición final y otras formas de eliminación de los residuos peligrosos. A pesar de que el mercurio se encuentra dentro del reglamento como un residuo peligroso, no es obligación su detección y medición para la aplicación de las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas.
- **D.S. N°594/99 de MINSAL** (D.O. 29/04/2000), “**Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo**”. Establece condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos. Además, en su artículo 20 presenta un listado de residuos calificados como peligrosos, entre los que se encuentra el mercurio y compuestos de mercurio.
- **D.S. N° 90/00 de MINSEGPRES** (D.O. 07/03/2001), “**Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales**”. Establece los límites máximos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas.
- **D.S. N° 46/02 de MINSEGPRES** (D.O. 17/01/2003), “**Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas**”. Establece las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora, a través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlos.
- **D.S. N° 609/98 del MOP** (D.O. 20/07/1998), “**Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos**

**Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillados”**. Establece la cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos industriales líquidos, descargados por los establecimientos industriales a los servicios públicos de recolección de aguas servidas, de tipo unitario o separado.

Las sustancias que son reguladas por las normativas vigentes indicadas, han sido incorporadas al listado de sustancias del RETC, a excepción de aquellas abordadas por el D.S. N° 594/99 del MINSAL, lo cual fue acordado por el Grupo Nacional Coordinador.

A continuación se describe brevemente la infraestructura integrada en torno al RETC:

En la Figura 15 Sistemas de información integrados al RETC se muestra de manera esquemática los sistemas integrados en torno al RETC.



Figura 15 Sistemas de información integrados al RETC

De esta forma en torno al RETC se tienen los siguientes sistemas individuales:

- **Sistema de Declaración de Residuos Peligrosos - SIDREP**

El Sistema de Declaración de Residuos Peligrosos, es un manifiesto electrónico consistente en una transacción web-based que satisface todos los requerimientos legales, administrativos y comerciales de un manifiesto en papel.

Este sistema se encuentra asociado al marco legal que establece el Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos, aprobado por D.S. N° 148 del Ministerio de Salud, del 12 de Junio 2003.

El objetivo principal del SIDREP es constituir la plataforma del sistema de declaración y seguimiento de residuos peligrosos que establece el reglamento y sus objetivos secundarios se centran en:

- ✓ Realizar el control del movimiento y desplazamiento de residuos peligrosos entre diferentes puntos del país.
- ✓ Ordenar los datos de manera coherente en bases de datos.
- ✓ Permitir consultas de los distintos actores sobre acciones de movimientos de residuos.
- ✓ Generar información que puede integrarse a diferentes plataformas y bases de datos.
- ✓ Entregar, a través de consultas y reportes, información relevante para la gestión de residuos peligrosos a nivel nacional y regional.

En relación con los alcances del sistema, éste genera información en tiempo real y puede almacenar información para diferentes años. El SIDREP se encuentra en etapa de explotación.

- **Sistemas de la SISS**

Los sistemas de la SISS y que se encuentran relacionados con el RETC son:

- Sistema de Control de Calidad de Aguas Servidas
- Sistema de Control de Calidad de Riles

El Sistema de Control de Calidad de Riles, fiscaliza las plantas industriales que emiten descargas al alcantarillado y cuerpos de agua. La información que se entrega en los autocontroles es la solicitada por la SISS de acuerdo al programa de monitoreo.

El Sistema de Control de Calidad de Aguas Servidas fiscaliza las descargas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.

Finalmente según los requerimientos del RETC la SISS incorporó sus sistemas de las fuentes que descargan al alcantarillado.

- **SIGAA - DIRECTEMAR**

Este sistema básicamente contiene la información generada por el D.S. N° 90/00 de MINSEGPRES (D.O. 07/03/2001), “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales” cuando las descargas se generan a cuerpos de agua navegables con competencia de DIRECTEMAR.

- **SISTEMA SAIE**

CONAMA R.M. desarrolló durante los años 1998 al 2000 estudios tendientes a automatizar la generación de la información base para la modelación y así mismo el desarrollo dinámico de inventarios de emisiones, generando para esto la herramienta computacional SAIE. Esta herramienta permite generar automáticamente los inventarios de emisores, los archivos de entrada al modelo AIRVIRO o bien, a cualquier otro modelo mediante procedimientos de programación. Así, a partir del desarrollo del inventario de emisiones de la Región, el SAIE ha sido utilizado en la Región Metropolitana, y en otras regiones del país para la generación de los archivos de entrada a modelos de dispersión (modelo AIRVIRO, I-AIRVIRO, CAMx, CADM de geofísica de la U de Chile, CALINE, ISC3, CALPUFF, AERMOD, etc.).

En resumen el sistema SAIE corresponde a un modelo de emisiones que permite administrar a nivel de división territorial (división político administrativa) la información necesaria para la estimación de emisiones atmosféricas como: niveles de actividad, factores de emisión, perfiles de especiación de material particulado (especiación química y por tamaño de partículas) y especiación de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC).

- **FORMULARIO 138 / D.S. 138/2005 MINSAL**

En el caso de las fuentes fijas, durante el año 2006 entró en vigencia el D.S. 138/2005 del MINSAL, mediante el cual las principales fuentes fijas del país entregaron los antecedentes necesarios de sus proceso productivos y fuentes emisoras de manera que el Ministerio de Salud mediante el uso del sistema SAIE pueda estimar las emisiones de los principales contaminantes emitidos por estas fuentes y por tanto esta información será utilizada como base para la confección del inventario 2006 de fuentes fijas a nivel nacional para los grandes emisores.

En términos generales el decreto supremo N° 138/05, del Ministerio de Salud, establece la obligación de entregar los antecedentes necesarios para estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos de los siguiente rubros, actividades o tipos de fuentes: calderas generadoras de vapor y/o agua caliente; producción de celulosa; fundiciones



primarias y secundarias; centrales termoeléctricas; producción de cemento, cal o yeso; producción de vidrio; producción de cerámica; siderurgia; petroquímica, asfaltos y equipos electrógenos.

Por tanto, para estimar las emisiones de establecimientos industriales en SAIE se utilizará como información de entrada para las condiciones de operación de la actividad industrial el “Formulario 138” el cual contiene toda la información requerida por el modelo de emisiones SAIE, lo cual se muestra gráficamente en la Figura 16

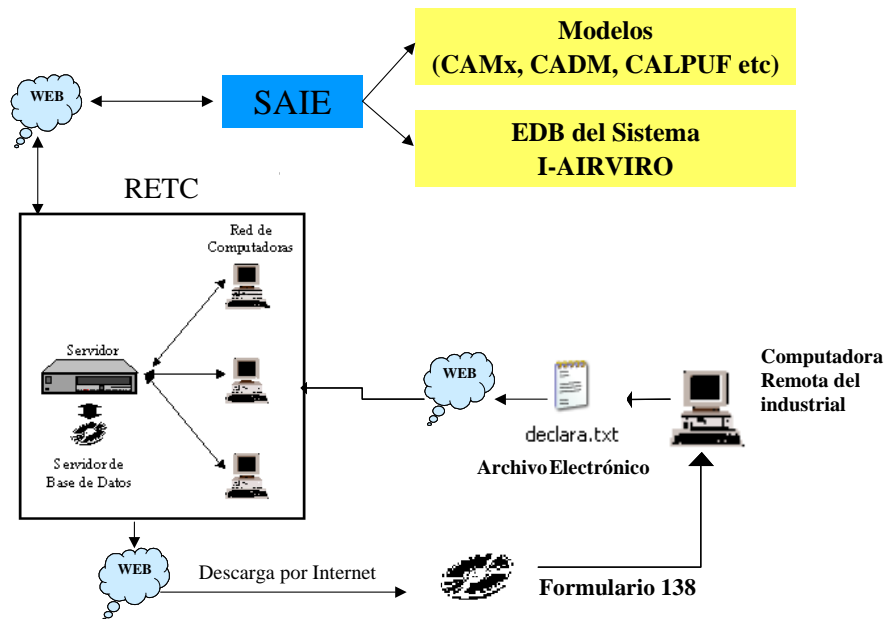


Figura 16 Esquema de funcionamiento actual del Formulario 138 Integrado al SAIE

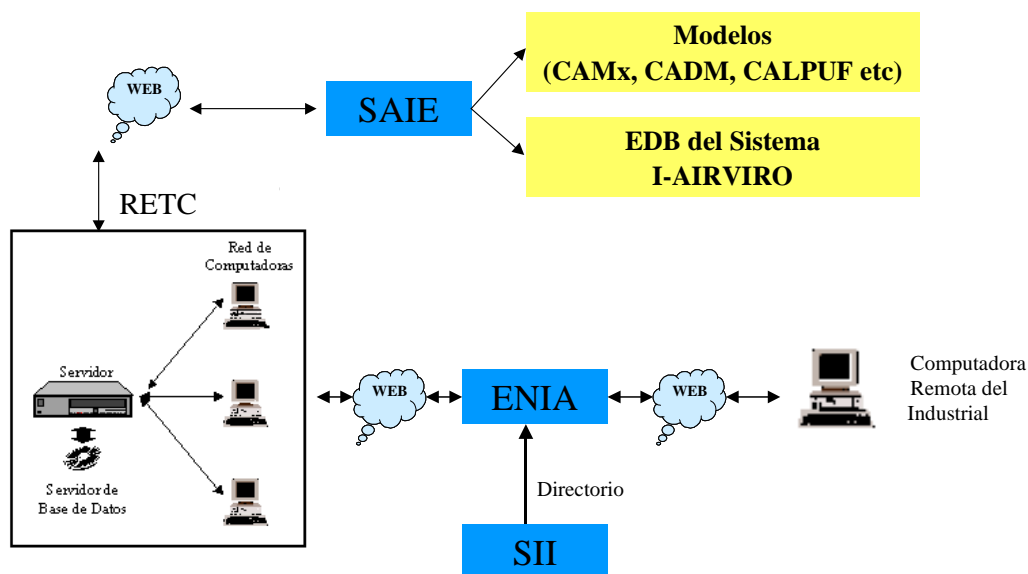
- **SISTEMA MODEM SECTRA/SEMAT**

En el caso de transporte la SECTRA cuenta con modelos de transporte, los cuales generan información al modelo de emisiones vehiculares MODEM el cual contiene una metodología de cálculo de emisiones vehiculares equivalente a la desarrollada por CONAMA para el PPDA de la R.M. Finalmente MODEM genera los archivos para incluir esta categoría de fuentes en el RETC.

- **Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA)**

En la actualidad CONAMA se encuentra en proceso de incorporar la información de la ENIA para estimar las emisiones provenientes del sector industrial no considerada en el D.S. 138/2005 MINSAL ver estudio: “ESTIMACION DE EMISIONES CONTAMINANTES ATMOSFERICAS A PARTIR DE LA ENCUESTA NACIONAL INDUSTRIAL ANUAL PARA ALIMENTAR EL REGISTRO NACIONAL DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES

(RETC)”. En este caso se utilizará un esquema de sistemas tal como se presenta en la siguiente figura:



**Figura 17: Esquema de funcionamiento de la ENIA para estimar emisiones para el RETC**

De esta manera teniendo un visión general de la normativa que actualmente incluye al mercurio como parámetro y la infraestructura disponible e integrada en el RETC es posible concluir que en general todas las normas que incluyen mercurio ya se encuentran incorporadas al RETC lo cual incluye residuos sólidos peligrosos y riles principalmente por medio de los sistemas de la SISS, DIRECTEMAR y SIDREP del MINSAL.

Por tanto faltaría incorporar al RETC las emisiones atmosféricas industriales para lo cual se propone incluir el mercurio a las sustancias consideradas en el D.S.138/2005 lo cual implicaría incorporar los parámetros de interés en el caso del mercurio al formulario 138. Actualmente existe un vacío en general en todos los procesos de combustión relativos al mercurio y falta de información al respecto.

Se debe tener información del contenido de mercurio en las materias primas utilizadas para estimar las emisiones:

Termoeléctricas: Contenido de mercurio en el combustible empleado (carbón, petróleo, diesel, gas natural, etc.)

Por otra parte, sería necesario potenciar la infraestructura disponible para estimación de emisiones para fuentes fijas específicamente el sistema SAIE, el cual a partir de los datos del formulario 138 permite estimar la totalidad de las emisiones de los contaminantes actualmente considerados en el D.S 138.

Para estimar emisiones de Mercurio a partir de la ENIA, se tendrá que actuar coordinadamente con el estudio de CONAMA para estimar emisiones a partir de la ENIA.

No obstante lo anterior se deberá discutir en el marco del presente estudio como se integrará la información a los distintos medios proveniente de los sistemas locales (residuos, aire y agua) con el enfoque de ciclo de vida del instrumental.

En este sentido se deberá evaluar el caso de los residuos sólidos ya que la información es genérica y se refiere a compuestos que contiene mercurio y no a mercurio en forma específica.

## **Obtención de la Información para el ingreso de emisiones al RETC**

### **Formas de ingreso de información al RETC**

Tres niveles de desagregación para el ingreso de datos de emisiones:

- Nivel establecimiento, donde se pueden ingresar las emisiones medidas y estimadas de un establecimiento industrial.
- Nivel comunal, en el que las emisiones son estimadas a nivel comunal ya que las fuentes de información así lo permiten, como por ejemplo las emisiones de fuentes móviles.
- Nivel país, donde la información existente permite dar como resultado un valor país de las sustancias, como es el caso de las sustancias agotadoras de la capa de Ozono (SAO)

En todos los casos se debe definir el nivel de cumplimiento para cuando el mercurio obedezca a una norma específica.

En el caso del mercurio, se encuentra regida por las normas anteriormente citadas.

La información generada por el inventario de mercurio sería en primera instancia para los tres niveles, lo cuál se debe discutir con el comité operativo.

Los archivos de datos que deben ser generados para el RETC en los distintos niveles son:

### **Nivel establecimiento**

- Archivo de empresa, contiene los datos generales de la empresa como: Rut empresa, nombre empresa, representante legal, dirección casa matriz, código de comuna, fono, fax.

- Archivo establecimiento, contiene los datos generales del establecimiento y de la persona de contacto como: Código del establecimiento, Rut empresa, dirección establecimiento, código de comuna, persona de contacto, fono contacto, fax contacto, coordinas UTM del establecimiento, etc.
- Archivos de emisiones por establecimiento: consiste en los campos : código de establecimiento, código de sustancia, cantidad anual y cumplimiento normativo (cumple, no cumple no aplica)
- Archivo de sustancias, en el caso que aplicara mas de una sustancia
- Archivo de comunas, con los códigos y nombres de las comunas utilizadas en las direcciones de los archivos empresa y establecimiento.

### **Nivel comuna**

- Archivos de emisiones por comuna, está compuesto por los campos : código de comuna, código de sustancia, cantidad anual y cumplimiento normativo (cumple, no cumple no aplica)
- Archivo de sustancias, en el caso que aplicara mas de una sustancia
- Archivo de comunas, con los códigos y nombres de las comunas utilizadas en el archivo emisiones por comuna.

### **Nivel país**

- Archivos de emisiones país, está compuesto por los campos : Código de sustancia, cantidad anual y cumplimiento normativo (cumple, no cumple no aplica)
- Archivo de sustancias, en el caso que aplicara especiación.

Hay que considerar que la información contenida en estos archivos no se debe cruzar, para no duplicar las emisiones.

Una estrategia para el ingreso de la información a nivel de establecimiento para liberaciones atmosféricas, es incorporar en un campo en el cual se deba incorporar el contenido de mercurio en las materias primas, lo que permitiría estimar la emisión.

Para el caso de los productos se debe mejorar la obtención de los datos con el Sistema Nacional de Aduana, según requerimientos solicitados dentro del Plan de gestión de Riesgos.

Un mecanismo a establecer es un convenio con CONAMA, y así generar una base de datos, como la desarrollada por EPA y poder subirla al RETC.

Encuestas específicas como las del MINSAL para determinar el uso de mercurio en servicios odontológicos, para cuantificar el uso de instrumentos que contienen mercurio y su disposición en los servicios de salud del país

Para esto se tomará como referencia un sistema de la EPA que permite manejar la existencias de productos: EPA mercury-containing Product and Alternative Database, con adecuaciones del sistema de la EPA de manera que se cuente en el corto plazo con la capacidad de administrar la información relativa a productos.

Se deberá determinar con el comité operativo si la administración de este sistema recae en CONAMA o bien se deberá desarrollar un sistema integrado en el cual participen distintos actores tales como MINSAL y ADUANA.

### **Potenciamiento del RETC a través desarrollo de un modulo que de visualización gráfica conectado directamente al SINIA Territorial de CONAMA**

#### **Especificaciones del desarrollo**

Tomando como base de información el sistema existente en CONAMA como una herramienta de registro de datos de Sitios Potencialmente Contaminados, sistema que actualmente se encuentra desarrollado bajo plataforma WEB, se pudo entonces hacer un diseño preliminar que permitió determinar su actualización. Esta actualización consistió en agregar una nueva funcionalidad al Módulo de Fichas de caracterización de sitios potencialmente contaminados, obteniendo como resultado una visualización geográfica a través del Sistema Geográfico de CONAMA llamado Sinia Territorial.

En este sentido, el desarrollo quedó implementado de la siguiente manera:

1.- Creación de un nuevo módulo independiente del Sinia Territorial, pero que permite una conexión directa con el sistema, base de datos y las coberturas asociadas a la visualización. Dentro del Sinia Territorial no se hacen cambios de estructura sino simplemente se agregan más registros a la estructura ya creada. Esto permite que el Sinia Territorial no sufra cambios en su estructura ni funcionamiento base.

2.- La visualización a su vez, se agregó como Módulo a las Fichas de Caracterización dentro del sistema de Sitios Potencialmente Contaminados. Esto permitió un mejor funcionamiento del nuevo módulo, siguiendo y respetando en su totalidad la línea de trabajo (Frameworks) bajo la cual estaba desarrollada. Es importante recalcar a su vez que solo existe actualización de códigos fuentes y que en la base de datos se agregó algunos registros, pero no hubo cambios significativos ni alteraciones en la estructura de la base de datos.

3.- Se considera que todos los perfiles de usuarios dentro del sistema de “ Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados”, tienen acceso a este módulo, con la funcionalidad de poder ver la información referente a cada Ficha de Sitio, sin embargo, ningún usuario podrá editar ni eliminar dicha información a través de este módulo. Si requieren dicha

funcionalidad deberán hacerlo a través de las funcionalidades propias del sistema definidas con anterioridad y según el perfil correspondiente.

### Visualización de Sitios Potencialmente Contaminados a través de un Sistema Geográfico.

De acuerdo a lo anteriormente descrito, se desarrolló la siguiente interfaz de desarrollo, donde se incluye directamente en el Sistema de “Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados”, un enlace al módulo de visualización geográfica conectado con el Sinia Territorial.

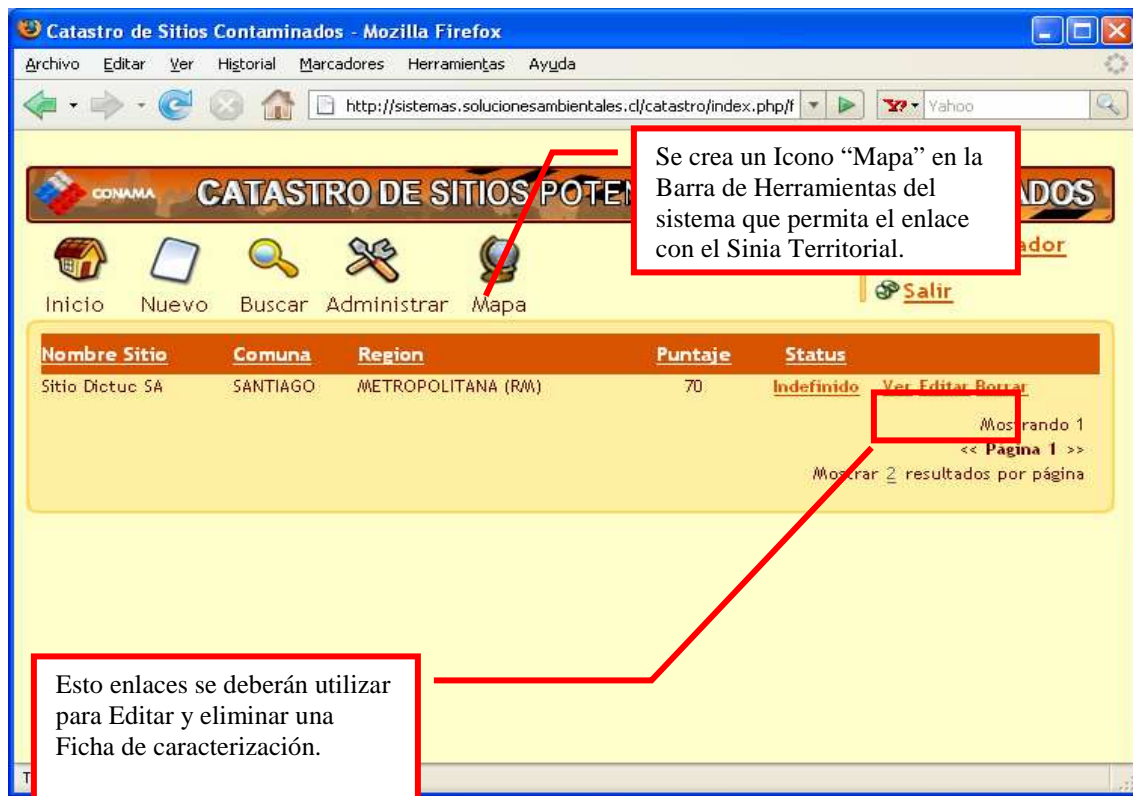
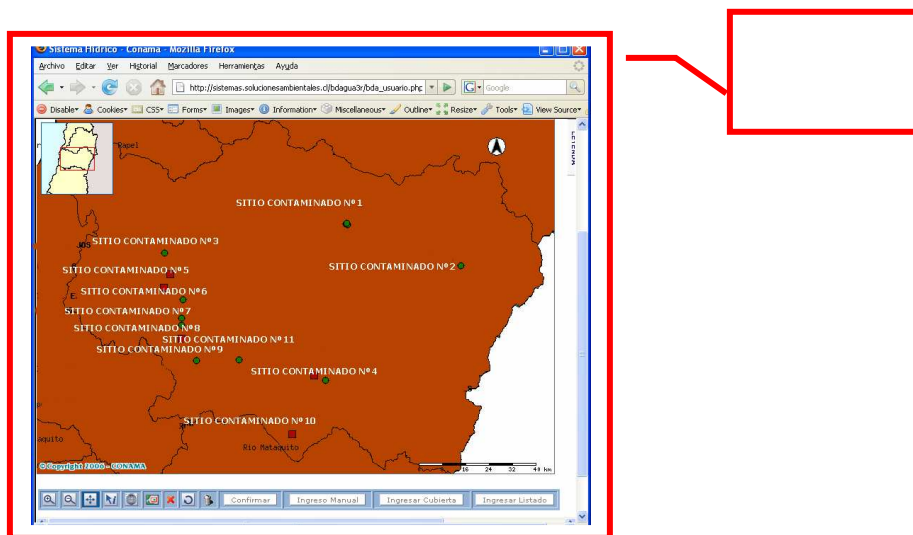


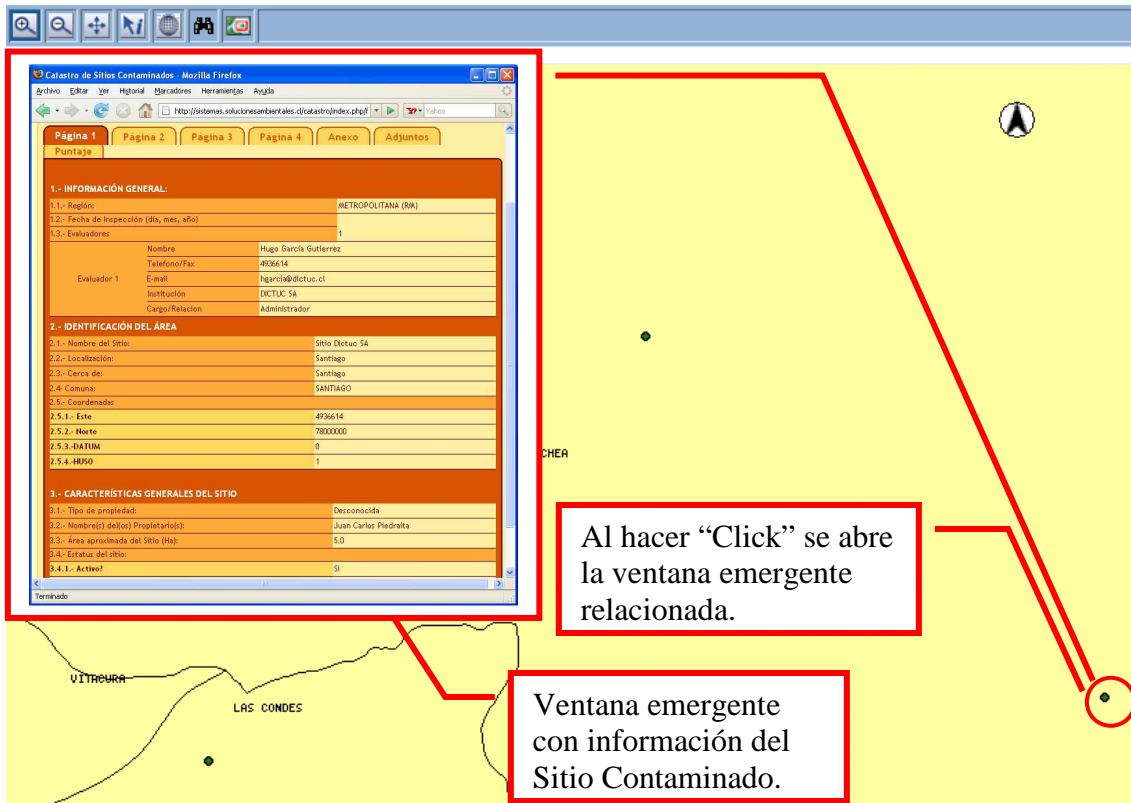
Figura 18 Icono de enlace a la información geográfica.



**Figura 19** Componentes de la información geográfica.

Para ver la información relacionada a un Sitio Potencial Contaminado se debe hacer “Click” sobre un punto específico dentro del mapa, luego de esto se abre una ventana emergente donde se muestra toda la información referente a la Ficha de Caracterización de Sitios Potencialmente Contaminados.





**Figura 20 Ver Ficha de Caracterización mediante el Mapa Geográfico**

Los sitios potencialmente contaminados se diferenciarán entre Activos (círculo de color verde) e Inactivos (círculo de color rojo), de tal forma de identificarlos a simple vista, lo que está en este momento en proceso de generación.

### Visualización Conceptual Cartográfica.

Para lograr que la información de Sitios Potencialmente Contaminados sea visualizada como se muestra en los ejemplos anteriores, se procesó dicha información, de tal forma, de obtener shapes cartográficos y posteriormente ingresarlos como mapa geográfico con sus respectivas coberturas al Sinia Territorial.

Para esto se requirió de un proceso de ordenamiento y validación de toda la información concerniente a sitios con potencial presencia de contaminantes que se requirió para ingresarlo al Sinia Territorial, según la normalización propia del sistema, por ejemplo:

- Método de creación de Coberturas Geográficas (Fichas de caracterización de Sitios Potencialmente Contaminados).
- Estructura de la Información, según lo contemplado en la integración de ambos sistemas, funcionando en paralelo.
- Definición de Clasificación de Unidades Geográficas, según lo definido y estructurado en el Sinia Territorial.



- Definición de interfaz visual para las coberturas.

Fue posible también administrar dicha información de Sitios Potencialmente Contaminados que se encuentra en el Sinia Territorial, es decir, fue posible integrar la funcionalidad de:

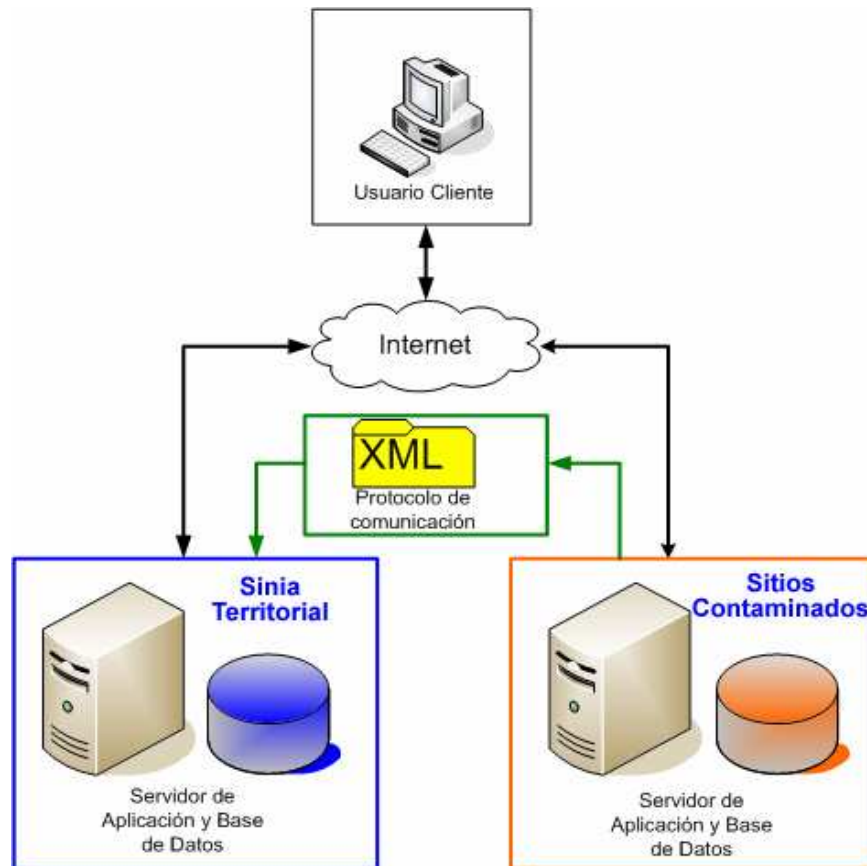
- Crear nuevo Sitio Potencialmente Contaminado, el cual queda registrado en ambos sistemas.
- Modificar Datos de Sitio Potencialmente Contaminado, en ambos sistemas.
- Validación de información geográfica ingresada (coordenadas geográficas X, Y). Esta validación se agrega dentro de la validación al crear y al modificar los datos geográficos de un sitio contaminado.

### **Plataforma Técnica de desarrollo**

Con el fin de integrar de la mejor forma el Sistema de Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con el Sinia Territorial, se siguió la misma plataforma de desarrollo de ambos sistemas:

- Base de Datos PostgreSQL.
- Lenguaje de programación PHP.
- Servidor Web Apache

La siguiente figura muestra la integración funcional entre ambos sistemas:



**Figura 21** Arquitectura física de la integración de los sistemas.

La comunicación entre ambos sistemas se hizo mediante transferencia de archivos XML, lo que permitió el mejor flujo de información, facilitando de esta manera la administración e interacción entre ambos sistemas.

### 3 Capítulo 3: Borrador del Plan de Gestión de Riesgos

#### 3.1 Descripción de la Normativa que aborda la temática del Mercurio y Vacíos legales detectados

- **D.S 594/1999 del Ministerio de Salud, Reglamento “Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo”**

Ámbito regulado: Seguridad y salud ocupacional, en donde se establecen límites de tolerancia biológica y niveles máximos de exposición al mercurio.

Establece en su párrafo III, “De la disposición de Residuos Industriales Líquidos y Sólidos; artículo 20°, “En todos los casos, sea que el tratamiento y/o disposición final de los residuos industriales se realice fuera o dentro del predio industrial, la empresa, previo al inicio de tales actividades, deberá presentar a la autoridad sanitaria una declaración en que conste la cantidad calidad de los residuos industriales que genere, diferenciando claramente los residuos industriales peligrosos.

Para los efectos del presente reglamento se entenderá por residuos peligrosos los señalados a continuación, sin perjuicio de otros que pueda calificar como tal la autoridad sanitaria: Mercurio, compuestos de mercurio, entre otros.

En su Título IV “De la Contaminación Ambiental”, párrafo III, a través de su artículo 66°, estipula “Los límites permisibles ponderados y temporales para las concentraciones ambientales de las sustancias que se indican serán los siguientes:

**Tabla 133: Límites Permisibles**

Sustancia	Límite permisible ponderado p.p.m mg/m3	Límite permisible temporal p.p.m mg/m3	Observaciones
Mercurio vapor y comp. Inorgánicos (expresado como Hg)	0,04		Piel-A.4
Mercurio-Comp. Alquílicos	0,008	0.03	Piel
Mercurio-Comp. Arílicos	0,08		Piel

(4) Fracción respirable

En su título V, “De los límites de tolerancia biológica”, en su artículo 113°, estipula “Los límites de tolerancia biológica son los que se indican en el siguiente listado”:

**Tabla 134: Límites de Tolerancia Biológica**

Agente Químico	Indicador Biológico	Muestra	Límite de Tolerancia Biológica (*)	Momentos de Muestreo
Mercurio Inorgánico	Mercurio	Orina Sangre	50 µg/g creat 2 µg/100 ml	No crítico No crítico
Mercurio Orgánico	Mercurio	Sangre	10 µg/100 ml	No crítico

(\*) Límite de Tolerancia Biológica: Cantidad máxima permisible en el trabajador de un compuesto químico o de sus metabolitos, así como la desviación máxima permisible de la norma de un parámetro biológico inducido por estas sustancias en los seres humanos.

- **D.S 109/1968 del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, “Aprueba Reglamento para la Calificación y Evaluación de los Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales”**, de acuerdo con lo dispuesto en la ley 16.744, de 1° de febrero de 1968, que estableció el Seguro Social contra los Riesgos por estos Accidentes y Enfermedades, con modificaciones realizada por D S N° 73, de 2005, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, publicado en Diario Oficial del 07 de marzo de 2006.

Ámbito regulado: Seguridad y salud ocupacional, en donde se reconoce al mercurio y sus compuestos como un agente específico que entraña el riesgo de enfermedad profesional.

En su artículo 18°, establece lo siguiente, “Para los efectos de este reglamento se considerarán los siguientes agentes específicos que extrañan el riesgo de enfermedad profesional”:

**Tabla 135: Extracto “Agentes Específicos que entrañan el riesgo de enfermedad profesional”**

Agentes Específicos	Trabajos que entrañan el Riesgo
<b>A)Agentes Químicos</b>	
Mercurio y sus compuestos	Todos los trabajos que expongan al riesgo durante la producción, separación y utilización del agente.

- **D.S. N° 90/2000 MINSEGPRES, Norma de Emisión Descarga Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.**

Ámbito regulado: Aguas marinas y continentales superficiales.

Establece parámetros para este elemento, en su punto 3, “Definiciones”, específicamente en su punto 3.7, en donde define a “fuente emisora”, la que estipula lo siguiente: “es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados, en la siguiente tabla:

**Tabla 136: Extracto “Parámetros de Carga Contaminante”**

Contaminante	Valor Característico	Carga Contaminante Media Diaria (equiv. 100 Hb/día)*
Mercurio	0.001 mg/L	0.02g/d

(\*) Se considera una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8.

En su punto 4, establece “Límites Máximos Permitidos para Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Continentales Superficiales y Marinas”, a través de su punto 4.2, estipula:

1. “Límites Máximos Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Aguas Fluviales”:

**Tabla 137: Extracto “Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de aguas fluviales”**

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Permisible	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,001	

2. “Límites Máximos Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Fluviales Considerando la Capacidad de Dilución del Receptor”:

**Tabla 138: Extracto “Límites Máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor”**

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Permisible	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,01	

3. “Límites Máximos Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Lacustres”:

**Tabla 139: Extracto “Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres”**

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Permisible	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,005	

4. “Límites Máximos Permitidos para la Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Marinos Dentro de la Zona de Protección Litoral”:

**Tabla 140: Extracto “Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos, dentro de la zona de protección litoral”**

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Permisible	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,005	

5. “Límites Máximos de Concentración para Descarga de Residuos Líquidos a Cuerpos de Agua Marinos Fuera de la Zona de Protección Litoral”:

**Tabla 141: Extracto “Límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral”**

Contaminante	Unidad	Expresión	Límite Permisible*	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,005	

\* Límite Máximo Permisible a partir del 10º año de vigencia del presente Decreto.

Además este Decreto estipula que el “remuestreo debe efectuarse dentro de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos de alguno de los contaminantes: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo (total o hexavalente), hidrocarburos, manganeso, **mercurio**, níquel, plomo, sulfato, sulfuro o zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96”.

➤ **D.S. N° 46/2002 MINSEGPRES, establece “Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Subterráneas”**

Ámbito regulado: Aguas subterráneas, en cuanto a emisión de residuos líquidos.

Establece parámetros para este elemento, en su punto 8, en donde define “**Fuente Emisora:** establecimiento que descarga sus residuos líquidos por medio de obras de infiltración tales como zanjas, drenes, lagunas, pozos de infiltración, u otra obra destinada a infiltrar dichos residuos a través de la zona no saturada del acuífero, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria superior en uno o más para los parámetros indicados en la siguiente tabla:

**Tabla 142: Extracto “Parámetros de carga contaminante media diaria”**

Parámetros	Valor Característico	Carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día) *
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d

En sus artículos N° 10 y N° 11, establece Límites máximos permitidos, para descargar Residuos líquidos en condiciones de vulnerabilidad Media y baja, respectivamente.

1. Límites Máximos Permitidos, para Descargar Residuos Líquidos en Condiciones de Vulnerabilidad Media (Metales):

**Tabla 143: Extracto “Límites máximos permitidos descarga de residuos líquidos en condiciones de vulnerabilidad media”**

Contaminante	Unidad	Límites Máximos permitidos
Mercurio	mg/L	0,001

2. Límites Máximos Permitidos, para Descargar Residuos Líquidos en Condiciones de Vulnerabilidad Baja (Metales):

**Tabla 144: Extracto “Límites máximos permitidos descarga de residuos líquidos en condiciones de vulnerabilidad baja”**

Contaminante	Unidad	Límites Máximos permitidos
Mercurio	mg/L	0,001

- **D.S. N° 609/98 del Ministerio de Obras Públicas, “Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado”.**

Ámbito regulado: Descarga de residuos industriales líquidos a Sistemas de alcantarillado.

En este decreto se define, específicamente en el punto 3.1, la carga contaminante media diaria como el “Cuociente entre la masa o volumen de un parámetro y el número de días en que efectivamente se descargó el residuo industrial líquido al sistema de alcantarillado, durante un mes de máxima producción. Esta carga se expresa en gramos/día para sólidos suspendidos, aceites y grasas, aluminio, boro, hidrocarburos, DBO5, arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo total, cromo hexavalente, fósforo, manganeso, **mercurio**, níquel, nitrógeno amoniacal, plomo, sulfatos, sulfuro y zinc y en litros/día para sólidos sedimentables.

En el punto 3.6 de dicho Decreto, se establece una caracterización de aguas servidas domésticas, correspondientes a 100 y 200 habitantes, en donde también se incluye al mercurio como parámetro:

1. Caracterización de aguas servidas domésticas correspondientes a 100 habitantes:

**Tabla 145: Extracto “Caracterización de aguas servidas domésticas correspondientes a 100 habitantes”**

Parámetros	Valor característico	Carga contaminante 100 Hab/día
Mercurio	0,001 (mg/L)	0,02 (g/día)

2. Caracterización de aguas servidas domésticas correspondientes a 200 habitantes:

**Tabla 146: Extracto “Caracterización de aguas servidas domésticas correspondientes a 200 habitantes”**

Parámetros	Valor característico	Carga contaminante 100 Hab/día
Mercurio	0,001 (mg/L)	0,02 (g/día)

En el punto 4 del Decreto, se establecen los “Límites Máximos Permitidos para las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a las Redes de Alcantarillado de los Servicios Públicos de Recolección de Aguas Servidas”, incluyendo descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado en lugares con y sin plantas de tratamiento.

3. Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas:

**Tabla 147: Extracto “Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado que no cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas”**

Parámetros	Unidad	Expresión	Límite Permitido	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,02	

4. Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas:

**Tabla 148: Extracto “Límites máximos permitidos para descargas de efluentes que se efectúan a redes de alcantarillado que cuenten con plantas de tratamiento de aguas servidas”**

Parámetros	Unidad	Expresión	Límite Permitido	Máximo
Mercurio	mg/L	Hg	0,02	

Además, el Decreto contempla un capítulo de autocontrol, en el que se establecen la frecuencia de autocontrol y el número de muestras, el mínimo anual, medición de caudal y tipo de muestra. En el punto 6.3.2, se establecen las condiciones para la extracción de muestras en cuanto a las condiciones sobre el lugar de análisis, el tipo de envase, la preservación de las muestras y el tiempo máximo entre la toma de muestra y el análisis, según el parámetro a analizar.

Para el caso del mercurio se establece lo siguiente:

**Tabla 149: Extracto “Condiciones para la extracción de muestra”**

Parámetro	Lugar de análisis	Envase	Preservación	Tiempo máximo
Mercurio	Laboratorio	VB *	Acidificar a pH 2 con ácido sulfúrico para mercurio y enfriar inmediatamente a 2-5° C	1 mes

(\*) Vidrio al borosilicato.

Así también, se establece el volumen mínimo de muestra, para el caso del parámetro mercurio, es el siguiente:

**Tabla 150: Extracto “Volumen mínimo de muestras”**

Volumen mínimo de muestras	Parámetros
300 ml de muestra acidificada con ácido nítrico para mercurio a pH 2	Mercurio

Si una o más muestras, exceden algún parámetro durante el mes de análisis, se debe efectuar un muestreo o demuestro, con las siguientes características: “El remuestreo deberá efectuarse antes de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si en una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos en alguno de los parámetros: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo (total y hexavalente), hidrocarburos, manganeso, **mercurio**, níquel, plomo, sulfato, sulfuro y zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96”.



- **DS 148/2003, publicado en el diario oficial el 16 de Junio del 2004, del Ministerio de Salud, “Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos”.**

Ámbito regulado: La generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras forma de eliminación de los residuos peligrosos.

En su artículo 14 establece lo siguiente, “Un residuo tendrá la característica de toxicidad extrínseca cuando su eliminación pueda dar origen a una o más sustancias tóxicas o agudas tóxicas crónicas en concentraciones que pongan en riesgo la salud de la población.

Cuando la eliminación se haga a través de su disposición final en el suelo se considerará que el respectivo residuo tiene esta característica cuando el test de toxicidad por lixiviación arroje, para cualquiera de las sustancias mencionadas, concentraciones superiores señaladas en la siguiente tabla”:

#### 1. Concentraciones máximas permisibles (CMP)

**Tabla 151: Extracto “Concentraciones máximas permisibles”**

Código RP	Nº CAS	Sustancia	CMP mg/L
D009	7439-97-6	Mercurio	0,2

El Reglamento en su artículo 18, a través de un listado incluye los residuos que se considerarán peligrosos a menos que su generador, demuestre ante la Autoridad Sanitaria, que no presentan ninguna característica de peligrosidad.

El elemento mercurio está indicado de la siguiente forma:

#### 2. Lista II

**Tabla 152: Extracto “Residuos que se consideran peligrosos”**

Código de RP	Categoría de Residuos que tengan como constituyentes
II.11	Mercurio, compuestos de Mercurio

En el artículo 88, en la clasificación de sustancias químicas consideradas como sustancias químicas agudas, el mercurio es incluido como fulminato de mercurio<sup>23</sup>, sal de mercurio, ácido fulmínico y como acetato de fenilmercurio<sup>24</sup>.

En el artículo 89, referido a la clasificación de sustancias químicas consideradas como sustancias tóxicas crónicas, es incluido como metal mercurio.

También es considerado en el artículo 90, lista A de Residuos peligrosos, “Residuos metálicos o que contengan metales” y en Residuos que lo tengan como constituyentes, ya sea como mercurio o compuestos de mercurio, tales como interruptores de mercurio.

<sup>23</sup> Fulminato de Mercurio: Explosivo en forma de sal blanca-plateada muy inestable, con descomposición exotérmica poco calórica.

<sup>24</sup> Acetato de fenilmercurio: Forma de mercurio orgánico, fue usado como ingrediente activo de pesticidas.

En paralelo este Reglamento incluye un sistema de manifiesto electrónico (Sistema de Declaración de Residuos Peligrosos - SIDREP incluido en los sistemas integrados en torno al RETC), e informes de Planes de Manejo actualmente en proceso de revisión en el Ministerio de Salud.

- **Decreto N° 45, publicado en el Diario Oficial el 5 de Octubre del 2007, del Ministerio Secretaría General de la República, establece “Norma de Incineración y Coincineración”.**

Ámbito regulado: Emisiones atmosféricas, productos de la incineración y coincineración a todas las instalaciones de incineración y coincineración que correspondan a hornos de cemento, hornos rotatorios de cal e instalaciones forestales

La norma aplicable en el territorio nacional a todas las instalaciones de incineración y coincineración que correspondan a hornos de cemento, hornos rotatorios de cal e instalaciones forestales que utilicen biomasa forestal tratada, establece valores límites de emisión para la incineración, que en el caso del mercurio es el siguiente:

**Tabla 153: Extracto “Valor límite de emisión para la incineración”**

Contaminante	Valor límite de Emisión (mg/Nm3)
Mercurio y sus compuestos, indicado como metal (Hg)	0,1

Además es incluido en los valores límites de emisión para la coincineración en hornos cementeros y hornos rotatorios de cal:

**Tabla 154: Extracto “Valor límite de emisión para la coincineración en hornos cementeros y hornos rotatorios de cal”**

Contaminante	Valor límite de Emisión (mg/Nm3)
Mercurio y sus compuestos, indicado como metal (Hg)	0,1

Para la coincineración de biomasa forestal tratada, establece los siguientes valores límites:

**Tabla 155: Extracto “Valor límite para la coincineración de biomasa forestal tratada”**

Contaminante	Valor límite de Emisión (mg/Nm3)
Mercurio y sus compuestos, indicado como metal (Hg)	0,1

Finalmente en su título IV, establece la metodología de medición y control de la norma. En lo referido a la metodología de medición, para el caso del mercurio, estipula el método “EPA Method 29, Determination of Metals Emissions from Stationary Sources”.

- **DS N° 189/05, que aprueba “Reglamento Sobre Condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los Rellenos Sanitarios”, publicado en el Diario Oficial, por el Ministerio de Salud con fecha 5 de Enero del 2008.**

Entre otros deberes, obliga a todo proyecto de relleno sanitario que debe incorporar una estimación de la generación de lixiviados y un sistema de impermeabilización de acuerdo a las condiciones definidas en el reglamento, cumplir cuando se considere el uso de los lixiviados o su descarga a cursos o masas de agua deberá incluir tratamiento de estos líquidos y cumplir las normas de emisión vigentes, además deberá enviar mensualmente a la autoridad sanitaria regional un informe de la operación del relleno.

Finalmente es importante mencionar a La Ley N° 19300 de Bases Generales del Medio Ambiente la cual regula proyectos o actividades que son susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, por lo que requieren someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Dentro de estas actividades están las plantas de disposición de residuos y estériles, la producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas y aquellos proyectos de saneamiento ambiental como las plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos. El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 1997, obliga a someter a revisión de la CONAMA y de los distintos servicios que coordina, los proyectos relacionados con las plantas de tratamiento de residuos sólidos domiciliarios y los rellenos sanitarios, sobre la base de Estudios de Impacto Ambiental.

#### **Revisión de Normas Chilenas:**

- Nch 2313/12, of 96 de 1995 establece métodos de análisis a las aguas residuales, específicamente en su parte 12, la determinación de Mercurio.
- Nch 1333, Aprobada por Decreto Supremo del MOP N° 867/78, en el punto 2.3, “Requisitos para agua de riego”, establece como parámetro al mercurio, con un valor requisito de 0.001 mg/L
- Nch 409/1 of. 84, Norma Oficial para la calidad de agua en Chile, “Agua Potable, PARTE 1, Requisitos” establece el límite de 0,001 mg/L, para el caso del mercurio.
- Nch 409/2, of. 84 “Agua Potable-Parte 2: Muestreo” establece el método de análisis para distintos parámetros, en el caso del mercurio, establece, “Espectrofotometría de Absorción atómica-Generación de vapor frío.

#### **Revisión de Resoluciones Exentas:**

- Resolución Exenta N° 996 del 11 de Junio de 1993, “Prohíbe la importación, fabricación, distribución, venta y uso de plaguicidas agrícolas que contengan sales orgánicas o inorgánicas de mercurio”

Es importante mencionar, además que se realizó una comparación de la normativa chilena con las análogas existentes en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea, lo cual es expuesto en el Anexo 4.

### Vacíos detectados en Normativas y Legislación Chilena

A continuación se presenta una tabla que contiene algunas de las normativas referidas a temas que en Chile no se encuentran regulados pero están vigentes en la Unión Europea, Canadá y Estados Unidos.

Unión Europea	Canadá	EEUU
Directiva 91/157/CEE, relativa a las pilas y acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, en la cual se regula el contenido de mercurio en los distintos tipos de pilas ej. Pilas alcalinas de manganeso no podrán tener más de un 0.025% de su peso en mercurio, además de exigencias para su recolección y disposición separada.	Hazardous Products Act al 1997, mediante el cual se prohíbe la venta, publicidad o importación de juguetes o cualquier producto de uso infantil que contenga mercurio en sus compuestos, y además se dispone la restricción de compuestos de mercurio para pinturas de interiores y agregar leyendas de advertencia de dichos compuestos para las pinturas de exteriores.	Mercury-containing and rechargeable battery management de 1996, donde se prohíbe la venta de cierto tipos de pilas con contenido de mercurio, como son las alcalinas de manganeso a excepción de las de botón de este tipo y las de zinc carbón, además prohíbe la venta de pilas de óxido de mercurio a no ser que el fabricante se haga cargo de su reciclaje e información de los riesgos.
Directiva 2004/107/CE, relativa al arsénico, cadmio, mercurio, níquel e hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente, donde se establecen valores objetivos de concentración para dichos contaminantes en el aire para proteger la salud humana.	National Guidelines on Physical-Chemical-Biological Treatment of Hazardous Wastes, donde se establecen concentraciones máximas para tratamiento físico de 0.1 mg/L, para tratamiento químicos de 0.001 mg/L y para tratamiento biológico de 0.1 mg/L	US EPA propone criterios recomendados como parámetros de la calidad del agua, para el caso del metilmercurio respecto al consumo humano recomienda un máximo de 0.3 µg/L basándose en un consumo promedio de pescado de 0.0175 Kg/día
Directiva 2007/51/CE relativo a restricciones a la comercialización de determinados dispositivos de medición que contienen mercurio, en la cual se indica la prohibición de comercializar el mercurio en: termómetros para la fiebre, otros dispositivos de medición destinados a público general (Manómetros, barómetros, esfigmomanómetros y termómetros no médicos)	Fertilizers Act, administrada por el Ministerio de Agricultura de Canadá del año 1996, donde se indica un valor máximo de mercurio para compostaje, donde dicho valor corresponde a 5 mg/Kg para usos restringidos y como cantidad máxima 0.5 mg/Kg	US EPA clearskies Act del 2003, aplicable a plantas generadoras de energía el cual establece límites de reducción en el tiempo de las emisiones de mercurio en forma permanente cuyos valores se encuentran en la tabla A de la Parte D de dicho documento, principalmente a aquellas plantas que combustionan carbón para generar energía.
Directiva 2005/8/CE sobre sustancias indeseables en la alimentación animal, donde en el anexo I, punto 4 se establecen los límites permitidos de mercurio: 0.1 mg/kg de alimento, sin embargo	Canadian Environmental Quality Criteria for Contaminated Sites, en 1997, donde se establecen límites para los contaminantes en suelo y agua a fin de mantener, mejorar o proteger la calidad	Food and Drugs Administration establece niveles máximos de metilmercurio en pescados de tal manera sea seguro para la salud humana, dicho límite corresponde a 1 µg/g

varía según forma de producción y hay valores específicos para comidas de gatos y perros	ambiental y la salud humana en lugares contaminados, para suelo 0.1 µg/g por peso seco, para el agua 0.1 µg/L, en este documento se establecen criterios para rehabilitación de suelos	
Directiva 86/199/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de productos domésticos, donde se prohíbe como componente el mercurio y sus compuestos	Health Canadá, Canadian Water guidelines de 1995, establece parámetros máximos de mercurio para la calidad de agua, entre los que se contempla: calidad de agua para ganadería 0.003 mg/L y para vida en agua dulce 0.0001 mg/L,	21 CFR en el punto 103.35 donde se establece como límite máximo de mercurio para el agua embotellada una concentración de 0.002 mg/l
Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos la cual tiene por objetivo prevenir la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y, además, la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de dichos residuos, a fin de reducir su eliminación, dentro de los cuales se incluyen componentes con mercurio	El Ministerio de Salud de Canadá a través de su oficina de seguridad química establece límites máximos permisible de mercurio en peces de 0.5 ppm, de las cuales quedan exentos el pez espada, atún y el tiburón, para los cuales se recomienda su consumo a máximo una vez por semana.	
Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, la que indica que los nuevos aparatos eléctricos y electrónicos no contendrán mercurio, cadmio, entre otros, lo cual deberá se garantizado a partir del 1 de julio del 2006.		
Directiva 2000/76/CE relativa a la incineración donde se establecen como limite máximo para emisiones de mercurio 0.05 mg/m <sup>3</sup> para la incineración de residuos peligrosos y de 0.08 mg/m <sup>3</sup> para la incineración de residuos municipales		

Análisis detallado de vacíos legales en la normativa Chilena, se encuentran desarrollados en el “Análisis Situacional” del “Documento Borrador del Plan de Gestión de Riesgos del Mercurio”

### 3.2 Priorización de Fuentes de Uso, Consumo y Liberaciones

Para la Priorización de fuentes de uso, consumo y liberaciones, se realizaron dos matrices, una Matriz de Priorización Cualitativa y otra Matriz de Priorización cuantitativa a partir de los resultados del inventario de liberaciones de mercurio.

Para el caso de la matriz de Priorización cualitativa se confeccionaron las siguientes escalas de valores en base a Normativa y Control, datos utilizados para la generación del inventario y nivel de riesgos a la salud.

En la Tabla 156 se pueden apreciar las escalas de valores utilizadas.

**Tabla 156 Escalas de valores utilizadas**

<b>Normativa y Control</b>	
Presenta regulación directa	
1	Presenta
2	No Presenta
Presenta regulación indirecta	
1	Presenta
2	No Presenta
Existencia de medidas reductivas	
1	Presenta
2	No Presenta
Existencia de programas de control	
1	Presenta
2	No Presenta
Existencia de normativa internacional	
1	Presenta
2	No Presenta
<b>Datos Utilizados para la generación del Inventario</b>	
Incertidumbre en los datos utilizados	
1	Baja Incertidumbre
2	Media Incertidumbre
3	Alta Incertidumbre
Incertidumbre en los factores de entrada	
1	Baja Incertidumbre, se adecua completamente a la realidad nacional
2	Media Incertidumbre, se utiliza lo del instrumental evaluando realidad nacional
3	Alta Incertidumbre, se utiliza sólo lo correspondiente al instrumental
Incertidumbre en los factores de distribución	
1	Baja Incertidumbre, se adecua completamente a la realidad nacional
2	Media Incertidumbre, se utiliza lo del instrumental evaluando realidad nacional
3	Alta Incertidumbre, se utiliza sólo lo correspondiente al instrumental
<b>Nivel de Riesgos a la Salud</b>	
Modo de exposición	
1	Absorción cutánea o por los ojos
2	Inhalación
3	Ingestión

La matriz de priorización cualitativa se generó en base a la aplicación de la escala de valores antes mencionada para cada una de las subcategorías identificadas en Chile, tal como se aprecia en la Tabla 157.

Tabla 157 Matriz de priorización cualitativa

	Normativa y Control					Datos utilizados para la generación del inventario			Riesgo				
	Presenta regulación directa	Presenta regulación indirecta	Existencia de medidas de reducción	Existencia de programas de control	Presenta Regulación Internacional	Incertidumbre en los datos utilizados	Incertidumbre en los factores de entrada	Incertidumbre en los factores de distribución	Modo de Exposición	Subtotal Normativa y control	Subtotal Incertidumbre datos utilizados	Subtotal de la evaluación de riesgos	Total subcategoría
<b>Subcategoría y actividades económicas consideradas en cada subcategoría</b>													
<b>5.1 Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía</b>													
<b>5.1.1 Combustión de carbón en grandes Centrales de Energía</b>	2	1	2	1	2	1	2	2	2	8	5	2	15
Centrales Termoeléctricas a Carbón y Petcoke	2	1	2	1	2	1	2	2	2	8	5	2	15
<b>5.1.2 Otras formas de combustión de carbón</b>	2	1	2	1	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Carbón sector Industrial y Minero	2	1	2	1	1	1	2	2	2	7	5	2	14
Consumo de Carbón sector Público y Residencial	2	1	2	1	1	1	2	2	2	7	5	2	14
Consumo de Carbón sector siderúrgico	2	1	2	1	1	1	2	2	2	7	5	2	14
Producción de Carbón	2	2	2	2	1	1	2	2	2	9	5	2	16
Producción de Coque	2	2	2	2	1	1	2	2	2	9	5	2	16
<b>5.1.3 Extracción, refinación y uso del aceite mineral</b>	2	2	1	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15



Producción de Petróleo	2	2	1	2	1	1	2	1	2	8	4	2	14
Refinación de Petróleo	2	2	1	2	1	1	2	1	2	8	4	2	14
Consumo de destilados de petróleo a nivel país	2	1	1	2	1	2	2	2	2	7	6	2	15
Centrales Termoeléctricas a Petróleo	2	1	1	2	2	1	2	2	2	8	5	2	15
<b>5.1.4 Extracción, refinación y uso del gas natural</b>	2	1	2	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Producción de Gas Natural	2	2	1	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Gas Natural sector Industrial y Minero	2	1	2	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Gas Natural combustión sector público y residencial	2	1	2	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Gas Natural combustión sector Transporte	2	1	2	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Gas Natural combustión Centros de Transformación	2	1	2	2	1	1	2	2	2	8	5	2	15
Consumo de Gas Natural combustión sector Energético	2	1	1	2	1	1	2	2	2	7	5	2	14
Centrales Termoeléctricas a Gas natural	2	1	1	2	2	1	2	2	2	8	5	2	15
<b>5.1.5 Extracción, refinación y uso de otros combustibles fósiles</b>	NO APLICA					NO APLICA				NO APLICA			
<b>5.1.6 Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor</b>	2	2	2	2	1	2	3	2	2	9	7	2	18
Consumo de Leña	2	2	2	2	1	2	3	3	2	9	8	2	19
Centrales Termoeléctricas, combustible biomasa	2	2	2	2	2	2	3	3	2	10	8	2	20
Incendios Forestales	2	2	2	1	1	2	3	1	2	8	6	2	16
<b>5.1.7 Producción de energía geotérmica</b>	NO APLICA					NO APLICA				NO APLICA			
<b>5.2 Producción primaria (virgen) de metales</b>													
<b>5.2.1 Extracción primaria y procesamiento de mercurio</b>	NO APLICA					NO APLICA				NO APLICA			

<b>5.2.2 Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio</b>	2	1	2	1	1	2	2	2	2	7	6	2	15
<b>5.2.3 Extracción y procesamiento inicial del zinc</b>	2	1	2	1	1	2	2	2	2	7	6	2	15
<b>5.2.4 Extracción y procesamiento inicial del cobre</b>	2	2	2	2	1	2	2	2	2	9	6	2	16
Relaves	2	2	2	2	1	2	2	1	2	9	5	2	16
Producción de Fundiciones	2	1	2	2	1	2	2	2	2	8	6	2	16
<b>5.2.5 Extracción y procesamiento inicial del plomo</b>	2	1	2	2	1	2	2	2	2	8	6	2	16
<b>5.2.6 Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio</b>	2	1	2	2	1	2	2	2	2	8	6	2	16
<b>5.2.7 Extracción y procesamiento inicial del aluminio</b>	2	1	2	2	1	3	2	2	2	8	7	2	17
<b>5.2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos</b>	2	1	2	2	1	3	2	2	2	8	7	2	17
<b>5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos</b>	2	1	2	2	1	3	2	2	2	8	7	2	17
<b>5.3 Producción de otros materiales con impurezas de mercurio</b>													
<b>5.3.1 Producción de cemento</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5	3	2	10
<b>5.3.2 Producción de pulpa y papel</b>	1	1	1	2	1	2	2	2	2	6	6	2	14
Calderas de recuperación y poder combustible Biomasa	1	1	1	2	1	2	2	2	2	6	6	2	14
<b>5.3.3 Producción de cal y hornos de agregados ligeros</b>	1	1	2	2	1	2	2	2	2	7	6	2	15
Producción de Cal	1	1	2	2	1	2	2	2	2	7	6	2	15
<b>5.3.4 Otros minerales y materiales</b>	1	1	2	2	1	2	3	3	2	7	8	2	17
Producción de Yeso	1	1	2	2	1	2	3	3	2	7	8	2	17
Producción de Cerámica	1	1	2	2	1	2	3	3	2	7	8	2	17
<b>5.4 Uso deliberado de mercurio en procesos industriales</b>													
<b>5.4.1 Producción de cloro álcali con tecnología de mercurio</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.4.2 Producción de VCM</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.4.3 Producción de acetildahídos con HgSO4 como</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			

catalizador													
5.4.4 Otras formas de producción de químicos y polímeros con compuestos de Hg. como catalizador	NO APLICA				NO APLICA				NO APLICA				
5.5 Productos de consumo con uso deliberado de mercurio													
5.5.1 Termómetros con mercurio	2	2	2	2	1	2	3	3	1	9	8	1	18
5.5.2 Interruptores eléctricos y relé con mercurio	2	2	2	2	2	2	3	3	1	10	8	1	19
5.5.3 Fuentes de luz con mercurio	2	2	2	2	1	1	3	3	1	9	7	1	17
5.5.4 Pilas con mercurio	2	2	2	2	1	1	3	3	1	9	7	1	17
5.5.5 Biocidas y pesticidas con mercurio	No identificada en Chile				No identificada en Chile				No identificada en Chile				
5.5.6 Pinturas con mercurio	No identificada en Chile				No identificada en Chile				No identificada en Chile				
5.5.7 Productos Farmacéuticos de uso Humano y Veterinario	2	2	2	2	1	3	3	3	1	9	9	1	19
5.5.8 Cosméticos y productos relacionados	No identificada en Chile				No identificada en Chile				No identificada en Chile				
5.6 Otros usos deliberados de mercurio en productos/procesos													
5.6.1 Amalgamas dentales	2	2	2	2	1	3	3	3	3	9	9	3	21
5.6.2 Manómetros y medidores	2	2	2	2	2	2	3	3	1	10	8	1	19
5.6.3 Químicos y equipos de laboratorio	2	1	2	2	1	3	3	3	1	8	9	1	18
5.6.4 Usos étnicos/culturales/ rituales	NO APLICA				NO APLICA				NO APLICA				
5.6.5 Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes	NO APLICA				NO APLICA				NO APLICA				
5.7 Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)													
5.7.1 Producción de mercurio reciclado	NO APLICA				NO APLICA				NO APLICA				
5.7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)	2	2	1	2	1	2	2	2	2	8	6	2	16
5.7.3 Producción de otros metales reciclados	2	2	1	2	1	2	3	2	2	8	7	2	17
5.8 Incineración de desechos													

<b>5.8.1 Incineración de desechos municipales/generales</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.8.2 Incineración de desechos peligrosos</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.8.3 Incineración de desechos médicos</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>17</b>
Sin sistema de emisiones	2	1	2	2	2	2	2	2	2	9	6	2	17
Reducción mediante PES	2	1	1	2	2	2	2	2	2	8	6	2	16
<b>5.8.4 Incineración de lodos cloacales</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.8.5 Incineración informal de desechos</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.9 Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</b>													
<b>5.9.1 Rellenos sanitarios depósitos controlados</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>15</b>
<b>5.9.2 Disposición difusa con cierto grado de control</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.9.3 Disposición informal de desechos de producción industrial</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.9.4 Vertederos informales de desechos</b>	<b>NO APLICA</b>					<b>NO APLICA</b>				<b>NO APLICA</b>			
<b>5.9.5 Sistema/tratamiento de aguas residuales</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>15</b>
Solo Tratamiento Mecánico	1	1	1	2	2	1	3	1	3	7	5	3	15
Tratamiento mecánico y biológico	1	1	1	2	2	1	3	1	3	7	5	3	15
Tratamiento mecánico y biológico con aplicación agrícola de lodos	1	1	1	2	2	2	3	1	3	7	6	3	16
<b>5.10 Crematorios y cementerios</b>													
<b>5.10.1 Crematorios</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>18</b>
<b>5.10.2 Cementerios</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>18</b>

Para la priorización de la matriz cuantitativa se consideraron las emisiones en base a los resultados obtenidos del inventario de liberaciones de mercurio. Se consideró cada una de las subcategorías identificadas tanto de liberaciones mínimas como máximas, tomando en consideración el total de las vías de liberaciones, tal como se puede apreciar en la Tabla 158.

**Tabla 158 Matiz de priorización cuantitativa**

<b>JERARQUIZACIÓN DE SUBCATEGORÍAS</b>									
<b>ACTIVIDAD, PRODUCTO, SERVICIO</b>	<b>Jerarquización en base a emisiones</b>		<b>Jerarquización por las Vías a las que libera</b>						<b>Veinte primeros Emisores</b>
	<b>Liberaciones Mínimas</b>	<b>Liberaciones Máximas</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua</b>	<b>Tierra</b>	<b>Producto</b>	<b>Desechos Generales</b>	<b>Tratamiento específico</b>	<b>Ranking</b>
<b>5.1.1 Combustión de carbón en grandes Centrales de Energía</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>10</b>
<i>Centrales Termoeléctricas a Carbón y Petcoke</i>									
<b>5.1.2 Otras formas de combustión de carbón</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>11</b>
<i>Consumo de Carbón sector Industrial y Minero</i>									
<i>Consumo de Carbón sector Público y Residencial</i>									
<i>Consumo de Carbón sector siderúrgico</i>									
<i>Producción de Carbón</i>									
<i>Producción de Coque</i>									
<b>5.1.3 Extracción, refinación y uso del aceite mineral</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>14</b>
<i>Producción de Petróleo</i>									
<i>Refinación de Petróleo</i>									
<i>Consumo de destilados de petróleo a nivel</i>									

país									
<i>Centrales Termoeléctricas a Petróleo</i>									
<b>5.1.4 Extracción, refinación y uso del gas natural</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>16</b>
<i>Producción de Gas Natural</i>									
<i>Consumo de Gas Natural sector Industrial y Minero</i>									
<i>Consumo de Gas Natural combustión sector público y residencial</i>									
<i>Consumo de Gas Natural combustión sector Transporte</i>									
<i>Consumo de Gas Natural combustión Centros de Transformación</i>									
<i>Consumo de Gas Natural combustión sector Energético</i>									
<i>Centrales Termoeléctricas a Gas natural</i>									
<b>5.1.6 Energía obtenida por quema de biomasa y producción de calor</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>13</b>
<i>Consumo de Leña</i>									
<i>Centrales Termoeléctricas, combustible biomasa</i>									
<i>Incendios Forestales</i>									
<b>5.2.2 Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			<b>1</b>	<b>2</b>			<b>3</b>
<b>5.2.4 Extracción y procesamiento inicial del cobre</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>	<b>1</b>
<i>Relaves</i>									
<i>Producción de Fundiciones</i>									
<b>5.2.6 Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>1</b>				<b>2</b>
5.2.7 Extracción y procesamiento inicial del aluminio									
5.2.8 Extracción y procesamiento inicial de otros metales no ferrosos									
5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos									
<b>5.3.1 Producción de cemento</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>1</b>						<b>9</b>
<b>5.3.2 Producción de pulpa y papel</b>									
<i>Calderas de recuperación y poder combustible Biomasa</i>									
<b>5.3.3 Producción de cal y hornos de agregados ligeros</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>18</b>
<i>Producción de Cal</i>									
<b>5.3.4 Otros minerales y materiales</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>16</b>
<i>Producción de Yeso</i>									
<i>Producción de Cerámica</i>									
<b>5.5.1 Termómetros con mercurio</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>2</b>			<b>1</b>		<b>7</b>

<b>5.5.2 Interruptores eléctricos y relés con mercurio</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>1</b>		<b>7</b>
<b>5.5.3 Fuentes de luz con mercurio</b>									
<b>5.5.4 Pilas con mercurio</b>	<b>4</b>	<b>7</b>					<b>1</b>		<b>6</b>
<b>5.5.7 Productos Farmacéuticos de uso Humano y Veterinario</b>									
5.6.1 Amalgamas dentales	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>2</b>		<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
5.6.2 Manómetros y medidores									
5.6.3 Químicos y equipos de laboratorio									
5.6.5 Usos de productos misceláneos, usos de metal mercurio y otras fuentes									
<b>5.7.2 Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>1</b>				<b>2</b>		<b>19</b>
5.7.3 Producción de otros metales reciclados									
5.8.3 Incineración de desechos médicos	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>1</b>					<b>2</b>	<b>19</b>
5.8.5 Incineración informal de desechos									
<b>5.9.1 Rellenos sanitarios depósitos controlados</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	*	*				<b>17</b>
5.9.4 Vertederos informales de desechos									
<b>5.9.5 Sistema/tratamiento de aguas residuales</b>	<b>8</b>	<b>4</b>		<b>1</b>	<b>4</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<i>Solo Tratamiento Mecánico</i>									
<i>Tratamiento mecánico y biológico</i>									
<i>Tratamiento mecánico y biológico con aplicación agrícola de lodos</i>									
<b>5.10 Crematorios y cementerios</b>									
5.10.1 Crematorios									
5.10.2 Cementerios	<b>14</b>	<b>14</b>				<b>1</b>			<b>14</b>

Subcategorías consideradas prioritarias a partir del análisis de las dos matrices generadas:

- Subcategoría 5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”
- Subcategoría 5.1.3 “Aceites minerales – extracción, refinación y uso”
- Subcategoría 5.2.4 “Extracción y procesamiento inicial del cobre”
- Subcategoría 5.2.6 “Extracción y procesamiento inicial del oro mediante procesos distintos de la amalgamación con mercurio”
- Subcategoría 5.2.2 “Extracción de oro y plata con proceso de amalgamación de mercurio”
- Categoría 5.5 “Productos de consumo con uso deliberado de mercurio”
- Categoría 5.6 “Otros usos deliberados en productos/procesos”
- Subcategoría 5.9.5 “Sistemas/tratamiento de aguas residuales”

### 3.3 Propuesta de Gestión de Sitios Potencialmente Contaminados

La gestión de sitios con presencia de contaminación por mercurio, tiene como objetivo minimizar los riesgos a la salud de la población y los efectos sobre el medio ambiente originados por las áreas contaminadas con este elemento.

#### 3.3.1 Priorización de Sitios Potencialmente Contaminados

La determinación de una manera preliminar para las rutas de exposición de mayor importancia de los sitios previamente identificados en los que se presume la presencia de mercurio, aplicando la ficha básica de inspección, con el fin de verificar los medios ambientales que pudieran estar contaminados; los puntos de exposición de mayor riesgo y las vías de exposición más probables (ingestión, inhalación, contacto directo, absorción de raíz, etc.) y por último, la población potencialmente receptora de la o las sustancias involucradas, arrojo el siguiente resultado según el puntaje asignado:

**Tabla 159** Priorización de sitios potencialmente contaminados

Nombre del sitio	Comuna	Región	Puntaje
Sector Pabellón	Tierra Amarilla	Atacama (III)	61
Planta Ponce	Andacollo	Coquimbo (IV)	56
Relave antiguo	Paiguano	Coquimbo (IV)	53
Relave Porvenir	Tierra Amarilla	Atacama (III)	53
Entrada a localidad de Chepiquilla	Andacollo	Coquimbo (IV)	51
Rivera del Río Petorca 1	Petorca	Valparaíso (V)	49
Planta El Empalme – Rexin	Puerto Montt	Los Lagos (X)	49
Vertedero Lagunitas	Puerto Montt	Los Lagos (X)	48
Relave faena minera La Coipa	Copiapó	Atacama (III)	47
Rivera del Río Petorca 02	Petorca	Valparaíso (V)	47
Planta Maria Isabel	Tierra Amarilla	Atacama (III)	47
Planta abandonada Punitaqui	Punitaqui	Coquimbo (IV)	41
Mineral de Talca	Ovalle	Coquimbo (IV)	41
Planta Castellón	Copiapó	Atacama (III)	40
El Cateador	Copiapó	Atacama (III)	38
Relleno Sanitario Loma Los Colorados KDM	Til- Til	Metropolitana (RM)	38
Planta Minas del Prado	Coihueco	Bío-Bío (VIII)	36
Planta Day	Copiapó	Atacama (III)	35
Planta Andacoyo	Copiapó	Atacama (III)	34



Planta Arcadio	Copiapó	Atacama (III)	34
Santuario de la Naturaleza de Lengua	Hualpén	Bío-Bío (VIII)	34
Rajo del Río	Punitaqui	Coquimbo (IV)	33
Planta Charito	Copiapó	Atacama (III)	33
Relave en encarpetao de Mineral de Talca	Ovalle	Coquimbo (IV)	32
Planta San Marino	Copiapó	Atacama (III)	32
Sector Madre de Dios	Mariquina	Los Lagos (X)	31
Planta Montserrat	Copiapó	Atacama (III)	31
Mar Brava	Mauñín	Los Lagos (X)	30
Planta minera Ojo de Agua	Copiapó	Atacama (III)	30

### ***3.4 Evaluación en base Estudios realizados***

El estudio actual de sitios potencialmente contaminados debe conjugar resultados de la aplicación de las fichas de inspección, junto a consideraciones particulares de cada sitio, en cuanto la movilidad del mercurio, sus características especiales desde el punto de vista toxicológico, su capacidad de bioacumulación, y el uso del suelo, factores que determinan la potencial contaminación de un sitio.

Se debe realizar un análisis detallado de cada lugar, contemplando también las costumbres locales y los intereses particulares de protección de los territorios involucrados.

Se sugiere que dicho análisis debiera ser abordado por los Comités Operativos Regionales en materias de contaminación de suelos, en donde se incorpore a todos los actores relacionados, como son los gobiernos regionales, los municipios, los sectores académicos, la sociedad civil, los sectores salud, agricultura, educación, minería y el empresariado.

El catastro entrega una orientación basada principalmente en una apreciación cualitativa, acerca de la potencialidad de encontrar sitios contaminados, además permite acceder al concepto de la movilidad del contaminante a través de la aproximación, lo que no evidencia una base sólida para la gestión de sitios.

### ***3.5 Estudios que evidencian contaminación por mercurio en Chile***

En Chile, se han desarrollado estudios que evidencian contaminación con mercurio, como es el caso del trabajo, “Environmental assessment of copper–gold–mercury mining in the Andacollo and Punitaqui districts, northern Chile”, elaborado por Pablo Higuera, Roberto Oyarzún, Jorge Oyarzún, Hugo Maturana, Javier Lillo, Diego Morata; financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), la Oficina de Cooperación Internacional de la Universidad de Castilla La Mancha.

Para evaluar la posible contaminación ambiental en la región de Coquimbo, en el estudio se midió la concentración de Cu, As, Cd, Zn y Hg en muestras de flujo de las aguas y en las minas, Flujo de sedimentos, los suelos, los relaves de flotación, y los desechos en la mina, para el caso de Andacollo (Cu, Au, Hg) y Punitaqui (Cu-Au, Hg) El estudio reporta que la contaminación es fuertemente controlada por el mineral en cada distrito (Punitaqui y Andacollo) , el metal dispersión es modificado por el grado de procesamiento metalúrgico , la eficiencia demostrada por el anticuado sistema de flotación de Cu en Andacollo (flujo de sedimentos Cu 75-2200 ug / g). Por el contrario, Procedimientos más eficientes como en Punitaqui, se traduce en menos flujo de la contaminación, donde figura flujo de sedimentos Cu, que van desde 110-260 ug / g.

Sin embargo, la concentración por flotación eficiente de un determinado metal (por ejemplo, Cu) puede conducir a la pérdida de otro (por ejemplo de Hg hasta 190 lg / g Hg en los relaves en Punitaqui), y, por lo tanto, a la contaminación a través de la erosión de los Relaves (concentraciones de Hg en sedimentos aguas abajo de hasta 5,3 ug / g). El uso continuado de Hg para la fusión en el Au, como el caso de Andacollo ha dado lugar a significativos valores en el flujo de sedimentos (0.2-3.8 ug / g Hg) y suelos (2.4-47 ug / g Hg).

Las décadas de ineficiente tratamiento de los relaves y desechos de “stock-pile”, se han traducido en importantes valores de la contaminación del paisaje de los alrededores.

Otro estudio que evidencia contaminación de mercurio, es el realizado por el Departamento de Minas y CEAZA, Universidad de La Serena, “Minería y Contaminación del agua, ¿Cuándo es necesario preocuparse?, en donde analiza depósitos de lixiviación que corresponden a yacimientos de cobre y/o de oro, en el documento se menciona que ellos pueden diferir mucho en su contenido de elementos menores o en trazas, algunos de los cuales presentan riesgos toxicológicos. A modo de ejemplo, se indican los contenidos metálicos de dos balsas de estériles situadas junto a la planicie aluvial del río Elqui (Maturana et al, 2001):

Contenidos de metales (g/t) en las balsas de estériles presentes en Quebrada Marquesa y Las Rojas, Valle de Elqui (La Serena).

**Tabla 160**      **Contenido de mercurio**

	Mercurio (ppm)
Quebrada Marquesa	1.42
Las Rojas	0,15

El estudio menciona que, “la composición química de los numerosos depósitos abandonados de este tipo es un factor importante a considerar, junto con su "lixiviabilidad", su posición respecto al sistema de drenaje y a los centros de población y, naturalmente, su magnitud”

Una de las conclusiones, que este texto alude, es con respecto a la Situación geográfica, en donde hace alusión a que, “es evidente que aquellos centros mineros situados en altura, en la naciente de sistemas hidrográficos que alimentan sistemas de regadío y abastecen de

agua potable a pueblos y ciudades, merecen una especial preocupación. En tal sentido, lo estrecho de Chile y su elevado gradiente topográfico cordillerano, implican la rápida llegada de cualquier evento contaminante a los lugares de impacto”.

Otros estudios realizados, son los efectuados por el Ministerio de Planificación en 1980 y el realizado por Lisandro Chuecas, en el litoral de la región del Bío-Bío, Concepción, denominado, “Contaminación por metales pesados”, para el mercurio y el cadmio, en el marco del “Plan de Acción Internacional para la protección del Medio Ambiente caso del mercurio y el cadmio, en dicho estudio participaron investigadores de los departamentos de Oceanología y Química Analítica de la Universidad de Concepción, sobre concentraciones de mercurio y cadmio en muestras de aguas superficiales (2-3 m), obtenidas durante la primera fase del Programa de Vigilancia del CPPS-PNUMA (1985-1988)”

Los resultados que evidencia el estudio, son los siguientes:

**Tabla 161 Variación de las concentraciones promedio de mercurio en muestras de aguas de mar por área geográfica estudiada, promedio de concentraciones SERPLAC (1980), promedios de concentraciones naturales (Riley and Chester, 1971)**

	Bahía de Concepción		Bahía de San Vicente		Río Bío-Bío Golfo de Arauco		Concentración natural Promedio	Estándares (*)
	Estudio 1985-1988	SERPLAC 1980	Estudio 1985-1988	SERPLAC 1980	Estudio 1985-1988	SERPLAC 1980		
Mercurio (µg/L)	0.2 - 1.32	0.27 - 1.6	0.34 - 1.78	0.13 - 0.31	0.26 - 0.42	0.19 - 0.31	0.05	0.1

(\*) Estándares correspondientes a concentraciones que implican un riesgo para la vida marina, EPA 1976

En este estudio se menciona que algunos metales pesados, como el caso del mercurio son constituyentes normales del ambiente marino y pueden ser detectados en trazas, lo que puede ser un problema para diferenciar las concentraciones naturales detectadas en el ambiente de aquellas producidas por procesos de contaminación.

Se consideraron las concentraciones promedios naturales en el ambiente acuático marino para el mercurio (*i.e.*, 0,05 ppb para).

El estudio cita lo siguiente, “Los valores encontrados para mercurio en la bahía de Concepción (0,20-1,32 ppb) y desembocadura del río Bío-Bío (0,26-0,42 ppb) son comparativamente similares a los informados por SERPLAC, 1980 (0,27-1,60 ppb y 0,19-0,31 ppb, respectivamente). Por otra parte, se observa que las concentraciones promedios máximas de mercurio detectadas en la bahía de Concepción (1,32 ppb) y bahía de San Vicente (1,78 ppb) corresponde a valores muy superiores, tanto al estándar EPA (0,10 ppb) como también a la concentración natural promedio (0,05 ppb).

Los resultados sobre concentraciones de mercurio y cadmio en agua de mar del litoral de la región del Bío-Bío permiten postular la existencia de procesos de contaminación por mercurio en localidades de las bahías de Concepción y San Vicente”.

Fueron solicitados a la Universidad de Concepción, dos estudios que contienen caracterizaciones de niveles de mercurio, uno corresponde a "Evaluación de Contaminación

por Mercurio de Aguas, Sedimentos y Suelo en el Estuario Lengua Talcahuano" y el otro corresponde al estudio realizado en conjunto con el centro EULA Chile y la Universidad Federal de Río de Janeiro, Instituto de Biofísica, denominado, "Análisis comparado de sistemas costeros impactados por mercurio: valoración química de Hg, Metil Hg en el ambiente y uso de biomarcadores de exposición y efectos", los cuales sirven de base y vienen a reafirmar la importancia de gestionar los sitios potencialmente contaminados que han sido identificados en el país.

### **3.5.1 Gestión de los sitios sometidos a estudios.**

La USEPA (1998) ha identificado tres tipos de mediciones que se utilizan para evaluar los puntos finales de la evaluación y el potencial de riesgo:

**Mediciones del Efecto:** Mediciones directas de los cambios experimentados por los atributos de los puntos finales de la evaluación, que podrían atribuirse a la exposición al mercurio en cuestión.

**Mediciones de la Exposición:** Mediciones de las concentraciones químicas y de su movilización dentro el ambiente.

**Mediciones de las Características de los Ecosistemas y de los Receptores:** Mediciones de las características de los ecosistemas y de los receptores que influyen en el potencial de contacto entre los receptores y los químicos.

A partir de los resultados que en ellos se presentan, se debe realizar un análisis comparativo con estándares desarrollados en Países como Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea.

Programas a desarrollar como parte del plan de gestión para sitios:

1. Programa para seguimiento y actualización del Catastro priorizado de sitios potencialmente contaminados, con la idea de incorporar variables cuantitativas en base a los puntos planteados anteriormente.
2. Programa de Evaluación de Riesgos para sitios con presencia confirmada de mercurio, basados en el principio Fuente-Ruta-Receptor
3. Programa de desarrollo de capacidades y normativas
4. Programa de mitigación de los vacíos legales y las limitaciones para una gestión adecuada
5. Programa Desarrollo de Estudios de Factibilidad Técnico-Económica de Remediación de Sitios contaminados con mercurio.

### ***3.6 Medidas Concretas para la Gestión del Mercurio***

Para desarrollar opciones concretas de reducción para las liberaciones de mercurio se consideraron, en primer lugar, los resultados del inventario nacional de liberaciones de mercurio presentado anteriormente en el capítulo 7 del presente informe y una traducción realizada al documento “Guide for reducing major uses and releases of mercury” de UNEP la cual fue adaptada a las fuentes y liberaciones identificadas en Chile.

Dentro de este marco se consideraron como criterios factores descritos en este documento los que corresponden principalmente a la descripción de cada subcategoría y sus liberaciones, los que se adaptaron a la realidad chilena, las opciones de reducción que cada una de estas subcategorías presenta, las dificultades y gastos que se presentarían en la puesta en marcha de estas opciones de reducción y, para tomarlos como referencia, ejemplos de casos reales de la puesta en marcha de alternativas de reducción en otros países.

En base a dicha información integrada se plantearon medidas a implementar en el país en distintos horizontes temporales, como lo son corto, mediano y largo plazo.

### ***3.7 Categoría 5.1: “Extracción y uso de combustibles/ fuentes de energía”***

#### **3.7.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”**

##### Descripción

El carbón se usa para la producción de calor y electricidad en diversos sectores con diversas tecnologías de combustión. Las materias primas naturales, incluido el carbón, contienen cantidades traza de mercurio, el cual se libera térmicamente durante la combustión

En este contexto, las centrales termoeléctricas del Sistema Interconectado Central y Norte Grande, en el año 2005 operaban con 14 establecimientos usando como combustible el carbón, en las cuales preponderantemente se utiliza el quemado de carbón pulverizado.

##### Liberaciones

Principalmente las liberaciones producto de la combustión de carbón se liberan al aire y en residuos. Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con información respecto a la disposición final de dichos desechos que son recolectados de los establecimientos.

##### Opciones de reducción

Una opción de reducción consiste en el lavado del carbón previo a la combustión, cuyo principal objetivo es la eliminación de parte del azufre en el carbón, lo que puede eliminar parte del mercurio presente en el carbón. Este sistema requiere de una adecuada limpieza y sistemas de retención para recuperar el mercurio.

Otra alternativa es la utilización de equipos de post-combustión para la desulfuración de gases, remoción de NO<sub>x</sub> y retención de partículas, sistemas que actualmente son ampliamente utilizados en países industrializados para retener las emisiones de mercurio.

Las retenciones de mercurio no sólo variarán con el tipo de filtro sino que también con el tipo de combustión que utilice cada planta. Si bien es cierto, configuraciones diseñadas para una óptima retención de mercurio todavía no son comunes, hoy en día pueden encontrarse algunas de estas en etapa de desarrollo o en fases avanzadas de ensayos, en unos pocos países como Suecia y EE.UU.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

La eficiencia en el retiro de mercurio puede variar bastante aún entre unidades similares debido a la gran gama de variables asociadas, entre ellas: el tipo de carbón y el contenido de cloro; el tamaño de partícula de carbón; el oxígeno "neto"; presencia de otros dispositivos de control de contaminación instalados; etc. Por lo tanto, un sistema de control de mercurio sobre todo debe ser adaptado al diseño de unidad y características de operaciones, y las medidas específicas para el control de la eficiencia, en varias etapas del proceso, son necesarias para optimizar la reducción de emisiones de mercurio, según lo que indica la experiencia internacional.

Se destaca, la importancia de contar con información de las actuales condiciones de operación de los dispositivos de control para las centrales, pues a la temperatura que éstas funcionan, el mercurio puede ser capturado indirectamente en rangos mayores a los 120° C (temperatura a la cual el mercurio se comporta como un gas).

Por lo tanto, para poder capturar el mercurio como particulado se deberían usar temperaturas entre los 50°C y 60°C. Es importante mencionar que temperaturas muy bajas en los procesos industriales generan ciertos problemas de condensación de los gases ácidos y produce corrosión en las placas metálicas de estos precipitadores. Una de las mejores opciones es el uso de Filtros con carbón Activado, pero según la opinión de expertos, la implementación de estos sistemas en Chile es muy costosa.

La tecnología de combustión del carbón y los tipos de carbón también influyen en la eficiencia de los sistemas de limpieza de gases de combustión, y, con ello, directamente en las liberaciones.

#### Casos Reales (ejemplos)

En plantas reales de operación, del Centro de investigación de Energía de la Universidad de Lehigh (ERC), en Pensilvania, se llevaron a cabo extensas pruebas para reducir emisiones de mercurio. Las pruebas fueron realizadas en tres unidades cuyo funcionamiento se basaba en la quema de carbón bituminoso. Se consideraron tres tipos de PES, a distinta potencia, operación en frío y en caliente, en serie y tubular.

Según esta experiencia, el ERC confirmó una reducción del 50-75 % de mercurio total en el gas de conducto por la optimización del tiempo de residencia del gas del mercurio en el conducto, la temperatura del gas en el conducto, y el tamaño de ceniza del carbón sin quemar. Estas reducciones de mercurio fueron alcanzadas con un mínimo impacto sobre el funcionamiento termal y el costo de combustible.

El estudio más reciente al respecto (3 de febrero del 2008), lo encuentran desarrollando, Mazyck y su ayudante Chang-Yu Wu (expertos de la University of Florida), que consiste en un método alternativo que emplea partículas de sílice, implantadas con un fotocatalizador, una sustancia que reacciona con la luz ultravioleta. Cuando la luz ilumina el catalizador, causa una reacción química que produce radicales hidroxilos. Estas moléculas “limpian” el agua y regeneran el sílice. Esto permite reutilizarlo para eliminar más toxinas.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora en la información de los datos hasta ahora obtenidos

Mediano Plazo: Informar la procedencia y/o el contenido de mercurio en el carbón a importar, Evaluación de la incorporación del lavado del carbón y tratamiento adecuado de los desechos generados, Generación de una norma de emisión para el mercurio en centrales termoeléctricas. Implementación de algún tipo de filtro para termoeléctricas que no tienen incorporado ningún método de control.

Largo Plazo: Generar un instrumento que permita exigir la implementación de filtros adecuados para el control de mercurio.

Medida recomendada (costo/beneficio)

Evaluación de la factibilidad de reducción de mercurio con el acondicionamiento previo de lavado del carbón.

### **3.7.2 “Otras formas de Combustión de carbón”**

#### Descripción

Esta subcategoría cubre la combustión de carbón en pequeñas instalaciones, incluidas las calderas de combustión industrial en diversos sectores, el uso doméstico del carbón y el carbón residual para calefacción y cocina, así como la producción y el uso de carbón residual para otros usos, por ejemplo, para procesos metalúrgicos.

En Chile la producción de carbón, se realiza en la octava y décimo segunda región; la producción de coque es realizada en el rubro siderúrgico, y es empleado como materia prima en la fabricación de hierro.

Al año 2005, en el sector Industrial y minero, siderúrgico, autoprodutores de electricidad, sector público y residencial representa un 46,3% del total del carbón consumido en el país.

### Liberaciones

Las principales vías de liberación del mercurio de la combustión de carbón son el aire y en desechos/residuos

### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

La tecnología de combustión del carbón y los tipos de carbón también influyen en la eficiencia de los sistemas de limpieza de gases de combustión, y, con ello, directamente en las liberaciones.

### Opciones de reducción

Las opciones de reducción para esta subcategoría corresponden a las mismas explicadas en la subcategoría anterior, dentro de las cuales se mencionan al proceso de lavado del carbón previo a la combustión y la utilización de equipos de post-combustión para la desulfuración de gases, remoción de NO<sub>x</sub> y retención de partículas.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementación de informar la procedencia y/o el contenido de mercurio en el carbón a importar, Incorporar el lavado del carbón y tratamiento adecuado de los desechos generados, Generación y puesta en marcha de norma de emisión para el mercurio.

Largo Plazo: Generar un instrumento que permita exigir la implementación de filtros adecuados para el control de mercurio.

Medida recomendada (costo/beneficio)

Acondicionamiento previo de lavado del carbón

## **3.7.3 “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”**

### Descripción

Esta subcategoría incluye la extracción, refinación y usos en combustión de aceites minerales o los genéricamente llamados “crudo” o “petróleo”.

El uso esta referido principalmente a su combustión para la obtención de poder o calor, en transporte y otros empleos como el asfalto, utilizándose mayoritariamente los petróleos de grado N°5 y N°6.



El aceite mineral contiene pequeñas cantidades de impurezas naturales de mercurio, que son movilizadas a la biosfera por la extracción y el empleo. Concentraciones de mercurio en el aceite mineral pueden variar extensivamente dependiendo de la geología.

La producción de petróleo en Chile se realiza solamente en la Región de Magallanes, mientras la refinación es realizada en la V región (Concón) y en la VIII (Hualpén).

### Liberaciones

Los principales medios receptores corresponden al aire, tierra y agua, así como también se generan liberaciones a través del tratamiento de desechos generales.

### Opciones de reducción

Basándose en una comparación del contenido de mercurio de petróleo crudo con algunos petroleros refinados aparece que las emisiones de mercurio en las refinerías de petróleo pueden ser significativas.

Con respecto a la combustión de petróleo, actualmente las únicas medidas que pueden adoptarse para disminuir las emisiones de mercurio son la modificación de las calderas, la sustitución de combustibles y los sistemas de limpieza de gases de la combustión. El objetivo principal de la sustitución de combustibles es reducir el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) de emisiones, pero esto también implicaría el uso de combustibles con menor contenido de mercurio.

En las calderas más grandes con combustible de aceite mineral, en algunos países, se pueden limpiar los gases de los conductos con colectores mecánicos, precipitadores electrostático, o sistemas de fregado. Se cree que tales sistemas contribuyen de algún modo al control modesto de emisiones de mercurio, pero no hay datos disponibles ni suficientes sobre el porcentaje de mercurio removido.

### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

Debido a la generalizada falta de control de las emisiones de la combustión de petróleo y la falta de datos sobre cualquier control del mercurio, es razonable asumir que casi el 100% del mercurio en el combustible será liberado a la atmósfera.

En general, sólo las grandes unidades de combustión diseñadas para la quema de aceites minerales cuentan con equipos para la reducción de emisiones.

Otra de las dificultades se refiere a las concentraciones de mercurio entre los crudos que se usan como materia prima, ya que podrían ejercer mayor influencia en el contenido de mercurio de los productos refinados del petróleo.

### Casos Reales (ejemplos)

Algunas centrales de energía a base de petróleo usan precipitadores electrostáticos (PES). La US EPA hizo pruebas en dos centrales de este tipo y se reporta que la remoción de mercurio de un PES se encuentra en el rango de 42 - 83% (US EPA, 1997).

Se han instalado sistemas depuradores en calderas a base de quema de petróleo a fin de controlar tanto los óxidos de azufre como las partículas. De manera similar a los sistemas aplicados a la combustión de carbón, estos sistemas pueden alcanzar una eficiencia de control de partículas en el rango de 50 - 90% (US EPA, 1997).

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

**Corto plazo:** Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos, a través de mediciones que reporten emisiones de mercurio.

**Mediano Plazo:** Estudio de factibilidad técnico económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes derivados del petróleo. Regulación de la emisión de mercurio al aire en el proceso de refinación.

**Largo Plazo:** Exigencia de implementar filtros o equipos de alta eficiencia que permitan reducir en forma considerable la emisiones en la producción y refinación.

### Medida Recomendada (costo/beneficio)

Estudio de factibilidad técnico económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes derivados del petróleo.

## **3.7.4 “Extracción, refinación y uso de gas natural”**

### Descripción

Como muchos otros materiales naturales, el gas natural contiene pequeñas cantidades de impurezas naturales de mercurio, que son movilizadas a la biosfera durante la extracción, refinación y la combustión.

En Chile la producción de gas natural se sitúa en la XII región. Respecto a la combustión de gas natural en el país, para el año 2005, se realizaron en centros de consumo, específicamente, en centrales termoeléctricas, sector industrial, minero y combustión a nivel público y residencial.

## Liberaciones

Las liberaciones de mercurio de ésta combustión son principalmente al aire, y en el tratamiento de desechos generales.

## Opciones de reducción

La mayor parte del mercurio en el gas natural crudo puede ser quitado durante la extracción y/o la refinación del proceso, también durante el retiro de sulfuro de hidrógeno<sup>25</sup>. Por lo tanto, el gas natural generalmente es considerado un combustible ardiente limpio, que por lo general tiene concentraciones muy bajas de mercurio en el punto de combustión.

También durante el proceso de combustión se produce muy poca o casi nada de cenizas, ya que el suministro de gas es expuesto a altas temperaturas, así todo el mercurio que permanece en el gas será volatilizado y la salida del gas por la combustión será expulsadas del horno con las demás emisiones.

Las plantas de gas por lo general no tienen ningún dispositivo de control que reduzcan las emisiones de mercurio.

## Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

La mayor parte del contenido de mercurio en el gas, puede ser separado como un gas de aguas residuales o condensables, el término de gas condensable se refiere a aquellos líquidos que pueden ser originados en distintos lugares durante el proceso de quemado.

De acuerdo al BREF Oil & Gas (2003) el mercurio puede ser removido del gas en una trampa fría y posteriormente recuperar el mercurio depositado en el lodo. Luego una empresa de reciclaje de mercurio, puede procesar y tratar este lodo en una unidad de destilación vacía.

## Casos Reales (ejemplos)

Se puede asumir que los productores significativos de gas natural, ya toman medidas necesarias para quitar el mercurio de las provisiones de gas natural. De no ser así, ellos experimentarían problemas significativos y a veces peligrosos en los equipos.

## Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Regulación en el contenido de mercurio en el proceso de producción y refinación.

---

<sup>25</sup> Pirrone et al. (2001) divulgó que " una reducción de mercurio a debajo de 10 mg/m<sup>3</sup> tiene que ser obtenido antes de que el gas puede ser usado " (Pirrone et al., 2001).

Largo Plazo: Información del manejo realizado en el proceso de limpieza de mercurio en el gas natural, para ser comercializado.

#### Medida Recomendada (costo/beneficio)

El sector no presenta un nivel de emisiones con alto contenido de mercurio, por lo que se recomienda su uso como una alternativa más limpia en comparación al uso de otros combustibles fósiles.

### **3.7.5 “Energía obtenida por la quema de biomasa y producción de calor”**

#### Descripción

Esta categoría está referida a la combustión de biomasa para obtener energía y/o producir calor, incluyendo como combustible la combustión de madera.

En Chile, existen centrales de energía de biomasa distribuidas desde la IV región. Conociéndose además, el consumo de leña a nivel residencial, comercial e institucional.

Es importante destacar la incorporación en esta subcategoría de los incendios forestales, los que no estaban considerados en el Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio.

#### Liberaciones

La mayor liberación de mercurio al aire es en el proceso de la combustión; otra pequeña cantidad puede ser liberada en las cenizas o residuos o tratamiento de desechos generales, esto dependerá del material quemado, el tipo de dispositivo de combustión o de cualquier otro control de emisión.

#### Opciones de reducción

Los factores más importantes que determinan las liberaciones son los niveles de mercurio en la biomasa, y la cantidad de biomasa quemada. El mercurio en la biomasa proviene tanto del naturalmente presente en la biomasa, como del mercurio depositado de emisiones antropogénicas. Por ejemplo los árboles absorben con el tiempo el mercurio proveniente de la atmósfera, el cual es fácilmente liberado (sobre todo al aire) cuando la madera y otra biomasa son quemadas.

Los cuatro dispositivos de control más usados en los EE.UU. para reducir las emisiones del material particulado de la madera en las calderas son recolectores mecánicos, los filtros de tela, los lavadores o depuradores húmedos (wet scrubber) y los precipitadores electrostáticos (ESP). De estos controles, los tres últimos tienen la posibilidad de captura de mercurio.

Si bien los más utilizados en los Estados Unidos, para las calderas son los lavadores húmedos (venturi scrubbers), no se dispone de datos sobre el control de la eficacia de estos dispositivos para el mercurio, sin embargo, se espera un cierto control sobre las emisiones de las calderas de madera.

Filtros de tela (FFs) y Precipitadores electrostáticos (ESP) también son empleados en algunas calderas a madera, pero no se cuenta con datos disponibles para el control de la eficiencia de estos dispositivos, sin embargo, basados en datos de las plantas de combustión de carbón, la reducción de las emisiones de mercurio por FFs puede ser del 50% o más, y la eficiencia de los ESP es probable que sean un poco más baja, probablemente del 50% o menos (EE.UU. EPA 1997a, 2002a).

En el caso de la quema de leña con uso residencial, no se cuenta con equipos de control, más bien se utilizan tecnologías de control de emisiones para la disminución del particulado y los gases, mediante el uso de dobles cámaras, pero no existen estudios en Chile que den cuenta de las emisiones de mercurio en el proceso de combustión en estos aparatos ni menos de las reducciones específicas de mercurio.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

Debido a que no hay ninguna información disponible sobre dispositivos de control expresamente instalados y funcionando con el objetivo de reducir las emisiones de mercurio en el caso de las calderas, no es posible una discusión al respecto. Tampoco en lo que se refiere a la quema de leña para uso residencial.

#### Casos Reales (ejemplos)

Los datos acerca de las emisiones de mercurio de la combustión de biomasa son escasos. Un informe del Consejo Nacional de la Industria del Papel, en Estados Unidos, presentó una gama de emisiones para calderas con y sin ESP's. Los rangos de emisiones de mercurio reportados por las calderas con ESP's fue de  $1.3 \times 10^{-6}$  kg/ ton de madera quemada seca. Los calefactores sin ESP's tenían una variedad de otros dispositivos de control incluyendo ciclones, multiciclones y diversos lavadores húmedos (wet scrubbers). Los rangos de emisiones de mercurio reportados por las calderas sin ESP's fue de  $3.5 \times 10^{-6}$  kg/t de madera quemada seca. Para la combustión del resto de las maderas en calderas sin sistema de control de emisiones, la EPA de los EE.UU, estableció un promedio de los factores de emisiones para las emisiones de mercurio (basados en cuatro ensayos sobre emisiones) de  $2.6 \times 10^{-6}$  kg/ t de madera quemada seca.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Evaluar la factibilidad de reducción en el uso de biomasa como combustible.

Largo Plazo: Estudios de caracterización de mercurio en especies mas usadas como combustible biomasa

Medida recomendada (costo/beneficio)

Evaluar la factibilidad de reducción en el uso de biomasa como combustible.

### **3.8 Categoría 5.2 “Producción primaria (virgen) de metales”**

#### **3.8.1 “Extracción de Oro y Plata con el proceso de amalgamación de Mercurio”**

##### Descripción

En general, este proceso de la minería implica lo siguiente: el mineral húmedo (Barro o concentrado de mineral) se mezcla con mercurio metálico (líquido), proceso en el cual el mercurio se amalgama con el oro o la plata (se disuelve). Al lavar la mezcla, el resto del mineral es arrastrado dejando una combinación oro-mercurio o plata-mercurio, la que posteriormente es calentada evaporándose así el mercurio.

En Chile ésta técnica de extracción de oro se encuentra muy arraigada dentro de los pequeños mineros artesanales, existiendo una gran cantidad de pirquineros que la utilizan los que se encuentran distribuidos principalmente entre la III y IV región.

##### Liberaciones

La principal vía de liberación del mercurio corresponde a la tierra por concepto de su uso en la extracción de oro, y en menor medida el aire, debido principalmente a que la mayoría de pequeños mineros artesanales no cuentan con medios o equipos de captación de dichas emisiones.

##### Opciones de reducción

Las emisiones de mercurio dependen fundamentalmente de los métodos de tratamiento de la minería, minería artesanal y la pequeña minería. El uso del mercurio en los concentrados y no en todo el mineral, o eventualmente en combinación con un sistema de retorno, puede reducir en grandes medidas las pérdidas del mercurio.

Debido a las circunstancias económicas y sociales de la mayor parte de los trabajadores de la pequeña minería, técnicas alternativas con bajos contenidos de mercurio o sin mercurio deberían ser menos costosas, relativamente simples y fáciles para adaptarse, permitiendo una tasa de rendimiento rápida. De hecho, hay numerosas alternativas disponibles, pero las barreras educativas, culturales y otras a la puesta en práctica no deben ser olvidadas.

Estrategias para eliminar los efectos negativos del mercurio en el medio ambiente y en la salud incluyen tanto a la comunidad mediante la creación de capacidades para orientar las

emisiones, los riesgos y los aspectos económicos del uso del mercurio en la producción del oro. Reglamentos para limitar la accesibilidad del mercurio, limitar el acceso de las exportaciones desde los países productores.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

A pesar de la gama prometedora de resultados durante pruebas locales, se debe notar que la mayoría son relativamente caras o no disponibles para los trabajadores. La carencia de disponibilidad en las comunidades de la pequeña minería ha sido una de las conclusiones recientes del proyecto UNIDO Global de Mercurio. Por lo que es importante desarrollar capacidades locales.

#### Casos Reales (ejemplos)

Recientemente UNIDO demostró que técnicas de reducción de mercurio son muy rentables si se usan bolos de cocina y tubos que permitan a los mineros contener las emisiones de mercurio y reciclar así el 95% del mercurio del proceso de vaporización. De todos modos esta técnica requiere que la replica sea correctamente manejada para optimizar y reducir las emisiones y limitar la exposición humana. Algunos mineros han sido sorprendidos mientras abrían las replicas cuando aún estaban calientes, efectivamente las liberaciones de mercurio fueron mayores a las que se podrían haber recuperado.

En otros lugares se ha observado que estas técnicas de retorno introducidas en algunos sitios de la minería para reducir las emisiones de mercurio, no las han reducido en un nivel aceptable

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Guía de buenas prácticas ambientales para el manejo del mercurio, Programas educativos con grupo objetivo.

Largo Plazo: Regular el mercado informal, incentivos económicos para el cambio de tecnología en el uso de retortas y captadores de mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Educación a grupo objetivo.

### **3.8.2 “Extracción y tratamiento inicial de otros metales no ferrosos, incluyendo zinc, cobre, plomo, oro (diferente a la amalgamación) y aluminio.”**

#### Descripción

Las impurezas de mercurio están presentes en las minas u otros materiales de roca. En los procesos de extracción del metal de la mina, se libera mercurio del material de roca. Este mercurio se puede evaporar y seguir las corrientes gaseosas en los procesos de extracción o seguir las corrientes de los procesos líquidos, dependiendo de la tecnología usada para la extracción.

La extracción de Zinc en Chile se realiza únicamente en la XI región en la Minera Toqui, donde sólo se producen concentrados, sin realizarse en Chile proceso de fundición.

En Chile las fundiciones de Cobre constituyen una parte del proceso de obtención de este mineral, la etapa de fusión y conversión es donde se producen la mayores liberaciones de mercurio contenido en los concentrados, debido a las altas temperaturas de los procesos. Sin embargo, las tecnologías de captura de gases y polvos hacen que parte del mercurio no se emita a la atmósfera, sino que quede en los polvos de los precipitadores electrostáticos y en los Riles de la planta de ácido sulfúrico, los cuales son posteriormente tratados.

La producción nacional de Plomo está situada en la XI región del país y es extraído por la Minera Toqui, sin embargo no se consideró niveles de actividad debido a que está contenido en el proceso de extracción del Zinc.

La producción de oro en Chile proviene de las Regiones II, III, IV, V, RM y XI, la cual se presenta, principalmente, bajo la forma de oro metálico, metal doré y concentrados de oro.

#### Liberaciones

La principal vía de liberación de emisiones de Hg corresponde a la tierra

#### Opciones de reducción

El polvo que generan los procesos, incluyendo el rompimiento y triturado del material, pueden ser equipados con filtros de tela u otros filtros conservando el polvo, que posiblemente puede contener una parte menor de mercurio.

La recuperación de mercurio de los gases de combustión ácidos durante la sinterización del mineral requiere de una etapa de eliminación de otras impurezas. Esas instalaciones se han aplicado en algunos países en respuesta a las reglamentaciones ambientales.

Cuando el mercurio es removido de la fase del gas del proceso de refinación, el gas es traspasado a una secuencia de filtros de partícula, típicamente ciclones y precipitadores electrostáticos calientes para quitar partículas finas y el precipitador electroestático mojado. La humedad y partículas también pueden ser controladas mediante el uso de un depurador.



Los ciclones y el ESP caliente generan desechos secos sólidos que pueden contener el mercurio, y el ESP mojado y los depuradores generan lodos, que probablemente pueden contener más mercurio que los residuos iniciales debido a las temperaturas bajas y contenido de partículas finas.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

En general, los factores principales que determinan liberaciones y viabilidad de opciones de reducción de mercurio de la minería de metal no ferrosa y la extracción son los siguientes:

La existencia de un removedor de mercurio estará influenciada por la distribución de las vías de salida. Liberaciones a la atmósfera pueden ser convertidas en subproductos y liberarse a la tierra, depositación de residuos y el agua.

Parte de la entrada de mercurio puede ser retenida como partículas en filtros de partícula de gas de escape, la presencia de PES de alta eficacia y filtros de tela también pueden reducir algo las liberaciones atmosféricas de mercurio.

Las aguas residuales de las distintas etapas del proceso pueden contener mercurio. La extensión de las liberaciones de mercurio con el agua de descarga en ambientes acuáticos dependerá de cuan bien tratadas y manejadas son las aguas de desecho.

La mala gestión de los depósitos puede dar lugar a emisiones a la atmósfera, el agua y la tierra.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementación de mediciones de mercurio representativas en las diferentes corrientes del proceso de extracción de cobre.

Largo Plazo: Regulación de emisiones fugitivas en las fundiciones, regulación del contenido de mercurio generado a los relaves.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Implementación de mediciones de mercurio representativas en las diferentes corrientes del proceso de extracción de cobre.

### **3.8.3 “Producción primaria ferrosa metálica.”**

#### Descripción

Una de las principales aplicaciones del hierro es la obtención del fierro fundido y del acero, materiales metálicos de amplia utilización en la construcción habitacional y pública, las obras civiles, entre otras. La producción de hierro en Chile se realiza en la III y IV región por empresas de la gran y mediana minería del hierro.

En cuanto a la producción de arrabio (material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro), esta siendo desarrollada en la Siderúrgica Cía. Aceros del Pacífico, la que es principalmente abastecida por las mineras situadas en la tercera y cuarta región, que son de propiedad de la misma empresa.

#### Liberaciones

Las vías de liberación corresponden principalmente al aire y el tratamiento de desechos específicos por sector.

#### Opciones de reducción

El empleo de sistemas de lavadores húmedos (wet scrubber) para remover los metales pesados de cloruro solubles en agua, especialmente cloruro de plomo (s) con una eficiencia mayor al 90%.

Recuperación del polvo proveniente de los precipitadores electrostáticos y de los lavadores húmedos en los hornos, debido a que este polvo contiene grandes concentraciones de mercurio.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

En las plantas de sinterización, el más utilizado para el tratamiento de los dispositivos de reducción de grandes cantidades de residuos de gases en las plantas de sinterización en la UE son los precipitadores electrostáticos secos con tres o cuatro campos dispuestos en serie. Ya hace varios años algunos tipos de ESP están en uso: Precipitador Electroestático de electrodos de movimiento (Moving Electrode Electrostatic Precipitator (MEEP)), Superposición de impulsos de energía (energy pulse superimposition), y Limpiador electroestático súper espacial (Electrostatic Space Cleaner Super- (ESCS).

ESP reduce concentraciones de material particulado con una eficacia mayor al 95 %. En algunos casos la eficacia es del 99 %. Datos operacionales para plantas de sinterización están en la gama de 20 a 160 mg/Nm<sup>3</sup>. Los valores de emisión para MEEP Y ESCS pueden alcanzar <40 mg/Nm<sup>3</sup>. ESP con la superimposición de pulso de energía puede alcanzar 20 a 30 mg/Nm<sup>3</sup>.

Además los precipitadores electrostáticos pueden ser instalados en plantas nuevas como en existentes.

#### Casos Reales (ejemplos)

BREF Hierro y acero (2001), que está en proceso de actualización, informó que hace algunos años casi todas las plantas de sinterización en Europa estaban aplicando precipitadores electrostáticos.

UBA informó también que todas las plantas de sinterización alemanas están aplicando **ESP (seco)**, **MEEP** se ha instalado en dos plantas de sinterización en el Japón y en dos plantas de sinterización en Alemania.

Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Uso de filtros, tales como Precipitador Electroestáticos

Largo Plazo: Regulación de límites máximos de mercurio en emisiones atmosféricas

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Regulación en las emisiones

### **3.9 “Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio”**

#### **3.9.1 “Producción de Cemento”**

##### Descripción

La producción de cemento es un buen ejemplo de una fuente de liberación de mercurio debido al empleo de materias primas con concentraciones muy bajas de mercurio, pero consumida en grandes cantidades. En Chile el cemento producido es de tipo puzolánico.

El proceso para la fabricación de cemento implica:

1. Secado de la materia prima o precalentamiento de materiales.
2. Calcinación, un proceso de calentamiento en el que se forma óxido de calcio de carbonato de calcio.
3. La sinterización, en el que la cal reacciona con los óxidos para formar diferentes silicatos, aluminatos, y ferritas de calcio, también conocido como "clinker".

Como el Clinker o escoria caliente viene del horneado luego se enfría rápidamente. Finalmente, el clinker es enfriado y molido junto con el yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), lo que hace un polvo fino que se mezcla con otros aditivos para producir el producto final de cemento.

##### Liberaciones

La principal vía de liberación de mercurio corresponde a la atmósfera.

##### Opciones de reducción

Dependiendo de la tecnología de limpieza de gases de combustión empleado, una parte del mercurio es capturado por los sistemas de eliminación del polvo, por ejemplo, Filtros de tela y del ESP. La eficiencia de captura de mercurio depende de la eficiencia real de los filtros utilizados, y la temperatura en el filtro de entrada. Al disminuir la temperatura de los gases de escape en el filtro de entrada, mayor es la proporción de partículas de mercurio que pueden ser eliminadas de los gases de escape.

La información sobre la eficiencia de remoción de mercurio de los diferentes sistemas de reducción de emisiones de las plantas de cemento es escasa, pero en comparación con otros metales pesados (por ejemplo, el plomo y el cadmio) eliminados por estos sistemas, la eficiencia de la extracción de mercurio es relativamente baja.

#### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

La concentración de mercurio de los residuos de yeso producidos a partir de la limpieza de los residuos de la combustión de gas ácido, por ejemplo, de las centrales carboeléctricas, pueden exceder significativamente la concentración de mercurio del yeso natural. Por lo tanto, si los residuos de yeso de limpieza de los gases de la combustión se utilizan como materia prima para la producción de cemento, puede aumentar significativamente el contenido de mercurio del cemento final.

En general, se supone que la eficiencia de remoción de mercurio en los hornos es comparable con la eficiencia de remoción de mercurio empleados en los dispositivos de combustión. Sin embargo, si el polvo capturado es mezclado con las materias primas y reciclado en el horno, todo el mercurio que había sido eliminado o reciclado en el polvo, en este caso, serán emitidos al aire.

En la mayoría de los países la publicación del control de las emisiones de mercurio de plantas de cemento todavía no se ha hecho una alta prioridad, si bien los operadores de plantas tienen la obligación de informar de ellas en el marco del Inventario de Emisiones Tóxicas (EE.UU.) y el Registro Europeo de emisiones contaminantes (UE).

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Establecer programas de seguimiento que permitan seguir mejorando la reducción de emisiones a las diferentes vías de liberación.

Largo Plazo: Generar programas que potencien la investigación de materias primas alternativas, cada vez con menor cantidad de mercurio.

Medida recomendada (costo/beneficio)

Establecer programas de seguimiento que permitan seguir mejorando la reducción de emisiones a las diferentes vías de liberación

### **3.9.2 “Producción de Papel y Pulpa”**

#### Descripción

La industria de pulpa y papel, se produce a partir de madera en bruto a través de medios químicos o mecánicos o una combinación de ambos.

Los métodos utilizados para la producción de pulpa son químicos y mecánicos a la madera cruda, la cual naturalmente contiene trazas de mercurio, otra fuente corresponde a los combustibles empleados para la producción de energía y en los químicos que participan en el proceso de producción de la pulpa.

#### Liberaciones

Las vías de liberación predominante en esta subcategoría corresponden al aire y en tratamiento de desechos generales.

#### Opciones de reducción

No hay ningún ejemplo de opciones de reducción de emisión puestas en práctica expresamente para el objetivo de reducir emisiones potenciales de mercurio.

#### Casos Reales (ejemplos)

En Alemania la Industria de papel y reciclado GMBH, ha puesto en marcha un proceso de co-incineración de los desechos sólidos en una fábrica de fibra reciclada.(RCF)

Debido a la composición heterogénea de los artículos defectuosos de la fábrica, la incineración de fibra reciclada RCF son vertidas comúnmente en el vertedero. Sin embargo, debido a su alto valor calórico en el rango de 22-24 MJ / kg de materia seca y debido a la gran cantidad de plásticos defectuosos, estos pueden ser adecuados para la recuperación de energía, en sustitución de los combustibles fósiles.

En fábricas de papel que usan combustibles sólidos como el carbón (en Europa), la co-incineración de artículos defectuosos es factible. La instalación de una cámara de secado y gasificación conectada con la cámara de combustión de la central eléctrica es necesaria. En la cámara de secado y gasificación, los artículos defectuosos son gasificados por la oxidación del material con el aire. Los gases generados durante la gasificación después son quemados en la cámara de combustión de la central eléctrica. Condiciones de combustión apropiadas tienen que ser aseguradas para evitar problemas con VOC y hollín.

Desde luego, que la co-incineración de artículos defectuosos en instalaciones de combustión existentes requiere medidas adicionales para la purificación del gas en el conducto. Entre otras medidas, los gases superfluos son tratados en los precipitadores electrostático y además en un filtro de tela. La eliminación de las dioxinas y mercurio de los gases de combustión se realiza con carbón activado.

#### Gestión de los residuos (opciones)

La incineración de artículos defectuosos ahorra el espacio en los depósitos o rellenos, las cenizas resultantes son adecuadas para la reutilización, por ejemplo, en la construcción de carreteras.

Los combustibles fósiles para la generación de energía pueden ser substituidos. Las emisiones liberadas a la atmósfera desde los incineradores deben ser tratadas, reduciendo con ello las emisiones de los rellenos. Las aguas residuales se generan cuando los lavadores húmedos (wet scrubber) se utilizan para el tratamiento de los gases residuales.

### Implementación, costos, barreras

Los gastos de inversión para una RCF incluyendo el pretratamiento de residuos sólidos, con cámara de secado y de gasificación para tratar un volumen de 3 toneladas/hora están en un rango de 2.5 millones de euro.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar y potenciar la investigación para cambios de combustibles y de formas de tratamiento previo para reducir el contenido natural de mercurio en la madera, generar metas de reducción en el tiempo.

Largo Plazo: Generar un marco regulatorio para las emisiones producto del uso de combustibles con contenido de mercurio y planes de fiscalización de las emisiones.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Programas de seguimiento

## ***3.10 “Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio”***

### **3.10.1 “Termómetros con mercurio”**

#### Descripción

Los termómetros de mercurio usados para la medición de rangos de temperatura en todo tipo de medios, existen de variados tipo como termómetros médicos, termómetros de temperatura ambiente, de vinos, etc.

Los principales tipos de termómetros de mercurio que permanecen en uso incluyen termómetros médicos, de temperatura de aire ambientales, termómetros usados en laboratorios químicos y establecimientos educativos, así como en los mandos de algunas máquinas (motores diesel ej. grandes) y el equipo industrial.

#### Liberaciones

Las vías de liberación predominantes corresponden al aire, el agua y tratamientos de desechos generales.

#### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

En algunos países se han hecho esfuerzos para reunir los termómetros de mercurio para garantizar la seguridad en el manejo de mercurio, y, a veces, el reciclado. Sin embargo, la principal manera de reducir las emisiones de mercurio y de los riesgos correspondientes, es la sustitución de los termómetros por otros libre de mercurio. Hay muchas alternativas de

sustitución de termómetros clínicos como los eléctricos, electrónicos, desechables para usos específicos entre otros.

Con respecto a los termómetros no médicos existen alternativas que incluyen termómetros eléctricos, electrónicos, desechables o que utilicen otros líquidos como gas y alcohol, los más comunes son los sensores, la alternativa dependerá del rango de temperatura que se desea medir, el uso específico y la necesidad de precisión.

#### Evaluación de las opciones (de viabilidad, los costos, los beneficios, ventajas, desventajas)

Los Termómetros han sido ampliamente analizados, se han identificado alternativas y los costos han sido examinados y se muestran comparables. Existen alternativas sin mercurio que están comercialmente disponibles para casi todas las sub-categorías de termómetro.

Esto ha permitido la casi eliminación del uso de mercurio en estos dispositivos en algunos países. En el caso de que los costos de las alternativas no sean comparables, estas alternativas a menudo superan a los dispositivos que contienen mercurio en términos de longevidad y un rendimiento más rápido (por ejemplo, los termómetros electrónicos digitales). Aunque los precios de las alternativas varían mucho, aun así no son necesariamente más caras.

Alternativas electrónicas tienen varias ventajas sobre el mercurio. Un termómetro puede ser ajustado a varios rangos de medición diferentes, así la sustitución por varios termómetros de mercurio; es posible leer temperaturas digitalmente y registrarlos remotamente, esto puede reducir la posibilidad de error humano, así como reducir gastos de operaciones.

Asimismo, cabe señalar que, si bien el costo inicial de algunos termómetros de mercurio puede ser inferior al de un dispositivo electrónico, la frecuencia de rompimiento de los termómetros de mercurio es mayor, y un termómetro electrónico podrá sustituir a varios de mercurio. Si se calcula un costo anual, el precio de un dispositivo de medición electrónica no es probablemente más alto que el mercurio. Además, los termómetros de mercurio no valen nada a temperaturas inferiores a  $-39^{\circ}\text{C}$ , cuando el mercurio se vuelve sólido.

#### Casos Reales (ejemplos)

Los distintos países desarrollados ya han adoptado medidas para prohibir o restringir el uso de algunos o de todos los productos que contienen mercurio. Países como Dinamarca, Francia, los Países Bajos, Suecia, Noruega, Canadá y los EE.UU. (algunos Estados son mucho más progresistas que otros en este sentido) ya lo han hecho, permitiendo al mismo tiempo excepciones específicas para usos especializados, alternativas adecuadas donde aún no existen.

Las experiencias de Suecia y Dinamarca, en particular, estas restricciones han sido más amplias que la mayoría, y la experiencia de los Estados Unidos, donde los termómetros clínicos de mercurio no se encuentran disponibles debido a la eliminación gradual y voluntaria de la mayoría de las farmacias, así como las leyes que prohíben las ventas en

muchos Estados y gobiernos locales; Sin embargo, estudios detallados que comparan el costo y la funcionalidad de productos de mercurio con productos sin mercurio, en todos se demuestra la viabilidad de parar las ventas de la mayor parte de aparatos de medir e instrumentos con conteniendo mercurio.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

En la Resolución del Parlamento Europeo sobre la política europea de medio ambiente y Plan de Acción de salud 2004-2010 - en el artículo 6, declaró que, en consonancia con el "dictamen del Comité científico pertinente, debe considerarse urgentemente la posibilidad de restringir la comercialización y / o la utilización de mercurio utilizado en productos eléctricos o no electrónicos de medición y control de dispositivos... a los que los recién nacidos, niños, mujeres embarazadas, personas de edad avanzada, los trabajadores y otros de alto riesgo los sectores de la población están muy expuestos, como no se disponga de alternativas más seguras "(Parlamento Europeo, 2005).

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Generar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera de reducir su consumo, además de un sistema de control riguroso de las ventas de estos productos. Implementar planes de recolección y disposición adecuados para los ya existentes.

Largo Plazo: Generar un instrumento legal que prohíba la comercialización de termómetros de mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.10.2 “Interruptores eléctricos y relevadores con mercurio”**

#### Descripción

El uso de mercurio en los interruptores eléctricos constituye un grupo diverso de productos y usos. En Chile no hay producción de interruptores eléctricos.

#### Liberaciones

Las principales vías de liberación incluyen el aire, el agua y los tratamientos de desechos generales.



### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

El medio más eficaz de reducir emisiones de mercurio y exposiciones relacionadas con estos productos es substituyéndolos por una alternativa sin mercurio.

En general no hay obstáculos técnicos al sustituir componentes eléctricos, relés y otros contactos con componentes equivalentes sin mercurio. Algunos ejemplos:

### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

No hay diferencias significativas de precios entre los productos con uso de mercurio y relés sin mercurio y contactos, excepto usos muy específicos. Hay también varios ejemplos de las alternativas sin mercurio que son menos caras que los componentes de mercurio que ellos sustituyen (UNEP 2002).

### Casos Reales (ejemplos)

Distintos países desarrollados ya han adoptado medidas para prohibir o restringir el uso de algunos o de todos los productos que contienen mercurio. Países como Dinamarca, Francia, los Países Bajos, Suecia, Noruega, Canadá y los EE.UU. (algunos Estados son mucho más progresistas que otros en este sentido) ya lo han hecho, permitiendo al mismo tiempo alternativas especializadas donde aún no existían.

### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El hecho de que inicialmente la producción de un producto contenga mercurio significa que el producto debe ser administrado siempre de manera responsable. Si un producto se rompe, el mercurio se convierte en un peligro no sólo para las personas cerca de ese accidente, sino que también, para las personas que puedan vivir o trabajar en ese ámbito en el futuro si no es limpiado adecuadamente, e incluso si la limpieza es adecuada, los residuos de mercurio pueden ser puestos en el relleno municipal en lugar de los residuos peligrosos.

En caso que los productos de mercurio sean incinerados en los residuos municipales, gran parte del mercurio entrará en la atmósfera, dependiendo del tipo de control de gases de la combustión. En caso de que los productos de mercurio sean dirigidos a los vertederos, el mercurio eventualmente irá al aire, el agua o el suelo.

En el caso que los productos de mercurio se recojan por separado, hay todavía un costo considerable de la recolección, la eliminación de residuos peligrosos o de reciclaje, y los relacionados con las emisiones, además (en el caso de reciclaje), es probable que el mercurio aparezca una vez más en el mercado.

Además, dado que muchos productos que contienen mercurio tienen una larga vida técnica, hay que tener en cuenta que incluso si un país decide prohibir la comercialización y el uso de mercurio en la mayoría de los productos, pueden pasar décadas antes de que la mayoría del mercurio en uso sea recogido y retirado de la circulación humana.

### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

Durante la puesta en práctica de la prohibición sueca del mercurio en productos, una investigación de sustitutos de instrumentos de medición sin mercurio y componentes eléctricos fue realizada. Se descubrió que mientras muchos usos de mercurio estaban siendo retirados progresivamente, algunos nuevos usos, sorprendentemente, aparecían, por ejemplo en el de equipo electrónico, aun cuando tecnologías alternativas estuvieran disponibles. Quedó en evidencia que un programa apropiado de información e incentivos debería acompañar cualquier esfuerzo para promover o legislar productos sin mercurio.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Generar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos y generar información respecto a los productos específicos que contienen mercurio de tal manera de reducir su consumo. Implementar planes de recolección y disposición adecuados para los ya existentes.

Largo Plazo: Implementar un instrumento legal que prohíba la comercialización de interruptores y relevadores con mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.10.3 “Fuentes de luz con mercurio”**

#### Descripción

El mercurio se usa en pequeñas cantidades para algunas lámparas de descarga. Los ejemplos más comunes son los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas (CFL) entre las que destacan las lámparas de vapor de mercurio, de sodio y de alta presión, entre otras.

#### Liberaciones

Las principales liberaciones de mercurio son al aire y a desechos generales.

#### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

El modo más directo de reducir emisiones de mercurio y exposiciones en este caso es sustituyéndolo por una alternativa sin mercurio que este disponible. Por ejemplo, LEDs ya es usado en relojes digitales, teléfonos móviles, los semáforos, (por ejemplo, el alto rendimiento LEDs combinado con barras de prisma), signos de salida de emergencia, algunos escáneres e impresoras, etc.

También existen informes de una alta eficiencia de lámparas sin contenido de mercurio y de lámparas basadas en la tecnología de diodo, ya se ha iniciado la producción en China (Lightlab, 2005).

Careciendo de alternativas disponibles para lámparas de mercurio, sólo se puede describir el uso eficiente de lámparas de energía con un contenido mínimo de mercurio combinándolo con la recolección y tratamiento de las lámparas desechadas.

#### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Lámparas con un contenido bajo de mercurio tienden a ser más caras que aquellos con las cantidades más altas de mercurio.

Lámparas Incandescentes y algunas otras lámparas alternativas son generalmente menos caras que lámparas eficientes de energía, pero ellas tienen un gasto/energía de explotación mucho más alto.

#### Casos Reales (ejemplos)

La Unión Europea ha elaborado y aprobado dos leyes que regulan el contenido y disposición de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). Directiva 2002/96/CE (RAEE), principalmente garantiza la recogida selectiva y el reciclado de los AEE, mientras que la Directiva 2002/95/CE (RoHS) prohíbe el uso de ciertos productos químicos peligrosos - Como mercurio o cualquier componente que contenga mercurio - en equipos nuevos comercializados después del 1 de julio 2006. La directiva RoHS actualmente incluye AEE tales como grandes electrodomésticos, pequeños electrodomésticos, equipos de tecnología de las comunicaciones e información, dispositivos de consumo, de alumbrado, herramientas eléctricas y electrónicas, etc.

En la actualidad, sin embargo, debido a la falta de una amplia difusión de alternativas de alto rendimiento energético, la UE ha permitido continuidad en el uso de lámparas fluorescentes en general con un bajo contenido de mercurio.

#### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El hecho de que inicialmente un producto contenga mercurio implica que debe ser administrado siempre de manera responsable. Si en un producto se rompe el mercurio, se convierte en un peligro no sólo para las personas cerca de ese accidente, sino que también, para las personas que puedan vivir o trabajar en ese ámbito en el futuro si no es limpiado adecuadamente, incluso si la limpieza es adecuada, los residuos de mercurio pueden ser puestos en el relleno municipal en lugar de los residuos peligrosos.

En caso de que los productos de mercurio sean dirigidos a los vertederos, el mercurio eventualmente irá al aire, el agua o el suelo.

En el caso que los productos de mercurio se recojan por separado, hay un costo considerable de recolección, la eliminación de residuos peligrosos o de reciclaje, y los

relacionados con las emisiones, además (en el caso de reciclaje), es probable que el mercurio aparezca una vez más en el mercado.

Además, dado que muchos productos que contienen mercurio tienen una larga vida técnica, hay que tener en cuenta que incluso si un país decide prohibir la comercialización y el uso de mercurio en la mayoría de los productos, pueden pasar décadas antes de que la mayoría del mercurio en uso sea recogido y retirado de la circulación humana.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

El costo de recolección separada de lámparas de mercurio es alto, en relación con la cantidad de liberaciones de mercurio evitadas. Para alcanzar una tarifa de recolección por encima del 20 %, se deben dedicar recursos significativos a la conciencia pública e incentivos.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Generar y potenciar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera de reducir su consumo.

Largo Plazo: Implementar un instrumento legal que reduzca el contenido de mercurio en la comercialización de lámparas con mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.10.4 “Pilas con mercurio”**

#### Descripción

El mercurio en pilas es uno de los usos más significativos, el cual es usado principalmente en pilas primarias, es decir, no recargables.

En Chile existe un alto consumo, y un manejo de disposición controlado muy reducido, las siguientes son las categorías de pilas reportadas por aduana: Oxido de mercurio, Zinc- aire, Oxido de Plata botón y Otras alcalinas distintas de botón.

#### Liberaciones

La principal vía de liberación de esta fuente son a los desechos generales.

#### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

El primer paso para reducir las emisiones de mercurio y exposiciones es substituyendo las pilas de mercurio con alternativas sin mercurio.

Con respecto las baterías de oxido de mercurio, zinc-aire y baterías de botón, han estado disponible durante varios años en el mercado pilas alternativas libres de mercurio

Los fabricantes también están empezando a producir versiones libres de mercurio de óxido de plata, alcalinas de dióxido de manganeso ("alcalinos"), y baterías de zinc-aire en miniatura. Algunas de estas baterías parecen estar orientados para el mercado europeo, pero la mayoría están destinadas para ser usadas en todo el mundo. Las características de rendimiento parecen ser comparables a las pilas de mercurio.

La asociación nacional de fabricantes eléctricos se ha comprometido a comercializar solo pilas libres de mercurio en USA a partir del 2011, esta asociación no representa a todo el mercado de los Estados Unidos, pero sus decisiones son influyentes

#### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Las pilas sin mercurio no son de fácil acceso, sin embargo, sobre la base de los precios proporcionados por un fabricante parece haber un incremento entre 24-30% en los costos en comparación con las pilas con mercurio, sin embargo se espera que esta diferencia de los costos desaparezca gradualmente cuando se incrementen los volúmenes de ventas y la competencia para aumentar las pilas libres de mercurio.

Con respecto a las pilas de óxido de mercurio y pilas de zinc (médico) "botón", el costo de las alternativas puede ser más alto que el original. Para los otros tipos de pilas, las comparaciones son difíciles, pero generalmente cuestan aproximadamente lo mismo que las pilas que sustituyen.

### Casos Reales (ejemplos)

En la Unión Europea, las Directivas 91/157 y 98/101 ponen límites máximos de mercurio para pilas alcalinas y pilas de botón, y prohíben la comercialización de pilas de óxido de mercurio, aunque todavía pueda haber cantidades significativas en el comercio. De la misma manera, China prohíbe la fabricación de pilas de óxido de mercurio, aunque existen pruebas que aún existe alguna producción.

### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El hecho de que inicialmente la producción de un producto contenga mercurio significa que éste debe ser administrado siempre de manera responsable. Si un producto se rompe, el mercurio se convierte en un peligro no sólo para las personas cerca de ese accidente, sino que también para las personas que puedan vivir o trabajar en ese ámbito en el futuro, si no es limpiado adecuadamente.

En el caso que los productos de mercurio se recojan por separado, hay un costo considerable de la recolección, la eliminación de residuos peligrosos o de reciclaje, y los relacionados con las emisiones, además (en el caso de reciclaje), es probable que el mercurio aparezca una vez más en el mercado.

Además, hay que tener en cuenta que incluso si un país decide prohibir la comercialización y el uso de mercurio en la mayoría de los productos, pueden pasar décadas antes de que la mayoría del mercurio en uso sea recogido y retirado de la circulación por la larga vida técnica que suelen tener.

### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

La recolección selectiva de pilas está mejorando en muchos países, pero aún es problemático y caro. Incluso en el mejor de los casos, no más del 30% de las pilas de botón están siendo recogidas, y tal vez el 50% de las grandes baterías. La decisión de conferir por mandato pilas libres de mercurio ya no es, una decisión técnica tanto como una decisión política. Esta decisión requiere de un cambio importante de la industria, que actualmente se encuentra en marcha.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar y potenciar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera de reducir su consumo. Apoyar, difundir y fomentar planes de recolección de pilas.

Largo Plazo: Generar normativas que prohíba o establezcan límites máximos de mercurio para pilas alcalinas y pilas de botón, y prohíban la comercialización de pilas de óxido de mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.10.5 “Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario”**

#### Descripción

Se usan compuestos de mercurio como conservador en productos farmacéuticos, como vacunas, gotas oftálmicas, soluciones nasales, antisépticos, etc.

En Chile se comercializan productos de uso humano y veterinario con contenido de mercurio, y el timerosal está presente como conservante en una gran cantidad de vacunas. Uno de los más conocidos es el timerosal (thiosalicylate etílico) el cual se ha utilizado durante décadas en (la mayoría en vacunas de dosis múltiples) de vacunas para prevenir el crecimiento de diversos agentes patógenos. La utilización de compuestos de mercurio en las vacunas es más frecuente en Países en los que las vacunas se suministran en dosis múltiples, y hay necesidad de tener conservantes en cantidades más elevadas. Las cantidades de Mercurio en estos productos son muy pequeñas en comparación con otros usos, como el mercurio en obturaciones, termómetros, manómetros de sangre, baterías, etc.

No obstante, el hecho de que este compuesto etil-mercurio se inyecta directamente en el cuerpo humano en muchas personas, sigue siendo importante controversia sobre si el uso del timerosal en las vacunas causa efectos en la salud de los seres humanos.

Basado en el principio de precaución, y con el objetivo de reducir la exposición humana al mercurio, se debe contar algunas medidas para reducir el mercurio en diferentes productos farmacéuticos. El uso de mercurio en las vacunas, colirios y otros productos farmacéuticos ha disminuido significativamente en los últimos años (PNUMA, 2002).

#### Liberaciones

Las principales vías de las emisiones de mercurio de los productos farmacéuticos son a través del cuerpo a las aguas residuales o a la tierra. Asimismo, los productos no utilizados pueden ser eliminados como desechos peligrosos o como desecho general dependiendo de la costumbre en prácticas de gestión de desechos.

### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

La principal forma de reducir las emisiones de mercurio y exposiciones relacionadas, parte con el fabricante de productos farmacéuticos mediante la sustitución, reducir o eliminar el uso de mercurio. En cuanto al uso, lo que podría suponer una alternativa libre de mercurio en químicos utilizados como el conservante, es reducir el nivel de timerosal, o no usar conservantes de ningún tipo. Otra opción particular a la utilización de mercurio en casos como este, donde el riesgo puede ser más importante para un cierto grupo de edad o población, es el de reducir o eliminar el contenido de mercurio de fármacos con los lactantes y los niños. Esto podría hacerse en combinación con una etiqueta de advertencia.

### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

La dosis de vacunas individuales, generalmente son producidos sin conservantes, pero por lo general son alrededor de 50% más caros que los de dosis múltiples de vacunas. Según la OMS, existen otros productos químicos, tales como 2-phenoxy-etanol, que también se utiliza como conservante de vacunas, sin embargo, la OMS considera que Timerosal es mejor que la alternativa como conservante.

### Casos Reales (ejemplos)

La FDA en 1999 pidió a los fabricantes de vacunas proporcionar información sobre el timerosal la Academia Americana de Pediatría, y un acuerdo con los fabricantes de vacunas que el timerosal sería eliminado de las vacunas administradas a infantes y los niños lo antes posible (EE.UU. FDA).

De acuerdo con su Oficina de Seguridad de la inmunización, la OMS sigue recomendando el uso de vacunas que contienen timerosal. Según OMS, estas vacunas se han utilizado con seguridad en todo el mundo por décadas, ayudando a salvar muchos millones de vidas de niños.

La EMEA (European Medicines Agency Home) llegó a la conclusión de que: "Aunque no existe evidencia de daño causado por el Nivel de exposición de las vacunas, sería prudente promover el Uso general de vacunas sin timerosal en el plazo más breve posible "(EMEA, 1999).

La EMEA ha actualizado su asesoramiento sobre el uso del timerosal en las vacunas, en marzo de 2004. Si bien rechazó cualquier posible relación entre el timerosal y " Trastornos específicos del neurodesarrollo", sigue promoviendo el desarrollo de vacunas sin Timerosal, o con los más bajos niveles posibles de timerosal.

Un requisito en el etiquetado de las vacunas que contienen timerosal se incluyó también, señalando una advertencia con respecto a la sensibilización a timerosal (EMEA, 2004).



En Dinamarca, el Laboratorio Central Nacional del Sistema de Salud de Dinamarca no ha utilizado el timerosal en las vacunas para niños desde 1992 (Dinamarca, 2004).

#### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El contenido de mercurio en los productos farmacéuticos por lo general están a un nivel que deben ser considerados como desechos médicos peligrosos y deben ser eliminados correctamente.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

El problema del mercurio en las vacunas, se ha centrado en muchos debates, con respecto a si tiene relación con el aumento de los casos de autismo en los niños. Con respecto a los productos, existen alternativas como sustitutos.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar, potenciar y dar a conocer a los consumidores información respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera que si tienen la posibilidad de elegir opten por aquellas libres de mercurio. Por otro lado, potenciar e incentivar a los profesionales, sobre todo del sector publico y privado, en el uso de productos libres de mercurio.

Largo Plazo: Generar un instrumento legal que exija que todos los productos ingresados al país cuenten con advertencia en el etiquetado y la prohibición de los que se pueden sustituir por productos similares.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.11 “Otros usos deliberados en productos / procesos”**

#### **3.11.1 “Amalgamas dentales de mercurio”**

##### Descripción

Los obturaciones dentales de amalgama consisten en una aleación de mercurio, plata, cobre y estaño (contenido típico de mercurio de 44 a 51% por ciento del peso).

En Chile aun está muy arraigado su uso en el sector público.

##### Liberaciones

El mercurio se libera al aire, el agua y los desechos durante la producción, el uso y la disposición de obturaciones de amalgama de desechos generales y específicos.

##### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

Los principales métodos para reducir las emisiones de mercurio y las exposiciones de obturaciones dentales es reducir los desechos durante el tratamiento dental y la sustitución de las amalgamas de mercurio por una alternativa libre de mercurio.

Las liberaciones de mercurio de las obturaciones dentales se pueden reducir preparando las amalgamas de una manera más eficiente y mediante la instalación de sistemas de captación de los residuos del agua.

Como consecuencia de avances tecnológicos en los últimos años, existen variadas alternativas a las de obturaciones con amalgama de mercurio. Sin embargo, el Consejo Danés Nacional de Salud no considera las alternativas capaces de sustituir a la amalgama de mercurio en todos los casos, y esta es también la posición corriente Sueca. Por otra parte, aún no conocen los sustitutos que actualmente pueden ser usados o han sido aceptados en muchos países, por otro lado los dentistas generalmente encuentran más fácil seguir usando las técnicas con las cuales se encuentran familiarizados.

##### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Con respecto a la reducción de emisiones de mercurio en los desechos, hay disponibles modernos filtros de amalgama con alta eficacia que son colocados en el sistema de aguas residuales de la clínica dental. De ser correctamente mantenido, ellos pueden recoger más del 90 % de la amalgama de aguas residuales de clínica. Si sólo son utilizados los filtros de malla gruesa, la mayor parte de la amalgama - quizás el 80-90% sobre la base de los estudios Daneses - se pierde a los sistemas de aguas residuales público o liberados en el medio ambiente.

Los residuos de las amalgamas pueden ser recogidos de forma selectiva para el reciclaje o ser tratados como desechos médicos peligrosos, o pueden ser eliminados como residuos a los rellenos sanitarios y ser incinerados.

El costo no es elevado para los dentistas profesionales. Las modificaciones necesarias en los consultorios dentales para reducir las emisiones de mercurio son sencillas de instalar y operar, y son relativamente baratas.

Con respecto a los sustitutos de la amalgama, algunas de las alternativas son más baratas y algunos más caras que las amalgamas con mercurio, algunos son de fácil aplicación y otras son más difíciles, pero ninguna de las alternativas requieren equipos especializados para el tratamiento de aguas residuales, los profesionales dentales no tienen la necesidad de cumplir regulaciones al medio ambiente.

#### Casos Reales (ejemplos)

En Nueva Jersey (EE.UU.), el material contaminado con mercurio capturado desde los filtros y otros dispositivos de control general, es enviado a los residuos sólidos municipales o reciclados (NJ SMN, 2002).

En cuanto a los desechos de amalgama en las aguas residuales, se estima que el 80% de las clínicas dentales en Dinamarca tienen filtros de alta eficiencia y que pueden retener hasta el 95% de residuos de la amalgama en las aguas residuales, mientras que el restante 20% de las clínicas se supone que no tienen estos filtros.

Un estudio reciente en Suecia reveló que la amalgama dental ha sido sustituida casi totalmente por otros materiales durante los últimos 6 o 7 años

#### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

Las cantidades de amalgamas dentales usadas por las persona reflejan el estatus económico, el nivel de cuidado dental en la población, y el empleo de alternativas dentales.

También durante la renovación rutinaria de las amalgamas, la anterior obturación es taladrada sacándola hacia afuera, estas partículas de amalgama van al sistema de las aguas residuales. Además, los dientes con obturaciones de amalgama pueden ser quitados en la clínica, y eliminados con la basura general o recogidos separadamente con la basura peligrosa, o enviados para el reciclaje. En Dinamarca, y seguramente en otros países, un número sustancial de dientes extraídos es enviado a las escuelas dentales donde son usados para enseñarles a los dentistas practicantes (Maag et al., 1996; Skårup et al., 2003).

El hecho de que inicialmente alguien tenga una amalgama dental que contenga mercurio significa que, independientemente al margen de cualquier implicación para la salud, el mercurio debe ser más tarde, gestionado de manera responsable. Si se elimina una amalgama, se convierte en residuos peligroso, que deben ser debidamente recogidos, pero que a menudo se depositan a las aguas residuales.

En el caso de que los residuos de las amalgamas de mercurio vayan a la incineración de residuos municipales, gran parte del mercurio entrará en la atmósfera, según el control de gases de combustión, si los desechos de la amalgama van a los vertederos del mercurio tarde o temprano será liberado al aire, el agua o el suelo.

Además, ya que las amalgamas pueden durar de 10-20 años, se debería tener presente que si se decide retirar progresivamente el empleo del mercurio en la amalgama dental, esto tardará épocas en que el mercurio empleado sea quitado de la circulación humana

### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

Varios países han puesto en marcha medidas para reducir o incluso eliminar el uso de mercurio en el sector dental. Además de la utilización de los separadores (filtros) de amalgamas para reducir la cantidad de los vertidos de mercurio de las aguas residuales en las clínicas dentales (combinado con un servicio adecuado para mantener la eficacia de estos sistemas), algunos países también están fomentando la sustitución de mercurio que contienen las amalgamas para obturación, especialmente entre las poblaciones sensibles incluidas las mujeres embarazadas, los niños y aquellos con problemas de riñón.

Dinamarca y Suecia son quizás los países que han ido más lejos en la eliminación del uso de mercurio que contienen las amalgamas. En Suecia, donde la amalgama dental ha sido objeto principalmente a la eliminación gradual de medidas voluntarias, el consumo de mercurio para uso dental ha disminuido considerablemente después de una decisión política del Parlamento en 1994 para eliminar el uso de la amalgama dental.

En Dinamarca, las amalgamas dentales se permiten sólo en los molares, donde el relleno está sujeto a desgaste, pero el Gobierno está dispuesto a prohibir el uso de la amalgama dental tan pronto como la Junta Nacional de Salud esté convencida de que el mercurio no es una alternativa adecuada.

Noruega también ha desarrollado una directiva (a partir del 1 de enero de 2003) sobre la utilización de los materiales de obturación dental, dentistas que alientan a reducir el uso de la amalgama en la mayor medida posible. La directiva se espera que surtan efecto.

La Resolución del Parlamento Europeo sobre la política europea de medio ambiente y salud -Plan de Acción 2004-2010 - en el artículo 6, declaró que, en concordancia con la "opinión del Comité científico pertinente, debe considerarse urgentemente la posibilidad de restringir la comercialización y / o la utilización de mercurio utilizado en las amalgamas dentales... que a los recién nacidos, niños, mujeres embarazadas, personas de edad avanzada, los trabajadores y otros de alto riesgo los sectores de la población que sufran una exposición intensa, se disponga de alternativas más seguras "(Parlamento Europeo, 2005).

En Nueva Zelanda, una " Pauta de Prácticas - control de los residuos de amalgamas dentales y de las descargas de aguas residuales" ha sido aprobada. Recomendó que los residuos de amalgama deban ser recogidos, almacenados y enviados para su reciclaje, o para la disposición en un relleno sanitario aprobado cuando la recogida para el reciclaje no está disponible. Asimismo, la amalgama retirada no debe eliminarse junto a los residuos médicos para incinerar. Se han publicado consejos de precaución para los dentistas y las

mujeres embarazadas. Se recomendó que la amalgama debe ser utilizado con el consentimiento informado de los pacientes (UNEP, 2002)

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar y Gestionar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera que si tienen la posibilidad de elegir opten por aquellas libres de mercurio. Por otro lado, potenciar e incentivar a los profesionales, sobre todo del sector publico que es donde se encuentra más arraigada la realización de obturación con mercurio, el uso de materiales libres de mercurio para realizar obturaciones.

Largo Plazo: Implementar un instrumento legal que permita regular la tecnología de filtros a utilizar en los establecimientos odontológicos tanto públicos como privados es instaurando metas de disminución de la utilización de amalgamas de mercurio como material de obturación. Estandarizar la preparación de amalgamas, por el método más eficiente.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.11.2 “Manómetros y medidores”**

#### Descripción

El mercurio se usa en algunos esfigmomanómetros, manómetros industriales y meteorológicos, y válvulas de presión, el cual puede liberarse durante el uso de los instrumentos o en su disposición final, ya que en Chile no hay producción.

#### Liberaciones

Las principales vías de liberación son al aire y desechos generales.

### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

La principal forma de reducir las emisiones de mercurio y las exposiciones por manómetros es mediante la sustitución de estos instrumentos con alternativas libres de mercurio. Los grupos de productos son muy diversas, incluyendo diferentes tipos de dispositivos. Sin embargo estos dispositivos pueden ser de dos tipos principalmente:

1. Aplicaciones en las que el mercurio se utiliza como un "Líquido" de los manómetros, termostatos y transmisores de presión. Todos estos se pueden sustituir sin ningún tipo de pérdida de la exactitud o confiabilidad. Son utilizadas tres tipos de tecnologías:

- Membranas flexibles.
- Cristales piezoeléctricos y otros sensores en los cuales algunas propiedades físicas cambian con la presión.
- Fibra óptica, sensores de presión, basado en la transmisión de la luz.

2. Aplicaciones en las que el mercurio se utiliza continuamente para indicar las diferencias de presión, como los U-tubo, barómetros, manómetros, en estos dispositivos el mercurio puede ser sustituido por otro líquido, de gas o por otras técnicas. Por ejemplo:

- Interruptores de mercurio de presión, se pueden utilizar para medir las diferencias de presión al vacío. Ellos pueden ser sustituidos por las mismas técnicas que para los manómetros.
- Para la transmisión remota de las lecturas de medidas, se utiliza a menudo un transmisor de presión. Un transmisor de presión especial (mercurio) es un tubo circular que puede contener hasta 8 kg de mercurio. Los sustitutos incluyen un potenciómetro o un transformador diferencial para medir los cambios de presión y transmitir una señal electrónica. La alternativa más común es un dispositivo sensor de diafragma.

### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Han sido ampliamente analizados los aparatos de medición de Presión, las alternativas libres de mercurio han sido identificadas y los costos han sido examinados y se muestran comparables. Existen alternativas disponibles sin mercurio que se comercializan para casi todas las sub-categorías de manómetros. Esto ha permitido la casi eliminación del uso de mercurio en estos dispositivos en algunos países. En caso de que los costos de las alternativas no sean comparables, las alternativas, a menudo superan a los dispositivos que contienen mercurio en términos de longevidad y un rendimiento más rápido. Además, el costo de las alternativas siempre disminuye cuando las alternativas son de uso común.

Alternativas basadas en gas, otros líquidos o de un sistema mecánico, no muestran diferencias significativas en el precio, en comparación con los dispositivos de mercurio. Alternativas de instrumentos eléctricos y electrónicos son sólo ligeramente más caras, pero tienen varias ventajas sobre el mercurio

### Casos Reales (ejemplos)

Hay una impresionante trayectoria de las instituciones médicas que han hecho la transición a equipos sin mercurio. También hay disponible información considerable de dominio público que demuestran que los obstáculos para esta transición es a menudo más una cuestión de educación e información respecto a la disponibilidad y funcionalidad de los equipos libres de mercurio (ver más abajo para los sitios web "Healthcare iniciativas").

Los distintos países desarrollados ya han adoptado medidas para prohibir o restringir el uso de algunos o de todos los productos que contienen mercurio. Países como Dinamarca, Francia, los Países Bajos, Suecia, Noruega, Canadá y los EE.UU. (algunos estados en los EE.UU. son más progresistas que otras en este sentido) ya lo han hecho, permitiendo al mismo tiempo para usos especializados alternativas adecuadas donde aún no existían.

Las experiencias de Suecia y Dinamarca, donde éstas restricciones han sido más amplias que la mayoría y aplicadas con vigor durante muchos años, la experiencia de los Estados Unidos, donde muchos hospitales han tomado una política libre de mercurio, y estudios que comparan el costo y funcionalidad de la presencia o ausencia de mercurio, manifiestan que todos los productos han demostrado la viabilidad de poner fin a la venta de la mayor parte los aparatos de medición e instrumentos que contienen mercurio.

### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El hecho de que inicialmente la producción de un producto contenga mercurio significa que el producto debe ser administrado siempre de manera responsable. Si un producto se rompe, el mercurio se convierte en un peligro no sólo para las personas cerca de ese accidente, sino que también, para las personas que puedan vivir o trabajar en ese ámbito en el futuro si no es limpiado adecuadamente. E incluso si la limpieza es adecuada, los residuos de mercurio pueden ser puestos en el relleno municipal en lugar de los residuos peligrosos.

En caso que los productos de mercurio sean incinerados en los residuos municipales, gran parte del mercurio entrará en la atmósfera, dependiendo del tipo de control de gases de la combustión.

En caso de que los productos de mercurio sean dirigidos a los vertederos, el mercurio eventualmente irá al aire, el agua o el suelo.

En el caso que los productos de mercurio se recojan por separado, hay todavía un costo considerable de la recolección, la eliminación de residuos peligrosos o de reciclaje, y los relacionados con las emisiones, además (en el caso de reciclaje), es probable que el mercurio aparezca una vez más en el mercado.

Además, dado que muchos productos que contienen mercurio tienen una larga vida técnica, hay que tener en cuenta que incluso si un país decide prohibir la comercialización y el uso

de mercurio en la mayoría de los productos, pueden pasar décadas antes de que la mayoría del mercurio en uso sea recogido y retirado de la circulación humana.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

La Resolución del Parlamento Europeo sobre la política europea de medio ambiente y salud Plan de Acción 2004-2010 - en el artículo 6, declaró que, en consonancia con el "dictamen del Comité científico pertinente, se debe considerar urgentemente la posibilidad de limitar la comercialización y / o el uso de mercurio utilizado en aparatos no eléctricos o no electrónicos de medición y control de dispositivos en los recién nacidos, niños, mujeres embarazadas, ancianos, las personas, los trabajadores y otros de alto riesgo los sectores de la población que están muy expuestos, como se disponga de alternativas más seguras "(Parlamento Europeo, 2005).

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar y gestionar programas de educación y concientización a los consumidores respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera de reducir su consumo y realizar una adecuada disposición en caso de rompimiento y/o fin de su vida útil, promover la sustitución por equipos libres de mercurio.

Largo Plazo: Implementar un instrumento legal que prohíba la comercialización de esfigmomanómetros y otros equipos con contenido de mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### **3.11.3 “Químicos y equipos de laboratorio”**

#### Descripción

El mercurio se usa en diversos instrumentos, reactivos, preservadores y catalizadores de los laboratorios, de estos un porcentaje del Hg contenido en estos instrumento se libera al aire, sin embargo, también existe liberación de mercurio a través de las aguas residuales o por disposición en los desechos generales.

Se identifican ingreso de productos químicos con contenido de mercurio, a través de un laboratorio, pero no fue posible cuantificar, debido a lo complejidad de los compuestos que lo contienen.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.



Mediano Plazo: Implementar un mejor sistema de identificación en aduana del uso del mercurio importado, así como también potenciar investigación que permita evaluar alternativas al mercurio.

Largo Plazo: Implementar un instrumento legal que regule los usos del mercurio en laboratorios

Medida recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución

### ***3.12 “Producción de metales reciclados”***

#### **3.12.1 “Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero)”**

##### Descripción

La producción del hierro y el acero reciclado, comienza en la chatarra y aplica 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 del metal, como interruptores o algún producto que se pueda filtrar en la chatarra.

##### Liberaciones

Las principales vías de liberación son el aire y los tratamientos de desechos generales

##### Opciones de reducción (tecnologías alternativas, las estrategias de reducción de mercurio)

Debido a que la preparación de la chatarra es crucial en relación con la cantidad de mercurio, las emisiones de mercurio pueden variar dependiendo de la composición / calidad de la chatarra.

La forma más económica de reducir en gran medida las emisiones de mercurio en todos los puntos del proceso de reciclado es identificar a los componentes de mercurio en la cadena de suministro de chatarra, y eliminar físicamente a los interruptores de mercurio y otras fuentes antes de ser aplastado, triturado, o de otro modo llegar al punto en que ya no pueden ser removidos fácilmente. Si no se elimina el mercurio en una etapa temprana, se hará más caro de eliminar en una fase posterior del tratamiento de la chatarra o el control de las emisiones.

### Puesta en práctica y ejecución, gastos, dificultades

Se proponen varias técnicas en el BREF Iron & Steel para el tratamiento de la salida de los gases.

En un sistema de campana, una o más campanas en los hornos indirectamente recogen los vapores que se escapan del horno durante la carga fusión, (hasta un 90% de las emisiones primaria y de las emisiones secundarias también)

Los recintos del horno llamados también perrera por lo general encapsulan el horno, los movimientos de balanceo de su techo, y también dejan espacio de trabajo delante de la puerta del horno. Normalmente, los gases residuales se extraen cerca de la parte superior de una de las paredes del recinto, el aire entra y pasa a través de las aberturas en el piso de operaciones.

Otra forma de recoger las emisiones secundarias de los hornos, así como de las instalaciones anteriores y venideras, es un encierro completo de todas las plantas en un edificio sellado. Esto puede ser considerado, simplemente como un tipo de horno más grande, que tiene más pasos en el proceso.

### Casos Reales (ejemplos)

Muchas plantas en Europa tienen una combinación de extracción directa de gas y capuchas (campanas). Los sistemas alemanes son equipados con los sistemas de perrera.

En Carolina del Norte (EE.UU.) un proyecto de ley exige a los fabricantes de automóviles se les pague una "recompensa" de 5,00 dólares por cambiar el mercurio eliminado por auto reciclado y a comerciantes de chatarra. Interruptores de mercurio son frecuentes en el capó y en las luces del maletero, entre otros equipos, en los techos de los autos. Con este proyecto de ley se espera cortar las emisiones de mercurio de fábricas de acero en Carolina del Norte, que reciclan chatarra de automóviles, en un 50% (NCCN 2005).

### Aplicación y ejecución, los costos, las barreras

Debido a la creciente importancia de esta categoría de fuente, en los EE.UU. la Agencia de Protección Ambiental ha publicado recientemente una norma que exige la eliminación de los interruptores de mercurio antes de la fundición de hierro y acero en las fundiciones, y está avanzando en un requisito similar para los hornos de arco eléctrico (EE.UU. Reg. Fed. 2004).

El costo de algunos sistemas de extracción de gases, capuchas sofisticadas (campanas) y recintos cerrados puede ser alto. La UE espera que la agencia de protección ambiental restrinja pronto las emisiones de mercurio de las plantas de acero y del reciclaje.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Fomentar guía de buenas prácticas en la identificación de los componentes de mercurio en la cadena de suministro de chatarra, y eliminar físicamente los componentes antes del proceso.

Largo Plazo: Evaluar la exigencia de métodos de control de emisiones, tales como encapsulamiento.

Medida recomendada (costo/beneficio)  
Reducción en la cadena de suministro

### **3.13 “Incineración de desechos”**

#### **3.13.1 “Incineración de desechos médicos”**

##### Descripción

En Chile existen entidades dedicadas a la incineración de desechos médicos, dentro de los cuales se contemplan aquellos infecciosos y no infecciosos generados en diversas instalaciones médicas, tanto de atención como investigación.

El contenido de mercurio en los desechos médicos tiene su origen principalmente en productos desechados o en residuos de procesos con uso deliberado de mercurio.

##### Liberaciones

Las principales liberaciones son al aire y en tratamientos de desechos específicos por sector.

##### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

La primera técnica relevante para prevenir las emisiones de mercurio a la atmósfera son las de prevenir y controlar la inclusión de mercurio en el flujo de los residuos.

- La sustitución de productos de mercurio por otros libres de mercurio.
- Recogida selectiva de los residuos que puedan contener mercurio como por ejemplo las pilas, las amalgamas dentales, termómetros, etc.
- Comunicar al personal del hospital la necesidad de evitar o segregar los desechos contaminados con mercurio.

La segunda técnica de control, es que los incineradores estén equipados con una amplia variedad de dispositivos de control de la contaminación atmosférica, que puedan variar en

la complejidad de los controles dependiendo del estado del arte de los sistemas de control de las emisiones de varios contaminantes al mismo tiempo. No es de extrañar que ya que se trata de emisiones similares, los sistemas de control para los incineradores de desechos médicos en general se asemejan a las descritas anteriormente para la incineración de residuos municipales.

#### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Numerosas configuraciones de sistemas de control de la contaminación atmosférica han sido usadas para controlar el material particulado y las emisiones gaseosas de la combustión de los incineradores de desechos médicos.

La mayoría de estas configuraciones caen dentro de las categorías generales de "los sistemas húmedos" y "los sistemas en seco". El sistema húmedo, suele comprender un depurador húmedo diseñado para el control de material particulado (MP), como depurador de gases ácidos para la eliminación y un sistema de alta eficiencia de eliminación de niebla.

La mayoría de los sistemas en seco utilizan un filtro de tela para la remoción de material particulado, pero los ESP han sido instalados en algunos incineradores más grandes de desechos médicos. Estos sistemas secos pueden usar la inyección sorbent vía inyección seca o rociar los secadores aguas arriba del dispositivo de material particulado para mejorar el control de gas ácido. Además algunos sistemas incorporan una combinación de sistema húmedo/seco, que consiste en una inyección de sorbente seco a los sistemas de filtros de tela seguido de un venturi scrubber (lavador venturi).

Debido a que estos sistemas están diseñados principalmente para el control de PM y el control de gases ácidos, pueden tener una utilidad limitada para el control de mercurio a menos que el carbón activado sea añadido a los sistemas de filtración de inyección/tela sorbent.

#### Casos Reales (ejemplos)

Otros desechos médicos contienen significativamente más mercurio que los de residuos patológicos, y el contenido promedio de mercurio de los residuos de la medicina general, en los EE.UU. se estima en más de 8,2 g de mercurio por Tonelada métrica.

En cierta época, muchas instalaciones de atención de salud estadounidenses manejaron incineradores de desechos médicos. Se encontró bastante mercurio en los incineradores de hospitales, los que se habían convertido en la cuarta fuente más grande de emisiones de mercurio a la atmósfera. El aumento de la conciencia pública sobre la magnitud de las emisiones de mercurio de incineradores de desechos médicos es un factor importante en la campaña para cerrarlos.

En 1997, la EPA impuso un estándar nacional para el medio ambiente de Contaminantes Peligrosos para el Hospital / médicos / Incineradores de residuos infecciosos la norma

HMIWI NESHAP establece estrictos límites a las emisiones de varios compuestos, como mercurio.

El número de los incineradores de desechos médicos ya habían venido disminuyendo antes de la aplicación de la norma HMIWI NESHAP, pero su efecto era aún más dramático de lo previsto en 1997, había 2400 incineradores, la quema de residuos médicos a nivel nacional, representaba el 8% del total de mercurio nacional emitido al aire. En el 2004, el número de incineradores había disminuido a 111 (2005).

#### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

El Protocolo sobre los metales pesados en el marco de la Comisión Económica de Naciones Unidas para Europa (CEPE / ONU) sobre los rangos de alcance transfronterizo de contaminación del aire establece valores límite jurídicamente vinculantes para la incineración de residuos. Para la emisión de mercurio, el valor límite jurídicamente vinculante es 0,08 mg / m<sup>3</sup> para la incineración de residuos médicos.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

Como en el caso de otras legislaciones, la existencia de legislación de emisión de incineración, si bien es cierto es un paso necesario para el control de las emisiones, no es suficiente para asegurar el cumplimiento. Debe contar además con sistema de ejecución, en el cual la autoridad no sólo debe hacer cumplir, sino que también tenga el poder suficiente de hacer cumplir la legislación relevante, pero que sea también técnicamente competente de entender los mandos de emisión, métodos de medida, etc.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementar exigencias respecto al monitoreo y medidas de control de aquellos establecimientos que incineren desechos médicos. Fomentar guías de buenas prácticas para el sector hospitalario, en el manejo de los productos con contenido de mercurio.

Largo Plazo: Generar un instrumento normativo para las emisiones máximas de emisión de mercurio.

Medida recomendada (costo/beneficio)

Reducción en la generación del residuo, reducción y sustitución en el generador.

### ***3.14 “Disposición de desechos / rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales”***

#### **3.14.1 “Rellenos sanitarios / depósitos controlados”**

##### Descripción

El contenido de mercurio en los desechos se debe al mercurio usado deliberadamente en productos desechados y residuos de procesos; a impurezas naturales de mercurio en materiales variados.

##### Liberaciones

Las principales liberaciones son al aire.

##### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

Existe un aumento de los esfuerzos de muchos países para 1) alentar a los productos sin mercurio, y 2) separar aquellos los elementos que contienen mercurio de la cadena de residuos antes de que lleguen al vertedero.

Los desechos más importantes de productos a sustituir o de separar en la cadena de residuos son termómetros, pilas, residuos de amalgamas dentales, lámparas de ahorro de energía, interruptores, productos químicos de laboratorio, etc. Después de que estos sean retirados, el contenido de mercurio en el flujo de residuos será mucho menos problemático.

Una vez que el mercurio ha entrado en el relleno sanitario, las opciones son mucho más limitadas, y, en general más caras. En lo que respecta a las emisiones a la atmósfera, Lindberg et al. (2004) señaló que los flujos de mercurio de los vertederos no son dominados por los gases del vertedero, pero sí durante la rutina de manipulación de los residuos se encontró que menos del 10% de la liberación total Mercurio de los vertederos, eran

emisiones directas de los gases de vertedero. Esto implica el uso de una mascarilla por parte de los trabajadores y la urgencia de la aplicación de una capa de suelo o de otro tipo de barrera.

Con respecto a la emisión de gases del vertedero estas son más altas en presencia de ventilación.

Además, la "llama" que es el proceso de la quema del gas del vertedero antes de ser liberado a la atmósfera. La quema convierte al mercurio orgánico en inorgánico, pero no tiene ningún efecto conocido sobre el mercurio inorgánico, pero muchos vertederos no utilizan la quema.

En lo que respecta a las emisiones al agua, el destino de las liberaciones de mercurio en el agua depende en gran medida de la presencia y la eficacia de la protección de revestimiento bajo los vertederos, y la correspondiente gestión de las aguas residuales. Si el agua no es recogida y enviada a la limpieza de aguas residuales, el mercurio (y otras sustancias) puede contaminar el suelo y las aguas subterráneas.

Los datos disponibles indican que el mercurio en las aguas subterráneas en las zonas de mayor edad, en vertederos sin recubrimiento puede exceder de la calidad del agua potable, pero es menos probable que se filtren en las aguas subterráneas de los vertederos debido al uso de Sistemas de recogida de lixiviados algunos vertederos están cubiertos con arcilla y membranas sintéticas flexibles para evitar el escape de lixiviados y la contaminación de las aguas subterráneas.

Varios documentos de investigación de la década de los 80' concluyeron que el tiempo de fuga y dependiendo de como es tratado el lixiviado, el mercurio puede entrar de nuevo en el ambiente. A largo plazo la única forma para la eliminación del mercurio de los sumideros de la biosfera son los sedimentos de aguas profundas y, hasta cierto punto, los vertederos controlados o eliminación subterránea, en la que el mercurio es inmovilizado físico-químicamente y permanece inalterado por la actividad antropogénica o natural (climática y geológica).

#### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Aunque cifras precisas dependen de un gran número de variables, la sustitución del mercurio en productos y procesos en general, es una forma rentable para evitar que el mercurio entre en los vertederos, sobre todo porque la demanda del mercado para los productos sin mercurio ha aumentado.

Si la sustitución no es posible, entonces la recogida selectiva puede ser también un método eficiente de la reducción potencial de emisiones de mercurio, especialmente para los flujos de residuos tales como baterías, residuos dentales, Lámparas, etc.

Actualmente los controles de las emisiones al aire y el agua desde los vertederos son más costosos que métodos de reducción de emisiones de mercurio a partir de la separación de

productos de la cadena de residuos, pero esos controles no se practican en muchos sitios de disposición de todo el mundo.

Por último la eliminación subterránea profunda da mejores garantías de emisiones mínimas de mercurio, pero su costo es significativamente mayor que las opciones descritas anteriormente

### Casos Reales (ejemplos)

Sobre la base de las mediciones de las emisiones de mercurio a través de las erupciones de gas desde los vertederos, se calcula que el total de las emisiones a la atmósfera derivadas de las liberaciones de las operaciones de relleno sanitario municipal en el estado de Florida, EE.UU., fueron del orden de 10-50 kg de mercurio por año. Las emisiones de mercurio en la FACE de trabajo en los vertederos son diez veces superior a las emisiones de mercurio producto de las quemadas en el vertedero.

Un estudio de seis vertederos en Massachussets, encontró mercurio en el lixiviado, pero no en el agua subterránea.

En Suecia, la única disposición legal de los residuos de mercurio (que contengan > 1% Mercurio) consta actualmente del "almacenamiento definitivo" de los residuos tratados, en profundidad, a pesar de que aún no se ha llegado a un acuerdo de este método en algunos aspectos técnicos.

Como parte del proyecto de la legislación de la UE se prohibió las exportaciones de mercurio y de almacenar el exceso de mercurio después de 2010-11, según expertos la eliminación de residuos han considerado la posibilidad de eliminación del mercurio líquido en profundidad subterránea pero esto aún no ha sido autorizado.

### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

La gestión de los residuos de mercurio se ha vuelto cada vez más compleja, en la medida en que cada vez se recoge una mayor variedad de fuentes con mercurio, incluyendo el gas que se filtra de los productos, cenizas, residuos minerales inertes, tubos fluorescentes, pilas y otros que a menudo no son reciclados

Las bajas concentraciones de mercurio en los residuos están generalmente permitidas en vertederos normales. En algunos países, los desechos con concentraciones de mercurio más altas sólo pueden ser depositados en rellenos sanitarios que incorporen tecnologías para mejorar el control y limitar la lixiviación y la evaporación de mercurio.

El costo de la eliminación aceptable de mercurio (y otros productos peligrosos) de residuos va en aumento en muchos países, en la medida en que muchos de los generadores de residuos ahora investigan si existen alternativas para no usar mercurio y hacer frente a los residuos de mercurio.



La gestión de los residuos con mercurio hoy en día es más común debido a las reglamentaciones internacionales, pero requiere cada vez más de la supervisión a largo plazo y de inversión.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

En muchos países, el establecimiento y la adecuada gestión de un vertedero es la base para un cambio importante. Hay muchas regiones en las que el vertimiento de los residuos se lleve a cabo bajo condiciones de informalidad, sin control público y sin salvaguardar el reducir al mínimo las emisiones de contaminantes en los alrededores. Si el mercurio está presente en los residuos, significa un potencial de liberación de emisiones de mercurio a los suelos, el aire, las aguas subterráneas y de superficie. Ese tipo de eliminación de residuos puede suponer un riesgo inmediato para la comunidad local en la que se lleva a cabo, ya que el mercurio (y muchos otros contaminantes) puede causar contaminación del suelo local y las aguas subterráneas.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejorar la estimación de la generación de lixiviados

Mediano Plazo: En directa relación con la gestión de mercurio en los productos.

Largo Plazo: Evaluar modificación del DS 189/05, “Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios”, en cuanto a que incorporen tecnologías para mejorar el control y limitar la lixiviación y la evaporación de mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Reducción y Sustitución en el ingreso de productos

### **3.14.2 “Sistemas / tratamiento de aguas residuales”**

#### Descripción

A través de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) se obtuvo información relativa a la cantidad de aguas tratadas, lodos generados y a mediciones de las concentraciones de mercurio en el agua en los conductos de entrada y de salida con muestras representativas de plantas de tratamiento de aguas residuales, y en los lodos cloacales resultantes.

#### Liberaciones

Las principales vías de liberación son el agua, desechos generales y tratamiento específicos por sector.

### Opciones de reducción (tecnologías alternativas)

Muchas industrias grandes ahora tienen sus propias instalaciones de tratamiento de las aguas residuales, que funcionan de forma muy similar a la instalación descrita a continuación:

El tratamiento de las aguas residuales urbanas (y alcantarillado), se compone de una serie de operaciones para separar, modificar, eliminar y / o destruir objetos, peligrosos y patógenos transportados por las aguas residuales de sustancias en solución o en suspensión, con el fin de hacer que el agua sea apropiada y segura para otros usos, o para la gestión de vuelta en el medio ambiente. Estrictas normas de calidad del agua y efluentes en muchos países exigen reducciones de los sólidos en suspensión, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO, relacionados con los compuestos orgánicos biodegradables), DQO (demanda química de oxígeno), y, en cierta medida, los organismos coliformes (indicadores de contaminación fecal), el control de pH y control de las concentraciones de determinados compuestos orgánicos, así como algunos elementos potencialmente tóxicos y no metales.

Una de las ventajas de que las industrias tenga sus propias instalaciones es que tienen una mejor idea de la composición típica de sus aguas residuales, y es capaz de poner a punto un sistema de tratamiento de acuerdo a las características especiales del Flujo de sus aguas residuales.

El tratamiento de aguas residuales puede ser precedido por una revisión preliminar para eliminar cualquier partícula gruesa sólida, las arenas y las grasas. Los residuos resultantes de este pre-tratamiento no son lo que se suele denominar lodos.

Los lodos del tratamiento de las aguas residuales (o lodos de depuradora) son los residuos producto de tratamientos mecánicos, biológicos, químicos y físicos. La cantidad y naturaleza de los lodos puede variar mucho dependiendo de la composición de las aguas residuales, el tipo de aguas residuales proceso de purificación y el grado de purificación.

Hay dos tipos principales de los lodos de depuradora:

- Lodos primarios, que es el resultado de físico o químico de la separación de las aguas residuales durante el tratamiento primario, y
- Lodos Secundarios, que es el resultado de los tratamientos biológicos (superávit de lodos activados, lodos de depuradora de gotear Filtros) y tratamiento terciario (eliminación de nutrientes a menudo).

Lodos primarios y secundarios se combinan a menudo para crear un compuesto de lodos, y que después puede seguir en el tratamiento de lodos de la digestión y deshidratación (ICON, 2001).

En los sistemas de tratamiento de lodos activados, o de otros sistemas con una alta retención de las partículas, una gran parte del mercurio seguirá en el lodo de las aguas residuales (Por ejemplo, aproximadamente el 50% en Dinamarca).

### Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Existe gran variación entre los países (e incluso dentro de países) en el diseño y funcionamiento de los sistemas de aguas residuales que las estimaciones de los costos para la eliminación del mercurio son imposibles de proporcionar. Los sistemas de Aguas residuales se han centrado poco en el mercurio, y más en la eliminación una variedad de sólidos y otros contaminantes, y muchos operadores incluso no tienen idea del nivel de mercurio en las aguas residuales.

Por lo tanto, la información básica sobre el nivel promedio de mercurio en entrada y salida de aguas residuales, y la cantidad de mercurio que se mantiene en lodos, es el primer paso hacia una mejor comprensión de este problema.

Si el nivel de mercurio en las ensenadas de aguas residuales es relativamente alto, esto sugiere que hay fuentes municipales, que no están adecuadamente controladas. Si el nivel de mercurio de las aguas residuales en los puntos de venta no es muy inferior, entonces el sistema de tratamiento, tal como está y funciona, no es muy eficaz en la eliminación de mercurio.

Una vez que se sepa el nivel de mercurio en los lodos de aguas residuales, se debe determinar la forma en que los lodos están siendo eliminados con el fin de determinar si la acumulación puede dar lugar a emisiones a la salud o a problemas ambientales

En Dinamarca (1999) el promedio de concentración de mercurio fue de 1,2 g de mercurio / tonelada de lodo seco (seco de peso). Aproximadamente el 41% de los lodos se aplicó en tierras agrícolas o forestales, alrededor del 28% se incineró y el resto (un 31%) fue en vertederos o de otro tipo almacenados o tratados. (Skårup et al., De 2003, sobre la base de Danish EPA, 2001). En las grandes ciudades de Rusia (Moscú, San Petersburgo), las concentraciones fueron recientemente mercurio 1-2 g / tonelada métrica de los lodos (peso seco).

### Casos Reales (ejemplos)

En Dinamarca, alrededor de 1993, las concentraciones promedio en las plantas de tratamiento de aguas residuales estaban en el rango de 1.1-3.4 mercurio  $\mu$  g / l. En 2001, la mayoría de las emisiones de mercurio se han reducido muy significativamente.

### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

En algunos países, la difusión de las aguas residuales o los lodos de depuradora como abono en tierras de cultivo es el método preferido de la "eliminación". Sin embargo, en este caso, es obligatorio que exista un límite permisible de la Concentración de mercurio en los lodos utilizados para fines agrícolas. En el caso que se aplique a las tierras agrícolas un exceso de lodos con demasiado mercurio, el mercurio se acumulará el tiempo hasta el punto en que estas se contaminen

Algunas instalaciones de tratamiento de aguas residuales tienen su propia planta de incineración de lodos. De lo contrario, la incineración de lodos por lo general se lleva a cabo en instalaciones de incineración de residuos municipales

### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

En muchos países, los suministros básicos de agua para gran parte de la población se están volviendo muy contaminados por la falta de controles ambientales y sistemas de tratamiento de aguas residuales, los cuales se han traducido en enormes costos sociales y económicos.

El Mercurio sin duda juega un papel en este problema más amplio, pero su costo específico no ha sido calculado.

La responsabilidad de la correcta aplicación y el cumplimiento de los límites de la calidad de aguas residuales recaen directamente con las autoridades locales y regionales. Sin embargo, dado que las fuentes de contaminación de las aguas residuales son a menudo difíciles de identificar, y los recursos para investigación cuidadosa son casi siempre escasos, los problemas son cada vez peor, sobre todo en los países que pasan por un proceso de rápido desarrollo económico.

### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejorar datos con respecto a la generación de lodos.

Mediano Plazo: Aplicación de Norma Chilena 2952, que actualmente se encuentra en Anteproyecto, que limita el contenido de algunos metales pesados según su uso.

Largo Plazo: Exigir caracterizaciones y planes de manejo en lodos generados que sobrepasen la Norma.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Reducción y Sustitución en los productos y en el manejo de residuos.

## **3.15 “Crematorios y Cementerios”**

### **3.15.1 ”Crematorios”**

#### Descripción

En Chile no existe un organismo que agrupe a las instituciones crematorias, como en la mayoría de los países del mundo, por lo que la obtención de información es compleja. El MINSAL en Chile considera a los crematorios en el DFL N° 1 de 1989, publicado en el diario oficial en 1990, para la instalación y funcionamiento de ellos.

## Liberaciones

La principal vía de liberación es el aire.

## Opciones de reducción (tecnologías alternativas, estrategias de reducción)

La medida más eficaz para reducir las emisiones de mercurio y de las exposiciones en la Cremación es mediante la sustitución dental del uso de mercurio con alternativas libres de mercurio. Una vez que las amalgamas con mercurio se han colocado en los dientes, las emisiones de mercurio en los crematorios sólo pueden reducirse mediante la eliminación de las amalgamas antes de la cremación, que no es una práctica común, o por el tratamiento de las emisiones de gases de los hornos de los crematorios.

## Evaluación de opciones (viabilidad, gastos, ventajas, desventajas)

Normas nacionales de emisión exigen la limpieza de los gases de los nuevos hornos crematorios en Alemania, Austria, Bélgica, Alemania, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza y el Reino Unido, entre otros. Los sistemas de limpieza de gases, por lo tanto, son "técnicamente disponible".

Según un estudio realizado por el Gobierno del Reino Unido, en los hornos crematorios de propiedad pública la cremación de adultos varió de £ 100 a £ 360 por la cremación. La limpieza de efluentes de gases ha sido estimada por el gobierno en alrededor de £ 55 por la cremación, por lo que se prevee que afectará a la viabilidad económica de los crematorios en el Reino Unido (2004, citando público Consultas, etc.)

En cualquier caso, si la limpieza de los gases de la combustión incrementan el costo de la cremación, sigue siendo un argumento sólido para la prevención de las emisiones de mercurio la sustitución de otros materiales para amalgamas de mercurio en condiciones normales de atención dental.

## Casos Reales (ejemplos)

En Alemania, las emisiones de mercurio de una cremación se calculó entre 2 mg (en un sistema de eliminación de mercurio muy eficiente) y 100 mg (estimación un sistema de eliminación de mercurio muy conservador) con el uso de diferentes BAT. Los siguientes fueron las diferencias encontradas en las mediciones reales de los gases de combustión, donde las diferentes técnicas de extracción de mercurio son empleados:

- Actuales mediciones de mercurio en los gases de combustión limpia de los filtros de flujo fueron recientemente realizados en una selección de los crematorios en 6 Estados federales de Alemania, se registraron concentraciones de Mercurio entre 0,0001 mg / m<sup>3</sup> y 0,03 mg / m<sup>3</sup>.
- Investigaciones en otro crematorio utilizando una técnica de amalgamador mostró Concentraciones de mercurio en los gases de combustión limpia entre 0,01 y 0,02 mg / m<sup>3</sup>. En otro Crematorio con la misma técnica fueron encontradas, una

concentración máxima de 0,7 mg / m<sup>3</sup>, mientras que en otro amalgamador una concentración media de mercurio de 0,028 mg / m<sup>3</sup>.

- Las mediciones en una instalación utilizando un catalizador adsorber mostró Concentraciones mercurio entre 0,003 y 0,043 mg / m<sup>3</sup> en el gas limpio
- Las mediciones en un crematorio utilizando una sólida cama con filtro de carbón activado mostró concentraciones promedio de mercurio de 0,039 mg / m<sup>3</sup>
- Las investigaciones de la eficiencia de un tubo con filtro de carbón activado (instalado como fines de limpieza de tuberías) presentaron concentraciones de mercurio entre 0,0009 y 0,33 mg / m<sup>3</sup>.

Como resultado, el total anual de emisiones de mercurio procedentes de los crematorios en Alemania se estiman en 0,036 toneladas tratadas en los gases de escape. Aproximadamente la mitad se estima que provienen de los 21 crematorios sin sistemas de tratamiento de gases de combustión (Alemania, 2005).

#### Publicaciones del manejo de residuos, opciones

La acumulación de mercurio en las amalgamas en los cementerios representa un tratamiento a largo plazo un reto para el manejo de sustancias peligrosas. La única segura y rentable manera de abordar este problema es evitando la amalgama con mercurio.

#### La aplicación y el cumplimiento, los costos, las barreras

Se ha estimado que las amalgamas para obturación duran aproximadamente unos 10 años en promedio. Si se hiciera un esfuerzo en estos términos (como lo ha hecho Suecia) para retirar progresivamente todos las obturaciones de amalgamas, dentro de 5-10 años las emisiones de mercurio de los crematorios serían la mitad de lo que son ahora, y en 15 años las emisiones de los hornos crematorios serían mínimas. Esto parece ser la estrategia más viable (y prudente) de los planes para controlar las emisiones de mercurio de los crematorios. Además, esto también dirigiría el problema a largo plazo planteado por las amalgamas en los cementerios.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión:

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Exigir homogenización de estándares de emisión y tecnologías de control de las emisiones.

Largo Plazo: Generar un instrumento legal que regule las emisiones máximas de mercurio de estos establecimientos, exigir el uso de dispositivos de reducción y fiscalizar su cumplimiento.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Reducción y Sustitución en las obturaciones de amalgamas

### **3.15.2 “Cementerios”**

#### Descripción

Subcategoría que se basa en la liberación de mercurio, producto de las obturaciones con amalgamas.

#### Liberaciones

Las principales liberaciones son al aire.

#### Medidas de Acción recomendada como plan de gestión

Reducción y Sustitución en las obturaciones de amalgamas.

## ***3.16 Documento Borrador del Plan de Gestión de Riesgos del Mercurio***

### **3.16.1 Análisis Situacional.**

Para la elaboración del diagnóstico inicial, se tomaron en consideración el resumen de los resultados del Inventario de “Usos, consumos y liberaciones de mercurio” y del “Catastro de sitios potencialmente contaminados”. Revisión de la Normativa Chilena, referida a los sectores, que cuentan con alguna regulación respecto al mercurio, un análisis comparativo con la legislación existente en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea y los vacíos detectados en la normativa existente. Revisión situacional del mercurio en Chile”, en base a la guía de UNITAR, “Desarrollo de un Análisis Situacional y Evaluación de Capacidades en apoyo del Desarrollo de Inventarios y Toma de Decisiones sobre los Riesgos del Mercurio”.

En lo que concierne a productos con contenido de mercurio, no hay hasta el momento iniciativas legislativas y normativas relacionadas con la importación y/o exportación de productos que contienen mercurio, o al menos una normativa que regule el contenido de mercurio presente en ellos.

Entre los productos con uso deliberado de mercurio que están regulados en el país, se encuentran los pesticidas con contenido de mercurio, a través de la Resolución Exenta N° 996 de 1993, del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), en la cual, se prohíbe la importación, fabricación, distribución, venta y uso de plaguicidas agrícolas que contengan sales orgánicas o inorgánicas de mercurio.

Para el caso de los cosméticos, el ingrediente “mercurio” presente en estos, también está regulado a través del Decreto Supremo del MINSAL N° 239/02 el cual da un listado de

compuestos prohibidos en los cosméticos dentro de los cuales están incluidos los compuestos de mercurio.

En cuanto a la exportación de productos, Chile no es productor, por lo tanto el problema mayor radica en la importación de estos.

Existen fuentes de emisiones de mercurio y productos, para los cuales hay un vacío legislativo, como los son la importación y refinación de crudos, en donde no hay Norma que establezca como limitante el contenido de mercurio presente en el crudo.

No existe Norma de emisión en centrales termoeléctricas y procesos de combustión en general, tampoco existe regulación al respecto en el sector, sin embargo, en este momento se está trabajando en ello.

Para el caso de otros usos deliberados de mercurio en productos/procesos, como es el empleo de amalgamas en obturaciones dentales, no hay ninguna regulación al respecto.

En el sector minero, el uso de mercurio en la pequeña minería no está regulado en el proceso extractivo, ni en su eliminación; por otra parte hay un gran número de joyeros que forman parte del proceso, generando un mercado informal para los cuales tampoco existe ninguna regulación.

Para el caso de la minería del cobre no hay una normativa que establezca los límites máximos de contenido de mercurio generado en los relaves, que se obtienen del proceso de extracción; estos no son considerados como residuos peligrosos, dentro del DS 148/2003

En cuanto a la importación de productos con contenido de mercurio, tales como, pilas, termómetros, manómetros y medidores, barómetros, sensores, interruptores, fuentes de luz con mercurio, productos farmacéuticos de uso humano y veterinario, químicos y equipos de laboratorio, tampoco se encuentran regulados, como se mencionó anteriormente.

En relación a las iniciativas legislativas o normativas relacionadas con los desechos de mercurio y su almacenamiento; el sector se encuentra regulado, a través de el Decreto Supremo N° 148 del 12 de Junio del 2003, “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”, el cuál considera al Hg como sustancia tóxica aguda y residuo peligroso, en donde se establecen las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a que deberá someterse la generación, tenencia, almacenamiento, transporte, tratamiento, reuso, reciclaje, disposición final y otras forma de eliminación de los residuos peligrosos; dicho Decreto obliga a un manejo de residuos en instalaciones, establecimientos o actividades que anualmente den origen a mas de 12 Kg de residuos tóxicos agudos o a más de 12 toneladas de residuos peligrosos que presenten cualquier otra característica de peligrosidad, en donde el mercurio es considerado en este reglamento como un elemento tóxico agudo.

La Ley de Bases Generales del Medio Ambiente regula cuales proyectos o actividades son susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, por lo que requieren someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Dentro de estas actividades están las plantas de disposición de residuos y estériles, la producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas y aquellos proyectos de saneamiento



ambiental como las plantas de tratamiento de aguas o de residuos sólidos de origen domiciliario, rellenos sanitarios, emisarios submarinos, sistemas de tratamiento y disposición de residuos industriales líquidos o sólidos. El Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, 1997, obliga a someter a revisión de la CONAMA y de los distintos servicios que coordina, los proyectos relacionados con las plantas de tratamiento de residuos sólidos domiciliarios y los rellenos sanitarios, sobre la base de Estudios de Impacto Ambiental.

Recientemente DS N° 189/05, que aprueba “Reglamento Sobre Condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los Rellenos Sanitarios”, publicado por el Ministerio de Salud con fecha 5 de Enero del 2008, entre otros deberes, obliga a todo proyecto de relleno sanitario debe incorporar una estimación de la generación de lixiviados y un sistema de impermeabilización de acuerdo a las condiciones definidas en el reglamento, cumplir cuando se considere el uso de los lixiviados o su descarga a cursos o masas de agua deberá incluir tratamiento de estos líquidos y cumplir las normas de emisión vigentes, además deberá enviar mensualmente a la autoridad sanitaria regional un informe de la operación del relleno.

A nivel regional, tampoco hay políticas, regulaciones y/o normativas establecidas al respecto; se han identificado Resoluciones de calificación ambiental, en algunos sectores que se han sometido al Sistema de evaluación de Impacto Ambiental, como es el caso del sector cementero.

A raíz de lo expuesto se puede considerar en primera instancia que el marco legislativo y normativo no es suficiente, principalmente en el sector productos. La legislación existente, se aplica de forma efectiva, a través de fiscalizaciones, mediciones y reportes a la autoridad sanitaria.

Actualmente la base de datos existente en el país para el registro de importaciones, es a través de las partidas aduaneras, la cual es muy limitada, para poder obtener información de contenido de mercurio en los productos. En lo que respecta a las emisiones, se esta desarrollando el registro de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC), y para el caso de tratamientos de agua, se informa a través de La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS).

En cuanto a programas voluntarios para reducir el uso y/o emisiones de mercurio, se han iniciado programas de acuerdos de producción limpia (APL), en sectores del ámbito privado, como es el caso del sector cementero y empresas químicas de la Región Metropolitana, a través de la Asociación de Industriales Químicos (ASIQUM) con el objetivo de eliminar las sales de mercurio en las pinturas.

Para la disposición final adecuada de desechos de mercurio, se han realizado muy pocos programas, ha habido iniciativas por parte de Organizaciones no gubernamentales (ONGs), específicamente para las pilas; también lo han hecho municipalidades y algunas empresas del sector privado.

En Chile no existe un sistema especial para la disposición final de las pilas o de otros residuos domésticos peligrosos. Un ejemplo de iniciativa, en el sector privado, es el ubicar contenedores, para la recolección de Pilas, estos han sido implementados, como se dijo anteriormente, por parte de una entidad bancaria, una minera privada y algunas Municipalidades; Transnacionales como General Motors, tienen incorporado un plan de manejo, en cuanto a disposición de lámparas con contenido de mercurio, dentro de su organización, para ser aplicado por sus operarios.

También han iniciado campañas Organizaciones no Gubernamentales, como el “Instituto de Ecología Política”, la cual ha realizado una campaña nacional de recolección de pilas, para su posterior reciclaje. Es importante mencionar que el reciclaje de pilas en Chile, es de muy elevado costo; por lo general las pilas y baterías se envían a una empresa especializada en manejo de residuos, como es el caso de Hidronor, en donde se procede a la encapsulación de sus compuestos peligrosos.

En el ámbito de la Investigación, algunas Universidades han estudiado temas relacionados con el mercurio y sus problemas en el país (salud, ambientales y sociales); tal es el caso de la Universidad de Atacama y Universidad de la Serena que han efectuado estudios en el sector minero, específicamente estudios de sitios potencialmente contaminados con mercurio, en las zonas de Punitaqui y Andacollo, producto de las explotaciones mineras de oro y cobre. También se han efectuado estudios de contaminación de aguas, producto de relaves y faenas abandonadas en el Norte de Chile, con caracterizaciones en balsas de estériles en Quebrada Marquesa y Las Rojas, Valle del Elqui.

Los departamentos de Oceanología y Química Analítica de la Universidad de Concepción, han realizado investigaciones, sobre concentraciones de mercurio y cadmio en aguas superficiales (2-3 m), obtenidas durante la primera fase del Programa de Vigilancia del CPPS-PNUMA (1985-1988), en localidades del litoral de la región del Bío-Bío, Chile. Los objetivos fueron:

- Establecer la tendencia y cronología de las fluctuaciones de mercurio y cadmio en diferentes localidades del litoral de la región del Bío-Bío.
- Identificar áreas contaminadas y no contaminadas en el litoral

Todo esto en el marco del “Plan de Acción Internacional para la Protección del Medio Ambiente.

Otro estudio significativo, es el realizado por la universidad de Concepción, "Evaluación de Contaminación por Mercurio de Aguas, Sedimentos y Suelo en el Estuario Lengua Talcahuano".

Actualmente la Universidad de Concepción, centro EULA Chile y la Universidad Federal de Río de Janeiro, Instituto de Biofísica, se encuentran realizando el proyecto “Análisis comparado de sistemas costeros impactados por mercurio: valoración química de Hg, Metil Hg en el ambiente y uso de biomarcadores de exposición y efectos”.

La misma entidad está terminando de redactar una publicación científica denominada: “Estudio de la Contaminación por Mercurio en peces y sedimentos del Estuario de Lengua (VIII Región-Chile)”, la cuál será publicada en una revista científica.

Fundación BBVA está impulsando una investigación sobre el impacto de la contaminación por mercurio en zonas de alto valor ecológico<sup>26</sup>.

En cuanto a iniciativas gubernamentales, respecto a la educación pública en materias relacionadas con el mercurio; a nivel Nacional la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), está comenzando su difusión, a través de este proyecto en cuestión.

El Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), junto a la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania (BGR), iniciaron el año 2003, el Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal (PAMMA), a través de la “Guía de Buenas Prácticas Ambientales para la Pequeña Minería”; básicamente estas guías se componen según el tema, de “folletos”, “trípticos”, y “posters”. Uno de los temas tratados es el “Manejo del mercurio”.

El Programa mencionado ha tenido una incidencia positiva en la pequeña minería del oro, en cuanto al manejo del mercurio, por lo que se pudo observar en terreno.

Una de las barreras existentes hasta el momento, que limitan la habilidad del gobierno a nivel local, regional y Nacional, es la falta de información respecto al tema.

Hasta el momento los Acuerdos de Producción Limpia (APL), relacionados con el mercurio por parte de algunos sectores; como el caso de la industria del cemento y los industriales químicos para el caso de las pinturas, han contribuido a la reducción en el uso y la contaminación causada por el mercurio.

Los programas de ONGs relacionados con el mercurio, prácticamente no han tenido impacto, a excepción de reciclaje de pilas, como se mencionó anteriormente; por lo que no es posible dar una apreciación al respecto.

Estas actividades no han sido lo suficientemente masivas y/o difundidos o la gente no se ha interesado, por lo que no se ha logrado crear conciencia en la sociedad, con respecto a los impactos ambientales y sociales que ocasiona el mercurio.

En cuanto a las investigaciones hechas por las universidades, no han sido aún relevantes para el desarrollo de inventarios y toma de decisiones, ya que recién se está empezando a Evaluar la gestión de riesgos del mercurio, para la elaboración de un plan de gestión, por lo que su contribución hasta el momento ha sido en forma parcial.

Sectores en donde están ubicadas dichas Universidades, en el Norte y Sur del País, al desarrollar planes de manejo y estudios, tienen influencia a nivel nacional si se apoyan adecuadamente. Actualmente como se dijo anteriormente se están realizando estudios en la

---

26 Para mayor información visitar <http://www.chilebosque.cl/foro/viewtopic.php?p=2199>

octava región, con la idea de reducir, mejorar y/o remediar posibles impactos respecto a reducciones de mercurio y concientización en las comunidades de los gobiernos regionales.

En la actualidad, las capacidades relacionadas con la toma de decisiones sobre riesgos con el mercurio existen; hay desconocimiento sobre el tema, pero con este proyecto se está iniciando el primer paso a nivel nacional. En algunos sectores, hay más conocimiento del tema, como es el caso de una parte del sector minero; a nivel de gobierno en el servicio agrícola y ganadero (SAG), por el tema de los pesticidas.

Un hecho importante observado, es que no hay actividades de capacitación, con respecto al tema.

En lo referido a las capacidades para medir el uso y emisiones de mercurio, en el país existen laboratorios certificados, para realizar mediciones de mercurio metálico; lo que no hay es especiación, la cual se realiza en el extranjero.

En cuanto a instalaciones para almacenar y hacer una disposición final adecuada del mercurio y sus desechos; existen instalaciones y empresas de tratamiento final de residuos peligrosos para los grandes generadores.

Se genera un problema logístico por el traslado de residuos para su disposición o tratamiento adecuado, al caso de HIDRONOR que para la operación de plantas en regiones se centraliza en la zona central

La zona norte se encuentra desprovista de manejo de residuos peligrosos, principalmente porque existe poca difusión de la normativa (específicamente del DS 148).

Otro aspecto a diagnosticar, está referido a las capacidades relacionadas con la gestión de riesgos en el gobierno; las cuales existen, y a través de este estudio se está trabajando para la elaboración de un borrador de un plan de gestión de riesgos.

La formación que se ha iniciado a ayudado ha reforzar las capacidades nacionales para la mejor toma de decisiones en materia de riesgos; como primer paso el hecho de que haya habido un taller Internacional, con la participación de PNUMA, UNITAR, EPA y Environment Canadá, contribuye a reforzar las capacidades Nacionales para la mejor toma de decisiones en materia de riesgos; y a medida que se vaya reforzando el conocimiento con respecto al tema, se generarán instancias que permitan mejorar las decisiones en la gestión de riesgos.

### **3.16.2 Análisis de los Riesgos de Exposición a las diferentes Especies de mercurio**

En forma natural se encuentra en la corteza terrestre en una concentración de 0.5 ppm aproximadamente, la gente en general puede estar expuesta a concentraciones muy bajas de Hg en el aire, agua y en los alimentos. Sin embargo, incluso en bajas concentraciones, el Hg puede ser considerado potencialmente tóxico para el organismo humano (Hursh et al., 1980;

ATSDR,1989), al combinarse con azufre, puede formar una gran cantidad de compuestos distintos. De estos compuestos, el más importante de ellos comercialmente, es el sulfuro rojo **HgS**, conocido como cinabrio, el cual contiene aproximadamente 86.2 % de Hg y 13.8 % de azufre, de este mineral se obtiene el mercurio metálico.

Los estados de oxidación de las sales de mercurio, son Mercúricas (Hg+2) y Mercurosas (Hg+1). Las sales inorgánicas del mercurio son generalmente coloridas, los óxidos y yoduros son amarillos, mientras que los sulfuros pueden ser negros o cafés, generalmente son sólidas a temperatura ambiente. El mercurio puede biotransformarse, principalmente en ambientes acuáticos, para formar derivados orgánicos como el metilmercurio, catalogada como la forma más peligrosa de mercurio. Los compuestos de mercurio, pueden ser insolubles en agua y son muy tóxicos por ingestión o inhalación de sus polvos.

La absorción, distribución, metabolismo, excreción y consecuentemente, la toxicidad, dependen del estado de oxidación y de la forma química en el organismo (ATSDR, 1994). En el organismo humano, el Hg se convierte en diferentes formas químicas y estados de oxidación que actuarán de forma diferenciada en lo que se refiere a toxicidad y efectos adversos. A través de procesos enzimáticos, el Hg elemental puede ser oxidado y convertido en formas inorgánicas, de la misma forma que los compuestos de Hg orgánicos pueden ser llevados a Hg inorgánicos en el organismo (ASTDR, 1994).

El riesgo viene determinado por los siguientes factores:

- El tipo de exposición al mercurio.
- La especie de mercurio presente (algunas son más tóxicas que otras).
- Los factores geoquímicos y ecológicos que influyen la forma de migración del mercurio en el medioambiente, y los cambios que puede sufrir durante dicha migración.

### **3.16.2.1 Riesgos a la salud y el Medioambiente**

El mercurio metálico, como sus sales orgánicas e inorgánicas son venenos protoplásmicos, fatales para humanos, animales y plantas. Los más tóxicos son los compuestos orgánicos y de ellos, los derivados alquilados.

Los factores que determinan los efectos tóxicos en humanos, son la velocidad y la cantidad absorbida, las propiedades fisicoquímicas de los compuestos y la susceptibilidad del individuo. El mercurio y sus compuestos pueden ingresar al cuerpo a través de la piel y los tractos gastrointestinal y respiratorio. En el caso del mercurio metálico la principal forma de entrar al organismo es en forma de vapor, la cantidad que se absorbe a través de la piel es mínima.

Los compuestos inorgánicos de mercurio, después de que han ingresado al organismo, son absorbidos y disociados por los fluidos corporales y la sangre, siendo distribuidos al plasma y eritrocitos. Los aril-compuestos y los alcoxi derivados se descomponen en iones mercurio

y sufren el mismo proceso mencionado arriba. Estos compuestos afectan el sistema nervioso central y se acumulan en el cerebro, siendo eliminados mas lentamente del organismo que las sales inorgánicas y los aril y alcoxi derivados.

Los compuestos alquilados tienen una vida media de eliminación de 50-60 días mientras que para los demás compuestos se tiene un valor de 30- 60 días. Estos valores dependen de la naturaleza del compuesto, la dosis, el modo y la velocidad de entrada al organismo, como ya se mencionó.

Las sales solubles en agua producen severos efectos corrosivos en la piel y membranas mucosas, provocando náusea severa, vómito, dolor abdominal, diarrea con sangre, daño a los riñones y la muerte puede ocurrir en los siguientes 10 días.

Una exposición crónica provoca inflamación de la boca, salivación excesiva, pérdida de los dientes, daño a los riñones, temblores musculares, espasmos de las extremidades, cambios de personalidad, depresión e irritabilidad.

Generalmente los compuestos de mercurio presentan bajas presiones de vapor, por lo que no contribuyen a la presencia de vapores tóxicos en áreas de trabajo, lo que sí sucede con el mercurio metálico (Ejemplo: derrame por rompimiento de termómetros, esfigmomanómetros, en general productos con contenido de mercurio).

La exposición al vapor de este metal, provoca irritación de los ojos, las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior, dependiendo de la sensibilidad del individuo, puede causar reacciones alérgicas y alteraciones del sistema nervioso.

### **3.16.2.2 Rutas de Entrada y efectos en el organismo.**

#### **➤ Inhalación:**

Constituye la principal ruta de entrada al organismo de mercurio elemental, debido a que se vaporiza a temperatura ambiente y es absorbido por los pulmones, para ser distribuido por la sangre. Aproximadamente el 1 % del metal absorbido se almacena en el cerebro de los mamíferos, donde puede permanecer por mucho tiempo, el resto se distribuye en hígado y riñones donde es secretado a través de la bilis y orina.

La inhalación de Hg vapor está asociada con la toxicidad sistémica en humanos y animales. Cerca del 80% del Hg vapor es absorbido por los pulmones y alcanza rápidamente la corriente sanguínea, debido a su alta difusibilidad y liposolubilidad, siendo distribuido en el organismo (WHO, 1991).

La inhalación en concentraciones altas, causa edema pulmonar agudo y neumonitis intersticial; efectos, tales como salivación, dolor abdominal, dolor en el pecho, náusea, vómito y diarrea.

Al generarse daño crónico, los síntomas son: cambios en el comportamiento, tales como depresión e irritabilidad, temblores y pérdida de apetito y peso.

- Contacto con ojos: Irritación.
- Contacto con la piel:

El mercurio se absorbe a través de la piel, en muy poca cantidad, causando los síntomas ya mencionados. Se han detectado casos de dermatitis por contacto y sensibilidad a este metal. La velocidad de entrada de los vapores de mercurio a través de la piel es de 2.2 % de aquella absorbida por pulmones, por lo que el peligro por absorción por la piel es mínimo.

- Ingestión:

En ingesta como mercurio metálico, estudios de laboratorio con ratas se han observado una pequeña cantidad de metal absorbido después de la ingestión.

La peligrosidad de la ingesta de mercurio, reviste en el ingreso como metil mercurio, a través de alimentos.

El metilmercurio es uno de los metales más peligrosos para la salud (IPCS, 1991). Diversos incidentes de exposición humana al metilmercurio han demostrado sus efectos neurotóxicos.

Los efectos del metilmercurio varían, como se dijo anteriormente, según la dosis, la respuesta y los síntomas. Los grupos más vulnerables a la exposición del metilmercurio son los niños, el feto y la madre (US EPA, 1995). El metilmercurio pasa a través de la barrera sanguínea, cerebro y alcanza el Sistema Nervioso Central (SNC). En el hombre, los índices de metilmercurio en el cerebro son aproximadamente 6 veces mayores que los índices de Hg en la sangre (Magos, 1987). El feto es particularmente sensible a la exposición al metilmercurio y sus efectos durante el desarrollo de la infancia han sido asociado con elevados índices de metilmercurio y con los efectos neuro comportamentales (Gilbert and Grant-Webster, 1995).

Los síntomas clínicos de intoxicación por metilmercurio en niños y adultos incluyen: parestesia (extremidades dormida y alrededor de la boca), ataxia (dificultad al caminar), disartria (dificultades en hablar), disminución del campo visual, sordera, temblores, deficiencia intelectual y en algunos casos, paralización motor (WHO, 1990).

En síntesis de todas las especies de mercurio conocidas, la más peligrosa es sin duda el metilmercurio ( $\text{CH}_3\text{Hg}$ ). Aunque la forma exacta en que se produce la metilación del mercurio se desconoce, se sabe que en el proceso intervienen bacterias que participan en el ciclo  $\text{SO}_4^{2-} - \text{S}^{2-}$ . Estas bacterias, que por lo tanto contendrán metilmercurio, son consumidas por el peldaño superior de la cadena trófica, o bien lo excretarán. En este último caso el metilmercurio puede ser rápidamente adsorbido por el fitoplancton y de ahí pasar a los organismos superiores. Debido a que los animales acumulan metilmercurio más

rápido de lo que pueden excretarlo, se produce un incremento sostenido de las concentraciones en la cadena trófica (biomagnificación). Así, aunque las concentraciones iniciales de metilmercurio en el agua sean bajas o muy bajas, los procesos biomagnificadores acaban por convertir el metilmercurio en una amenaza real para la salud humana.

En la tabla siguiente se resume el riesgo de exposición a las diferentes especies de mercurio, a través de los usos, consumos y liberaciones de mercurio.

**Tabla 162 “Características de la exposición, según especie de mercurio, por subcategoría identificadas en Chile”**

<i>Origen del Mercurio</i>	<i>Mercurio Elemental</i>	<i>Mercurio Inorgánicos (sales)</i>	<i>Orgánico (metilmercurio)</i>	<i>Orgánico (etilmercurio)</i>
Uso Principal	Amalgamas dentales	Productos cosméticos y farmacéuticos (usado como preservante)	Liberaciones de mercurio al agua se transforma en el medio en metilmercurio por microorganismos y bacterias	En Vacunas como preservativo (el timerosal corresponde a un 49% de etilmercurio)
Otros Usos	Minería del Oro Productos (pilas, lámparas, aparatos de medición) Dispositivos médicos (termómetros, esfigmomanómetros)	Desinfectantes y antimicrobianos Equipos eléctricos Equipos fotográficos		
Liberaciones Secundarias, a través de procesos	Combustión de Carbón Combustión de Aceites minerales Combustión de biomasa Producción de Cemento Procesos con gas natural Extracción primaria de metales Producción de metales reciclados Incineración de desechos médicos Crematorios y Cementerios Sistema de tratamiento de aguas residuales			
Fuente de Exposición	Derrames hospitalarios o domiciliarios Amalgamas dentales		Consumo de pescados	
Vía de Exposición	80% mediante inhalación 0.01% mediante ingestión Absorción mínima por la piel	Menor al 10% mediante la ingestión Pueden absorberse dosis letales	Gran absorción mediante la inhalación Mediante ingestión se absorbe entre 90	Por ser vacuna se absorbe el 100 % del contenido mercurio por la inyección de la



		mediante la piel	y 100%	sustancia
Toxicidad Primaria	Para la Piel, Ojos, Pulmones, Encías	Tracto intestinal, riñones	Sistema nervioso central	Aún en estudio
Toxicidad Secundaria	Sistema nervioso Central, Riñones	Sistema Nervioso central	En estudio efectos en el sistema cardio-vascular	
Transporte dentro del cuerpo	Se ha encontrado en leche materna Cruza a través de la placenta Atraviesa por el flujo sanguíneo la barrera del cerebro	No llega fácilmente al cerebro, así como tampoco cruza con facilidad la placenta		Se ha encontrado en leche materna Cruza a través de la placenta Atraviesa por el flujo sanguíneo la barrera del cerebro

Nota: No considera dosis ni tiempo de exposición

### 3.16.3 Resumen y conclusiones más Importantes de los análisis efectuados.

La identificación del ingreso de productos con contenido de mercurio que existe actualmente, no permite identificar una gran cantidad de productos y/o la totalidad de algunos ya identificados que ingresan al país.

En la tabla siguiente se puede apreciar de como está estructurado el sistema actual.

**Tabla 163**

Mecanismo	Integralidad	Calidad de los datos	Utilidad de los datos	Comentarios
Datos en poder del Servicio nacional de Aduanas	Proporciona información sobre movimiento transfronterizo de mercurio y ciertos productos con contenido de mercurio No permite rastreo de la cuna a la tumba, a menos que la transacción sea directa entre el fabricante y el usuario final. Cobertura incompleta de productos con contenido de mercurio vía código arancelario.	Los datos se generan por la obligación legal de reportar en los formatos de aduana  Depende de la información de la aduana extranjera para exportar.  Depende de la capacidad del exportador o importador para identificar correctamente el código arancelario para el producto.	Los datos se encuentran disponibles, en las medida que sean solicitados.	Es la única fuente de información sobre importación de mercurio y productos con mercurio.  El sistema no está diseñado para ofrecer cobertura de todo el ciclo de vida y los códigos arancelarios no cubren todos los productos con contenido de mercurio.

Para las categorías Productos de Consumo deliberado de mercurio y Otros usos no existe normativa que regule la importación y/o exportación de productos que contienen mercurio, tampoco existe regulación del contenido de mercurio presente en ellos.

Existen fuentes de emisiones de mercurio y productos, para los cuales hay un vacío legislativo, como los son la importación y refinación de crudos, en donde no hay Norma que establezca como limitante el contenido de mercurio presente en el crudo.

No existe Norma de emisión en centrales termoeléctricas y procesos de combustión en general, tampoco existe regulación al respecto en el sector.

En el sector minero, el uso de mercurio en la pequeña minería no está regulado en el proceso extractivo, ni en su eliminación; por otra parte hay un gran número de joyeros que forman parte del proceso, generando un mercado informal para los cuales tampoco existe ninguna regulación.

Para el caso de la minería del cobre no hay una normativa que establezca los límites máximos de contenido de mercurio generado en los relaves, que se obtienen del proceso de extracción; estos no son considerados como residuos peligrosos, dentro del Decreto Supremo 148.

Las iniciativas legislativas o normativas relacionadas con los desechos de mercurio y su almacenamiento; el sector se encuentra regulado, a través de el Decreto Supremo N° 148 del 12 de Junio del 2003, “Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos”

La entrada en vigencia próxima del DS N° 189/05, que aprueba “Reglamento Sobre Condiciones sanitarias y de seguridad básicas en los Rellenos Sanitarios”, publicado por el Ministerio de Salud con fecha 5 de Enero del 2008, generará instancias de control en rellenos sanitarios, en cuanto a lixiviados y emisiones atmosféricas.

A raíz de lo expuesto se puede considerar en primera instancia que el marco legislativo y normativo no es suficiente.

Los programas de ONGs relacionados con el mercurio, no han tenido impacto, a excepción de campañas para la disposición de pilas. Estas actividades no han sido lo suficientemente masivos y/o difundidos o la gente no se ha interesado, por lo que no se ha logrado crear conciencia en la sociedad, con respecto a los impactos ambientales y sociales que ocasiona el mercurio.

En cuanto a las investigaciones hechas por las universidades, las que se han efectuado hasta el momento no han sido aun relevantes para el desarrollo de inventarios y toma de decisiones, ya que recién se está empezando a Evaluar la gestión de riesgos del mercurio, para la elaboración de un plan de gestión, por lo que su contribución hasta el momento ha sido en forma parcial.

En el país existen diversos laboratorios que realizan mediciones de mercurio metálico, pero no se realiza especiación de este elemento en Chile.

Los riesgos a la salud humana y ambiental, son nefastos por la presencia de este contaminante, hasta en concentraciones muy bajas, sobre todo al tomar contacto con materia orgánica y transformarse en metilmercurio, como lo han demostrado diversos

estudios y se ha difundido a través de la “Evaluación Mundial del Mercurio”. Las diferentes especies de mercurio están presentes en las categorías identificadas en Chile (Ver Tabla 162 “Características de la exposición, según especie de mercurio, por subcategoría identificadas en Chile”)

#### Causas Identificadas:

- Incertidumbre en la importación de algunos productos con contenido de mercurio
- Falta de Normativa para el ingreso o regulación del contenido de mercurio en los productos
- Importación y refinación de crudos no hay regulación que establezca como limitante el contenido de mercurio presente en el crudo.
- No existe Norma de emisión en centrales termoeléctricas y procesos de combustión en general, tampoco existe regulación al respecto en el sector.
- En el sector minero, el uso de mercurio en la pequeña minería no está regulado en el proceso extractivo, ni en su eliminación
- Mercado informal y falta de regulación en la pequeña minería del oro
- No hay normativa que establezca los límites máximos de contenido de mercurio generado en los relaves, que se obtienen del proceso de extracción; estos no son considerados como residuos peligrosos, dentro del Decreto Supremo 148
- Marco legislativo y normativo Insuficiente.
- Los programas de ONGs relacionados con el mercurio, no han tenido impacto, a excepción de campañas para la disposición de pilas
- En cuanto a las investigaciones hechas por las universidades, las que se han efectuado hasta el momento no han sido aun relevantes para el desarrollo de inventarios y toma de decisiones
- Se genera un problema logístico por el traslado de residuos para su disposición o tratamiento adecuado, al caso de HIDRONOR que para la operación de plantas en región se centraliza en la zona central
- La zona norte se encuentra desprovista de manejo de residuos peligrosos
- Existe poca difusión de la normativa ( específicamente el DS 148)
- Preliminarmente se detecta que problema se encuentra principalmente en el consumo domiciliario ya que para las industria existe normativa al respecto
- Falta de información respecto de cómo y cuando afecta la exposición a mercurio
- Existe poca fiscalización
- Existen laboratorios con equipos deficientes y técnicas no estándares para las mediciones
- Poca información a nivel domestico
- Falta información y datos para generar una normativa mas especifica.

### **3.16.4 Objetivos**

#### **3.16.4.1 Objetivo General:**

“Elaborar un Diagnóstico del mercurio en Chile”.

“Gestionar medidas de reducción en aquellas categorías en que existe una normativa deficiente para el control del mercurio”.

“Gestionar un programa de reducción de mercurio en el tiempo en Chile en las categorías identificadas, con el objetivo de reducir los riesgos para la salud humana y el medioambiente”.

#### **3.16.4.2 Objetivos Específicos**

“Actualizar información de datos en Inventario de usos, consumos y liberaciones”

“Adaptar los factores de emisión del instrumental más adecuados a la realidad nacional”

“Proponer factores de emisión en aquellas categorías en que estos no existen, para mejorar la incertidumbre”

“Identificar y evaluar la aplicabilidad de los instrumentos de gestión”

“Reducir el contenido de mercurio en las categorías priorizadas”

### **3.16.5 Identificación y Acciones de Reducción de Riesgos.**

#### **3.16.5.1 Identificación y medidas para reducir los riesgos y el control de los problemas identificados.**

a) Mejorar la información de datos en el Inventario de uso, consumo y liberaciones, con el objetivo de acortar la incertidumbre.

Medidas Propuestas:

Seguir generando instancias de trabajo en común acuerdo con las partes involucradas.

Realizar mesas de trabajo con diferentes sectores y analizar la situación actual para generar y mejorar el acceso a información más precisa y desagregada por sector, al mismo tiempo generar factores de emisión en común acuerdo, en base a los datos recopilados y/o aplicar criterios lo más cercano posible a la realidad.

Realizar caracterizaciones de mercurio, para algunos sectores que no cuentan con información de contenido de mercurio en sus materias primas y/o procesos.

b) Regular el ingreso de productos con contenido de mercurio en Aduana, mejorando las bases de datos de aduana.

c) Generar un sistema de seguimiento para los productos con contenido de mercurio, desde su entrada al país hasta su distribución final al consumidor

d) Generar un sistema de declaración para el ingreso de productos con mercurio asociado especialmente al sector privado de salud.

Medidas propuestas:

- En la descripción particular de cada producto, se debería incorporar el sector que usa preferentemente este producto, ya que sólo en algunos casos se incluye; por ejemplo “uso industrial” en el caso de algunos sensores. Para los termómetros sería muy útil contar con esta información ya que en algunos campos también aparecen usos como criaderos de ostiones, rectales, laboratorio, pero no en todos. (De esta forma se podría inferir cuales son los mayores consumidores de este producto y por lo tanto donde comenzar las primeras campañas y enfocar los primeros esfuerzos de cambio de tecnología a termómetro digital por ejemplo).
- Incorporar el nombre del fabricante del producto, por ejemplo en el caso de las pilas si es eveready, duracell, entre otras, de manera de poder usar información previa en estudios existente de la EPA, UE y Canadá del contenido de mercurio de algunos fabricantes y poder efectuar un cruce de información que permita validarla.

- Incorporar el nombre de las empresas que están importando el producto, actualmente sólo se cuenta con datos como nombre del importador, luego contar con información más específica permitiría efectuar un seguimiento de los proveedores y así completar la cadena hasta llegar a los consumidores. Se recomienda agregar alguna forma de contacto como por ejemplo página Web, teléfono, dirección.
- En la declaración que realizan los importadores, con la cual se realizan las descripciones del producto, solicitar que se especifique la cantidad de mercurio que contiene el producto que esta ingresando al país, o si este se encuentra libre de mercurio.

e) Desarrollo de una nueva encuesta, para ser aplicada en los servicios de salud públicos, con el objetivo de mejorar la información de la cantidad y disposición de termómetros y esfigmomanómetros utilizados en los servicios asistenciales públicos del país.

f) Generación de mesas de trabajo con los Jefes de Programas de Salud Dental de la Región Metropolitana que representan más del 45% del total nacional, con el objetivo de generar instancias que permitan mejorar la información actual, y trabajar en conjunto ante el eventual desarrollo de un Plan de Gestión de Riesgos.

g) Generar Normativas, para los vacíos legales existentes y mejorar aquellas que no regulan completamente el sector.

Medidas propuestas:

Evaluar la aplicación de Normativas en base a los instrumentos normativos en países como Canadá, Estados Unidos y La Unión Europea.

### **3.16.6 Selección de Acciones para la Reducción de Riesgos en las Subcategoría Priorizadas**

#### **3.16.6.1 Medidas de Acción para la reducción de Riesgos**

*Sector Industrial y Comercial.*

- Subcategoría 5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”

Corto plazo: Mejora en la información de los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Informar la procedencia y/o el contenido de mercurio en el carbón a importar, Evaluación de la incorporación del lavado del carbón y tratamiento adecuado de los desechos generados, Generación de una norma de emisión para el mercurio en centrales termoeléctricas. Implementación de algún tipo de filtro para termoeléctricas que no tienen incorporado ningún método de control.

Largo Plazo: Generar un instrumento que permita exigir la implementación de filtros adecuados para el control de mercurio.

Medida recomendada (costo/beneficio)

Evaluación de la factibilidad de reducción de mercurio con el acondicionamiento previo de lavado del carbón.

- Subcategoría 5.1.3 “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Estudio de factibilidad técnico económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes derivados del petróleo, regulación de la emisión de mercurio al aire en el proceso de refinación.

Largo Plazo: Exigencia de implementar filtros o equipos de alta eficiencia que permitan reducir en forma considerable la emisiones en la producción y refinación.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Estudio de factibilidad técnico económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes derivados del petróleo.

- Subcategoría 5.2.2 “Extracción de Oro y Plata con el proceso de amalgamación de Mercurio”

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Guía de buenas prácticas ambientales para el manejo del mercurio, Programas educativos con grupo objetivo.

Largo Plazo: Regular el mercado informal, incentivos económicos para el cambio de tecnología en el uso de retortas y captadores de mercurio

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Educación a grupo objetivo.

- 5.2.3 “Extracción y tratamiento inicial de otros metales no ferrosos, incluyendo cobre, plomo, oro (diferente a la amalgamación) y aluminio.”

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.

Mediano Plazo: Implementación de mediciones de mercurio en las diferentes corrientes del proceso de extracción del mineral.

Largo Plazo: Regulación de emisiones fugitivas en las fundiciones, Regulación del contenido de mercurio generado a los relaves.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Implementación de mediciones de mercurio en las diferentes corrientes del proceso de extracción del mineral.

- 5.9.5 “Sistemas / tratamiento de aguas residuales”

Corto plazo: Mejorar datos con respecto a la generación de lodos.

Mediano Plazo: Aplicación de Norma Chilena 2952, en Anteproyecto

Largo Plazo: Exigir caracterizaciones y planes de manejo en lodos generados que sobrepasen la Norma.

Medida Recomendada (costo/beneficio)

Reducción y Sustitución en los productos y en el manejo de residuos

*Sector Productos*

- Categoría 5.5 “Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio”
- Categoría 5.6 “Otros usos deliberados en productos/procesos”

Corto plazo: Mejora de la información en los datos hasta ahora obtenidos.



Mediano Plazo: Generar programas de educación y concientización a los consumidores (Grupos Objetivos) respecto a los riesgos de la utilización de este tipo de productos de tal manera de reducir su consumo, además de un sistema de control riguroso de las ventas de estos productos. Implementar planes de recolección y disposición adecuados para los ya existentes.

Largo Plazo: Generar un instrumento legal que prohíba la comercialización de productos con mercurio.

Medida Recomendada (costo/beneficio)  
Reducción y Sustitución.

### **3.16.7 Evaluación de la sustitución de los productos con contenido de mercurio.**

En las tablas siguientes, se presenta a modo de ejemplo una evaluación de reducción en el tiempo al 99% de los productos identificados en Chile, en base a propuestas que consideran nivel de sustitución, focos de esfuerzo para la sustitución, Precio del uso de mercurio versus el no uso de mercurio, Magnitud del consumo relativa al consumo global. Tablas adaptadas en base a las realizadas por el Consejo de Ministros Nórdico, Comunidad Europea y Canadá.

#### **3.16.7.1 Simbología utilizada en las tablas**

##### Nivel de Sustitución

- 0 Sin sustitución o en un nivel muy bajo.
- 1 Alternativas sin mercurio se encuentran recientemente en el mercado o están en crecimiento en el comercio.
- 2 Alternativas sin mercurio se encuentran comercialmente maduras, tienen un mercado significativo pero no es dominante.
- 3 Alternativas sin mercurio tienen un mercado dominado pero nuevas producciones con mercurio también tienen un cuota del mercado importante.
- 4 El mercurio se encuentra casi completamente sustituido o completamente sustituido
- / No hay datos suficientes para asignar el parámetro.
- ? Parámetro incierto por datos muy limitados.

##### Focos de esfuerzos para la sustitución

- P Precios de las alternativas sin mercurio mayor cuando no se consideran costos de salud ni ambientales.
- D Se necesita desarrollo técnico de alternativas.
- S Su uso tiene implicaciones sociales, ejemplo la pequeña minería del oro donde su uso es vital en algunas comunidades de extracción de oro.
- T Presenta implicaciones institucionales, como la estandarización de análisis químicos de laboratorios.
- No se identificaron barreras para la sustitución.

Parámetro de diferencia de precios entre productos sin mercurio v/s aquellos con mercurio

- ◀ Alternativa sin mercurio mas barata que la con mercurio.
- Tienen aproximadamente el mismo precio ambas alternativas.
- ▶ Alternativa sin mercurio es más cara que la alternativa con mercurio.
- / No hay datos de precios de venta o son muy limitados.

Magnitud del consumo relativo al consumo mundial de mercurio

- 0 Prácticamente no hay consumo.
- I Existe un consumo muy pequeño.
- II Existe un consumo mediano.
- III Existe un gran consumo.
- ? Magnitud incierta.

**Tabla 164 Reducción**

Uso del Mercurio	Tiempo propuesto para el retiro progresivo del 99% (años)	Nivel de Sustitución	Focos de esfuerzo para la sustitución	Precio uso de mercurio vs. libre de mercurio	Magnitud del consumo relativa al consumo global
<b>Productos:</b>					
Cremas y jabones blanqueadores de la piel	8	4	S	/	I?
<i>Termómetros, interruptores y reles</i>					
Higrómetros	8	2 - 4	--	/	0
Pirómetros	8	3 - 4	--	/	0
Interruptores de nivel (detectores de movimiento, alarmas, interruptores de flotación, etc.)	8	2 - 3	--	—	II
Rele de transmisión de datos	8	3	--	—	I
Rele de desplazamiento	8	2 - 4	--	/	0
Termostatos	8	3 - 4	--	—	I
<i>Lámparas y baterías</i>					
Pilas oxido de mercurio y zinc	8	4	--	—▶	II
Pilas alcalinas cilíndricas (con mercurio)	8	4	--	—	I
Pilas zinc-manganeso	8	4	--	—	II
<i>Equipos de medición y cuidado medico</i>					
Manómetros y aparatos de control de presión industriales	8	3 - 4	--	◀—	II
Barómetros y aparatos meteorológicos	8	3 - 4	--	/	I
Medidores de flujo	8	4	--	/	I
Manómetros con fines educacionales	8	4	--	◀—	II

Vacunas con mercurio	8	3 - 4	--	/	II
Hidrómetros	8	4	--	/	I

**Tabla 165 Reducciones en mayor tiempo**

Uso del Mercurio	Tiempo propuesto para el retiro progresivo del 99% (años)	Nivel de Sustitución	Focos de esfuerzo para la sustitución	Precio uso de mercurio vs. libre de mercurio	Magnitud del consumo relativa al consumo global
Usos que necesitan un tiempo intermedio para la sustitución					0 I II III
Termómetros médicos	12	2 - 4	S - T	▶	III
Otros termómetros de vidrio (laboratorio, educacional, etc.)	12	2 - 3	T	—	II
Otros termómetros no de vidrio	12	2 - 3	T	—, ▶	II
Avisos de la calle con tubos fluorescentes	12	1	D	/	I
Lámparas de alta presión de mercurio y de sodio	12	1	D	/	I
Pilas Alcalinas de botón	12	1	D	—/	II
Pilas de botón Zinc-aire	12	1 - 2	D	—/	II
Pilas de botón de óxido de plata	12	1 - 2	D	—/	II
Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario	12	3	S - T	/	I
Esfigmomanómetros	12	2 - 3	S - T	—, ▶	II
Aparatos de laboratorios	12	3 - 4?	T	/	I
Reactantes químicos para análisis	12	2 - 3	T	—/	I
Equipos de análisis de densidad de poros	12	1	T - D	/	I

**Tabla 166 Reducción con gran tiempo de sustitución**

Uso del Mercurio	Tiempo propuesto para el retiro progresivo del 99% (años)	Nivel de Sustitución	Focos de esfuerzo para la sustitución	Precio uso de mercurio vs. libre de mercurio	Magnitud del consumo relativa al consumo global
Usos que necesitan un largo tiempo para la sustitución					
Minería del oro a pequeña escala	25	4	S - T	/	III
Obturaciones con amalgamas de mercurio	25	2 - 4	P - D - S - T	◀, —, ▶	III
Lámparas fluorescentes lineales	25	1	D	/	II

Lámparas fluorescentes compactas	25	1	D	—, ► /	II
Lámparas de laboratorio de espectrometría de absorción atómica	25	0 - 1?	T	/	I
Electrodos y referencia para mediciones fisicoquímicas	25	2 - 3	T	/	I
Semiconductores detectores de luz infrarroja	?	/	--	/	I?

### 3.16.8 Formulación de Actividades y Tareas con el respectivo plazo y responsable de la realización de dichas actividades.

Mejora de la información y actualización de los datos del Inventario de uso, consumo y liberaciones

Responsable: CONAMA

Plazo: Año 2008, primer semestre

*Subcategoría 5.1.1 “Combustión de carbón en grandes centrales de energía”*

Para el año 2010 se procurará reducir las emisiones de mercurio en las Centrales termoeléctricas a carbón.

a) Revisión de las mejores alternativas para la reducción de mercurio en centrales Termoeléctricas

- Revisión de literatura internacional, incluido el toolkit
- Revisión de trabajos de Investigación realizados

Responsable: Comité técnico del proyecto y Secretaria Técnica CONAMA

Plazo: Año 2008, primer semestre

b) Implementación de instrumentos normativos

- Revisión normativa nacional e internacional existente relativa al tema
- Propuesta decreto con MINSAL para la regulación de emisiones de mercurio

Responsable: MINSAL

Plazo: Año 2009, primer semestre

c) Revisar factibilidad de implementar el proceso lavado del carbón.

- APL en el sector
- Promover la práctica en el sector

Responsable: CONAMA, Comité Operativo

Plazo: Inicio en el 2009 con implementación continúa al 2010

1

d) Obligación de Informar la procedencia del carbón a utilizar y el contenido de mercurio presente en la materia prima.

- Generación de Resolución Exenta

Responsable: MINSAL, Servicio Nacional de Aduana

Plazo: Inicio año 2009, implementándose en forma continua hasta el 2010

#### *Subcategoría 5.1.3 “Extracción, refinación y uso del aceite mineral”*

Para el año 2010 se procurará reducir en un 30% las emisiones de extracción y refinación de aceite mineral

a) Revisión de las mejores alternativas para la reducción de mercurio en el sector

- Revisión de literatura internacional, incluido el toolkit
- Revisión de trabajos de Investigación realizados

Responsable: Comité técnico del proyecto y Secretaria Técnica CONAMA

Plazo: Año 2008, primer semestre

b) Estudio de factibilidad técnico económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes derivados del petróleo.

- Revisión normativa Nacional e Internacional existente relativa al tema
- Propuesta Normativa de regulación

Responsable: Ministerio de Minería

Plazo: Año 2009, primer semestre

*Subcategoría 5.2.2 “Extracción de Oro y Plata con el proceso de amalgamación de Mercurio”*

Para el año 2010 se procurará reducir las liberaciones de mercurio en los procesos de amalgamación

a) Revisión de las mejores alternativas para la reducción de mercurio en el sector

- Revisión de literatura internacional, incluido el toolkit
- Revisión de trabajos de Investigación realizados

Responsable: Comité técnico del proyecto y Secretaria Técnica CONAMA

Plazo: Año 2008, primer semestre

b) Educación y registro de capacitación al grupo objetivo, en el uso de buenas prácticas en el manejo del mercurio

- Mejorar y perfeccionar el programa que se llevo a cabo en el sector

Responsable: Ministerio de Minería

Plazo: Año 2009, primer semestre

5.2.3 “Extracción y tratamiento inicial de otros metales no ferrosos, incluyendo cobre, plomo, oro (diferente a la amalgamación) y aluminio.”

Para el año 2010 se procurará reducir en Chile las liberaciones de mercurio generados en relaves

a) Realización de mediciones de Hg en las distintas corrientes del proceso de extracción del mineral

b) Implementación de instrumentos normativos

- Revisión normativa nacional e internacional existente relativa al tema.
- Propuesta decreto con MINSAL para la exigencia

Responsable: Ministerio de Minería

Plazo: Año 2009, primer semestre

*Categoría 5.5 “Productos de Consumo con uso deliberado de mercurio”*  
*Categoría 5.6 “Otros usos deliberados en productos/procesos”*

Para el año 2010 se prohíbe en Chile la importación de productos con mercurio y han de ser fomentadas alternativas que no contengan mercurio.

c) Elaboración de un listado de productos que contengan mercurio

- Revisión de literatura internacional, incluido el toolkit
- Revisión de productos ya clasificados en aduana con contenido de mercurio

Responsable: Comité técnico del proyecto y Secretaria Técnica CONAMA  
Plazo: Año 2008, primer semestre

d) Implementación de instrumentos normativos

- Revisión normativa nacional e internacional existente relativa al tema
- Propuesta decreto con MINSAL para la prohibición del producto

Responsable: MINSAL  
Plazo: Año 2009, primer semestre

d) Educación grupos objetivos

- Educación formal ( al sector público y campaña Nacional)
- Campañas de salud
- Campañas de educación al consumidor

Responsable: MINSAL, OPS, MINEDUC, SERNAC  
Plazo: Inicio en el 2008 con implementación continua, al 2009 en el consumidor, y al 2010 en la educación formal y en salud

e) Listado de productos alternativos

- Revisión literatura internacional
- Recomendaciones mundiales respecto a los productos
- Implementar subsidios para producción de productos alternativos

Responsable: CORFO, Ministerio de economía

Plazo: Inicio año2009, implementándose en forma continua hasta el 2010

### 5.9.5 “Sistemas / tratamiento de aguas residuales”

Para el año 2010 se procurará reducción de mercurio a través de un manejo adecuado en los lodos generados.

#### a) Implementación de instrumentos normativos

- Revisión normativa nacional e internacional existente relativa al tema
- Puesta en marcha de la Norma Chilena 2952

Responsable: MINSAL  
Plazo: Año 2009, primer semestre

### 3.16.9 Evaluación del desarrollo del Plan de gestión.

Para el seguimiento y evaluación de los resultados, se debe generar un grupo dentro del comité operativo, con el asesoramiento de CONAMA para el monitoreo y la evaluación de la gestión de emisiones del desarrollo del plan y de conocer públicamente los resultados de ese plan.

Evaluación y seguimiento en marcado en el cumplimiento de las metas propuestas.

Primer Semestre del 2008	Primer Semestre del 2009	Primer Semestre del 2010
Informe Situacional 1 en base al avance del Plan de Gestión	Informe Situacional 2 en base al avance del Plan de Gestión	Informe Situacional 3 en base al avance del Plan de Gestión
Medidas correctivas, en base a los problemas detectados.	Medidas correctivas, en base a los problemas detectados.	Medidas correctivas, en base a los problemas detectados.

El año 2010 se debe realizar una actualización del Inventario de emisiones de uso, consumo y liberaciones de mercurio, el cual debe incorporar un análisis comparativo con el fin de evaluar los porcentajes de reducción propuestos, para el cumplimiento del plan. En caso de no haber cumplimiento de metas, se deberá realizar un seguimiento completo del Plan de gestión, con el objetivo de identificar los puntos críticos.



### **3.16.9.1 Conclusiones y Recomendaciones.**

Un elemento importante a considerar que el éxito en todo plan de gestión pasa por la necesidad de informar y educar a los ciudadanos del País del Plan que se pretende realizar para la reducción de las liberaciones de mercurio.

Se deben dar a conocer masivamente los riesgos que genera este elemento, sobre todo en los grupos más expuestos de la población, como son los niños, mujeres embarazadas y trabajadores de minería ya sea pequeña y/o artesanal.

## 4 Referencias

1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA Productos Químicos, “Evaluación mundial sobre el mercurio”, Ginebra, Suiza, 288 pp. Dic 2002.
2. “Elementos Base para la Gestión Ambiental del Mercurio en Chile”, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico, Claudia Jara, 16/04/2007
3. “Diagnóstico de la Gestión de pilas y su peligrosidad como residuos en Chile”, trabajo de titulación para optar al título de Ingeniero de ejecución en Ambiente, USACH, Torres, M.
4. Brooks Ned T., Lennett David, “Overview of Mercury Sources, Uses, Releases and Cycling”, United Nations Environmental Programme Mercury Workshop, Sept. 2004 ,Buenos Aires Argentina. Disponible En: <http://www.chem.unep.ch/MERCURY/workshops/Buenos-Aires-proceedingsfinal.pdf>.
5. Wiener James G., Krabbenhoft David P., Gary H. Heinz y Anton M.Scheuhammer, “Handbook of Ecotoxicology”, Sección II. Contaminant Sources and Effects, Ecotoxicology of Mercury, 2003, Lewis Publishers by CRC Press LLC, Segunda edición, Cap.16.
6. Mason, R. P., Fitzgerald, W. F., y Morel, F. M. M., “The Biogeochemical Cycling of Elemental Mercury: Anthropogenic influences. En: James G.Wiener, David P. Krabbenhoft, Gary H. Heinz y Anton M. Scheuhammer,”Handbook of Ecotoxicology”, Sección II. Contaminant Sources and Effects, Ecotoxicology of Mercury, 2003, Lewis Publishers by CRC Press LLC, Segunda edición, Cap.16.
7. Fitzgerald, W. F., Engstrom, D. R., Mason, R. P., y Nater, E. A., “The case for atmospheric mercury contamination in remote areas”, 1998 Environ. Sci. Technol., Vol: 32, pp 1-7.
8. Pacyna, E. G., Pacyna J. M., and pirrone, N., “European emissions of atmospheric mercury from anthropogenic sources in 1995”. En: Mason, R. P., Fitzgerald, W. F., y Morel, F. M. M., “The Biogeochemical Cycling of Elemental Mercury: Anthropogenic influences”, 1994, Geochim. Cosmochim. Acta, 58, pp 3191-3198.
9. Ronald Eisler, Ph. D., “Handbook of Chemical Risk Assessment. Health Hazards to Humans, Plants, and Animals”, 2000, U.S. Geological Survey, Lewis Publishers, Volumen 1.

10. Ming-Ho Yu, "Environmental Toxicology. Biological and Health Effects of Pollutants", 2005, Second Edition, CRC Press.
11. Pirrone, N., Pacyna, J. M. and Barth, H. (Guest Editors) (2001a): "Atmospheric Mercury research in Europe, Special Issue of Atmospheric Environment". Vol.35/17. En: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA Productos Químicos, "Evaluación mundial sobre el mercurio", Ginebra, Suiza, Dic 2002, Cap. 2, 33.
12. Mason, R. P. and Fitzgerald, W.F. (1996): Sources, sinks and biogeochemical cycling of mercury. En: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA Productos Químicos, "Evaluación mundial sobre el mercurio", Ginebra, Suiza, Dic 2002, Cap. 2, 37.
13. Organization Pollution Probe, "Mercury in the Environment. A Primer", Canadá, Junio 2003, Cap.4, pp 34-35.
14. "Estadísticas de Incendios Forestales". Corporación Nacional Forestal, Chile, 2006. Disponible En: [www.conaf.cl](http://www.conaf.cl).
15. Varios autores, "Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile 2005", Geo Chile, Instituto de Asuntos Públicos, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Chile, Sept. 2006, 371 pp.
16. Oyarzún Jorge, "Algunos metales y metaloides con propiedades tóxicas o carcinogénicas: distribución natural y riegos por contaminación en Chile", Revista Chilena de Salud Pública 2001, Vol 5 (2-3): 96-101.
17. Higuera Pablo, Oyarzún Roberto, Oyarzún Jorge, et al., "Environmental assessment of copper-gold-mercury mining in the Andacollo and Punitaqui district, northern Chile", Editorial handling, Applied Geochemistry 19, 2004, 1855-1864.
18. Oyarzún Jorge, Oyarzún Roberto, Pavicic S., "Estudio geoquímico prospectivo en un distrito de Cu-Au-Hg asociado a zona de cizalla: Punitaqui, Chile", Boletín geológico y Minero, 2001, Vol. 112, N° 2, pp. 75 – 84.
19. Díaz Oscar, Encina Francisco, et al., "Influencia de variables estacionales, espaciales, biológicas y ambientales en la bioacumulación de mercurio total y metilmercurio en *Tagelus dombeii*", Revista de Biología Marina y Oceanografía, Julio de 2001, Vol: 36 (1), pp 15 – 29.
20. Pacyna, et al., "Presentation to Global Transport Workshop", Ann Arbor, Sept. 2003, MI, pp 16-17. Disponible En: <http://www.chem.unep.ch/MERCURY/workshops/Buenos-Aires-proceedingsfinal.pdf>.

21. Wotruba Hermann, Hruschka Felix, et al, “*Manejo Ambiental en la Pequeña Minería*”, Manejo Integrado del Medio Ambiente en la Pequeña Minería, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 1998, La Paz, Bolivia, 302 pp.
22. Miranda Consultores (MIRCOMIN), “*Inventario de los recursos minerales de la IV Región de Coquimbo*”, Vol II, 1978, SERPLAC IV Región de Coquimbo.
23. Varios autores, “*Atlas de Faenas Mineras, Mapas y Estadísticas de Faenas Mineras de Chile*”, N° 2, Región III y IV, 2000, Servicio Nacional de Geología y Minería.
24. Varios autores, “*Atlas de Faenas Mineras, Mapas y Estadísticas de Faenas Mineras de Chile*”, N° 3, Región V, VI, XIII, 2002, Servicio Nacional de Geología y Minería.
25. Valenzuela Pedro, “*Pequeña Minería, Potencial Riesgo Ambiental por Mercurio, Región de Coquimbo, Chile*”, Taller Regional para Fomentar la Sensibilización Sobre la Contaminación Causada por el Mercurio, Sept. 2004, Buenos Aires, Argentina.
26. Instituto Nacional de Estadísticas, “*Estudio determinación del Universo de los Pequeños Mineros Artesanales de Chile*”, Ministerio de Minería, Gobierno de Chile, Dic 2005, 65pp.
27. La Celulosa, “*Proceso de producción de celulosa kraft*”. Disponible en: [www.papelnet.cl](http://www.papelnet.cl).
28. “*Mercurio en planta de celulosa Laja*”, Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales. Disponible en: [www.olca.cl](http://www.olca.cl),
29. “*Uso de Carbón de Petróleo en los Hornos 8 y 9 de la Planta Industrial La Calera de Empresas Lafarge S.A.*”, Estudio de Impacto Ambiental, Resumen ejecutivo. Disponible en: [www.lafarge.cl](http://www.lafarge.cl).
30. “*Estadísticas en Consumo de Cemento*”. Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile. Disponible En: [www.ich.cl](http://www.ich.cl) .
31. “*Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile*”, Corporación Nacional Forestal Chile, 1997. Disponible en: [www.conaf.cl](http://www.conaf.cl). (Última visita: 25 de Enero de 2007).
32. Fritis Ricardo, “*La Producción de Mercurio en Chile*”, Anales del Primer Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología, Tomo Cuarto, Enero 1942, Santiago, Chile, pp 1626-1635.
33. Pesenti Eduardo, Fernández Eduardo, Silva, Washington, “*Contaminación por Mercurio en la Minería Artesanal de la III Región de Atacama*”, Universidad de

Atacama, Instituto de Investigaciones Científicas y tecnológicas (IDICTEC). En: Proyecto de Cooperación Internacional ACDST-IDICTEC, “El Desarrollo Sustentable y el Medio Ambiente en la Minería Artesanal del Oro”, libro del Seminario Internacional, Copiapó, Chile, 1999.

34. “*Levantamiento Catastral de los tranques de relaves en Chile*”, Etapa C: Regiones II y III, Tomo I, Informe Final del Estudio, Dic. 1990, SERNAGEOMIN, Ingeniería y Geotecnia Ltda.
35. “*Levantamiento Catastral de los tranques de relaves en Chile*”, Etapa B: Regiones IV, VI y VII, Tomo I, Informe Final del Estudio, Marzo 1989, SERNAGEOMIN, Ingeniería y Geotecnia Ltda.
36. Silva B. Washington, “*Presencia de mercurio en tranques de relaves de plantas de amalgamación en la Región de Atacama (CHILE)*”, Revista de la Facultad de Ingeniería, N° 014-015, 2000, Universidad de Atacama, Copiapó, Chile.
37. “*Diario Oficial de la Unión Europea*”, EUR-Lex: El Derecho de la Unión Europea. Disponible en: <http://europa.eu>.
38. “*Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo*”, Estrategia comunitaria sobre el mercurio, Enero de 2005, Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas. Disponible en: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/com\\_2005\\_0020\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/com_2005_0020_es.pdf).
39. “Plan de Acción Regional de América del Norte sobre Mercurio”, Fase II, Marzo de 2000, Equipo de Tarea de América del Norte para la Instrumentación del PARAN sobre Mercurio. Disponible en: <http://www.cec.org/files/PDF/POLLUTANTS/Hgparan.pdf>.
40. “*Mercurio No*”, Salud Sin Daño, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/mercuriono.pdf>. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA Productos Químicos, “*Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio*”, Borrador Preliminar, Ginebra, Suiza, Cap. 5, 171. Nov 2005.
41. “Mercury substitution priority working list: An input to global considerations on mercury management” del Nordic Council of Ministers, Mayo 2007
42. “Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury”, United Nations Environmental Programme Chemicals, Junio 2006.

43. “Mecanismos para el rastreo de las importaciones y exportaciones canadienses de mercurio para uso y disposición”, Mark S. Winfield y Hugh J. Benevides, Programa de rectoría ambiental Instituto Pembina para el Desarrollo Adecuado, marzo 2002.
44. “Desarrollo de un plan de gestión de riesgos para un Producto Químico Prioritario”, UNITAR, Octubre 2007
45. “Guía para la gestión de sustancias químicas”, GTZ Deutsche Guesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, abril 2004.
46. “Memoria del taller nacional de establecimiento de prioridades para la gestión racional de sustancias químicas”, Environment Canda, UNITAR y Comisión Europea, Ministerio medio ambiente y energía Costa Rica, 10 y 11 de Noviembre 2005.
47. “ Plan de acción regional para la prevención y el control de la contaminación por mercurio en los ecosistemas amazónicos”, Sandra Hacon y Fausto Azevedo, Brasilia 2006
48. “Situación del mercurio en Canadá Informe 2”, Environonment Canadá, departamento de asunto atmosféricos transfronterizos, Mayo 2000
49. “Risk Managment Strategy for mercury containing products”, Edwina Lopez, Environment Canadá, Environmental protection Operations division, Ontario, Diciembre 2007.
50. “Best available technices for mineral oil and gas refineries, european integrates pollution prevention and control (IPCC) Burau, IPTS, BREF Oil & Gas, Sevilla February 2003, available at [http:// eippcb.jrc.es/pages/fmambers.htm](http://eippcb.jrc.es/pages/fmambers.htm)

## 5 Glosarios

### *Glosario I siglas y abreviaturas*

ACAAN : Acuerdo de Cooperación Ambiental para América del Norte.

ACGIH : Conferencia Americana de Higiene Industrial. (American Conference of Industrial Hygienists).

Acrodinia : forma de intoxicación crónica con mercurio de presentación poco frecuente. Se caracteriza por producir sensibilidad aumentada en las plantas de los pies y en las palmas de las manos con sensaciones de hormigueo.

AFIPA: Asociación Nacional de Fabricantes e Importadores de Productos Fitosanitarios Agrícolas.

Agente alquilante: cualquiera de un grupo de sustancias capaz de experimentar una reacción química electrofílica.

Amalgamación: aleación entre el mercurio y metales nobles como oro y plata.

AMAP: Programa de Vigilancia y Evaluación del Ártico. (Arctic Monitoring and Assessment Programme).

Antropogénico: atribuible a la actividad humana.

APL: Acuerdo de Producción Limpia.

ASIQUM A.G. : Asociación Gremial de Industriales Químicos de Chile.

ATSDR : Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades de los Estados Unidos. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

Bioacumulación: acumulación progresiva de sustancias tóxicas persistentes en los seres vivos.

Biogeoquímico: circulación de los elementos o compuestos químicos a través de el ambiente abiótico y los seres vivos.

Biomagnificación: es la tendencia de las sustancias contaminantes a concentrarse en niveles tróficos sucesivos.

BNE : Balance nacional de Energía

CCA : Comisión para la Cooperación Ambiental. chanc.-amalg. : chancado – amalgamación.

CMPC : Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones.

CNE : Comisión Nacional de Energía

Coque : residuo sólido en la destilación del carbón en ausencia de aire

CONAMA : Comisión Nacional del Medio Ambiente.

COPs : Contaminantes Orgánicos Persistentes.

D.S. : Decreto Supremo.

DGA : Dirección General de Aguas.

DIRECTEMAR : Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

EEUU : Estados Unidos de América.

EFSA : Autoridad Europea de la Seguridad del Alimento. (European Food Safety Authority).

EIPPCB : Prevención Integrada de la Contaminación Europea y Oficina de Control. (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau).

FAO : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (Food and Agriculture Organization).

FMMA : Fondo Mundial para el Medio Ambiente.

Fotoreducción : por efecto de la luz, el quelato (la parte orgánica) se oxida, y el metal se reduce.

g : gramo.

Hg: mercurio monovalente.

Hg : mercurio.

Hg<sup>0</sup> : mercurio elemental.

Hg<sup>2+</sup> o Hg(II) : mercurio bivalente, forma predominante en compuestos orgánicos e inorgánicos del mercurio.

HgS : sulfuro de mercurio o mineral cinabrio.

kg : kilogramo.

L : litro.

LBGMA : Ley Bases Generales del Medio Ambiente.

LMP : Límite máximo permisible

LRTAP : Contaminación Atmosférica Transfronteriza de Largo Alcance.

(Long-Range Transboundary Air Pollution).

m<sup>3</sup> : metro cúbico.



MAK : Máxima Concentración en el Lugar de Trabajo. (Maximal Workplace Concentration).

MeHg o MetilHg : metilmercurio.

Metaloides : tienen propiedades intermedias entre los metales y los no metales.

mg : miligramo.

MINSAL : Ministerio de Salud.

MINSEGPRES : Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

mm : milímetro.

MMSD : Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable. (Mining, Minerals and Sustainable Development).

MOP : Ministerio de Obras Públicas.

ng : nano gramo ( $10^{-9}$  gramo).

OCDE : Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OIT : Organización Internacional del trabajo.

OMS o WHO : Organización Mundial de la Salud. (World Health Organization)

ONGs : Organizaciones No Gubernamentales.

ONUUDI : Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

OSHA : Administración Ocupacional de la Seguridad y la Salud (Occupational Safety and Health Administration).

PAMMA : Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal.

PARAN : Plan de Acción Regional de América del Norte.

pH : potencial hidrógeno. Equivalente al logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno.

PNUMA : Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Pórfido : proviene de porphyra que en latín significa "piedra púrpura"

ppb : partes por billón o partes por mil millones.

PPDA : Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica.

ppm : partes por millón.

ppt : partes por trillón.

PROCHILE : Programa de fomento a las exportaciones chilenas.

PTDI : Consumo Diario Provisional Tolerable. (Provisional Tolerable Daily Intake).

RAP-AL : Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina.

REACH : Consejo relativo al Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de las Sustancias y Preparados Químicos. (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

RETC : Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

RILes : Residuos Industriales Líquidos.

RP : Residuo Peligroso.

RPM : revoluciones por minuto.

RR.EE. : Relaciones Exteriores.

SADEMI : Sociedad Abastecedora de la Minería.

SAG : Servicio Agrícola y Ganadero.

SAPU : Servicio de Atención Primaria de Urgencia.

SEREMI : Secretaría Regional Ministerial.

SERNAGEOMIN : Servicio Nacional de Geología y Minería.

SISS : Superintendencia de Servicios Sanitarios.

SONAMI : Sociedad Nacional de Minería

STEL : Límite de Exposición de Corta Duración. (Short Term Exposure Limit).

TLC : Tratado de Libre Comercio.

TLCAN : Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

TLV : Valor Umbral Límite. (Threshold Limit Value).  
tonelada métrica : 1000 kg.

Trapiche : también conocido como “molino chileno” se caracteriza por adherir el uso de mercurio mientras se produce la trituración del mineral, pues se colocan planchas amalgamadoras en las paredes de éste.

TWA : Aire Transcontinental y Occidental. (Transcontinental and Western Air).

u : unidad (termómetro, lámpara, interruptor, objeto.).

UCI : Unidad de Cuidados Intensivos.

URSS : Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

US EPA : U.S. Environmental Protection Agency.

Volts : unidad de diferencia de potencial eléctrico.

Watts : unidad de poder, igual a un joule por segundo.

$\mu\text{g}$  : micro gramo ( $10^{-6}$  gramo).

$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$  : micro gramos por metro cúbico normal

## 6 Anexos

### Anexo 1

#### **Fotografías del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados por Mercurio**

A continuación se presentan fotografías de algunos de los sitios potencialmente contaminados con mercurio, que fueron visitados.



**Figura22: “Fotografía de la Basílica de Andacollo, en la Región de Coquimbo”**



**Figura23: “Fotografía de una cancha de fútbol en Andacollo, en la Región de Coquimbo”**



**Figura24: “Fotografía de una plaza de juegos en Andacollo, en la Región de Coquimbo”**



**Figura25: “Fotografía de un letrero que invita a conocer el proceso artesanal de obtención de oro en Andacollo, en la Región de Coquimbo”**



**Figura26: “Fotografía de relave cercano al mar, en Mineral de Talca, Ovalle, Región de Coquimbo”**



**Figura27: “Fotografía del Sanitario de Lenga, comuna de Hualpén, en la Región de l Bío Bío”**



**Figura28: “Fotografía de laguna de líquidos percolados, en vertedero de la Región de Los Lagos”**

## Anexo 2

### **Grupo Técnico que apoya la ejecución del proyecto**

Se han identificado y convocado a los sectores de carácter multisectorial, tanto público, privado, académico y organizaciones no gubernamentales (ONGs), que son de interés tanto para el desarrollo del “Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio”.

A continuación se presentan las principales instituciones identificadas junto con el profesional que la representa conformando el Comité de Trabajo.

#### A) Sector Privado:

**Tabla 167 Entidades del Sector Privado**

<b>Nombre</b>	<b>Entidad</b>
Freddy Vargas Parra	Celulosa Arauco S.A.
Gustavo Chiang V.	Cementos Bío Bío S.A.
Marina Hermosilla	Polpaico S.A.
Ricardo Pareja	Lafarge S.A.
Pedro Navarrete V.	CMPC Celulosa S.A.
Hugo Balocchi Velastin	Empresa Nacional de Minería ENAMI
Carmen Araya	Sociedad nacional de Minería SONAMI
Agustín Olivos	Asociación de Industriales Químicos ASIQUIM
Sergio Barrientos	
Arturo Lyon	Asociación Chilena de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas ASIMET
Eva Rencoret C.	
Marcelo Guerrero	Empresa Nacional del Petróleo ENAP
Juan Carlos Méndez	Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.
José Luis Izquierdo	PROCESAN S.A.
	Asociación de Empresas y Profesionales para el Medio Ambiente AEPA
Alvaro Conte L.	Asociación de Empresas y Profesionales para el Medio Ambiente AEPA
Pilar Muñoz Cariaga	Clínica Dávila
Claudio Friedmann	Agrupación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Carlos Aravena	Procesadora Ambiental de Residuos ECOWORLD
Andrea Varas Cancino	Comisión Nacional de Energía CNE.
Sergio Durandean	Empresa KDM
Richards Thiers	SOPROCAL S.A.
Nelson Beldar	Bravo Energy
Sergio Puente	HIDRONOR
Rodrigo Romero	HIDRONOR
Victor Pino Soto	PlataVips Ltda.



Mauricio Carrasco Fraiser	Ecología dental
Dr. Adrián Vega Fernández	Soc .de quím. Farmacéuticos de la Ind. de Chile SOQUIFICH
Oscar Martino	Asociación Industrial de Laboratorios Farmacéuticos ASILFA
Andrés Bruzual	Cámara de la Industria Farmaceutica de Chile A.G. CIF
Dr. Q.F. Manuel Fontboté	Sociedad Chilena de Químicos cosméticos
Christian Aguilar G.	Cámara Nacional de Laboratorios CANALAB
Dr. Q.F. Elmer Cortés	Colegio de Químicos Farmacéuticos de Chile A.G.
	Pag. Agrupación de Crematorios
Paola grandela	Gerdau Aza
Fernando Nilo	Recycla Chile S.A.
Rafael Mateo Alcalá	ENDESA S.A.
Hugo Pérez Guzmán	ENDESA S.A.
Luis Felipe Cerón	AES Gener S.A.
Miguel Escobar	AES Gener S.A.
Sergio del Campo fayet	Eléctrica Guacolda
Jorge Moyano	Eléctrica Guacolda
Pablo Espinosa	EDELNOR Electroandina
Juan Cerda E.	Planta PETROPOWER
Gerónimo Cortés	Planta PETROPOWER
Rogelio Trepana T.	NORGENER S.A.
Carlos Aguirre P.	NORGENER S.A.

## B) Sector Público

**Tabla 168 Entidades de Sector Público**

Nombre	Entidad
Domingo Herrera Succo	Dirección Nacional de Aduanas
Cinthy Montecinos Soto	Ministerio de Obras Públicas
Gustavo Cáceres	Servicio Agrícola y Ganadero SAG.
Karen Rodríguez	
Elba Rodríguez Pizarro	Ministerio de Salud – Sub. Redes
Pablo Durán	
María Elena Vergara	Ministerio de Salud MINSAL
Dharmo Rojas D.	Instituto Nacional de Estadísticas INE
Dra. Olaya Fernández	Ministerio de Salud MINSAL
Eduardo Jonson	Instituto de Salud Pública ISP
Paola Conca	Programa de Fomento a las Exportaciones Chilenas PROCHILE
Cecilia Adasme A.	Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN
Roberto Ponce F.	
Yurgen Vasters	
Hugo Constanzo	Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN VIII Región

Patricio Leiva	
Rossana Brantes	Comisión Chilena del Cobre COCHILCO
Sara Pimentel	
Hernán Peña	Corporación Nacional Forestal CONAF
Gerardo Valdebenito R.	Instituto Forestal de Chile INFOR
Juan Carlos Jofré	Corporación Nacional del Cobre CODELCO
Roberto Condori	Secretaría Regional Ministerial de Salud R.M.
Daniela Basaure P.	Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante DIRECTEMAR

C) Sector Académico:

**Tabla 169 Representantes del Sector Académico**

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>
Washington Silva Bruna	Universidad de Atacama
Dr. Jorge Oyarzún	Universidad de La Serena

## **Anexo 3**

### **6.1 Reporte de talleres de mercurio**

A continuación se describen los detalles del desarrollo de los Talleres para Construir Habilidades para un Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Mercurio, en el marco del Proyecto “Desarrollo de un Inventario y un Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio: Una Contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio”, realizados en las ciudades de Concepción, Copiapó y Santiago.

#### **6.1.1 Planificación General**

- **Taller Realizado en Santiago**

Este taller fue realizado los días 29 y 30 de Noviembre, en el Hotel Gran Palace, Salón Las Nieves, Huérfanos 1178, piso 10.

Para el caso de Santiago, el Taller para Construir Habilidades para un Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Mercurio, tuvo una duración de dos días y contó con la participación y asistencia activa de UNITAR, PNUMA, USEPA, Environment Canadá y CONAMA.

- **Talleres de Concepción y Copiapó**

El Taller realizado en la ciudad de Concepción, tuvo lugar el día 6 de diciembre, en el Hotel Germania de dicha ciudad.

El Taller realizado en la ciudad de Copiapó, tuvo lugar el día 11 de diciembre, en el Hotel Chagall, de la capital de la Región de Atacama.

En el caso de los talleres programados en las ciudades de Concepción y Copiapó, estos estuvieron más bien orientados a la difusión y estado de avance del Proyecto “Desarrollo de un Inventario y un Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio: Una Contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio”.

Se contó con la participación de los sectores involucrados, considerando a organismos de la Administración del Estado, sectores empresariales, prensa local y representantes de ONG’s.

Para la selección de los participantes se solicitó a las respectivas Direcciones Regionales de CONAMA, un listado de las personas a invitar.

## 6.1.2 Programas de Talleres

A continuación se presentan los programas de cada uno de los talleres desarrollados:

- **Taller Realizado en Santiago**

<p><b>Taller para Construir Habilidades para un Plan Nacional de Gestión de Riesgos de Mercurio</b></p> <p>Desarrollo de un Inventario y un Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio: Una Contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio</p> <p><b>Hotel Gran Palace, Salón Las Nieves, Huérfanos 1178, piso 10</b></p>		
29 de Noviembre		
09.00 - 09.30	Bienvenida e Introducción	CONAMA, UNITAR, PNUMA
9.30 - 10.00	Desarrollo de un Plan Nacional de Gestión de Riesgos: Elementos Básicos	UNITAR
10.00 - 10.45	Situación del Mercurio en Chile: Resumen del Resultado del Inventario de Emisiones y Análisis de la Situación	CONAMA
10.45 - 11.15 <i>Coffee break</i>		
11.15 - 11.45	Resultado del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio	CONAMA
11.45 - 12.15	Lecciones Aprendidas, Conclusiones y Propuestas. Discusión	CONAMA Audiencia
12.15 - 12.45	Fortalecimiento de la sociedad global del mercurio	PNUMA
12.45 - 13.30	Introducción al Paso 0: Fase Preparatoria Análisis de las Partes Interesadas y Aspectos Organizacionales. Discusión	UNITAR Audiencia
13.30-14.45 <i>Almuerzo</i>		
14.45 - 15.45	Introducción al Paso 1: Análisis de la Situación y Estado del Problema. Discusión	UNITAR Audiencia
15.45 - 16.45	Introducción al Paso 2: Metas, Objetivos e Indicadores. Discusión	UNITAR Audiencia

<i>16.45 – 17.15</i> <i>Coffee break</i>		
17.15 -18:30	Introducción al Paso 3: Identificando y Evaluando Posible Reducción de Riesgo. Acciones / Opciones. Discusión	UNITAR Audiencia
30 de Noviembre		
09.00 - 09.15	Resumen del día anterior	CONAMA
09.15 - 11:00	Introducción al Paso 4: Seleccionando y Desarrollando una Estrategia de Reducción de Riesgos. Discusión	UNITAR Audiencia
<i>11.00 -11.30</i> <i>Coffee break</i>		
11.30 - 12.30	Introducción al Paso 5: Obteniendo Compromisos de los Tomadores de Decisiones y Plan de Acción Paso 6: Evaluando Impactos	UNITAR
12.30 - 13.15	Discusión de Pasos 5 y 6	Audiencia
<i>13.15 - 14.30</i> <i>Almuerzo</i>		
14.30 – 15.00	Desarrollo e Implementación de un Plan de Gestión de Riesgos: La Experiencia de los Estados Unidos	EPA
15.00 – 15.30	Desarrollo e Implementación de un Plan de Gestión de Riesgos: La Experiencia de Canadá	Environment Canada
15.30 – 16.00	Discusión de la Gestión de Riesgos a partir de la Experiencia de Estados Unidos y Canadá	Audiencia
<i>16.00 - 16.30</i> <i>Coffee break</i>		
16.30 – 16.45	Conclusiones del Taller	CONAMA
16.45 - 17.00	Cierre del Taller	CONAMA, UNITAR, UNEP

- **Talleres de Concepción y Copiapó**

<b>Taller para el Desarrollo de un Inventario y un Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio: Una Contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio</b> <b>6 de diciembre de 2007 - Hotel Germania, Salón RHIN, Aníbal Pinto N° 295, Concepción</b> <b>11 de diciembre de 2007 – Hotel Chagall, O’Higgins N° 760, Copiapó</b>		
09:30	<i>Recepción Invitados</i>	
10:00	Palabras de Bienvenida	Director Regional de CONAMA
10:15	Proyecto Desarrollo de un Inventario y un Plan de Gestión de Riesgos para el Mercurio: Una Contribución a la Alianza Global sobre el Mercurio	Marcos Serrano. CONAMA Nacional
10:45	Presentación de los resultados de la aplicación del Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones, usos y consumos de mercurio.	Lilian Veas. CONAMA Nacional
11:30	<i>Preguntas</i>	
11:45	<i>Coffee Break</i>	
12:00	Presentación de los Resultados del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio.	Alejandra Salas. CONAMA Nacional
12:45	<i>Preguntas</i>	
13:00	<i>Conclusiones</i>	
13:15	<i>Almuerzo</i>	

### 6.1.3 Listados de Asistentes

- **Taller de Santiago**

NOMBRE	INSTITUCIÓN	DIRECCIÓN	FONO	FAX	E-MAIL
José Antonio Valdivieso	SERNAGEOMIN	Sta. María 0109	7375050		<a href="mailto:jvaldivieso@sernageomin.cl">jvaldivieso@sernageomin.cl</a>
Claudia Rojas C.	SEREMI Salud Atacama	Chacabuco 630, Copiapó	52-465032	52-465062	<a href="mailto:claudia.rojas@redsalud.gov.cl">claudia.rojas@redsalud.gov.cl</a>
Tania Besnier B.	Arauco y Constitución S.A.				
Héctor Molina Z.	General Motors	Sta. María 2412	058-222730		<a href="mailto:hector.molina@gm.com">hector.molina@gm.com</a>
Lincoln Norambuena	DICTUC	La Herradura 2720	08-7458194		<a href="mailto:lincoln@manquehue.net">lincoln@manquehue.net</a>
Eduardo Lou	Cía. Minera Mantos de Oro	Los Carrera 6651	09-0786021 52-523248		<a href="mailto:eduardo.lou@mantosdeoro.cl">eduardo.lou@mantosdeoro.cl</a>
Marcelo Padilla Valdés	MINECON - PPEE	Teatinos 120, piso 9	4733697		<a href="mailto:mpadilla@economia.cl">mpadilla@economia.cl</a>
Gonzalo Matamala	Chile Justo	Av. Nva. Los Leones 0281	4117500	4117533	<a href="mailto:contacto@chilejusto.cl">contacto@chilejusto.cl</a>
Elizabeth Juárez	CONAMA Atacama				
Alain Chung	Environment Canadá				<a href="mailto:chung@ec.gc.ca">chung@ec.gc.ca</a>
Pablo Durán	MINSAL - SUBBREDA - DIGEDEP	Mac Iver 681	5740797		<a href="mailto:pduran@minsal.cl">pduran@minsal.cl</a>
Sandra Cortés	Depto. Salud Pública - PUC	Marcoleta 434	3543038	6331840	<a href="mailto:spamb.01@med.puc">spamb.01@med.puc</a>
Antonia Fortt	OCEANA	Bustamante 24, Piso 2 C			<a href="mailto:fortt@oceana.cl">fortt@oceana.cl</a>
Jaime Escobar	DICTUC		3547059		<a href="mailto:jescobar@dictuc.cl">jescobar@dictuc.cl</a>
Rossana Brantes	COCHILCO		3828251		<a href="mailto:rbrantes@cochilco.cl">rbrantes@cochilco.cl</a>
John Whitelaw	PNUMA	Ginebra	+41-22-9178360	+41-22-7973460	<a href="mailto:jwhitelaw@unep.ch">jwhitelaw@unep.ch</a>
Sergio Barrientos	ASIQUM		56-2-2033350	56-2-1033351	<a href="mailto:sbarrientos@asiquim.cl">sbarrientos@asiquim.cl</a>
Hugo Balocchi V.	ENAMI	Mac Iver 459	4355371	4355402	<a href="mailto:hblocchi@enami.cl">hblocchi@enami.cl</a>
Claudia Jara	CONAMA				<a href="mailto:cjara@conama.cl">cjara@conama.cl</a>
Alejandra Salas	CONAMA				<a href="mailto:asalas@conama.cl">asalas@conama.cl</a>
Raúl Urzúa Reyes	Dirección Nacional de Aduanas	Plaza Sotomayor 60, Valparaíso	32-2200856	32-2254033	<a href="mailto:rurzua@aduana.cl">rurzua@aduana.cl</a>
Ivonne	CONAMA X	San Martín 80,	65-	65-	<a href="mailto:imansilla.10@conama.cl">imansilla.10@conama.cl</a>

Mansilla		Piso 3, Pto. Montt	562033	282218	
Cecilia Barrios	CONAMA RM	Moneda 970			
M <sup>a</sup> . José Tardón	DICTUC	V. Mackenna 4860	3545967		<a href="mailto:mtardon@dictuc.cl">mtardon@dictuc.cl</a>
Tamara Arévalo	DICTUC				
Marcelo Galeno	CONAMA		2405619		<a href="mailto:mgaleno@conama.cl">mgaleno@conama.cl</a>
María de la Luz Vásquez	Ministerio de Minería				
W. Gallardo	SEREMI Salud de Los Ríos				
Juan Carlos Bordones	DICTUC				
Carlos Briceño	ASIQUM				
Paulina Abarca	Cemento Polpaico S.A.		3376396		<a href="mailto:paulina.abarca@polpaico.cl">paulina.abarca@polpaico.cl</a>
Sat Sansar S.	MAYCO				<a href="mailto:satsansar.sngh@mayco.cl">satsansar.sngh@mayco.cl</a>
Lilian Veas	CONAMA		2411813	2411824	<a href="mailto:lveas@conama.cl">lveas@conama.cl</a>
Ricardo Pareja	Lafarge		09-7891457		<a href="mailto:ricardo.pareja@lafarge.cl">ricardo.pareja@lafarge.cl</a>



- **Taller de Concepción**

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>
Claudia Sanhueza	Municipalidad de Hualpén	<a href="mailto:csanhueza@hualpenciudad.cl">csanhueza@hualpenciudad.cl</a>
Caterina Vivero	Municipalidad de Hualpén	<a href="mailto:cvivero@hualpenciudad.cl">cvivero@hualpenciudad.cl</a>
Gladys Nograro	Gestionadora y Coordinadora de Residuos	<a href="mailto:gnograro@gmail.com">gnograro@gmail.com</a>
Elba Bascañan	Puerto San Vicente	
Carlos Aburto	Servicios Forestales Sayman Ltda.	<a href="mailto:cjaburto@vtr.net">cjaburto@vtr.net</a>
Sandra Briceño	Universidad de Concepción (PEESSP)	<a href="mailto:sandra.briceño@il.com">sandra.briceño@il.com</a>
Miguel Améstica	Endesa Central Bocamina	<a href="mailto:mamestica@endesa.cl">mamestica@endesa.cl</a>
Eliana Decop	Red Regional de Organizaciones	<a href="mailto:elydecop@gmail.com">elydecop@gmail.com</a>
Pierre Servanti	Hidronor Chile S.A.	<a href="mailto:pservanti@chile.net">pservanti@chile.net</a>
Juan Antonio Lopez	CMPC Celulosa S.A. Planta Laja	<a href="mailto:jlopez@celulosa.cmpc.cl">jlopez@celulosa.cmpc.cl</a>
Pablo Seguel	Copiulemu S.A.	<a href="mailto:p.seguel@copiulemu.cl">p.seguel@copiulemu.cl</a>
Mirna Gutierrez	Seremi de Salud Bío- Bío	<a href="mailto:mirna.gutierrez@redsalud.gov.cl">mirna.gutierrez@redsalud.gov.cl</a>
Laura Reyes	Depto. de Ingeniería en Maderas Universidad de Bío-Bío	<a href="mailto:laurarn@ubiobio.cl">laurarn@ubiobio.cl</a>
Rodrigo Martinez	CONAMA Bío-Bío	<a href="mailto:rmartines.8@conama.cl">rmartines.8@conama.cl</a>
Claudio Zapata	CONAMA Bío-Bío	<a href="mailto:czapata.8@conama.cl">czapata.8@conama.cl</a>
Alonzo Vidal	South Pacific Korp S.A.	<a href="mailto:avidal@spk.cl">avidal@spk.cl</a>
Luisa Lagos	Planta Recicladora de Aceite	<a href="mailto:llagos36@mail.com">llagos36@mail.com</a>
Alejandra Reyes	Gestec Ingeniería Ambiental Ltda.	<a href="mailto:areyes@gesteconsultora.cl">areyes@gesteconsultora.cl</a>
Carolina Lopez	Compañía Siderúrgica Huachipato	<a href="mailto:clopez@csh.cl">clopez@csh.cl</a>
Norma Parra	Municipalidad de Hualpén	<a href="mailto:nparra@hualpenciudad.cl">nparra@hualpenciudad.cl</a>
Juan Bruna	Compañía Siderúrgica Huachipato	<a href="mailto:jbrunaa@csh.cl">jbrunaa@csh.cl</a>
Patricio Alarcón	Municipalidad de Coronel	<a href="mailto:pararcon@coronel.cl">pararcon@coronel.cl</a>
Patricio Solano	Masisa S.A.	<a href="mailto:patricio.solancataldo@masisa.com">patricio.solancataldo@masisa.com</a>
Patricia Hormazabal	CONAMA Bío-Bío	<a href="mailto:phormazabal.8@conama.cl">phormazabal.8@conama.cl</a>
Fabiola Nuñez	Masisa S.A.	<a href="mailto:fabiola.nunez@masisa.com">fabiola.nunez@masisa.com</a>

Patricia Concha	Coca-Cola Embonor S.A.	<a href="mailto:patricia.concha@embonor.cl">patricia.concha@embonor.cl</a>
Marianne Hermanns	ASIPES	<a href="mailto:mhermanns@entelchile.net">mhermanns@entelchile.net</a>
Alejandro Bravo	Agrícola y Ganadera Chillan Viejo Ltda.	<a href="mailto:ebravoll@friosaa.cl">ebravoll@friosaa.cl</a>
Alex Caniulao	Seremi de Salud Talcahuano	<a href="mailto:alex.caniulao@salud.gov.cl">alex.caniulao@salud.gov.cl</a>
Fernando Díaz	ENAP Refinería Bío-Bío	<a href="mailto:fdiaz@enaprefinerias.cl">fdiaz@enaprefinerias.cl</a>
Valentina Moreno	Ingeniero Civil Químico	<a href="mailto:valemoro@gmail.com">valemoro@gmail.com</a>
Gonzalo Mena	Ingeniero Ejecución Maderas	<a href="mailto:powerbladegvr@123mail.cl">powerbladegvr@123mail.cl</a>
Chistian Vivallo	Empresa de Gestión Ambiental GEAA	<a href="mailto:geaagestion@gmail.com">geaagestion@gmail.com</a>

- **Taller de Copiapó**

NOMBRE	INSTITUCIÓN	CORREO ELECTRÓNICO
David Ubilla	INACESA	<a href="mailto:david.ubilla@cbb.cl">david.ubilla@cbb.cl</a>
Patricio Fernandino	SCMCAROLA	<a href="mailto:patricio.fernandino@scmcarola.cl">patricio.fernandino@scmcarola.cl</a>
Ernesto García F.	COEMIN S.A.	<a href="mailto:ernesto.garcia@scmcarola.cl">ernesto.garcia@scmcarola.cl</a>
Eduardo Pesenti C.	UDA	<a href="mailto:eduardo.pesenti@uda.cl">eduardo.pesenti@uda.cl</a>
Joao Muñoz Ramírez	Codelco - Salvador	<a href="mailto:jmunoz17@codelco.cl">jmunoz17@codelco.cl</a>
Pamela Arancibia Bravo	EVISA - CONAMA Atacama	<a href="mailto:parancibia.3@conama.cl">parancibia.3@conama.cl</a>
Víctor Salvatierra	Henríquez E. Eléctrica Guacolda	<a href="mailto:amedioambiente@guacolda.cl">amedioambiente@guacolda.cl</a>
Jorge Moyano F.	EEGSA	<a href="mailto:jmoyano@guacolda.cl">jmoyano@guacolda.cl</a>
Patricio Figueroa	PVCOBRE	<a href="mailto:pfigueroa@pvcobre.cl">pfigueroa@pvcobre.cl</a>
Loreto Balut H.	CCMC	<a href="mailto:loreto.balut@fmi.com">loreto.balut@fmi.com</a>
Fredy Alvarez Rojo	Analytica Chañar Ltda.	<a href="mailto:gestion.copiapo@gmail.com">gestion.copiapo@gmail.com</a>
Paula Canales Sánchez	Dirección de Vialidad - MOP	
Juan Aguirre Rivera	INACESA	<a href="mailto:juan.aguirre@cbb.cl">juan.aguirre@cbb.cl</a>
Nadia Alfaro Espinoza	ENAMI, Fundación H Videla Lira	<a href="mailto:nalfaro@enami.cl">nalfaro@enami.cl</a>
Jorge Oporto Marín	GAEDA, Grupo Acción Ecológica de Atacama	<a href="mailto:renace-gaeda@gmail.com">renace-gaeda@gmail.com</a>
Plácido Avila Castro	CONAMA	<a href="mailto:pavila.3@conama.cl">pavila.3@conama.cl</a>
Rocío Castex	SEREMI Salud	<a href="mailto:rocio.castex@redsalud.gov.cl">rocio.castex@redsalud.gov.cl</a>

## 6.1.4 Desarrollo de los Talleres

### 6.1.4.1 Taller de Santiago

1.- Presentación de UNITAR referida a la introducción de elementos básicos para el entendimiento y establecimiento de la problemática de contaminación por productos químicos, tales como: toxicidad, dosificación / concentración, ruta de exposición efecto-reacción para introducir la forma de abordar el análisis de riesgo.

Finaliza esta presentación con una primera aproximación a la formulación de un plan de gestión de riesgos, considerando la generación de ranking y estableciendo prioridades para enfocar un plan de gestión.

2.- Presentación de CONAMA, sobre el resumen de los resultados del Inventario de Emisiones de Mercurio, identificando las principales fuentes contaminantes.

3.- Presentación CONAMA del estado de avance de la identificación de sitios con presencia de contaminación, entregando nociones generales de la metodología utilizada para la identificación y evaluación de dichos sitios, introduciendo los formularios y variables que esta metodología utiliza.

4.- Mesa de discusión a partir de la situación en Chile presentada y aclaración de las interrogantes planteadas por los asistentes respecto de la aplicación metodológica y resultados del inventario.

5.- Presentación del PNUMA donde se introduce la preocupación mundial respecto al mercurio, presentando la evolución del desarrollo del tema en diversos congresos llegando al estado actual del tratamiento de la problemática.

Se enfatiza el establecimiento de lineamientos mundiales para el tratamiento de mercurio, haciendo alusión a la discusión de generar documentos vinculantes como tratados o convenios internacionales o apelar a las voluntades de los países en el tratamiento del problema.

6.- Presentación de UNITAR de los tres primeros pasos de la metodología para generar un plan de gestión de riesgos:

**Paso 1:** Formulación de la problemática; para esto se debe realizar un análisis de la situación, una acuciosa recopilación de información con su respectivo análisis identificando grupos de actores.

Se realizó ejercicio con los asistentes, donde se formula la problemática desde sus puntos de vista de la problemática respecto al mercurio en nuestro País.

Como resultado, se obtuvo la determinación de los principales problemas detectados por los participantes respecto al tema del mercurio:

- Se genera un problema logístico por el traslado de residuos para su disposición o tratamiento adecuado, al caso de HIDRONOR que para la operación de plantas en región se centraliza en la zona central.
- La zona norte se encuentra desprovista de manejo de residuos peligrosos.
- Existe poca difusión de la normativa (específicamente el DS 148).
- Por otro lado se indica que el problema se encuentra principalmente en el consumo domiciliario, ya que para las industrias existe normativa clara.
- Falta de información respecto de cómo y cuándo afecta la exposición a mercurio.
- Existe poca fiscalización.
- Existen laboratorios con equipos deficientes y técnicas no estándares para las mediciones.
- Poca información a nivel doméstico.
- Falta información y datos para generar una normativa más específica.

**Paso 2:** Establecimiento de Objetivos tanto general como específicos

Se plantean los criterios con los cuales deben ser evaluados los objetivos y subobjetivos (SMART).

Se indica la necesidad de establecer indicadores con los cuales medir el logro de dichos objetivos.

Como resultado de este paso, los asistentes al taller llegaron a consenso acerca de los siguientes objetivos:

- Objetivo General Propuesto por los Asistentes: *“Elaborar un Diagnóstico que permita caracterizar la distribución del mercurio en Chile.”*

Sin embargo, tras las observaciones efectuadas por el presentador de este Taller, el objetivo propuesto por los asistentes fue modificado por el siguiente:

- Objetivo General Corregido: *“Elaborar un Diagnóstico del mercurio en Chile.”*
- Sub-Objetivos:

En cuanto a los sub-objetivos, se concluyó en los siguientes:

- *“Actualizar información sobre usos, consumos y liberaciones”*
- *“Adaptar los factores de emisión del instrumental a la realidad nacional”*
- *“Proponer factores de emisión en aquellas categorías en que estos no existen”*
- *“Identificar y evaluar la aplicabilidad de los instrumentos de gestión”*

**Paso 3:** Enfocado a la orientación para la formulación de acciones y opciones, para una posible reducción de los riesgos, las cuales deben constituir herramientas a implementar que deben ser evaluadas con criterios como efectividad, factibilidad y costos.

**Paso 4:** Formulación de Actividades y Tareas con el respectivo plazo y responsable de la realización de dichas actividades y tareas (Enmarcado en el objetivo):

Para el año 2010 se prohíbe en Chile la importación de productos con mercurio y han de ser fomentadas alternativas que no contengan mercurio.

a) Elaboración de un listado de productos que contengan mercurio

- Revisión de literatura internacional, incluido el toolkit
- Revisión de productos ya clasificados en aduana con contenido de mercurio

Responsable: Comité técnico del proyecto y Secretaria Técnica CONAMA  
Plazo: Año 2008, primer semestre

b) Implementación de instrumentos normativos

- Revisión normativa nacional e internacional existente relativa al tema
- Propuesta decreto con MINSAL para la prohibición del producto

Responsable: MINSAL  
Plazo: Año 2009, primer semestre

c) Educación grupos objetivos

- Educación formal (a lo cual se indicó que debía ser más específico, las tareas deben ser más precisas)
- Campañas de salud
- Campañas de educación al consumidor

Responsable: MINSAL, OPS, MINEDUC, SERNAC  
Plazo: Inicio en el 2008 con implementación continua, al 2009 en el consumidor, y al 2010 en la educación formal y en salud

d) Listado de productos alternativos

- Revisión literatura internacional
- Recomendaciones mundiales respecto a los productos
- Implementar subsidios para producción de productos alternativos

Responsable: CORFO, Ministerio de economía  
Plazo: Inicio año 2009, implementándose en forma continua hasta el 2010

**Paso 5:** Se entregaron recomendaciones para obtener compromisos de parte de las entidades tomadoras de decisiones y para la elaboración del Plan de Acción

**Paso 6:** Se entregaron recomendaciones para evaluar los resultados e impactos que se generen a partir de la ejecución del Plan de Acción

### **6.1.5 Comentarios e Inquietudes de los Participantes al Taller de Concepción**

Los asistentes al Taller realizado en Concepción, manifestaron su interés en los siguientes temas:

En relación con la presentación de los resultados de la aplicación del Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones, usos y consumos de mercurio, hubo interés

en saber, si en Chile existe tecnología para medir concentración de mercurio en los procesos; tema que se respondió explicando, que en Chile se mide mercurio metálico, no así especiación de mercurio, para lo cuál generalmente, se realiza en Brasil.

También se consultó si dentro del inventario había sido considerada la Industria de “Cloro-Soda” existente en la región. Se explicó que dicha planta había sustituido sus procesos en base a celdas de mercurio por sistema de membranas, por lo cual ésta no estaba contemplada como fuente emisora dentro del inventario, aunque sí se había considerado el sector en donde está ubicada dicha planta, en la comuna de Hualpén, en el catastro de sitios potencialmente contaminados.

En cuanto a la presentación de los Resultados del Catastro de Sitios Potencialmente Contaminados con Mercurio, hubo preocupación respecto a las soluciones previstas para el caso del sitio visitado en el Santuario de Lengua, en la comuna de Hualpén, en donde habría sospechas de contaminación por mercurio debido a la existencia de establecimientos industriales. Se informó que si bien se han efectuado esfuerzos en descontaminación de estos sitios, estos deberían ser priorizados, para una investigación de mayor detalle. La persona representante de la I. Municipalidad de Hualpén, quien expuso esta inquietud, también solicitó ser integrante del Comité Operativo Regional de Sitios Potencialmente Contaminados.

#### **6.1.6 Comentarios e Inquietudes de los Participantes al Taller de Copiapó**

En el caso de Copiapó, y considerando que esta jornada consolidó la presentación del proyecto del Mercurio junto a lo relacionado con la implementación del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, los comentarios e inquietudes de los asistentes estuvieron dirigidos a ambos temas.

- Una de las personas asistentes dio gran importancia al tema de la participación ciudadana en toda la problemática del mercurio y acerca de cómo la ciudadanía de regiones se integrará a ella.
- Hubo preocupación acerca de cómo se capacitará a bomberos y otros organismos para prevenir y concurrir al lugar donde exista un accidente y su consiguiente derrame de tóxicos, independiente que cada empresa tenga su equipo operativo al respecto.
- Se manifestó, además, que el taller focaliza el tema y permite concentrar esfuerzos sobre áreas específicas, como a la contaminación por mercurio.
- Se indicó que la temática es muy interesante, como así mismo los esfuerzos realizados para normar y controlar el mercurio y otros elementos peligrosos. También se hizo mención a la utilidad del RETC, para estos efectos.
- Por último, un participante manifestó que el tema del mercurio debería haberse "regionalizado" tomando en cuenta la realidad de Atacama.

## Anexo 4

### Comparación de la legislación Chilena con alusión directa al mercurio, con la Normativa Internacional.

Chile	E.E.U.U.	Canadá	Unión Europea
D.S. 90/2000 MINSEGPRES, Norma de emisión Descarga Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales, la que indica como valor característico máximo 0.001 mg/L de mercurio		Pollutant Substances Regulations de la ley de embarques de Canadá, la cual prohíbe la descarga de mercurio y compuestos de mercurio en aguas territoriales canadienses	Directiva 2006/11/CE, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la comunidad donde en sus Anexos en la lista I: 5 Mercurio y compuestos de mercurio
D.S. 46/2000 MINSEGPRES, Norma emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas, la cual indica que la fuente emisora no podrá tener un valor característico superior a 0.01 mg/L			Directiva 80/68/CEE, relativa a la protección de aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas, en su punto 3 se indica el deber de impedir la introducción a aguas subterráneas de la lista I: 5. Mercurio y compuestos de mercurio
D.S. 609/98 MOPTT, Norma de emisión para la regulación de contaminación asociados a la descarga de RILes al Sistema de Alcantarillado, que indica como máximo valor característico 0.001 mg/L de mercurio y como límite máximo de descarga de Riles a alcantarillado de 0.02 mg/L de mercurio.		Regulaciones del sistema de alcantarillado de Brantford, Canadá en su capítulo 281 sección 281.3.18 donde se indica que no podrán ir al sistema de alcantarillado aguas residuales que contengan mas de 0.1 mg/L de mercurio y que no podrán caer al sistema de aguas lluvias aguas que contengan mas de 1 mg/L	
D.S. 148/2003 MINSAL, Reglamento Sanitario sobre manejo de residuos peligrosos, donde se encuentra como concentración máxima permitida D009 0.2 mg/L N° caso 7439-97-06 y clasificado como residuo peligroso II.11	CFR Título 40, subparte C: 261.24 se encuentra clasificado como concentración máxima para la toxicidad en los desechos de 0.2 mg/L identificado con el N° D009	Transport of dangerous goods acts, la cual exige adecuado etiquetado preciso de todos los contenedores, paquetes, tanques, cilindros, y de todos los vehículos que transporten estas sustancias tóxicas, dentro de la cual se incluye el mercurio	Directiva 78/319/CEE, relativo a residuos tóxicos y peligrosos que en su artículo 4 indica el deber de promover la prevención, reciclaje y transformación de residuos tóxicos y peligrosos, y en su anexo se indica 2. Mercurio y compuestos de mercurio



D.S 239/02, MINSAL – ISP Reglamento del sistema nacional de control de cosméticos, la cual en su Título III, de los ingredientes, art 44, letra b)"listado de ingredientes prohibidos en cosméticos", y de dicho listado: 221. Mercurio y sus componentes	21 CFR 700.13 a través de la FDA , se permite el mercurio como preservativo solamente en cosméticos del área de los ojos, siempre y cuando no exista otro mas seguro y efectivo cuya concentración no debe exceder los 65 ppm.	Health Canada con su dirección general de salud ambiental y seguridad de los consumidores, publica una hotlist Ingredients cosmetics con ingredientes prohibidos donde figura el mercurio y sus compuestos	Directiva 76/768/CEE, relativa a la aproximación de legislaciones en estados miembros en materia de productos cosméticos, que en su artículo 4 indica que se prohibirá la comercialización de productos que contengan sustancias enumeradas en el Anexo II, en el cual 221. Mercurio y sus compuestos
Resolución Exenta 996 de 1993 SAG, Prohíbe importación, fabricación, venta y uso de plaguicidas agrícolas que contengan sales orgánicas e inorgánicas de mercurio	US EPA la que publica un listado de pesticidas Un Pic & Pic -nominated, donde están prohibidos entre otros 39. Compuestos de mercurio	Health Canada mediante Pest control products act y pest control products regulations se prohíben los antimicrobianos con mercurio y dejaron de producir y comercializar funguicidas en base a mercurio	Directiva 79/117/CE, relativa a la prohibición de salida al mercado de productos fitosanitarios que contengan determinadas sustancias activas: Indica en su Anexo (A) Compuestos mercúricos
NCh 1333 “ Requisitos para el agua de regadío”, exige un máximo de 0.001 mg/L de mercurio para ser utilizado con dichos fines			
NCh 409/1 “Agua Potable: Parte I”, la cual establece como límite máximo 0.001 mg/l de mercurio en el agua potable	US EPA en su Safe Drinking Water Act donde se indica como limite máximo 2 µg/L de mercurio	Canadian water guidelines de 1995 indica que el limite máximo de mercurio en agua potable corresponde a 0.001 mg/L	Directiva 80/78/CEE, relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano donde en su artículo 7 indica que se aplicarán límites indicados en le Anexo I: 49. Mercurio 1 gr/litro
NCh 409/2 “Agua Potable: Parte II”, la cual establece las metodologías de muestreo para diversos contaminantes del agua entre ellos del mercurio.	Método 1631, el cual indica las condiciones de laboratorio y técnicas para medir el mercurio en el agua		Directiva 79/869/CEE relativa a los métodos de medición y a la frecuencia de los muestreos y del análisis de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, donde en su anexo I: 24. corresponde a los parámetros para las mediciones del mercurio
D.S 594/1999 del Ministerio de Salud, Reglamento “Sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en	29 CFR, Occupational Safety and Health Standards en la tabla Z 2, indica los límites de	Occupational Safety and Health Standards se considera como límites ponderado respecto al tiempo de exposición de	Directiva 80/1107/CE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes

<p>los lugares de trabajo”, indica los límites ambientales temporales y ponderados para algunos compuestos de mercurio</p>	<p>contaminantes en el aire: mercurio 0.1 mg/m<sup>3</sup> y mercurio orgánico 0.04 mg/m<sup>3</sup></p>	<p>contaminantes en el aire: vapor de mercurio 0.05 mg/m<sup>3</sup> y compuesto de aquilmercurio 0.01 mg/m<sup>3</sup> y mercurio inorgánico 0.1 mg/m<sup>3</sup></p>	<p>químicos , físicos y biológicos durante el trabajo, donde se considera como agente peligroso el mercurio y sus derivados, donde se indica la necesidad de establecer límites permisibles y minimizar los trabajadores expuestos y los tiempos de exposición</p>
--	--	--	--

## **Anexo 5**

### *Respuestas a Observaciones*

#### **Respuesta a los Alcances de Fondo del INE**

**Punto 2. Diagnóstico y descripción.** Se mencionan las regiones que integrarán las macro zonas del país. Conviene hacer referencia a las nuevas regiones creadas.

Resp. El Inventario está desarrollado en base al año 2005, por lo que se debe considerar la estructura regional del país al año 2005

**Gráficos 5 y 6.** Las categorías del eje x están en inglés, cambiarlas a español.

Resp. Se cambiaron las categorías del eje X al español.

**¿La metodología de cálculo para los incendios forestales** es aplicable a todos los casos ocurridos en diferentes regiones como la zona central o el extremo sur? o basta con lo estimado para la ciudad de Temuco. ¿Es para la ciudad o sectores aledaños? Ver Pág. 109.

Resp. Las estimaciones se realizan en base a la mejor información disponible, por lo que se aplicaron los factores de carga correspondientes a la ciudad de Temuco, sin embargo estos factores de carga no son representativos a la realidad del país, por lo que se recomienda su actualización, en la medida que se genere la información mas representativa.

**Punto 8.7.1.2.** Tabla 30. Por que no se consideró datos de CNE?

Resp. Los datos considerados son en base a lo reportado por la Comisión Nacional de Energía.

**Pág. 158.** ¿No es posible hacer una estimación para disposición de desechos y Rellenos sanitarios?

Resp. La estimación para disposición de desechos y rellenos sanitarias fue estimada, lo que no se estimó fueron los vertederos informales de desechos, debido a la escasa información de datos existentes. Luego se realizó para la correcta aplicación del instrumental, la estimación de mercurio para las emisiones al aire.

**Cabe destacar** el esfuerzo general para el desarrollo del trabajo especialmente de las propuestas de acción para la gestión del mercurio. También las indicaciones sobre la aplicación y el cumplimiento, los costos y las barreras, cuando ha sido preciso. De igual modo el esfuerzo desplegado en definir la formulación de actividades y tareas con sus respectivos plazos.

Todo el trabajo configura una serie de líneas de acción muy definidas paso a paso, lo que constituye una valiosa herramienta para ponerla en práctica, observando eso sí, las limitantes que han sido objetadas en las reuniones previas.

Resp. Se agradecen los comentarios.

#### **Alcances de forma**

**Punto 8.7.2.9. Pág. 124,** dice Antecedentes Gcdenerales. Cambiar por Generales.

**Punto 8.7.1.3.** Tabla 44 dice M<sup>3</sup> debe decir m<sup>3</sup>.

**Punto 8.7.1.3.** Tabla 46. Dice Ton/anual, debe decir t/anual. Eso debe arreglarse en todas las tablas con esa unidad de toneladas. También en ecuación 1, pág. 137.

**Pág.221.** Punto 14. Poner acento a palabra temática

Resp. Se corrigieron todos los alcances de forma planteados.

## Correcciones y comentarios ENAP

1) Pag 98 de 354: Las refinerías de ENAP están en las comunas de Concón (y no Con-Con) y de Hualpén (que se separó de Talcahuano).

Resp. Se realizaron los cambios correspondientes

2) Tabla 44: hay un M<sup>3</sup> en lugar de m<sup>3</sup>

Resp. Se realizó el cambio.

3) En tabla 46 aparecen "consumo de destilados de petróleo" expresados como "consumo de carbón". ¿es parte de la metodología, o es un error, pues se sabe que la mayoría del mercurio se queda en el carbón.

Resp. En la tabla 46 "Consumo de destilados de petróleo", debía decir "Consumo combustibles ton/año", por lo que fue corregido.

4) En Tabla 48 se indican los niveles de mercurio en crudos. El valor reportado por ENAP fue en "ppb o partes por billón", pero dentro de lo que se entiende para "ppb" en los métodos analíticos utilizados, que son milésimas de ppm (partes por millón), Argentina tiene 16 ppb, que corresponden a 16 µg/kg, que corresponde a 16000 µg/m<sup>3</sup>. En el informe se indica una concentración casi 1000 veces menor.

Lo que es importante es que el Consultor haya usado el valor adecuado como alimentación al Modelo, y puede que el único error esté en el encabezado de la tabla.

Resp. En la tabla 48 "Importación de crudo según país de origen", en la columna 3, debía decir "Contenido de Hg en ppb", por lo que fue corregido.

5) En el Capítulo 15: "Medidas concretas para la gestión del Mercurio", a partir de la página 239 se presentan las medidas de gestión para la refinación de petróleo.

Este capítulo es el más preocupante por cuanto propone medidas que desde el punto de vista de ENAP no son las más adecuadas, y menos aún se ajustan a la evolución que ha tenido la tecnología y la forma en que Conama a gestionado el cuidado del medio ambiente, el cual ha sido mediante la gestión del impacto, y no de las materias primas.

En este contexto, tenemos las siguientes experiencias nacionales:

- nunca se han generado restricciones a la minería que limiten el tipo de mineral procesado (óxido o sulfuro), sino que se limitan las emisiones de azufre, por lo que la minería implementó plantas de azufre y otras tecnologías,
- nunca se ha limitado el contenido de azufre en el petróleo crudo para disminuir el impacto en el medio ambiente, sino que se ha restringido el azufre en los productos, tomando en cuenta el desarrollo tecnológico mundial y nuestra realidad país. Así pasamos de tener un diesel de 5,000 ppm de azufre el año 1995, a 50 ppm el año 2004 para el PPDA, que es el mejor de Latinoamérica, seguido por el del resto de Chile con 350 ppm y el de Río y Sao Paulo con 500

ppm, y nunca Conama ha limitado el contenido de azufre en el petróleo crudo, sino que se ha gestionado la calidad de los productos, las emisiones en las refinerías, por lo que se han construido plantas de azufre o sulfhidrato de sodio para capturar el azufre y generar un producto comercial.

Por esto consideramos inadecuado que en el segundo párrafo de la página 240 y siguientes se indiquen algunos conceptos como :

- Pg 240 : *"El objetivo principal de la sustitución de combustibles es reducir el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) de emisiones, pero **esto también implicaría el uso de combustibles con menor contenido de mercurio**".*
- Pg 241 : *"Medida recomendada (costo/beneficio) **"Regulación del contenido de mercurio en el crudo"***
- Pg 316 : *"Mediano Plazo : **Regulación del contenido de mercurio en el crudo a importar para la refinación y uso**".*
- Pag 322 : b) ***"Exigencia en el límite de contenido de mercurio en el crudo"***

Por ejemplo, en el adjunto "Hg\_in\_US\_Crude\_SAT\_Feb\_2007.pdf ", en las páginas 18 y 19 se indica al mercurio como uno de los componentes asociados al Asfalto, que son moléculas complejas que **deben** existir en el Asfalto, o si no, al empezar el verano cada calle asfaltada al pasar de 30 °C, se pondrá más líquida que cuando está fría. Realmente, nadie está preocupado de cuánto mercurio hay en el asfalto que pisa, sino que le interesa no quedarse pegado en el pavimento, y que no se llene de "Eventos" (agujeros o baches)

Por este motivo, ENAP debe procesar en algunas oportunidades crudos de alto contenido de asfaltos, procedentes de Venezuela o Ecuador, para abastecer a las constructoras que construyen los caminos para el desarrollo del país, y si se limita el mercurio de los crudos, se puede generar restricciones que vayan en contra del desarrollo sustentables del país por ser medidas de alto costo (todas las calles de la ciudad con concreto, nada de asfalto).

Las medidas de gestión en Chile han ido, y en el futuro deben ir a definir estándares de calidad ambiental y de emisión de contaminantes, y el resto dejárselo al desarrollo tecnológico y a las decisiones de "Qué queremos para Chile".

Por ejemplo, el DS 90, que establece "Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales", del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, gestiona el impacto limitando el contenido de mercurio en los riles a través de los valores indicadas en las tablas del decreto, que es lo que la industria debe cumplir.

Resp. Con respecto al párrafo *"El objetivo principal de la sustitución de combustibles es reducir el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) de emisiones, pero **esto también implicaría el uso de combustibles con menor contenido de mercurio**", se encuentra inserto en las opciones de reducción planteadas, en base a la guía del documento*

“Guide for reducing major uses and releases of mercury” de UNEP, lo que no necesariamente concuerdan con la realidad Chilena.

En cuanto a la medida, ***“Regulación del contenido de mercurio en el crudo”***, la cuál se propone como medida de acción, entre otras, en el mediano plazo y como medida recomendada, será cambiada por la siguiente propuesta:

*“Estudio de factibilidad técnico-económica, con el objetivo de poder definir estándares de contenidos de mercurio en los diferentes productos derivados del petróleo”.*

Entendiéndose que este documento corresponde a un “Borrador de un Plan de Gestión de Riesgos para el mercurio”, se espera que en las próximas reuniones del Comité Técnico, se llegue a un acuerdo de las medidas de acción a realizar.

## COMENTARIOS DE COCHILCO A PREINFORME FINAL

Los comentarios se refieren sólo a los puntos donde se aborda la producción de cobre en el documento.

Página 61 – 3er Párrafo

A partir de los resultados estimados, la mayor fuente emisora de mercurio en el país corresponde a la categoría “Producción primaria (virgen) de metales”. Esto, debido principalmente a la gran minería del cobre extraído en Chile y su proporción directa con la generación de una gran cantidad de relaves, además de la contribución a esta categoría por parte de la obtención de cátodos de cobre a través de siete fundiciones primarias distribuidas en el país; las otras actividades que aportan liberaciones de mercurio en esta categoría son la mediana y pequeña minería del oro, ya sea por el mercurio natural presente en este tipo de yacimientos y/o debido a que este elemento es utilizado en el proceso de obtención del oro (amalgamación).

Se sugiere cambiar por

Debido a que no existía información disponible en el país respecto de contenidos de mercurio en las distintas corrientes del proceso de obtención del cobre, se debió estimar las emisiones utilizando los coeficientes establecidos en el Borrador de Toolkit, lo que significó que la categoría “Producción primaria (virgen) de metales” resultó ser la principal fuente emisora de mercurio en el país. Lo anterior se debe a la importancia de la minería del cobre de Chile (primer productor mundial del metal) y otras actividades que aportan liberaciones de mercurio en esta categoría, como son la mediana y pequeña minería del oro, ya sea por el mercurio natural presente en este tipo de yacimientos y/o debido a que este elemento es utilizado en el proceso de obtención del oro (amalgamación).

Es importante destacar que los factores del toolkit no necesariamente corresponden a la realidad chilena, ya que por razones geológicas los yacimientos chilenos de cobre, en general, tienen contenidos muy bajos de mercurio en los minerales.

Resp. Se cambió el párrafo por el sugerido, y además se agregó lo siguiente:

“Debido a la poca información disponible en el país respecto de contenidos de mercurio en las distintas corrientes del proceso de obtención del cobre, se debió estimar las emisiones utilizando los coeficientes establecidos en el Borrador de Toolkit y con algunos datos aportados por COCHILCO, para el caso de los relaves, lo que significó que la categoría “Producción primaria (virgen) de metales” resultó ser la principal fuente emisora de mercurio en el país. Lo anterior se debe a la importancia de los volúmenes de la producción minera de Chile (primer productor mundial del metal) y otras actividades que aportan liberaciones de mercurio en esta categoría, como son la mediana y pequeña minería del oro, ya sea por el mercurio natural presente en este tipo de yacimientos y/o debido a que este elemento es utilizado en el proceso de obtención del oro (amalgamación).



Es importante destacar que los factores del toolkit no necesariamente corresponden a la realidad chilena, ya que por razones geológicas los yacimientos chilenos de cobre, en general, tienen contenidos muy bajos de mercurio en los minerales.(Fuente: COCHILCO)

Página 70 – 2° Párrafo

Las mayores liberaciones de esta categoría se registran en la subcategoría 5.2.4 “Extracción y procesamiento inicial de cobre”. La metodología no considera el ripio resultante de los procesos hidrometalúrgicos para la obtención de cobre, en cuyo caso el mercurio no se utiliza y, por ende, el Instrumental no entrega factores asociadas a este proceso. Sin embargo, esta categoría se ve fuertemente incrementada en liberaciones de mercurio a la tierra producto de la gran cantidad de relave generado en el proceso de concentración de sulfuros de cobre.

Se sugiere agregar

El sector minería del cobre en Chile realizará mediciones de contenido de mercurio en las distintas corrientes del proceso a fin de proveer información fidedigna respecto de la actividad en Chile.

Resp. Se cambió por el párrafo sugerido.

Página 117 – Antecedentes Generales

Se sugiere agregar al principio del párrafo

El procesamiento de los minerales de cobre, dependiendo de su composición, se puede realizar por dos vías: hidrometalúrgica o pirometalúrgica. Los minerales oxidados y sulfuros secundarios se tratan por lixiviación, extracción por solvente y electrodeposición, procesos para los cuales el borrador de Toolkit no considera factores de emisión, por lo cual no son considerados en este informe.  
Por su parte, el mineral sulfurado se somete a un proceso de concentración y luego el concentrado se refina en las fundiciones para obtener ánodos de cobre.

Resp. Se inserto el párrafo sugerido

Página 117 – Tabla 50 – Título

Debe decir

“Producción de Cobre por la vía Pirometalúrgica”

Resp. Se modificó el título.

Página 118 – Metodología de Cálculo – 2° párrafo

Cambiar Tabla 52 por  
Tabla 78

Resp. Se cambió el número de la tabla.

Página 119 – Cuadro

*Invertir Máx. y Mín en Factor de Entrada para la etapa y Entradas calculadas para la etapa*

Resp. Se corrigió el cuadro

Página 120

El total de producción de las fundiciones (Tabla 77) es bastante superior al valor reportado en la Tabla 76, lo que se debe a que el valor de la Tabla 76 es el cobre fino Comerciable contenido en los productos de la fundición, en cambio, el valor de la Tabla 77 representa el total producido (comerciable + recirculado + rechazado + stock).

Para los efectos que las cifras de las Tablas 80 y 81 sean concordantes con aquellas del cuadro de la página 119, se deben recalcular los valores en base a la participación porcentual de las producciones. (se adjuntan en planilla excel las tablas con los cálculos).

Resp. Se recalcularon los valores, quedando ambas tablas concordantes, siendo su nueva numeración 50 y 51. Además se modificaron las tablas 52 y 54.

Página 209 – Gráficos 44 y 45

Da la impresión que en estos gráficos de liberaciones por región no están consideradas las liberaciones contenidas en los relaves, por lo tanto, los totales no cuadrarían. Creo que si es así debería quedar establecido en el texto, en particular por la dificultad de asignar regionalmente las generaciones de relaves.

Resp. Efectivamente en los gráficos de liberaciones por región no están consideradas las liberaciones contenidas en los relaves, debido a la dificultad de asignar regionalmente las generaciones de relaves. Estos gráficos contienen las liberaciones por región de las fundiciones de la minería del cobre, lo cuál quedó estipulado, en la descripción de las subcategorías consideradas.

Página 246 – Punto 15.2.2

¿Qué quiere decir el párrafo...

En Chile las fundiciones de Cobre constituyen la parte del proceso de obtención de este mineral.....”.

Creo que se podría ser más explícito y explicar que en el proceso de obtención del cobre, la etapa de fusión y conversión es donde se producen las mayores liberaciones del mercurio contenido en los concentrados, debido a las altas temperaturas de los procesos. Sin embargo, las tecnologías de captura de gases y polvos hacen que el mercurio no se emita a

la atmósfera, sino que quede en los polvos de los precipitadores electrostáticos y en los Riles de la planta de ácido sulfúrico, los cuales son posteriormente tratados.

Resp. Se cambió parcialmente el párrafo por el siguiente: "En Chile las fundiciones de Cobre constituyen una parte del proceso de obtención de este mineral, la etapa de fusión y conversión es donde se producen la mayores liberaciones de mercurio contenido en los concentrados, debido a las altas temperaturas de los procesos. Sin embargo, las tecnologías de captura de gases y polvos hacen que parte del mercurio no se emita a la atmósfera, sino que quede en los polvos de los precipitadores electrostáticos y en los Riles de la planta de ácido sulfúrico, los cuales son posteriormente tratados."

### **Comentario de Carácter General**

El sector minería del cobre de Chile puede resultar muy afectado por los resultados que arroja este Inventario de Emisiones de Mercurio que utiliza factores de emisión establecidos en el Borrador de Toolkit, los cuales no representan la realidad geológica del país y son valores aislados obtenidos de diferentes fuentes bibliográficas.

Conforme a lo anterior, es imprescindible realizar un levantamiento acabado de información respecto de los contenidos de mercurio en las distintas corrientes del proceso de obtención del cobre en Chile, a fin de determinar coeficientes de distribución del contaminante en las distintas etapas que sean representativos de las características geológicas y tecnológicas del país. Conforme a los análisis que se realizan de los productos que se comercializan (cátodos de cobre) es imposible que el 40% del mercurio ingresado vaya al producto final del proceso.

Resp. Se ha dejado establecido en el informe los comentarios sugeridos, en cuanto a que los factores de emisión de el toolkit, no representan la realidad geológica del país (Fuente: COCHILCO), y que para el caso de los relaves, por disposición de la contraparte técnica del estudio, se decidió utilizar un valor correspondiente a la medición de una pulpa de relave, como valor mínimo del intervalo, proporcionada por COCHILCO. Además se estipuló que en la minería de Chile, se seguirán realizando mediciones en las distintas corrientes del proceso de extracción de cobre, para ser aportados al PNUMA.

## **Respuestas a los comentarios realizados por ENDESA**

El numeral 8.4 del plan de gestión ya señalado, no menciona la falta de datos para calcular las emisiones atmosféricas de mercurio en la categoría 5.1, en instancias que en Chile no se mide mercurio presente en el combustible. Por ende, los resultados presentados en las tablas 29 y 30 están basadas en factores sugeridos por el “toolkit” y no necesariamente reflejan la situación nacional, sino que por el contrario introducen un amplio grado de incertidumbre al resultado del inventario.

Resp. En la página 80 del Informe Final, se hace referencia a que existe una falta de datos para calcular las emisiones atmosféricas de mercurio para la categoría, y además se estipuló que en Chile no se mide mercurio presente en el combustible. A raíz de lo expuesto es que se utilizaron los factores de entrada y salida sugeridos por el instrumental.

Las tablas 29 y 30, pág. 82 y 84, consideran que la totalidad del mercurio presente en el combustible se va a la atmósfera, suponiendo que la eficiencia de retención del mercurio es cero. Esto no es real, ya que los sistemas de abatimiento de las centrales termoeléctricas como filtros de mangas, precipitadores electrostáticos, precipitadores ciclónicos y otros, retienen un importante porcentaje del mercurio presente en el gas de combustión.

Resp. Esas tablas corresponden a las emisiones finales. Se consideraron para cada una de las centrales termoeléctricas su equipo de abatimiento correspondiente, tal como se explica en la metodología de cálculo de la subcategoría (Página 80), además se puede apreciar en la tabla N° 9 “Cuadro Resumen, subcategoría 5.1.1: “Combustión de Carbón en grandes centrales de Energía”

Al analizar las emisiones de mercurio proyectadas a través de la categoría 5.1.1, utilizando factores del “toolkit” (pág. 82 y 84), este resulta incierto y alarmista, ya que la distorsión entre los valores mínimo y máximo llega a ser del 1.000% y por ende, resulta ser un indicador poco confiable para efectos de toma de decisión y mejora continua.

Resp. Se establece en el informe que se utilizaron los factores de entrada dados por el toolkit, y que el intervalo es muy amplio, llegando incluso a 6 ordenes de magnitud, lo que implica que los datos se deben ir mejorando por cada subcategoría, en la medida que se obtenga mayor información.

La metodología basal del plan de gestión utilizando el "toolkit", sólo puede ser considerado como referencial, para efectos de evaluar la categoría 5.1 "Extracción y uso de combustibles/fuente de energía", ya que los datos utilizados para determinar el inventario en Chile fueron fundamentalmente factores teóricos asociados a la realidad de la Comunidad Europea y que no necesariamente reflejan la situación real en Chile.

Resp. Se hace referencia dentro de las conclusiones del inventario, punto 2.6, que los datos utilizados no necesariamente reflejan la situación real en Chile, y que como tarea prioritaria los esfuerzos deben ser orientados a mejorar la información, con el objetivo de perfeccionar el inventario, antes de tomar decisiones prematuras.

En el numeral 8.7.1.1 se aclara que la C.T. Bocamina posee quemadores de tipo tangencial y no ciclónicos, como lo menciona el texto por lo que se recomienda corregir el texto.

Resp. Se corrigió en el punto 2.5.1.1, página 77, el texto referido a la C.T. Bocamina, quedando estipulado que posee quemadores de tipo tangencial.

En cuanto a lo indicado en la pág. 91: "no fue posible establecer la procedencia del carbón, en forma individual usada por cada central termoeléctrica, ni medición de mercurio contenido en el carbón...", se menciona que la procedencia del carbón es de conocimiento de las autoridades

Aduaneras y del Servicio Agrícola Ganadero (SAG) en Chile, mientras que el control de calidad del combustible se rige por estándares internacionales dados por los procesos de licitación y que no incluyen el mercurio entre los parámetros de calidad críticos.

Resp. Se tomará en consideración lo planteado, para futuras mejoras del inventario, ya que no se obtuvo la información que solicitó CONAMA a los servicios correspondientes. Es por ello que no se pudo asignar la procedencia del carbón que utiliza cada central termoeléctrica.

En cuanto al texto de la pág. 91, donde se indica que “no se obtuvo información acerca de la disposición final de los residuos recolectados por cada central”, se aclara que este tema se maneja de acuerdo al D.S. N° 148/05, a través de las Secretarías Regionales Ministeriales (Seremi) de Salud correspondientes a cada Región, y son ellos quienes aprueban finalmente la disposición final de tales residuos.

Resp. Al año 2005, no estaba vigente el D.S. 148/05, sin embargo a futuro se considerará una revisión del mismo, si es adecuado o no para el manejo de disposición de mercurio, en lo referido a las centrales termoeléctricas, dentro del plan de gestión. Por otra parte cabe destacar la poca efectividad, hasta el momento, de las declaraciones de los planes de manejo a nivel país.

En cuanto al acondicionamiento previo del carbón, se aclara que sólo algunas minas proceden al lavado de este combustible, principalmente por sus altos niveles de azufre y material particulado presentes. Por ende no es exigencia en los procesos de licitación internacional. Por el contrario, Endesa Chile siempre ha priorizado el uso de combustible fósil de bajo contenido de azufre aumentando el nivel de dificultad para adquirir este tipo de carbón por su escasez.

En la Tabla 157, no queda clara la metodología empleada por el DICTUC para justificar la “Priorización o jeraquización de fuentes” emisoras de mercurio, ya que de acuerdo a la conclusión indicada por el plan de gestión, la subcategoría 5.1.1 fue considerada dentro de las prioritarias, en instancias que su ranking dice otra cosa (10-11).

Resp. Se agregó una Matriz de priorización cualitativa, en donde se toman en cuenta parámetros, tales como, Normativa, datos utilizados para la generación del inventario y riesgos.

En la matriz de priorización cuantitativa, la subcategoría queda en un orden jerárquico con el número 10; para este efecto se consideraron los 15 primeros emisores.

En cuanto a las medidas de acción recomendadas como “plan de gestión para centrales termoeléctricas” (pág. 238), se cuestionan las medidas a mediano plazo indicadas, ya que, para proponer una “norma de emisiones para mercurio”, como mínimo se requiere tener una línea base sólida y con baja incertidumbre, de lo contrario los parámetros a controlar pueden resultar ser totalmente inviables y distorsionados.

Por otro lado, una “norma de emisión de mercurio” sin una evaluación económica (pág. 238), tendría un impacto inmediato en la estabilidad energética del país, al reducir aún más las fuentes de aprovisionamiento del combustible sólido, en instancias que ya es escaso y las tecnologías de abatimiento de este contaminante continúan en etapa de experimentación.

Resp. Como se dijo anteriormente, dentro del desarrollo del estudio, como objetivo a corto plazo, se debe mejorar la incertidumbre en el inventario y como medida a mediano plazo entre otras, se plantea el objetivo, “Norma de emisión para centrales termoeléctricas”, en elaboración el anteproyecto, para lo cual se está desarrollando un estudio para establecer el límite de la norma.

Las conclusiones del ítem 16.2.6.1 son cuestionables debido a que el inventario de emisiones de la categoría 5.1 está basado en factores empíricos, que no necesariamente reflejan la realidad nacional. Por otro lado, Endesa Chile coincide en que el siguiente paso debiera ser mejorar la información basal.

En el numeral 16.2.8, pág. 321, “formulación de actividades y tareas”, subcategoría 5.1.1, se visualiza que la autoridad propone una reducción del 40% del mercurio presente en las emisiones, en instancias que los datos utilizados para emitir esta recomendación sólo son referenciales ya que están basado en factores empíricos. Por lo anterior, es necesario replantearse este objetivo, en términos de obtener confiables como inventario.

En cuanto al proceso de lavado del carbón, literal g, (pág. 322), antes de implementar cualquier inversión al respecto es necesario desarrollar un estudio que de plena certeza que esta medida es útil para este propósito.

Sin embargo, la determinación del “contenido de mercurio en el carbón”, literal h (pág 322), es una información factible de alcanzar. Su limitación sólo pasa por la capacidad y calidad de los laboratorios existentes, ya que los niveles de mercurio a medir son en trazas, y requieren de equipos sofisticados de alta sensibilidad.

Resp. Se replantearon nuevamente los objetivos, en base a que se debe mejorar la información basal para esta subcategoría, en cuanto a realizar un estudio que de plena certeza, de que porcentaje de mercurio se puede reducir en el proceso del lavado del carbón.