



**Proyecto**  
Manejo Racional  
de Productos con  
Mercurio

# INVENTARIO NACIONAL DE LIBERACIONES DE MERCURIO

**Ministra de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente**

Arq. Eneida de León

**Director Nacional de Medio Ambiente**

Ing. Quím. Alejandro Nario

**Coordinadora de Publicación**

Ing. Quím. Judith Torres

Área Control Ambiental – Dirección Nacional de Medio Ambiente

**Quím. Farm. Gabriela Medina**

Directora del Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe

**Equipo Redactor**

Quím. Farm. Beatriz Olivet

Qui. Luis Emilio Broggi

**Edición**

Geog. Gerardo Carrillo Silva

## **Agradecimiento**

La Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) agradece a todas las instituciones, empresas y personas que brindaron información sin la cual no hubiese sido posible elaborar la publicación de este inventario.

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	6
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN &amp; ANTECEDENTES</b> .....	9
<b>2.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>2.2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	10
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	13
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	15
<b>5.1.2</b>	<b>Otros usos del carbón</b> .....	16
<b>5.1.3</b>	<b>Extracción, refinación y uso de petróleo</b> .....	16
5.1.3.1	Refinación de petróleo.....	16
5.1.3.2	Uso de coque de petróleo y fuel oil.....	17
<b>5.1.6</b>	<b>Energía obtenida por la quema de biomasa</b> .....	20
<b>5.1.7</b>	<b>Producción de energía geotérmica</b> .....	20
<b>5.2.1</b>	<b>Extracción primaria de mercurio y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.2.</b>	<b>Extracción primaria de oro y plata por amalgamación con mercurio</b> .....	21
<b>5.2.3</b>	<b>Extracción primaria de zinc y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.4</b>	<b>Extracción primaria de cobre y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.5</b>	<b>Extracción primaria de plomo y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.6</b>	<b>Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos de la amalgamación con mercurio</b> .....	21
<b>5.2.7</b>	<b>Extracción primaria de aluminio y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.8</b>	<b>Extracción primaria de metales no ferrosos y procesamiento inicial</b> .....	21
<b>5.2.9</b>	<b>Producción primaria de metales ferrosos</b> .....	22
<b>5.3</b>	<b>PRODUCCIÓN DE OTROS MINERALES Y MATERIALES CON MERCURIO COMO IMPUREZA</b> .....	22
<b>5.3.1</b>	<b>Producción de cemento</b> .....	22
<b>5.3.2</b>	<b>Producción de pulpa y papel</b> .....	22
<b>5.3.3</b>	<b>Producción de cal y agregados livianos</b> .....	23
<b>5.4</b>	<b>USO INTENCIONAL DE MERCURIO EN PROCESOS INDUSTRIALES</b> ..	23
<b>5.4.1</b>	<b>Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio</b> .....	24
<b>5.4.2</b>	<b>Producción de monómero de cloruro de vinilo con cloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>) como catalizador</b> .....	25
<b>5.4.3</b>	<b>Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio</b> .....	25
<b>5.4.4</b>	<b>Producción de otros productos químicos y polímero con mercurio</b> .....	25
<b>1.5</b>	<b>PRODUCTOS DE CONSUMO CON USO INTENCIONAL DE MERCURIO</b>	25
<b>5.5.1</b>	<b>Termómetros con mercurio</b> .....	25
5.5.1.1	Termómetros clínicos/médicos.....	25
5.5.1.2	Termómetros ambientales y de usos misceláneos (incluidos los de uso de laboratorio).....	26
<b>5.5.2</b>	<b>Interruptores, contactos y relés con mercurio</b> .....	27
<b>5.5.3</b>	<b>Fuentes de luz con mercurio</b> .....	27
5.5.3.1	Lámparas fluorescentes compactas (LFC).....	27
5.5.3.2	Tubos fluorescentes de doble extremo.....	28
5.5.3.3	Lámparas de vapor de sodio y mercurio, y lámparas de halogenuros metálicos	29
5.5.3.4	Lámparas ultravioletas para bronceado.....	30

5.5.4	Pilas con mercurio .....	30
5.5.5	Poliuretanos con catalizador de mercurio .....	32
5.5.6	Biocidas y pesticidas con mercurio .....	32
5.5.7	Pinturas con mercurio .....	32
5.5.8	Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario .....	32
5.5.9	Cosméticos y otros productos relacionados .....	33
5.6	<b>OTROS USOS INTENCIONALES DE MERCURIO EN PRODUCTOS O PROCESOS</b> .....	33
5.6.1	Amalgamas dentales.....	33
5.6.2	Manómetros y medidores .....	34
5.6.2.1	Esfigmomanómetros .....	34
5.6.2.2	Barómetros y manómetros industriales o de uso general.....	35
5.6.3	Productos químicos y equipos de laboratorio.....	36
5.6.3.1	Productos químicos .....	36
5.6.3.2	Equipos de laboratorio .....	38
5.6.4	Uso de mercurio en rituales religiosos o medicina tradicional.....	38
5.6.5	Usos misceláneos.....	38
5.7	<b>PRODUCCION DE METALES RECICLADOS (PRODUCCION SECUNDARIA)</b> .....	38
5.7.2	Reciclaje de metales ferrosos.....	39
5.7.3	Reciclaje de metales no ferrosos .....	40
5.8	<b>INCINERACIÓN DE RESIDUOS</b> .....	40
5.8.1	Incineración de residuos municipales/generales.....	40
5.8.2	Incineración de residuos peligrosos .....	40
5.8.3	Incineración de residuos médicos/hospitalarios .....	40
5.8.4	Incineración de lodos de saneamiento .....	41
5.8.5	Quema informal de residuos .....	41
5.9	<b>DISPOSICIÓN DE RESIDUOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b> .....	42
5.9.1	Rellenos sanitarios y vertederos controlados.....	42
5.9.2	Disposición difusa bajo cierto control .....	43
5.9.3	Disposición local informal de residuos industriales .....	43
5.9.4	Disposición informal de residuos generales .....	43
5.9.5	Sistemas y tratamiento de aguas residuales.....	44
5.10	<b>CREMATORIOS Y CEMENTERIOS</b> .....	45
5.10.1	Crematorios .....	45
5.10.2	Cementerios .....	45
5.11	<b>IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES “PUNTOS CALIENTES”</b> .....	46
5.11.1	Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali.....	46
5.11.2	Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro .....	46
5.11.3	Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos .....	47
5.11.4	Sitios cerrados de producción de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali o uso de antifúngicos basados en mercurio.....	47
5.11.5	Dragado de sedimentos .....	47
6	<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b> .....	47
6.1	<b>FUENTES PRESENTES Y LIBERACIONES TOTALES</b> .....	47
6.2	<b>LIBERACIONES MÁXIMAS – Categorías y subcategorías</b> .....	48
6.3	<b>LIBERACIONES MÍNIMAS – Categorías y subcategorías</b> .....	51

6.4	LIBERACIONES MÁXIMAS, MÍNIMAS E INCERTIDUMBRE – Categorías y Subcategorías .....	54
6.5	LIBERACIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS POR VÍA .....	57
7	CONCLUSIONES .....	58
8	REFERENCIAS .....	59
9	ANEXOS .....	61
10	ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES .....	61

### Índice de tablas

Tabla N° 1 – Categorías de fuentes principales y vías de liberación .....	144
Tabla N° 2 - Resumen de entrada y salidas en la refinación de petróleo.....	18
Tabla N° 3 - Consumo de coque importado 2009 .....	19
Tabla N° 4 - Entradas y salidas en el balance de mercurio para coque de petróleo y fuel oil. <b>20</b>	
Tabla N° 5 - Contenido de mercurio máximo y mínimo.....	29
Tabla N° 6 - Contenido de mercurio por modelo de lámpara .....	29
Tabla No 7 - Contenido de mercurio por lámpara de Alta Intensidad .....	30
Tabla N° 8 - importaciones totales 2010 de pilas por código arancelario.....	31
Tabla N° 9 - importaciones totales 2010 de pilas por tipo y material .....	32
Tabla N° 10 - resultados ensayos pilas .....	32
Tabla N° 11 - importaciones de amalgamas y mercurio .....	34
Tabla N° 12 - Resumen de liberaciones máximas .....	36
Tabla N° 13 - Resumen de liberaciones mínimas de.....	37
Tabla N° 14 –Vertido anual de aguas residuales .....	45
Tabla N° 15 - Resumen de liberaciones de Hg por vertido de aguas residuales .....	45
Tabla N° 16 - Análisis de sedimentos en la Bahía de Montevideo .....	48
Tabla N° 17 - Liberaciones máximas de Hg por categoría.....	49
Tabla N° 18 - Liberaciones máximas de Hg por sub-categoría.....	51
Tabla N° 19 - Liberaciones mínimas de Hg por categoría .....	53
Tabla N° 20 - Liberaciones mínimas de Hg por sub-categoría .....	54
Tabla N° 21 - Liberaciones máximas y mínimas por categoría .....	55
Tabla N° 22 - Liberaciones máximas y mínimas por subcategoría.....	56
Tabla No 23 - Subcategorías, máximos, mínimos y confiabilidad de datos.....	58

### Índice de gráficos

Gráfico N° 1 - Liberaciones máximas por vía.....	9
Gráfico N° 2 - Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por categoría .....	50
Gráfico N° 3 - Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por subcategoría .....	52
Gráfico N° 4 - <b>¡Error! Marcador no definido.</b> .....	53
Gráfico N° 5 - Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por subcategoría .....	54
Gráfico N° 6 - Liberaciones máximas de Hg por vía .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 58
Gráfico N° 7 - Liberaciones mínimas de Hg por vía.....	58

## **1. RESUMEN EJECUTIVO**

El mercurio, símbolo químico “Hg”, es un elemento que existe naturalmente en el ambiente, es persistente y muy tóxico en diversas formas químicas. Dada la necesidad de establecer acciones a nivel mundial y de conocer la situación particular de cada país en esta temática, fue

desarrollado el inventario nacional de liberaciones de mercurio mediante la aplicación del instrumental normalizado, desarrollado por UNEP Chemicals, en su versión 1.0 del año 2010.

Las estimaciones de las liberaciones de mercurio expresadas en base anual fueron obtenidas considerando para cada fuente identificada, el consumo de materias primas o productos y el contenido de mercurio de los mismos. Los consumos fueron obtenidos de varias fuentes; registros disponibles en la Dirección Nacional de Medio Ambiente, por contacto con empresas particulares y a partir de importaciones en el caso de productos. En cuanto al contenido de mercurio se procuró en la medida de lo posible, obtener datos acordes a la realidad nacional mediante análisis de contenido de mercurio de las materias primas para el sector industrial; en los casos que no fue posible se adoptaron valores recomendados por el toolkit. En el caso de algunos productos como las fuentes de luz, se adoptaron valores de acuerdo a investigaciones de mercado nacionales y para el resto se adoptaron los valores recomendados por el toolkit. Asimismo, para ciertos productos, la falta de información nacional llevó a realizar estimaciones por defecto recomendadas por el instrumental.

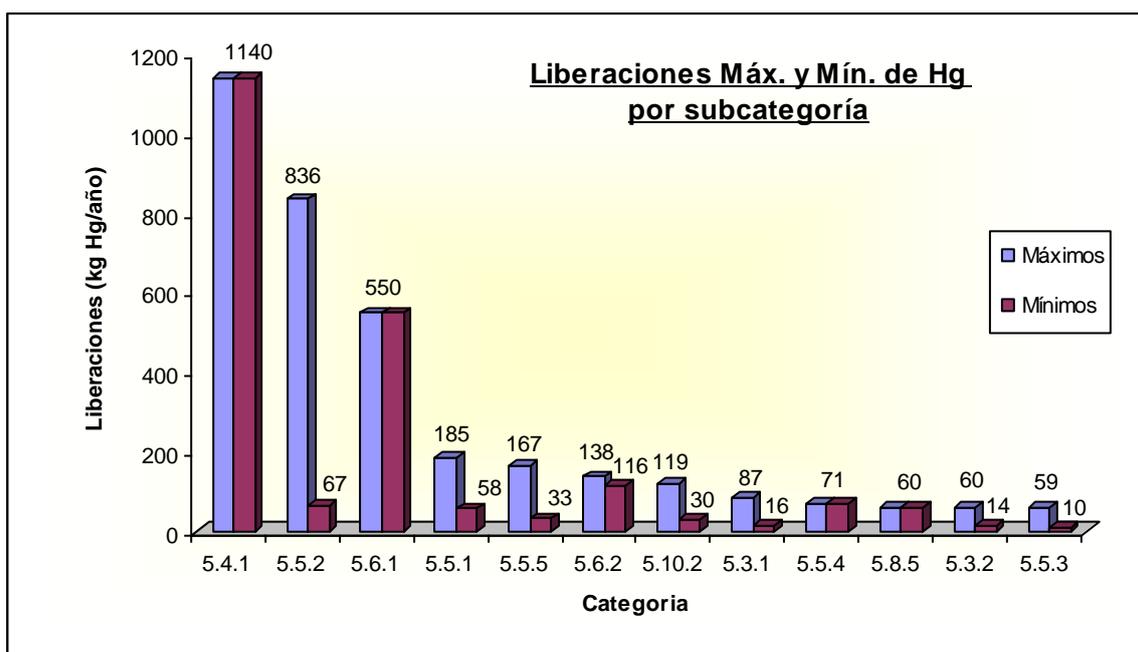
Las liberaciones fueron calculadas en todos los casos en los que fue posible, como máximas y mínimas por la adopción de contenidos de mercurio en base a rangos.

- ❖ De un total de 53 subcategorías presentes en el toolkit, en Uruguay fueron identificadas 31 de ellas. Las mismas corresponden a:

*Otros usos del carbón	*Extracción, refinación y uso de petróleo	*Extracción, refinación y uso de gas natural	*Extracción y uso de otros combustibles fósiles
*Energía por quema de biomasa	*Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	*Producción de cemento	*Producción de pulpa y papel
*Producción de cal y hornos de agregados ligeros	*Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	*Termómetros de mercurio	*Interruptores y relés con mercurio
*Fuentes de luz con mercurio	*Pilas con mercurio	*Poliuretanos con catalizadores mercuriales	*Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario
*Amalgamas dentales de mercurio	*Manómetros y medidores de mercurio	*Productos químicos y equipos de laboratorio	*Producción de metales ferrosos reciclados
*Producción de otros metales reciclados	*Incineración de residuos peligrosos	*Incineración de residuos médicos	*Quema informal de residuos
*Rellenos sanitarios, depósitos controlados	*Disposición difusa con cierto grado de control	*Disposición local informal de desechos de la producción industrial	*Vertederos informales de desechos
*Sistemas/tratamiento de aguas residuales	*Crematorios	*Cementerios	

- ❖ Las emisiones máximas fueron estimadas en **3.616 Kg. Hg/año** y las mínimas en **2.201 Kg. Hg/año. (FALTA VERIFICAR CIFRA EXACTA)**

En el siguiente gráfico se muestran las emisiones máximas y mínimas de las principales subcategorías ordenadas de acuerdo a las liberaciones máximas.



Las liberaciones máximas deben considerarse como el escenario más conservador desde la óptica de posibles efectos adversos sobre el ambiente y las acciones a tomar, tratando así los resultados obtenidos como los de mayor prioridad. Las liberaciones mínimas, definen el rango de variabilidad de las liberaciones para cada categoría y subcategoría, teniendo en cuenta que el rango de las liberaciones para una subcategoría no se debe tomar como una medida directa de la exactitud o confiabilidad de la información.

- ❖ La principal subcategoría del inventario corresponde a la **5.4.1 – Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio**. La misma presenta liberaciones máximas y mínimas coincidentes de **1140 kg Hg/año** y la exactitud de esta estimación es alta.
- ❖ En segundo lugar de relevancia se encuentra la subcategoría **5.6.1 – Amalgamas dentales con mercurio**, con un total de **550 kg** de mercurio. La exactitud de la estimación es muy buena, la totalidad del mercurio contabilizado de las amalgamas corresponde a las importaciones registradas en el 2010.
- ❖ En tercer lugar se encuentran los **termómetros** con **185 kg Hg/año**. Se considera que la exactitud en la estimación de las liberaciones para esta subcategoría es buena.

El resto de las subcategorías presentan liberaciones anuales menores al 5% del total

Las liberaciones máximas asignadas a las distintas vías se muestran en siguiente gráfico:

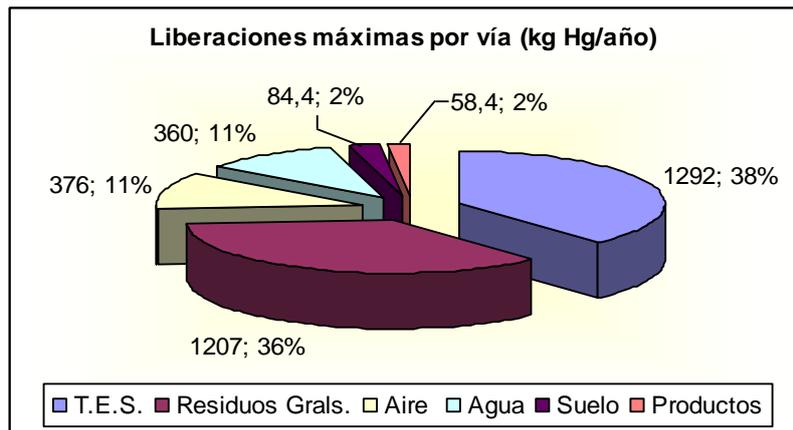


Gráfico 1. Liberaciones máximas por vía

- ❖ La principal vía de liberación corresponde a **“Tratamiento Específico de Sector”**. Los principales aportes a esta vía de liberación están dados por los residuos de las subcategorías 5.4.1 – Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio y 5.6.1 - Amalgamas dentales de mercurio. Sin embargo, en ninguno de los dos casos, el tratamiento específico de los residuos hace referencia a la existencia de tecnología para el tratamiento o recuperación del mercurio. Esta asignación corresponde por acopio y segregación de los residuos por lo cual no entran en la corriente de residuos generales.
- ❖ La segunda vía de liberación la constituye **“Residuos Generales”**. El aporte principal de esta vía está dado por las categorías 5.5 – productos de consumo con uso intencional de mercurio y 5.6 – otros usos intencionales de mercurio en productos o procesos. . Dado que un gran volumen de residuos son dispuestos en SDF no adecuados, el ingreso de mercurio a estos sitios culmina con liberaciones directas al suelo, al agua y el aire.
- ❖ En tercer y cuarto lugar, se encuentran las liberaciones al **“Agua”** y al **“Aire”**, que representan aproximadamente un 11% de las liberaciones. Uno de los principales aportes al agua lo constituye el uso y disposición de amalgamas dentales de mercurio, mientras que en los aportes al aire se destaca la quema informal de desechos.

Es importante la realización de una investigación más profunda con el fin de mejorar la confiabilidad de ciertos datos obtenidos, principalmente los **interruptores** y los **poliuretanos**. Debido a características particulares de estos productos como la gran diversidad de usos, su dispersión, contenido de mercurio y vida media, la obtención de datos específicos del país es muy compleja y se recurre a estimaciones para el cálculo de las liberaciones. Así, a pesar de los resultados de las liberaciones, dada la gran incertidumbre en las estimaciones de estas dos categorías, no se puede concluir que, en particular los interruptores, constituyan una de las principales categorías del inventario. En lo que refiere a los **Puntos calientes** – sitios que son resultado de prácticas de disposición de residuos informal e inadecuada - , además de la zona cercana a la empresa de cloro-álcali (actualmente en proceso de estudio por la DINAMA y la empresa), se identificó en la zona de la antigua minería de oro, en la zona de Rivera, suelos con niveles detectables de mercurio. En estos, al igual que en otras categorías que no fueron suficientemente estudiadas se requiere una mayor investigación.

## 2. INTRODUCCIÓN & ANTECEDENTES

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a uno de los productos previstos del “Proyecto para el Manejo de Productos con Mercurio en Uruguay”. Este proyecto país se desarrolla bajo el Programa de Inicio Rápido (QSP) del “Enfoque Estratégico para la Gestión de los Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM). La organización y coordinación del proyecto es llevada a cabo por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Centro Coordinador Convenio de Basilea/Uruguay.

El objetivo general del proyecto es contribuir al mejoramiento del manejo de productos que contengan mercurio, en especial lámparas de mercurio, para la reducción de los riesgos y los impactos al ambiente.

Se ha considerado asimismo, la importancia de una publicación que reúna la información obtenida en los inventarios de liberaciones de mercurio del sector industrial y por uso y disposición de productos. El inventario de liberaciones del sector industrial fue realizado en el marco del Proyecto: “Minimización y Manejo Ambientalmente seguro de desechos conteniendo mercurio que afectan a poblaciones expuestas de varios sectores económicos, incluyendo al sector salud, en varios países de América Latina y el Caribe”, cuya implementación estuvo a cargo del Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe en Uruguay. El proyecto se ejecuta simultáneamente en Argentina, Costa Rica y Uruguay. En Uruguay el Proyecto fue implementado por la DINAMA a través de su División de Control Ambiental, seleccionando al sector industrial y a los pasivos o sitios potencialmente contaminados con mercurio para la aplicación del proyecto. Por otra parte, el inventario de liberaciones de mercurio por productos se encuentra dentro del marco del “Proyecto para el Manejo de Productos con Mercurio en Uruguay”, mencionado anteriormente.

El inventario de liberaciones de mercurio, constituye una herramienta fundamental para establecer el estado de situación actual del país respecto de las liberaciones de este elemento y para la identificación de los procesos, productos y actividades responsables de las mayores emisiones. Brinda de esta forma, información hacia donde se deben establecer planes de acción que apunten a mejoras tecnológicas en determinados sectores, una gestión adecuada de los residuos o bien a un control de las emisiones y el consumo de determinados productos. Asimismo, las futuras actualizaciones que se realicen de este inventario representan una herramienta para la medición de avances y la eficacia de las actividades que se hayan puesto en marcha con los fines mencionados anteriormente.

## **2.2 ANTECEDENTES**

En la 22<sup>da</sup> sesión del Consejo de Administración del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), celebrada del 03 al 07 de febrero de 2003, en Nairobi, Kenia, se concluyó que existía la suficiente evidencia de impactos globales adversos significativos que justifican la adopción de medidas internacionales para proteger la salud humana y el ambiente, del mercurio y sus compuestos. Asimismo decidió que estas medidas nacionales, regionales e internacionales debían ser adoptadas lo más pronto posible e instó a todos los países a adoptar metas y tomar acciones, para identificar a poblaciones en riesgo y reducir las liberaciones de origen antropogénico. A partir de entonces, varias iniciativas y diversas decisiones tendientes a promover acciones de minimización y manejo ambientalmente seguro del mercurio en todas sus fases, fueron iniciadas.

Así, en junio de 2005, la Reunión de Ministros de Salud y Ambiente de los estados miembros de la Organización de los Estados Americanos (OEA), declararon su compromiso de establecer

una cooperación regional en temas prioritarios para la mejora de las condiciones de salud y ambiente de la región, dentro del que se incluyó el manejo seguro de sustancias químicas. En éste se incluyó el incrementar acciones para reducir el uso y las emisiones de mercurio. El grupo ad-hoc de gestión ambiental de sustancias y productos químicos del sub-grupo 6 de Mercosur identifica los aspectos vinculados al mercurio como uno de los principales temas a desarrollar.

Dentro del Plan de Acción MERCOSUR para la Gestión de Sustancias y Productos químicos, de abril de 2006, el mercurio es un producto específicamente contemplado como sustancia prioritaria.

El 14 de Octubre de 2008 el Congreso Estadounidense promulgó la ley de prohibición de exportación de Mercurio 2008, que prohíbe la exportación de mercurio elemental de los Estados Unidos a partir de 2013.

El 22 de octubre de 2008, el Consejo y el Parlamento Europeo adoptaron el Reglamento relativo a la prohibición de las exportaciones y al almacenamiento seguro del mercurio metálico - Reglamento (CE) n ° 1102/2008. La prohibición de exportación se inicia el 15 de marzo de 2011 y afecta al mercurio metálico, al mineral de cinabrio, al cloruro de mercurio (I), al cloruro de mercurio (II) y a las mezclas de mercurio metálico con otras sustancias.

La prohibición de exportación del mercurio elemental pretende reducir la disponibilidad del mercurio elemental en el mercado mundial.

Adicionalmente, en junio de 2010, en el marco de la Organización de las Naciones Unidas, a través de su Programa para el Medio Ambiente (PNUMA) se dio inicio a la negociación de un instrumento jurídicamente vinculante que comprometa a los países a tomar acciones para alcanzar un tratamiento del tema del mercurio de una manera más adecuada y ambientalmente más armoniosa, lo cual concluyó con la adopción del Convenio de Minamata sobre Mercurio, el 10 de octubre de 2013 y que Uruguay ya ha ratificado.

Todos estos antecedentes han ido promoviendo el desarrollo creciente de acciones motivadoras para evaluar y corregir el impacto del mercurio en la salud y el ambiente, y los resultados de este inventario son la muestra de una nueva acción para ampliar el conocimiento sobre el tema y contribuir con la acertada toma de decisiones vinculadas a los sectores industriales y consumo/disposición de productos, en el Uruguay.

### **2.3 Perfil del Uruguay**

La República Oriental del Uruguay está ubicada en América del Sur entre los 33° y 38° de latitud Sur y entre los 53° y 58° de longitud Oeste. Su superficie total es de 318413 km<sup>2</sup> y la territorial continental es de 176.215 km<sup>2</sup>. Los límites son: al Oeste la República Argentina separados por el río Uruguay y el río de La Plata, al Norte y el Este la República Federativa del Brasil, y al Sur el río de La Plata y el Océano Atlántico. Administrativamente se encuentra dividido en diecinueve departamentos, la capital es Montevideo y en ella se encuentra el principal puerto del país.

Uruguay se encuentra localizado en una zona templada con temperatura media anual de 17,5° C variando desde unos 20° C en la zona Noreste hasta unos 16° C en la Costa Atlántica. Las lluvias totales medias anuales tienen su valor mínimo hacia el Sur sobre las costas del río de La Plata con casi 1000 mm y su valor máximo hacia el Noreste, en la frontera con Brasil, con algo más de 1300 mm. La humedad relativa media anual oscila entre el 70% y 75%. El régimen de vientos más frecuente presenta un marcado predominio del sector NE. Las velocidades medias

son del orden de los 15 Km/h, con el máximo medio en las costas del Departamento de Colonia, que alcanza los 27 Km/h.

Las formas de relieve predominantes son las suaves ondulaciones de baja altura y la llanura. Presenta una altitud media de 116,7 m. La población del país, de acuerdo con el último censo registrado en la página web oficial del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el 2011, es de 3.286.314 habitantes y la tasa de crecimiento exponencial es de aproximadamente el 0,6% anual. En la capital, habita el 41% de la población del país. La esperanza de vida al nacer es de 75 años. Tanto la cobertura de agua potable como la de energía eléctrica, alcanzan el 98% de la población.

El Producto Bruto Interno (PBI) es de 11.183 millones de Dólares y el PBI *per cápita* es de 3.308 Dólares. En el año 2003 para los distintos sectores de actividad económica, el PBI queda compuesto por los siguientes porcentajes.

- Agropecuaria y pesca 12,8%
- Industria manufacturera y minería 19,1%
- Electricidad, gas y agua 4,7%
- Construcción 3,5%
- Transporte, almacenamiento y comunicaciones 9,7%
- Comercio, restaurantes y hoteles 12,0%
- Establecimientos financieros y seguros 10,8%
- Bienes inmuebles y servicios a empresas 14,0%
- Otros servicios comunales, sociales y personales 9,7%
- Servicios de gobierno general 8,6%
- Remuneración imputada a las instituciones financieras – 9,1%
- Derechos de importación 4,3%

### 3. MERCURIO

El mercurio, símbolo químico “Hg”, es un metal pesado que esta naturalmente presente en el ambiente y existe en una gran variedad de formas. En su forma pura es llamado mercurio elemental, el cual se presenta en estado líquido a temperatura ambiente con un color blanco-plateado brillante. Puede enlazarse a otros elementos formando así compuestos inorgánicos u orgánicos. El mercurio se extrae del mineral de cinabrio el cual contiene sulfuro de mercurio; los yacimientos de este mineral han sido históricamente la fuente para la extracción comercial del mercurio elemental. También existen otras formas naturales del mercurio como el cloruro y el metilmercurio y algunos microorganismos y procesos naturales hacen que el mercurio cambie de una forma a otra.

El mercurio ha sido usado por el hombre desde tiempos remotos pero fue en la era industrial cuando tuvo un uso más intensivo y amplio del mercurio. Esto es debido a sus propiedades químicas únicas. El mercurio es el único metal líquido a temperatura ambiente (su punto de ebullición es 356,9°C), muy volátil; tiene un coeficiente de dilatación térmica constante en todo el rango de su fase líquida, lo que lo hace un líquido ideal para termómetros; tiene una elevada conductividad térmica y eléctrica (por lo cual es utilizado en dispositivos eléctricos tales como switches y relés); tiene alta tensión superficial y densidad (densidad a 25°C: 13,354 kg/m<sup>3</sup>), lo que lo hace muy útil en manómetros, y muy baja solubilidad en agua. Tiene la capacidad de formar amalgamas con muchos elementos, tales como oro, plata, zinc, sodio, etc, razón por la cual se lo ha usado desde hace siglos para la extracción de oro y plata, así como en amalgamas dentales.

Las liberaciones de mercurio al ambiente pueden ocurrir por:

- Fuentes naturales – movilizaciones naturales de mercurio que ocurre naturalmente en la corteza terrestre, como actividad volcánica y erosión de rocas.
- Liberaciones antropogénicas dadas por movilizaciones de impurezas de mercurio contenidas en materias primas tales como los combustibles fósiles particularmente el carbón y otros minerales que son extraídos, tratados y reciclados.
- Liberaciones antropogénicas por uso intencional de mercurio en productos y procesos, debidas a liberaciones durante la manufactura, por pérdidas o emisiones, disposición o incineración de productos agotados y otras liberaciones.
- Liberaciones antropogénicas por re-movilizaciones de mercurio previamente depositado en cuerpos de aguas, suelos, sedimentos, etc.

Más de dos tercios del mercurio que se libera al ambiente provienen de procesos antropogénicos.

El mercurio es persistente en el ambiente, puede trasladarse a grandes distancias de su fuente de liberación y no puede ser degradado a formas menos inocuas. Su toxicidad sobre los seres humanos depende entre otros de la forma química en la cual se encuentre, la exposición, la ruta de exposición y las características de las personas expuestas.

El metilmercurio es una de las formas más tóxicas del mercurio, el cual presenta las características de bioacumulación y biomagnificación. La concentración de metilmercurio puede llegar a ser muy alta en algunas especies, por ejemplo en peces, a través de los cuales ingresa también a los seres humanos. Esto es de gran preocupación en aquellas poblaciones cuya dieta está basada principalmente en este tipo de alimentos. El metilmercurio es un importante neurotóxico que puede provocar efectos perjudiciales principalmente en el cerebro en formación. Traspasa con facilidad la barrera placentaria y hematoencefálica, por lo que es muy preocupante la exposición durante el embarazo. Además pueden existir síntomas secundarios por exposición como la pérdida de visión; alteraciones de la sensibilidad (“hormigueo” por lo general en las manos, pies, y alrededor de la boca); falta de coordinación en los movimientos; problemas del habla, la audición, al andar y debilidad muscular.

En cuanto al mercurio elemental, su toxicidad se manifiesta principalmente por inhalación de los vapores siendo sus efectos temblores, cambios emocionales (por ejemplo: cambios en el humor, irritabilidad, nerviosismo, timidez excesiva), insomnio, cambios neuromusculares (como debilidad, atrofia muscular, tics), dolor de cabeza, molestias, cambios en la respuesta nerviosa, déficit en las pruebas de funciones cognitivas. A exposición más alta puede aparecer daño renal, paro respiratorio y hasta causar la muerte.

## **4 METODOLOGÍA**

La estimación de las liberaciones de mercurio se calcularon con base al instrumental normalizado desarrollado por UNEP Chemicals, “Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases – Reference Report, Revised Inventory Level 2, Report Including Description of Mercury Source Characteristics – Version 1.0, March 2010. En este sentido, en lo adelante esta fuente bibliográfica será mencionada como “toolkit” o instrumental.

De acuerdo al mismo, la metodología para la identificación y cuantificación de las liberaciones de mercurio consiste en un procedimiento de 4 pasos:

Paso 1: identificación de las principales categorías de fuentes existentes en el país y vías de liberación para el mercurio de dichas fuentes.

La tabla N° 1 lista todas las fuentes consideradas por el toolkit agrupadas en forma de categorías. Cada una de las categorías se identifica como “presente”, “ausente” o “se desconoce su existencia” en el país.

Cap.	Categoría	Aire	Agua	Tierra / Suelos	Productos	Residuos
5.1	Extracción y uso de combustibles / fuentes de energía	X	X	x	X	X
5.2	Producción de metales primarios (vírgenes)	X	X	X	X	X
5.3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	X	x	x	x	X
5.4	Uso intencional de mercurio en procesos industriales	X	X	X	X	X
5.5	Productos de consumo con uso intencional de mercurio	X	X	X	X	X
5.6	Otros usos intencionales en productos / procesos	X	X	X	X	X
5.7	Producción de metales reciclados	X	X	X	X	X
5.8	Incineración de residuos	X	X	X	x	X
5.9	Disposición de residuos / rellenos y tratamientos de aguas residuales	X	X	X		X
5.10	Crematorios y cementerios	X		X		X
5.11	Identificación de puntos calientes potenciales	A definir según evaluación específica				

*Tabla N° 1 – Categorías de fuentes principales y vías de liberación*

X – vía de liberación esperada como predominante para la categoría de fuente.

x – vía de liberación adicional a ser considerada, de acuerdo a la evaluación específica nacional.

Cap. – capítulo del toolkit al que pertenece y con el cual se identifica la categoría

Paso 2 – identificación de las subcategorías de las fuentes presentes

El siguiente paso consiste en la identificación de procesos o subcategorías dentro de cada categoría de fuente principal. Para ello, el toolkit propone una lista de subcategorías potenciales emisoras, la cual puede ser complementada con otras actividades que lleguen a identificarse en el país y no se encuentre contemplada en la misma. La tabla N° 2 detalla las diferentes categorías y subcategorías propuestas por el toolkit y se indica si las mismas están presentes (“s”), ausentes (“n”) o si se desconoce la existencia en el país. Las distintas subcategorías identificadas se detallan posteriormente en los capítulos correspondientes.

Paso 3 – recopilación de datos y cuantificación de liberaciones de mercurio

En este paso se desarrolla un inventario cuantitativo. Se deben recopilar datos específicos de aquellas subcategorías de las fuentes principales que fueron identificados como presentes en el país, para realizar las estimaciones de las liberaciones con base anual.

El objetivo fundamental del instrumental es el cálculo de la liberación promedio anual en cada vía o vector (aire, agua, tierra, productos, desechos generales, tratamiento específico de desechos por sector) por cada proceso de liberación identificado. El principio de cuantificación general está definido por la ecuación N° 1:

$$\text{Liberación estimada de Hg a la vía X/año} = \text{tasa de actividad} \times \text{factor de entrada} \times \text{factor de distribución a la vía "X"}$$

Ecuación N° 1 – cálculo general de liberaciones

#### Paso 4 – elaboración del informe del inventario

Se procede a la compilación de los datos de los pasos 1, 2 y 3 para la redacción del correspondiente informe.

## **5 RESULTADOS**

A continuación se muestran los resultados derivados para cada categoría y subcategoría definida en el “toolkit” (mostradas en la tabla 1) y una vez realizadas la cuantificación de las liberaciones respectivas.

### **5.1 EXTRACCIÓN Y USO DE COMBUSTIBLES Y FUENTES DE ENERGÍA**

Uruguay no posee fuentes de combustibles fósiles explotables actualmente, por lo que éstos son importados. ANCAP, empresa de propiedad estatal, de acuerdo a su ley de creación, tiene el monopolio para la importación y refinación de petróleo y sus derivados así como de otros carburantes, líquidos, semilíquidos y gaseosos. ANCAP refina petróleo e importa otros combustibles como nafta, gas oil y fuel oil. Asimismo se recibe gas natural a través de gasoductos desde otros países. Si bien tiene una componente hidroeléctrica importante en relación a otros países, ésta es muy dependiente de las precipitaciones. Otras fuentes de combustible que han venido apareciendo en los últimos años, generadoras de energía son, por ejemplo, la biomasa a partir de licor negro de una planta procesadora de pulpa de papel y en el 2008 se introduce la electricidad de origen eólico.

Cat.	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
<b>5.1</b>		<b>Extracción y uso de combustibles y fuentes de energía</b>	
	5.1.1	Combustión de carbón en grandes centrales de energía	n
	5.1.2	Otros usos del carbón	s
	5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	s
	5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	s
	5.1.5	Extracción y uso de otros combustibles fósiles	s
	5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	s
	5.1.7	Producción de energía geotérmica	n

#### **5.1.1 Combustión de carbón en grandes centrales de energía**

Actualmente no existe la fuente en el país, pero la inclusión del carbón en la matriz energética podría modificar sensiblemente el aporte a las liberaciones de mercurio, no solo del sector energético sino en el perfil general, pudiendo ser el mayor o uno de los mayores aportes a las liberaciones de mercurio del país cuando la planta de cloro-álcali haya sustituido su tecnología

### **5.1.2 Otros usos del carbón**

Dentro de esta sub-categoría se identificó básicamente el uso metalúrgico del coque de carbón, tanto a partir de la información suministrada por la Dirección Nacional de Energía (DNE) como lo que surge de las consultas realizadas a los importadores. El coque de carbón cumple varias funciones en el proceso: energético, reductor y una baja proporción queda incorporada en el producto final.

En Uruguay no hay extracción primaria de metales (excepto oro y un bajo volumen de mineral de hierro), por lo que el uso metalúrgico se limita al reciclaje de chatarra.

Sin embargo, es necesario considerar que un emprendimiento que se instalaría para la extracción de hierro, ha planteado la posibilidad de usar carbón como energético. Dado que el emprendimiento en cuestión es de grandes dimensiones, la incorporación del uso de carbón influiría negativa y sensiblemente en las emisiones globales de mercurio.

Los cálculos realizados, de acuerdo con lo propuesto en el instrumental, arrojaron para esta subcategoría una tasa de actividad por el orden de las 441 t, un factor de entrada de 0,27 g Hg/t., así, las liberaciones de mercurio por “otros usos del carbón” se estiman en: 0,12 kg Hg.

### **5.1.3 Extracción, refinación y uso de petróleo**

Como ya se mencionó, Uruguay no es un productor de petróleo en la actualidad. El crudo es importado y refinado por una única empresa, ANCAP, de propiedad estatal.

Esta subcategoría, sobre la base de que el contenido de mercurio previsto en cada caso es distinto (crudo, derivados pesados (fuel oil y coque) y derivados livianos (gasolina, diesel y otros destilados livianos), se dividió a su vez, para su evaluación en las siguientes sub-categorías:

#### **5.1.3.1 Refinación de petróleo**

El factor determinante de las emisiones provenientes de la refinación del petróleo es el contenido de mercurio en el crudo. Con base en la información disponible se realizó la evaluación, cuyos resultados -como se detalla más adelante- muestran escenarios variables.

Hechos los cálculos con lo propuesto en la metodología del toolkit, se tuvo que la tasa de actividad para esta sub-categoría es de 1.850.027 t de petróleo crudo, usando un factor de entrada de 3,5 mg Hg/t de petróleo y un factor de conversión de 1.000.000 mg Hg / kg Hg, se tuvo que la entrada total de mercurio por refinación de petróleo está en el orden los 6,5 kg Hg.

La tabla siguiente, muestra en resumen, los valores arrojados para la tasa de actividad, los factores de distribución y las liberaciones de este punto:

Extracción, refinación y uso de Petróleo	Etapa del ciclo de vida - Refinación
<b>Tasa de actividad</b>	1.850.027 t de crudo
Factor de entrada	3,5 mg Hg/t de crudo
Entrada calculada	6,5 kg Hg
<b>Factores de distribución de salida para:</b>	
- Aire	0,25
- Agua(/aguas residuales)	0,01
- Tierra	0
- Productos	<i>se incluyen en otras subcategorías</i>
- Tratamiento de desechos generales (incluye rellenos)	0,15
- Tratamiento específico de desechos por sector	0
<b>Salidas/liberaciones calculadas hacia:</b>	
- El aire	1,62 kg Hg
- El agua (/aguas residuales)	0,06 kg Hg
- La tierra	0
- Los productos	0
- El tratamiento de desechos generales	0,97 kg Hg
- El tratamiento específico de desechos por sector	0

Tabla N° 2 - Resumen de entrada y salidas en la refinación de petróleo

### 5.1.3.2 Uso de coque de petróleo y fuel oil

El coque de petróleo se utiliza como combustible principalmente en la producción de cemento (coque importado) y en la refinería que lo genera como subproducto. Como otros usos, se encuentra básicamente el metalúrgico, que en el caso de Uruguay se limita al reciclaje de chatarra, y dentro de esta principalmente ferrosa. Los datos de **consumo de coque importado**, declarados por las empresas en el país son los que se muestran en la siguiente tabla.

Empresa	Consumo coque (t)
Cementera	38.976
Fundición	813
<b>Total</b>	<b>39.789</b>

Tabla N° 23 - Consumo de coque importado 2009

Realizados los cálculos, de acuerdo con lo sugerido en el instrumental, la entrada total de mercurio por la contribución del uso de coque de petróleo importado sería: 39.789 t/año x 1,3 mg Hg/t ÷ 1.000.000 mg/kg = 0,05 kg Hg.

Las emisiones estimadas al respecto, resultaron las siguientes:

Emisión al aire:  $0,05 \text{ kg Hg} \times 0,7 = 0,04 \text{ kg Hg}$

Emisión en productos:  $0,05 \text{ kg Hg} \times 0,3 = 0,02 \text{ kg Hg}$

Para el **uso de coque de petróleo de producción nacional**, su tasa de actividad se ubicó en 28.340 t, el factor de entrada total de mercurio es de 0,1 kg Hg, y el factor de distribución tomando los factores de emisión sugeridos por el instrumental, ante la situación de ausencia de dispositivos de control, se asume que la totalidad de las emisiones a la atmósfera son de 0,1 kg Hg.

En el caso del **fuel oil (FO)**, éste es utilizado en la industria como combustible, en forma similar al coque hay también consumo importado, en su mayor parte en los centros de transformación a energía eléctrica (centrales térmicas) y también en las refinerías de petróleo, además del uso industrial, calefacción, y transporte.

Hechos los cálculos respectivos, la tasa de actividad para el FO importado fue de 306.287 t, su factor de entrada quedo estimado en 20,15 kg Hg/año y su factor de distribución fue de 20,15 kg Hg/año (básicamente de las centrales térmicas de transformación de energía porque no tienen sistemas de control de emisiones, por lo que las liberaciones en su totalidad son al aire).

En el caso del uso del **fuel oil de producción nacional** hechos los cálculos de consumo, se tuvo una tasa de actividad 178.075 t de FO refinado en el país, un factor de entrada de 0,62 kg Hg.

Para la cuantificación tanto de coque de petróleo como de fuel oil, se contabilizaron por separado sus aportes. En la Tabla N° 10, al final de la sección se presenta el conjunto de los resultados obtenidos, para las entradas y salidas correspondientes:

Uso de coque de petróleo y fuel oil	Coque de petróleo importado	Coque de petróleo nacional	Fuel oil importado	Fuel oil nacional	Totales
<b>Tasa de actividad</b>	39.789 t	28.340 t	306.287t	178.075 t	-
Factor de entrada	1,3 mg Hg/t <sup>*1</sup>	3,5 mg Hg/t <sup>*2</sup>	55 mg Hg/t <sup>*1</sup>	3,5 mg Hg/t	-
Entrada calculada	0,06 kg Hg	0,10 kg Hg	20,15 kg Hg	0,62 kg Hg	23,05 kg Hg
<b>Factores de distribución de salida para:</b>					
- Aire	0,7	1	1	1	-
- Agua(/aguas residuales)	0	0	0	0	-
- Tierra	0	0	0	0	-
- Productos	0,3	0	0	0	-
- Tratamiento de desechos generales	0	0	0	0	-
- Tratamiento específico de desechos por sector	0	0	0	0	-
<b>Salidas/liberaciones calculadas hacia:</b>					

Uso de coque de petróleo y fuel oil	Coque de petróleo importado	Coque de petróleo nacional	Fuel oil importado	Fuel oil nacional	Totales
- El aire	0,04	0,10	20,15	0,62	22,83 kg Hg
- El agua (/aguas residuales)	0	0	0	0	
- La tierra	0	0	0	0	
- Los productos	0,02	0	0	0	
- El tratamiento de desechos generales	0,22	0	0	0	0,22 kg Hg
- El tratamiento específico de desechos por sector	0	0	0	0	

*Tabla N° 3 - Entradas y salidas en el balance de mercurio para coque de petróleo y fuel oil*

\*1 – Factor por defecto

\*2 – Factores estimados de acuerdo al origen del petróleo

#### 5.1.3.3 Uso de gasolina, gas oil y otros destilados livianos

Al igual que en el caso del FO, en estos combustibles también hay venta a bunkers dentro de lo que figura como exportación. En la tabla siguiente se presenta el consumo de los derivados livianos del petróleo por sector. El transporte es el principal usuario, seguido de las centrales térmicas para generación de energía eléctrica. La industria como tal no es un consumidor importante, si bien, a los efectos de este inventario se agrupó junto con las centrales térmicas y el consumo propio de la refinería.

Una vez efectuados los cálculos de emisión para esta sub-categoría, se obtuvo una tasa de actividad en el orden de 686.039 t de gasolina, diesel y otros destilados livianos, un factor de entrada de 3,77 kg Hg. Considerando que no hay sistemas adecuados para el tratamiento de las emisiones, todas las liberaciones de la combustión van al aire. Aproximadamente 478 de 686 kt corresponden al consumo de una central térmica a gasoil, es decir, 3,77 kg Hg.

#### 5.1.4 Extracción, refinación y uso de gas natural

Uruguay no cuenta actualmente con yacimientos de gas natural (GN) en uso, por lo que éste es importado a través de un gasoducto desde otros países. El hecho de que este suministro no es estable, ha limitado su utilización. Sin embargo, se prevé realizar inversiones importantes como una planta regasificadora en los próximos años, lo que traería consigo –seguramente- un importante aumento de la oferta y uso del GN. Una de las centrales de transformación térmica existentes, que hoy en día consume Gasoil, podría consumir 1,8 millones de m<sup>3</sup>/día, unas 25 veces el consumo actual.

Efectuados los cálculos de emisiones para este punto, los resultados arrojaron una tasa de actividad de 25.301.205 m<sup>3</sup>/año, un factor de entrada por el orden de 0,006 kg. El GN que se importa es ya de calidad para el consumo. Se asume que la totalidad de las liberaciones al aire son de 0,006 kg

#### 5.1.5 Extracción y uso de otros combustibles fósiles

En este ítem, el toolkit incluye el uso de la turba y esquistos bituminosos. Al igual que otras fuentes como carbón y petróleo, no son explotadas o producidas en el país, actualmente.

El esquistos no se importó en el período considerado y, de acuerdo a la información recibida de la DNE, no se usa actualmente en el país, si bien hay estudios realizados que confirman su presencia en el Departamento de Cerro Largo. Las empresas que figuran importando turba son del rubro agropecuario, donde la turba no se utiliza como combustible.

### **5.1.6 Energía obtenida por la quema de biomasa**

El consumo de biomasa (aproximadamente 50% correspondiente a leña y el resto a residuos de biomasa como residuos forestales y de aserradero, licor negro, bagazo de caña, cáscara de arroz, cáscara de girasol, casullo de cebada y otros), que había venido disminuyendo desde 1992, ha repuntado en los últimos años debido al aumento de consumo de leña en la industria a partir del 2007 y por el gran aumento en el consumo industrial de residuos de biomasa, fundamentalmente licor negro.

Efectuados los cálculos respectivos, se obtuvo una tasa de actividad de para el consumo de biomasa como energético, de 585.871 t/año, un factor de entrada .de 17,6 kg mercurio al año. Se estima que todas las liberaciones son al aire, ya que no existen tratamientos específicos en general, y un valor de 17,6 kg.

### **5.1.7 Producción de energía geotérmica**

No existe la fuente en el país.

## **5.2. PRODUCCIÓN PRIMARIA DE METALES**

La única producción primaria de metales que hay en el país actualmente es la de oro, utilizando proceso de extracción del metal con cianuro y un bajo volumen de mineral de hierro, que sería utilizado directamente por las cementeras.

En cuanto a la geoquímica del suelo en el país, la información suministrada por la Dirección Nacional de Minería y Geología (DINAMIGE) sobre las prospecciones multielemento en que se incluyó al mercurio, y abarca sólo algunas zonas del país: 12.000 km<sup>2</sup> (de una superficie continental del país de 176.220 km<sup>2</sup>), localizadas al Suroeste. Los resultados de la prospección realizada en esa zona dan una presencia de mercurio por debajo del límite de detección de la metodología analítica empleada: **0,050 mg/kg.**

Por otro lado, los análisis realizados por el emprendimiento de extracción de oro que funciona al Norte del país presenta datos concordantes (ver comentarios en la categoría 5.2.6), con el 90% de los resultados de análisis prospectivos por debajo de 0,02 mg/kg. Asimismo, los datos provenientes de la explotación de áridos, por ejemplo caliza para la fabricación de cal y cemento, también son bajos.

Los datos existentes permiten suponer que los suelos uruguayos son pobres en mercurio, por lo que los minerales extraíbles tendrían muy bajos niveles de contenido de mercurio, no detectable de acuerdo a las metodologías empleadas. Sin embargo, sería deseable contar con datos de otras zonas del país para poder afirmarlo con seguridad.

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.2		<b>Producción primaria de metales</b>	
	5.2.1	Extracción de mercurio y procesamiento inicial	n
	5.2.2	Extracción de oro y plata por amalgamamiento con mercurio	n

	5.2.3	Extracción de zinc y procesamiento inicial	n
	5.2.4	Extracción de cobre y procesamiento inicial	n
	5.2.5	Extracción de plomo y procesamiento inicial	n
	5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	s
	5.2.7	Extracción de aluminio y procesamiento inicial	n
	5.2.8	Extracción de otros metales no ferrosos y procesamiento inicial	n
	5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	n

### **5.2.1 Extracción primaria de mercurio y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de mercurio en el país.

### **5.2.2. Extracción primaria de oro y plata por amalgamación con mercurio**

En base a la información suministrada por DINAMIGE, no se realiza extracción de oro y plata por amalgamación con mercurio a nivel industrial desde la segunda década del siglo XX. Las zonas en que se realizó, en particular Minas de Corrales y minas cercanas, en el departamento de Rivera, son de interés en la identificación de posibles pasivos.

De acuerdo a esta fuente, la minería artesanal ha existido a muy pequeña escala, no habiéndose constituido –con base en a la información recogida- como una fuente de sustento permanente ni suficiente para los actores locales.

### **5.2.3 Extracción primaria de zinc y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de zinc en el país, actualmente.

### **5.2.4 Extracción primaria de cobre y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de cobre en el país, actualmente.

### **5.2.5 Extracción primaria de plomo y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de plomo actualmente en el país.

### **5.2.6 Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos de la amalgamación con mercurio**

Actualmente, en el país existe un emprendimiento de minería del oro en funcionamiento, con características de explotación a cielo abierto en la zona de Minas de Corrales, en el Departamento de Rivera, al Norte del país, en el cual se utiliza el método de lixiviación con carbón (carbon in leach), utilizando cianuro, para la recuperación del oro (y también de la plata presente en el mineral).

Una vez hechas las mediciones para calcular las liberaciones de esta categoría, se obtuvo que las liberaciones en agua están por el orden del 1,18 kg/año, mientras que al aire se estimaron en 1,77 kg.

### **5.2.7 Extracción primaria de aluminio y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de aluminio, en el país.

### **5.2.8 Extracción primaria de metales no ferrosos y procesamiento inicial**

No se realiza extracción primaria de otros metales no ferrosos, en el país.

### **5.2.9 Producción primaria de metales ferrosos**

Actualmente no se realiza producción primaria de metales ferrosos, si bien hay un bajo nivel de extracción de mineral de hierro que sería consumido en hornos de cemento.

## **5.3 PRODUCCIÓN DE OTROS MINERALES Y MATERIALES CON MERCURIO COMO IMPUREZA**

En esta categoría se incluye la producción de minerales y otros materiales que tienen mercurio como impureza. Si bien el contenido puede ser muy bajo, el volumen manejado o procesado hace necesario su inclusión para evaluar su aporte. Agrupa la producción de cemento, pulpa y papel, cal y agregados livianos. Las tres subcategorías están presentes en Uruguay.

<b>Cat</b>	<b>Sub-Cat.</b>	<b>Descripción de las fuentes</b>	<b>Existe? (s/n)</b>
5.3		<b>Producción de otros minerales y materiales con mercurio como impureza</b>	
	5.3.1	Producción de cemento	s
	5.3.2	Producción de pulpa y papel	s
	5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	s

### **5.3.1 Producción de cemento**

En el país funcionan cinco plantas de cemento, dos de ellas no producen clinker y hay un total de cinco hornos, algunos por proceso húmedo y otros por proceso seco y con distintos tipos de control de emisiones. El instrumental no incluye en esta categoría las fuentes de energía que se describen en los energéticos que correspondan y lo que provenga del tratamiento de residuos.

El origen de las emisiones de mercurio en las plantas de cemento es el contenido como elemento traza en las materias primas y otros materiales que se usan como combustible. En algunos casos la quema de sustancias peligrosas puede aumentar sensiblemente esas emisiones.

Al efectuarse los cálculos para esta categoría, se obtuvo que la cantidad de cemento producido por año es de 787.281 t, en 2009 y considerando el contenido de mercurio en caliza (97% de la materia prima para la fabricación de clinker), a partir de datos de análisis suministrados por una de las cementeras de dos regiones distintas del país, se obtuvieron valores por debajo de lo detectable con las técnicas actualmente en uso en el país: menor a 0,05 mg Hg/kg y este aporte, tomando en cuenta el límite de detección, se tiene que la entrada total de mercurio sería 60kg.

Dado que la información disponible para el cálculo de las emisiones a partir de las materias primas es aún incompleta, se optó por considerar el valor medio del rango propuesto por el instrumental (86,6 kg Hg/año). Así, el aporte de esta sub-categoría se estima en 86,6 kg Hg/año con un mínimo de 15,7 kg Hg/año.

### **5.3.2 Producción de pulpa y papel**

Al igual que en la producción de cemento, esta sub-categoría se caracteriza por utilizar materiales con muy bajos contenidos de mercurio pero en grandes cantidades.

El mercurio contenido en la madera y otros productos (ej. soda, clorato de sodio, ácido sulfúrico, cal) irá principalmente a emisiones atmosféricas a través de los hornos de recuperación de productos químicos y de cal, que serán más o menos retenidos en función de los sistemas de tratamiento existentes.

Una vez realizados los cálculos para esta sub-categoría, se obtuvo que el consumo total de madera (solo aquella utilizada para la fabricación de pulpa) para las dos empresas es de 1.985.809 t, como factor de entrada se adoptó el valor medio del rango sugerido por el instrumental, siendo este un factor conservador, 30% por encima del calculado a partir de los límites de detección de los análisis realizados. Las liberaciones con este factor son consideradas como máximas. Asimismo, dado que los resultados de análisis son menores a 0.02 mg Hg/kg, se adopta el valor inferior de entrada recomendado por el toolkit para informar liberaciones mínimas, las cuales se estimaron en 13,9 kg Hg/año, mientras que las máximas, se estimaron en 59,6 kg Hg/año.

### 5.3.3 Producción de cal y agregados livianos

En Uruguay funcionan varias caleras. Una de ellas hoy no está en uso. La mayoría tiene hornos artesanales y ninguna tiene controles en las emisiones. La información de esta sub-categoría no es completa y en varios casos los datos no pudieron ser actualizados.

Por otro lado, en la fabricación de pulpa de papel se utiliza cal. Una de las plantas tiene su propio horno de cal. En este caso, la producción de cal no es un dato útil, ya que se recicla a partir del lodo de cal y los cálculos para la entrada de mercurio se hacen en función de la caliza consumida.

No obstante, algunas cifras se obtuvieron, por ejemplo, la producción estimada de cal para las cinco empresas se consideró en 49.890 t/año, aunque estos datos no se corresponden en todos los casos para 2009, pero se toman como un estimado. Los datos disponibles de contenido de mercurio en la piedra caliza, provienen de los análisis realizados por las empresas que extraen en la caliza para la fabricación de cemento, y en todos los casos son menores al límite de detección, de las técnicas aplicadas en Uruguay, el cual corresponde a 0,05 mg/kg. Así, la estimación máxima del aporte, considerando el límite de detección como factor de entrada es de 2,69 kg Hg

En el caso de la fabricación de pulpa de celulosa, una planta importa caliza para la fabricación de cal que utiliza en su proceso, y consume 21.600 t. Su proveedor tiene como especificación máxima 0,09mg Hg/kg. Considerando el máximo de la especificación, también un cálculo conservador, se estimó en 1,94 kg Hg

El único dato disponible sobre emisiones, proviene de los controles anuales de las emisiones del horno de cal de la planta de celulosa, los cuales, usando el límite de detección de 2009, como mayor valor, arrojaron una entrada total de mercurio por la producción de cal estimada en 4,63 kg Hg, que coincide con el valor de las emisiones al aire, de acuerdo con lo propuesto en el toolkit.

## 5.4 USO INTENCIONAL DE MERCURIO EN PROCESOS INDUSTRIALES

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.4		<b>Uso intencional de mercurio en procesos industriales</b>	s
	5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	n
	5.4.2	Producción de VCM (monómero de cloruro de vinilo) con catalizador de mercurio	n
	5.4.3	Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio	n

### 5.4.1 Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio

En el país, existe una única planta de elaboración de cloro-soda, ubicada en el Departamento de San José, en un predio cercano a la desembocadura del Río Santa Lucía en el Río de la Plata. La planta funciona en este predio ininterrumpidamente desde 1958, con varias modificaciones y aumentos en su capacidad instalada desde 1.012 toneladas anuales de Cloro al comienzo de su actividad a 14.600 toneladas en la actualidad, y es relevante destacar que la empresa tiene previsto cambiar la tecnología de procesamiento, de celda de mercurio a membrana, eliminando de esta manera el principal contaminante del proceso.

Debido al peso relativo que tiene esta subcategoría 5.4.1 en las liberaciones, se realizó una investigación profunda, a fin de conocer con la mayor exactitud posible tanto el consumo de mercurio como las emisiones de cada una de las vías de distribución. En este sentido, se emplearon las guías tanto de Euro Chlor (la asociación de la industria de cloro de Europa) como la The Chlorine Institute (USA), como apoyo para realizar el balance de mercurio<sup>1-2</sup> a fin de obtener los datos más confiables posibles.

Para la realización del balance, el período considerado, acordado con la empresa, fue de diciembre de 2009 a noviembre de 2010, dado que en el mismo no había cambios en la infraestructura que se supusiera podían modificar la situación de las emisiones de mercurio.

Así, en el período en referencia, el consumo de mercurio fue de 1140 kg y la producción de cloro fue de 14.676 toneladas. A partir de estos datos se estimó el factor de entrada en 77,86 g Hg/t Cl<sub>2</sub>.

En cuanto a las vías posibles de liberación, la empresa realiza análisis de mercurio rutinario y frecuente, en efluentes líquidos, emisiones gaseosas puntuales y productos. Se estimaron las liberaciones de mercurio en las emisiones fugitivas y las que acompañan los residuos sólidos. En el caso de efluentes líquidos (agua) se calculó sobre la base de valor medio de mercurio en efluentes líquidos y valor medio de caudal emitido, obteniéndose un valor estimado en 0,034 kg Hg/año.

Con relación a las emisiones atmosféricas (aire), las emisiones fugitivas en atmósfera de celdas se estiman en 22 kg Hg/año. Las emisiones puntuales de tratamientos de hidrógeno y vapores de celdas y emisión en la planta de HCl tienen una estimación del 1,76 kg Hg, lo que, al sumarlas, dan un total de emisiones al aire de 23,76 kg Hg (22 + 1,76).

En cuanto a los productos con base en NaOH, las emisiones se estimaron en 1,24 kg Hg y con base en el cloro líquido, la empresa no detecta Hg en cloro licuado ni en agua usados para su lavado o ácido sulfúrico usado para secado.

Para la totalidad de residuos sólidos que pueden contener mercurio, la empresa utiliza tarrinas plásticas de 1 m<sup>3</sup> de capacidad.

En conclusión, las salidas de mercurio en la categoría cloro-álcali por tecnología de mercurio serían las siguientes:

Vía de liberación	Aire	Agua	Tierra	Productos	Desechos generales	T.E.S. (ver nota)
-------------------	------	------	--------	-----------	--------------------	----------------------

<sup>1</sup> Euro Chlor Publication, "Guidelines for making a mercury balance in a chlorine plant", 4th Edition, April 2008.

<sup>2</sup> The Chlorine Institute, Inc, "Guidelines for conducting a mercury balance", May 1999.

Liberaciones de Hg en kg/año	23,76	0,03		1,24		1.114,97
------------------------------	-------	------	--	------	--	----------

#### **5.4.2 Producción de monómero de cloruro de vinilo con cloruro de mercurio (HgCl<sub>2</sub>) como catalizador**

La fuente no está presente en el país.

#### **5.4.3 Producción de acetaldehído con catalizador de mercurio**

La fuente no está presente en el país.

#### **5.4.4 Producción de otros productos químicos y polímero con mercurio**

La fuente no está presente en el país.

### **1.5 PRODUCTOS DE CONSUMO CON USO INTENCIONAL DE MERCURIO**

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.5		<b>Productos de consumo con uso intencional de mercurio</b>	
	5.5.1	Termómetros con mercurio	s
	5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	s
	5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	s
	5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	s
	5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	s
	5.5.6	Biocidas y pesticidas con mercurio	n
	5.5.7	Pinturas con mercurio	n
	5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	s
	5.5.9	Productos cosméticos y relacionados con mercurio	?

#### **5.5.1 Termómetros con mercurio**

Se distinguieron cuatro grupos de termómetros que contienen mercurio:

##### **5.5.1.1 Termómetros clínicos/médicos**

Si bien existen fuertes políticas en algunas instituciones públicas tendentes a restringir y sustituir el uso de los termómetros de mercurio por digitales, aun se siguen utilizando algunos en el sector salud y en hogares, sin embargo, el desarrollo de iniciativas como el “Proyecto de erradicación del mercurio de los ambientes asistenciales”, llevado a cabo en el Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela (Hospital Universitario de la Universidad de la República) desde el 2006, logró -entre otros objetivos- no realizar más compras de termómetros de mercurio y convertirse en el primer hospital del país sin termómetros de mercurio. El Ministerio de Salud Pública ha adoptado igualmente fuertes medidas a nivel nacional que apuntan a la sustitución de los termómetros de mercurio por digitales. Así mismo, la Dirección de Metrología del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), de acuerdo al decreto 357/001, verifica el 100% de los termómetros clínicos de mercurio que ingresan al país y son puestos en el mercado.

Para calcular la tasa de actividad de esta categoría, debido a que la partida arancelaria de los termómetros clínicos, se presenta variada (termómetros que contienen mercurio, termómetro electrónico, o presentados simplemente como “termómetros clínicos” o “termómetro”, ésta no pudo obtenerse directamente de los datos de importación, sino del número de verificaciones que realiza el LATU, por lo que para el cálculo de las liberaciones se ha adoptado como tasa de actividad el número de verificaciones de termómetros para el año 2010, el cual corresponde a 106812 unidades.

Para calcular el factor de entrada para los termómetros clínicos se adoptó el rango sugerido por el toolkit, el cual corresponde a (0,5 – 1,5) g Hg/item. En cuanto a los factores de liberación, se ha considerado esto como un tratamiento específico de residuos, dado que las unidades que son rechazadas son guardadas por el LATU en forma segura (evitando su ruptura). La base de estos cálculos, corresponde entonces a los sugerido por el toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de termómetros y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada, pero ajustándolos, introduciendo un valor del 10% a tratamiento específico de residuos. Así entonces, con estos datos, hechos los cálculos respectivos, se obtuvo que las liberaciones máximas para termómetros clínicos fue de 160,2 kg Hg/año, mientras que la estimación del total de liberaciones mínimas se ubicó en 53,4 kg Hg/año

#### 5.5.1.2 Termómetros ambientales y de usos misceláneos (incluidos los de uso de laboratorio)

Los termómetros para la medición de temperatura ambiente son utilizados principalmente en estaciones meteorológicas y en ambientes internos generales. En las primeras, cuando se utilizan termómetros de mercurio, éstos corresponden a termómetros de varilla de vidrio, mientras los usados en ambientes internos, generalmente, corresponden a un soporte (por ejemplo en madera) que contiene la columna de vidrio con el mercurio en su interior. Los termómetros clasificados como de “usos misceláneos” son considerados aquí como termómetros de varilla de vidrio y pueden presentarse como tales o incorporados en otros instrumentos como por ejemplo alcoholímetros, densímetros, sacarímetros y otros.

#### Tasa de actividad

Al igual que para los termómetros clínicos, las descripciones de las importaciones para los termómetros ambientales y de laboratorio no están identificados por su tipo o contenido, definidos como “los demás” por Aduanas, por lo cual fue necesario una investigación más profunda. Para ello, fueron contactadas siete instituciones que poseen estaciones meteorológicas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni, Estación Experimental Facultad de Agronomía en Salto, Centro Regional Sur – Facultad de Agronomía, Estación Experimental Prof. Bernardo Rosengurtt, Dirección Nacional de Meteorología y UTE). Una de ellas, declaró no utilizar termómetros de mercurio y las otras dos si bien poseían, el número era muy bajo.

Se contactaron también diez empresas con mayor volumen de importación de termómetros en el año 2010 y declararon importar sólo termómetros digitales o de alcohol, y no de mercurio. Por último, ocho empresas proveedoras de insumos para laboratorios también fueron contactadas, de las cuales, solamente tres declaran haber importado 1216 termómetros de mercurio en el año 2010. Este número es el considerado como tasa de actividad para el cálculo de liberaciones.

#### Factor de entrada y factores de distribución

El factor de entrada se asignó considerando que el volumen de los bulbos de los distintos tipos de termómetros puede variar entre unos 0,25 – 1,5mL. Tomando un valor de 13,6 g/mL para la densidad del mercurio se obtiene un contenido mínimo de 3,4g de Hg y máximo de 20,4g de Hg por termómetro. Las liberaciones se calcularon tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de termómetros y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada.

Una vez efectuados los cálculos, las liberaciones máximas se estimaron en 24,8 kg Hg/año, mientras que el total de liberaciones mínimas fue de 4,13 kg Hg/año.

### **5.5.2 Interruptores, contactos y relés con mercurio**

Esta fuente es una de las más complejas para cuantificar las liberaciones ya que es un grupo muy diverso en el que se encuentra en una gran variedad de productos tales como sensores de llamas, válvulas de seguridad de gas, planchas, cafeteras eléctricas, refrigeradores, lavarropas, interruptores de pared, interruptores de uso industrial, computadores portátiles, alarmas antirrobo, sistemas de freno ABS, entre otros. Asimismo, la variación tanto en el contenido de mercurio como la vida media de cada uno de los productos, es muy amplia.

#### **Tasa de actividad**

Dadas las características expuestas, la cuantificación de liberaciones de esta fuente se ha realizado con base en la recomendación del toolkit, basada en el consumo de mercurio por habitante y por ende la tasa de actividad estará dada por el número de habitantes del Uruguay en el año 2010 (fuente del Instituto Nacional de Estadística).

#### **Factor de entrada y factores de distribución**

El factor de entrada utilizado por el toolkit, está basado en el consumo de mercurio destinado a la manufactura de interruptores, contactos y relés a nivel mundial distribuido en la totalidad de la población mundial. De esta manera, se informa un rango máximo y mínimo de consumo anual de mercurio por habitante debido al uso y la disposición de estos productos.

Las liberaciones se han calculado tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de interruptores y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada.

Hechos los cálculos respectivos, el total de liberaciones máximas fue estimado en 836,2 kg Hg/año, mientras que el total de las liberaciones mínimas se ubicó en 66,9 kg Hg/año.

### **5.5.3 Fuentes de luz con mercurio**

Para esta categoría, el toolkit distingue los siguientes tipos de lámparas:

- Lámparas fluorescentes compactas
- Tubos fluorescentes (de doble extremo)
- Lámparas de mercurio de alta presión
- Lámparas de alta presión de sodio
- Lámparas UV para bronceado
- Lámparas de haluro metálico

Las importaciones registradas en el país para estos productos se encuentran dentro de la posición 8539.3 – Lámparas y tubos de descarga excepto los de rayos ultravioletas, la cual sub-posiciona otras categorías que se describen a continuación para el caso del Uruguay.

#### **5.5.3.1 Lámparas fluorescentes compactas (LFC)**

El consumo de LFC en el Uruguay se ubica fundamentalmente en el que se hace en los hogares. Existe una fuerte política orientada al ahorro energético que incentiva el uso de estas lámparas y la sustitución de las incandescentes.

La ventaja para la cuantificación de las emisiones de esta fuente, radica en el hecho de que aproximadamente un 57% de la participación de mercado corresponde a una única marca de lámparas y la segunda marca lo hace con un 11%, con lo cual fue posible obtener datos acotados y reales en cuanto al contenido de mercurio de las lámparas que se utilizan en el país.

#### Tasa de actividad

A los efectos de la cuantificación de las liberaciones se toma como tasa de actividad las importaciones totales de LFC del año 2010, las cuales corresponden a un total de 3267009 unidades.

#### Factor de entradas y factores de distribución

De acuerdo a las investigaciones realizadas y entrevistas con empresas, el contenido de mercurio máximo y mínimo de las principales marcas comercializadas se muestra en la siguiente tabla.

<b>Marca</b>	<b>Contenido Hg (mg)</b>	
	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Philips	1,56 <sup>(1)</sup>	10 <sup>(2)</sup>
General Electric	No declara	6 <sup>(3)</sup>
Tienda Inglesa	No declara	5 <sup>(4)</sup>
Osram Sylvania	1,5 <sup>(5)</sup>	6 <sup>(5)</sup>
Otras	1,56 <sup>(6)</sup>	10 <sup>(6)</sup>

*Tabla N° 5- Contenido de mercurio máximo y mínimo de LFC por marca*

1. Product description long life E server – 2010
2. Comunicación de Philips Uruguay – 2010
3. Comunicación de Indunor Uruguay – 2011
4. Comunicación de Henderson S.A. – 2011
5. Mercury Quantity in Lamps for General Lighting Applications - Osram Sylvania – 2010
6. Valores determinados de acuerdo a los máximos dentro de cada rango, para otras marcas - 2011

Se asigna entonces como factor de entrada para las LFC un rango de (10 – 1,5) mg Hg/unidad.

Las liberaciones se calcularon tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de lámparas y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. En tal sentido, el total de liberaciones se estimó en el orden de 32,7 kg Hg/año, mientras que el total de liberaciones mínimas se ubicó en los 4,90 kg Hg/año.

#### 5.5.3.2 Tubos fluorescentes de doble extremo

El consumo de los tubos fluorescentes corresponde principalmente a “grandes generadores”; instituciones públicas y privadas, sector industrial y grandes comercios, solo LFC.

#### Tasa de actividad

Se toma como tasa de actividad, al igual que para las LFC, las importaciones totales de tubos del año 2010 que corresponden a 1231031 unidades.

#### Factor de entradas y factores de distribución

De acuerdo a las investigaciones realizadas y entrevistas con empresas, el contenido de mercurio máximo y mínimo de las principales marcas comercializadas se muestra en la tabla siguiente.

Marca	Contenido Hg (mg)	
	Min	Max
Philips	3 <sup>(2)</sup>	10 <sup>(1)</sup>
General Electric	6 <sup>(3)</sup>	15 <sup>(3)</sup>
Tienda Inglesa	NC	NC
Osram Sylvania	1,8 <sup>(4)</sup>	15 <sup>(4)</sup>
Otras	6 <sup>(5)</sup>	15 <sup>(5)</sup>

*Tabla N° -6 Contenido de mercurio máximo y mínimo de tubos fluorescentes por marca*

#### **Fuentes:**

1. Comunicación de Philips Uruguay – 2010
2. Ficha de descripción de producto - Master TLD Super 80 (Lámparas de descarga de mercurio a baja presión con envoltura tubular de 26 mm de diámetro) – 2011
3. Purchasing for Pollution Prevention, The Lowdown on Mercury in Fluorescent Lamps - INORM Inc. 2003
4. Mercury Quantity in Lamps for General Lighting Applications - Osram Sylvania – 2010
5. Valores determinados de acuerdo a los máximos dentro de cada rango, para otras marcas - 2011

Se asigna entonces como factor de entrada para las LFC un rango de (15 – 1,8) mg Hg/unidad.

Las liberaciones se han calculado tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de lámparas y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. A continuación se presentan las liberaciones máximas y mínimas. Así, el total liberaciones máximas se estimó en 18,5 kg Hg/año. El total de liberaciones mínimas fue de 2,22 kg Hg/año

#### 5.5.3.3 Lámparas de vapor de sodio y mercurio, y lámparas de halogenuros metálicos

Los tres tipos de lámparas son importadas con el mismo código aduanero que figura en la tabla N° 6.

#### Tasa de actividad

Se toma como tasa de actividad las importaciones totales de los tres tipos de lámparas para el año 2010 que corresponden a 267878 unidades.

#### Factor de entradas y factores de distribución

De los estudios de mercado local realizados sólo se obtuvo para este tipo de lámparas la respuesta de un único importador que brindó información acerca de los modelos más comercializados y el contenido de mercurio de las mismas.

La tabla siguiente resume la información brindada.

Modelo	Marca	Tipo	Contenido de Hg (mg)
--------	-------	------	----------------------

MASTER HPI-T Plus 400W E40	Philips	Haluro metálico	27
SON-T 150W E40	Philips	Vapor de sodio	20
SON-T 250W E40	Philips	Vapor de sodio	20

Tabla N° 7 - Contenido de mercurio por modelo de lámpara de Alta Intensidad de Descarga Philips

El toolkit por otra parte presenta un rango de contenido de mercurio para este tipo de lámparas de (10 – 30) mg Hg por unidad, con lo cual cubre el rango de los modelos presentados en la tabla. Dado que no se dispone de una visión más global del mercado, se toma como factor de entrada el recomendado por el toolkit.

Los factores de distribución adoptados son los recomendados por el toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de lámparas y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. A continuación se presentan las liberaciones máximas y mínimas.

En tal sentido, el total liberaciones máximas se ubicó en los 8,04 kg Hg/año mientras que el total de liberaciones mínimas es de 2,68 kg Hg/año

#### 5.5.3.4 Lámparas ultravioletas para bronceado

Estas lámparas son utilizadas en los centros estéticos y en general corresponden a luces fluorescentes (tubos o lámparas) que emiten luz ultravioleta pero la configuración de éstas es distinta a la configuración de las de uso doméstico o institucional. Esto hace que por ejemplo las primeras requieran de protección para la vista al exponerse.

El código arancelario en el que se encontraron lámparas UV es el 853949 - *Lámparas y tubos rayos IR, los demás*. El total de lámparas UV contabilizadas en el año 2010 corresponde a 922. Aun asumiendo que el 100% de ellas fueran destinadas al bronceado, y tuvieran un contenido máximo de 25mg de Hg/item según el toolkit, las emisiones totales de esta fuente corresponderían a 0.02 kg de Hg/año.

El resumen de liberaciones totales por fuentes de luz estaría, en el caso de las liberaciones máximas por el orden de los 59,2 kg Hg/año y para las liberaciones mínimas en 9,80 kg Hg/año

#### 5.5.4 Pilas con mercurio

Las pilas son ampliamente utilizadas por todos los sectores de la sociedad para diversos usos. El contenido de mercurio en ellas varía dependiendo de su composición y de su “tipo” (botón, cilíndrica u otras). Los datos encontrados desde las posiciones aduaneras de importaciones para las importaciones totales para el año 2010, registradas para cada tipo, se muestran a continuación.

Tipo de pilas	Código arancelario	Importaciones totales 2010 (kg)
<b>Pilas y baterías de dióxido de manganeso</b>	<b>850610</b>	<b>921185</b>
<b>Pilas y baterías de óxido de mercurio</b>	<b>850630</b>	<b>178,25</b>
<b>Pilas y baterías de óxido de plata</b>	<b>850640</b>	<b>1420,35</b>
<b>Pilas y baterías de aire Cinc</b>	<b>850660</b>	<b>2316,39</b>
<b>Pilas y baterías, las demás</b>	<b>850680</b>	<b>15024,43</b>

Tabla N° 8 - importaciones totales 2010 de pilas por código arancelario

Tasa de actividad

Según los factores de entrada asignados en el toolkit, correspondería diferenciar para la cuantificación, las pilas de óxido de mercurio (cualquiera sea su forma), las de forma botón del resto de los compuestos presentados en la tabla, y el conjunto de todas las pilas alcalinas de forma distinta a botón. De los registros de importaciones, para cada código arancelario, fueron identificadas aquellas pilas que en su descripción figuraba la palabra “botón”, de manera que todas fueron segregadas de acuerdo a la clasificación del inventario para la correcta cuantificación de las liberaciones. Conforme a esto, la información que se obtuvo se presenta en la tabla siguiente.

Tipo de pilas	Importaciones totales 2010 (kg)
Pilas y baterías de dióxido de manganeso - botón	25,3
Pilas y baterías de óxido de mercurio (todas)	178,2
Pilas y baterías de óxido de plata - botón	52,2
Pilas y baterías de aire Cinc - botón	1111
Pilas y baterías alcalinas – las demás	921153

Tabla N° 9 - importaciones totales 2010 de pilas por tipo y material

Factor de entrada y factores de distribución

En total, tres marcas internacionales de pilas son las que abarcan casi la totalidad del mercado de alcalinas. Fueron brindados certificados de análisis de 5 modelos de pilas alcalinas comercializadas por la empresa líder y la información extraída de dichos certificados se resume en la tabla siguiente.

N° modelo	Contenido de Hg (% peso)	LD ó LC (% peso)
1	<LD	4,0E-05
2	<LD	5,0E-06
3	<LC	1,3E-05
4	<LC	1,7E-05
5	1,5E-05	3,0E-06

Tabla N° 10 - resultados ensayos pilas

Donde el LD y LC corresponden a los límites de detección y cuantificación de la metodología respectivamente. Por toda la información recabada y considerando un escenario conservador, se asigna como factor de entrada para el 100% de las pilas alcalinas importadas, el resultado del ensayo del modelo N° 5 presentado en la tabla N° 31.

Tomando en consideración que no fue posible obtener datos específicos de los tipos de pilas presentados en la tabla N° 31, los factores de liberación fueron asignados de acuerdo al toolkit

en un 100% a residuos generales. En tal sentido, el total de liberaciones quedó estimado en el orden de los 70,9 kg Hg/año

#### **5.5.5 Poliuretanos con catalizador de mercurio**

Los usos del poliuretano son muy variados (diversidad de plásticos flexibles, materiales para aislamiento, electrónica, suelas de calzado, entre otros) y existe muy poca información a nivel mundial sobre el contenido de mercurio en todos los productos en los que se aplica. De hecho el consumo de mercurio debido a estos productos era considerado como no significativo o nulo en la mayoría de los países, cuando a nivel mundial se emplean anualmente aproximadamente 100 toneladas de mercurio con este fin (dato 2008).

##### Tasa de actividad

Al igual que el caso de los interruptores, disponer de información de productos con poliuretano con mercurio y su cuantificación es tan complejo que las estimaciones de las emisiones asociadas a su uso y disposición se han efectuado teniendo en cuenta el consumo global de mercurio (100 toneladas) y estimando el consumo de mercurio por habitante. La tasa de actividad corresponde entonces al número de habitantes del Uruguay.

##### Factor de entrada y factores de distribución

Para el factor de entrada se utilizó el rango recomendado por el toolkit como consumo máximo y mínimo de mercurio por habitante.

Las liberaciones se han calculado tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de poliuretanos con mercurio y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. De tal forma que el total de liberaciones máximas se ubica en 167,2 kg Hg/año y el total de liberaciones mínimas es de 33,4 kg Hg/año

#### **5.5.6 Biocidas y pesticidas con mercurio**

A través de la resolución del 19 de mayo de 1988, la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca del Uruguay revocó el registro y la autorización de venta de plaguicidas agrícolas a base de mercuriales para todo uso agronómico y otorgó un plazo de seis meses a partir de la fecha de vigencia de dicha resolución, para que todo tenedor a cualquier título de plaguicidas a base de mercuriales, los retirara de la venta. No se presentan por lo tanto emisiones de esta fuente.

#### **5.5.7 Pinturas con mercurio**

Actualmente, en el Uruguay se considera que ya no se utilizan compuestos mercuriales con estos fines y en caso de llegar a producirse pinturas con agregado de éstos, el ingreso de mercurio estaría considerado en la categoría de “productos químicos”. No se presentan por lo tanto emisiones de esta fuente.

#### **5.5.8 Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario**

Dentro de estos productos se ha identificado al timerosal como producto de consumo en el Uruguay, un compuesto organomercúrico que es utilizado como agente preservante y antiséptico en productos farmacéuticos y vacunas, donde el mercurio representa aproximadamente el 49% en peso del mismo.

##### Tasa de actividad

La tasa de actividad de esta categoría ha sido calculada como el total de importaciones de timerosal para el año 2010, las cuales ascendieron a 30,4kg.

#### Factor de entrada y factores de distribución

El aporte de mercurio de esta categoría se ha considerado únicamente para el cálculo de las liberaciones totales anuales (suma de todas las categorías) pero no se ha sumado a las liberaciones discriminadas por vía. De acuerdo entonces con la tasa de actividad y el factor de entrada, las liberaciones de esta categoría corresponden a 15,1 kg Hg/año.

#### **5.5.9 Cosméticos y otros productos relacionados**

No fueron identificados productos individuales elaborados con mercurio. En caso que existieran, fueran de producción nacional y se realizara un agregado de mercurio o compuesto del mismo, las entradas de mercurio ya están consideradas a través de las importaciones de los productos químicos como tales. No se presentan por lo tanto emisiones asociadas a esta categoría.

### **5.6 OTROS USOS INTENCIONALES DE MERCURIO EN PRODUCTOS O PROCESOS**

En Uruguay tampoco se producen ni exportan ninguno de los productos clasificados por el Toolkit en la categoría N° 6, “Otros productos con uso intencional de Mercurio”. El consumo de estos productos según el toolkit queda nuevamente definido únicamente por las importaciones de los mismos, expresadas en base anual.

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.6		<b>Otros usos intencionales en productos y procesos</b>	
	5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	s
	5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	s
	5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	s
	5.6.4	Uso de mercurio en rituales religiosos y medicina tradicional	?
	5.6.5	Usos de productos misceláneos, usos de mercurio metálico y otras fuentes	?

#### **5.6.1 Amalgamas dentales**

El mercurio utilizado en las amalgamas puede ser adquirido por los odontólogos en forma de mercurio elemental o bien en ampollas donde ya se encuentran también el resto de los metales que conforman la amalgama y sólo necesitan ser mezclados. Las amalgamas de mercurio pueden ser sustituidas por otros compuestos tipo resinas pero no se encontraron datos del grado de sustitución.

#### Tasa de actividad

Las importaciones de amalgamas y el total de importaciones de mercurio (mercurio de las amalgamas más el mercurio elemental) con fines odontológicos desde el 2007 – 2010 se muestran en la tabla 32. Para las amalgamas se ha adoptado un contenido del 50% en peso correspondiente a mercurio según recomendación del toolkit.

Año	Total importaciones (kg amalgamas preparadas)	Total importaciones (kg Hg)
2007	302,83	151,4

2008	82	269,5
2009	106,66	53,3
2010	- - -	550,0
Promedio		<b>256,0</b>

*Tabla N° 11- importaciones de amalgamas y mercurio con fines odontológicos, 2007 – 2010*

El factor de entrada para amalgamas se define entonces como las importaciones totales de mercurio con fines odontológicos, que para el año 2010 corresponden a 550 kg.

Considerando la población total del país para el año 2010 es de 3.344.938 habitantes, el consumo de mercurio por el uso de amalgamas sería de 0.16g de mercurio por habitante por año. Según datos del toolkit la entrada de mercurio debido a esta fuente podría realizarse (en caso de falta de información específica) considerando un consumo anual por habitante en un rango de 0.050g a 0.2g de mercurio. El valor obtenido con datos reales cae en la franja superior del rango recomendado.

#### Factor de entrada y factores de distribución

Se adoptó un valor del 50% en peso de mercurio para las amalgamas y el mercurio elemental como tal y se obtiene así la cantidad de mercurio total utilizado para amalgamas, por lo que el factor de entrada corresponde a un valor de 1.

Los factores de distribución en las etapas de preparación, uso y disposición de las amalgamas son las definidas por el toolkit.

Cuerpo receptor	Emisiones totales de Hg (kg Hg/año)
Aire	11,0
Agua	242,0
Suelo	0,00
Residuos grales.	132,0
T.E.R.	132,0
Productos	33,0
<b>Total</b>	<b>550,0</b>

### **5.6.2 Manómetros y medidores**

Dentro de esta categoría pueden distinguirse tres usos principales para los medidores de presión: 1) medición de presión arterial: esfigmomanómetros, 2) medición de presión atmosférica: barómetros y 3) usos industriales u otros: manómetros (genérico).

A efectos de la cuantificación, se considerarán solamente dos grupos; los esfigmomanómetros mercuriales por un lado, y por otro, en forma conjunta, los manómetros (genéricos) más los barómetros.

#### **5.6.2.1 Esfigmomanómetros**

Los esfigmomanómetros de mercurio son utilizados principalmente en los centros de salud. En este sentido, resulta bastante difícil entonces -con los datos disponibles- poder calcular la cantidad de esfigmomanómetros que corresponden únicamente a verificaciones iniciales, por lo que sí podría entonces relacionarse más bien directamente al consumo o importación anual.

### Tasa de actividad

A pesar de lo expuesto anteriormente, la recomendación para la cuantificación de liberaciones es realizar estimaciones con base en datos anuales, y ser consistente en ello a lo largo de todas las categorías. Por ello, y sabiendo que el número constituye una estimación por exceso, se definió como tasa de actividad el número de esfigmomanómetros verificados en el año 2010 como un aproximado del consumo; el cual se ubicó en 1425 unidades.

### Factor de entrada y factores de liberación

Como factor de entrada se adoptó el rango recomendado por el toolkit el cual corresponde a (70 – 85) g Hg/item. Las liberaciones se han calculado también tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de esfigmomanómetros de mercurio y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. En consecuencia, el total liberaciones máximas se estimó en 121,1 kg Hg/año y el total liberaciones mínimas se ubicó en 99,8 kg Hg/año.

#### 5.6.2.2 Barómetros y manómetros industriales o de uso general

Algunos barómetros contienen mercurio y otros no. Generalmente, los barómetros de mercurio son utilizados en las estaciones meteorológicas y rara vez se encuentran en otros ambientes, donde son más comunes los aneroides por su practicidad.

En cuanto a manómetros, éstos pueden ser utilizados con diversos fines de aplicación: industrial, laboratorio u otros fines, pero no se tienen datos nacionales sobre usos específicos.

### Tasa de actividad

Para la obtención de los datos de importaciones de barómetros, se realizó una búsqueda en la base de datos de URUNET por la palabra “BAROMETRO” y “BAROMETROS”. Se obtuvo un total de 24 importaciones con 5888 unidades importadas para el año 2010. Sin embargo, dado que las descripciones de las unidades son muy genéricas, no puede deducirse si los barómetros son de mercurio o no. Las posiciones aduaneras a las que corresponden las importaciones son las siguientes: 9014.90.00; 9015.80.90; 9025.11.90; 9025.80.00

En cuanto a los manómetros, éstos son importados dentro de la posición “90.26 – Instrumentos y Aparatos para medida o control de caudal, nivel, presión u otras; 90.26.20.10 – Manómetros”. En el 2010 se importaron un total de 71.806 manómetros pero al igual que los barómetros, no es posible diferenciar los de mercurio a partir de las descripciones.

Ante la falta de información específica sobre las importaciones de estos instrumentos se utilizó como tasa de actividad, un factor de consumo por habitante recomendado por el toolkit. La tasa de actividad corresponderá entonces al número de habitantes del país.

### Factor de entrada y factores de liberación

Se toma como factor de entrada el valor de consumo sugerido por el toolkit de 0.005g de mercurio por habitante. Las liberaciones también se han calculado tomando los factores de distribución del toolkit en el contexto de la no existencia de recolección separada de barómetros y manómetros de mercurio y la mayor parte de los residuos generales son recolectados y manejados en forma controlada. En consecuencia, el total liberaciones fue de 16,7 kg Hg/año, en este caso, expresadas como un valor único.

### Resumen de liberaciones totales

En las tablas N° 13 y N° 14 se presentan las liberaciones totales máximas y mínimas respectivamente, considerando todos los tipos de medidores de presión mercuriales.

Tipo medidor Cuerpo receptor		Emisiones totales máximas (kg Hg/año)		
		Esfigmomanómetros	Barómetros y manómetros	total
Aire		12,1	1,67	13,8
Agua		36,34	5,02	41,4
Suelo		-	-	-
Residuos <b>grals.</b>		72,7	10,0	82,7
T.E.R.		-	-	-
<b>total</b>		121,1	16,7	<b>137,8</b>

Tabla N° -12 Resumen de liberaciones máximas de Hg por medidores de presión

Total liberaciones máximas: **137,8** kg Hg/año

Tipo medidor Cuerpo receptor		Emisiones totales mínimas (kg Hg/año)		
		Esfigmomanómetros	Barómetros y manómetros	total
Aire		10,7	1,67	12,4
Agua		32,1	5,02	37,1
Suelo		-	-	-
Residuos grals.		64,1	10,0	74,2
T.E.R.		-	-	-
<b>total</b>		106,9	16,7	<b>123,6</b>

Tabla N° 13 - Resumen de liberaciones mínimas de Hg por medidores de presión

Total liberaciones mínimas: **123,6** kg Hg/año

### 5.6.3 Productos químicos y equipos de laboratorio

#### 5.6.3.1 Productos químicos

El mercurio es utilizado en los laboratorios en una variedad de reactivos. Los reactivos con mercurio son importados de acuerdo a las siguientes posiciones aduaneras:

2852.00	Compuestos inorgánicos u orgánicos, de mercurio, excepto las amalgamas	
	2852.00.1	Compuestos inorgánicos de mercurio
	2852.00.11	Óxidos
	2852.00.12	Cloruro de mercurio I (cloruro mercurioso)
	2852.00.13	Cloruro de mercurio II (cloruro mercúrico) para uso fotográfico

	2852.00.14	Cloruro de mercurio II (cloruro mercúrico) presentado de otro modo
	2852.00.19	Los demás
2852.00.2	Compuestos orgánicos de mercurio	
	2852.00.21	Acetato de mercurio
	2852.00.22	Timerosal
	2852.00.23	Estearato de mercurio
	2852.00.24	Lactato de mercurio
	2852.00.25	Salicilato de mercurio
	2852.00.29	Los demás

Además son consideradas las importaciones de mercurio elemental con el código “28054000 – Mercurio” que no son para fines odontológicos (ya cuantificados por amalgamas) ni de uso en procesos industriales (industria cloro-soda).

Existen además, ciertos reactivos combinados, o reactivos que se encuentran dentro de kits, que contienen mercurio pero que no son importados bajo ninguno de los códigos mencionados anteriormente, por lo cual no es posible cuantificarlos directamente de los registros de importaciones.

#### Tasa de actividad

Para los productos químicos fueron consideradas todas las importaciones realizadas en el año 2010 de acuerdo a los códigos presentados. Asimismo, se contactaron diez empresas proveedoras de reactivos de laboratorio a las que se les consultó sobre la importación de productos con mercurio para el mismo año. Los datos fueron corroborados con los registros de importaciones verificando la existencia de todas las que fueron importadas con posiciones específicas de mercurio. También fueron revelados otros reactivos combinados que contienen mercurio pero que son importados a través de otras posiciones distintas.

El factor de entrada para todos los productos químicos corresponde al total de importaciones de los mismos expresados en kilogramos para cada uno de ellos; es decir que las cuantificaciones se realizaron producto a producto, considerando su fórmula química.

#### Factor de entrada y factores de distribución

El factor de entrada para cada reactivo corresponde al factor correspondiente de mercurio de acuerdo a la fórmula química correspondiente, por lo tanto es un valor único. Para los reactivos combinados en los cuales se tiene un rango del contenido aproximado de mercurio, se adopta el valor máximo.

En cuanto a los factores de liberación, el toolkit no brinda información sobre los mismos, por lo cual las estimaciones de las liberaciones son consideradas únicamente para calcular el aporte global de esta categoría.

A continuación se presentan los cálculos de las liberaciones correspondientes.

Producto	Fórmula	Factor Hg	Cantidad importada anual (kg)	Contenido de mercurio (kg)
Acetato de mercurio	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> Hg	0,63	12,8	8,04
Cloruro de mercurio (II)	HgCl <sub>2</sub>	0,74	0,20	0,15

Nitrato de mercurio	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,62	1	0,62
Sulfato de Mercurio	HgSO <sub>4</sub>	0,68	1	0,68
Tiocianato de mercurio	Hg(SCN) <sub>2</sub>	0,63	2,6	1,65
Yoduro de mercurio	HgI <sub>2</sub>	0,44	1,12	0,49
Estándar para AA 1g Hg/L	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		700 mL	0,0007
Mercurio elemental	Hg	1	0	0,0
Óxido de mercurio	HgO	0,93	0,3	0,28
Reactivos DQO	HgSO <sub>4</sub> (0,1 - 1)%	0,007	181,6	1,23
<b>TOTAL</b>				<b>11,9</b>

### 5.6.3.2 Equipos de laboratorio

En cuanto a los instrumentos de laboratorio que contienen o pueden contener mercurio, éstos no son importados bajo códigos específicos ni se distingue el uso de mercurio en los mismos.

En el Uruguay existen aproximadamente entre siete y diez laboratorios que analizan mercurio; si se asume que por cada laboratorio hay dos lámparas, se tendría un máximo de veinte lámparas de cátodo hueco de mercurio. Se considera que las emisiones de esta cantidad de lámparas no son significativas y no se incluyen en los cálculos de emisiones totales de mercurio.

### 5.6.4 Uso de mercurio en rituales religiosos o medicina tradicional

Se desconoce si se utiliza mercurio con estos fines en el Uruguay. Sin embargo, en caso de llegar a existir, el mercurio debe ser importado bajo forma elemental o como compuesto, por lo tanto ya estaría cuantificado en la categoría 6.3.

### 5.6.5 Usos misceláneos

No se consideran otros productos relevantes en el país para la cuantificación de emisiones.

## 5.7 PRODUCCION DE METALES RECICLADOS (PRODUCCION SECUNDARIA)

Esta categoría incluye el reciclado de mercurio, de metales ferrosos y de metales no ferrosos. En el país no existe reciclado de mercurio. Los materiales ingresados a los hornos son de diversos orígenes y calidades, pudiendo tratarse de chatarra, lingotes, escorias de fundición, lodos, entre otros. De este modo pueden contener restos diversos dependiendo de la preselección del material, la calidad y las especificaciones del producto a obtener<sup>3</sup>.

Los portes de actividad son muy diversos, existiendo un claro corte entre una acería de gran volumen (100.000 t), otras de mediano porte (30 toneladas anuales) y otras muy pequeñas (varias de ellas no alcanzan a procesar 10 toneladas de material al año), que han ido disminuyendo sus niveles de actividad o son empresas relativamente nuevas que mantienen la producción en condiciones precarias y con grandes incertidumbres. Parte del sector se desarrolla en la informalidad, principalmente la fundición de plomo, y la fundición de cables para extraer cobre o aluminio.

<sup>3</sup> Fuente: Informe de diagnóstico de situación del desempeño ambiental del sector de fundiciones y de la aplicabilidad de las herramientas de control, DINAMA, 2009

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.7		<b>Producción de metales reciclados (producción secundaria)</b>	
	5.7.1	Producción de mercurio reciclado	n
	5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	s
	5.7.3	Producción de otros metales reciclados	S

#### 5.7.1 **Producción de mercurio reciclado**

No hay producción de mercurio reciclado en el país.

#### 5.7.2 **Reciclaje de metales ferrosos**

La actividad de reciclaje (fundición) de metales ferrosos se halla fuertemente concentrada, procesando una empresa cerca del 99 % de la chatarra ferrosa ofertada en el mercado. La fuente de mercurio en esta actividad proviene principalmente de elementos como interruptores o llaves, contenidos en los productos desechados.

Sin embargo, el sector en Uruguay, y posiblemente en otros países, tiene características que lo hacen particular, dado que antes de llegar a la empresa de fundición, los distintos productos (autos, heladeras y otros electrodomésticos) pasan por diversos actores, en general pequeños y en muchos casos informales, que los desarman y toman distintos elementos de valor.

#### Tasa de actividad y factor de entrada

Existe un bajo número de vehículos que entran enteros a la empresa de fundición, por circunstancias vinculadas a seguros de automotores, los que lo hicieron en el 2009 fueron 580 unidades, que representan solo 350 de las 57.100 toneladas de chatarra procesada.

No se dispone de datos nacionales sobre el contenido de mercurio por lo cual se calculan las estimaciones como máximas y mínimas adoptando el rango por defecto, sugerido por el toolkit, (0,2 – 2) g Hg/vehículo.

#### Factores de distribución

En lo que respecta a la distribución, los factores sugeridos por el toolkit son arbitrarios, e indicativos de que las vías Aire, Tierra y Desechos Generales podrían ser importantes. La principal empresa tiene controles de emisión que incluyen retención de polvos que luego son dispuestos en un relleno de seguridad propio. Estos polvos se han analizado por la empresa en un laboratorio externo dando valores por debajo de lo detectable en el polvo (< 1mg Hg/kg) y en el lixiviado (<0,005 mg Hg/L). Se modifican los factores de distribución sugeridos en el instrumental para incluir el tratamiento específico, también en forma arbitraria.

Así, hechas las estimaciones pertinentes para esta fuente, se obtuvo que el total de liberaciones máximas fue de 3,16 kg Hg/año y el total de liberaciones mínimas fue de 0,32 kg Hg/año.

Es importante notar que el valor estimado de las liberaciones tiene muchas imprecisiones. No se incluyen allí otros equipos como heladeras y electrodomésticos y los datos de los vehículos suponen un cierto contenido en mercurio, que se desconoce.

### 5.7.3 Reciclaje de metales no ferrosos

Los metales no ferrosos como aluminio, cobre o cinc, que se reciclan habitualmente en muchos países, pueden contener mercurio, pero están poco descritos, como lo plantea el instrumental. El mercurio contenido en los minerales originales, no termina en el producto en forma significativa, dado los procesos de producción de los mismos. Por tanto, al igual que en el reciclaje de metales ferrosos, las fuentes principales serán elementos que contienen mercurio como interruptores, llaves, termostatos o similares.

En el país, se destaca en volumen el procesamiento de chatarra de aluminio, le siguen el cobre, plomo, latón y bronce.

De las treinta fundiciones de las que se dispone datos de producción, siete superan las cincuenta toneladas anuales de material ingresado a los hornos. Los principales productos de la fundición no ferrosa son: lingotes de aluminio, lingotes de plomo, perfiles de aluminio, alambrón de cobre, diversas piezas artesanales de cobre, bronce o aluminio.

No existe información sobre el factor de entrada, y no se sugieren factores de entrada ni de distribución en el instrumental, por lo que los datos pretenden presentar brevemente el sector a nivel nacional.

## 5.8 INCINERACIÓN DE RESIDUOS

Las fuentes a considerar bajo ésta categoría se detallan en la tabla a continuación:

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.8		<b>Incineración de desechos</b>	
	5.8.1	Incineración de desechos municipales o generales	n
	5.8.2	Incineración de desechos peligrosos	s
	5.8.3	Incineración de desechos médicos	s
	5.8.4	Incineración de lodos cloacales	n
	5.8.5	Quema informal de desechos	s

### 5.8.1 Incineración de residuos municipales/generales

No existe incineración de desechos municipales en forma autorizada, si bien se tiene conocimiento de la ocurrencia de quemas en los vertederos. No se presentaron por lo tanto, liberaciones de esta fuente

### 5.8.2 Incineración de residuos peligrosos

Dentro de esta categoría se consideran a los residuos de productos de consumo y otros residuos industriales que contienen mercurio. En el caso de los productos de consumo, la mayoría van a residuos generales y luego a vertedero municipal. Al no existir la incineración de desechos municipales no habría incineración de estos residuos peligrosos. En cuanto a desechos industriales que contienen mercurio, se han expuesto las formas de disposición en la categoría 5.4.2 y en ningún caso se practica la incineración. No se presentaron entonces datos sobre las liberaciones de esta fuente.

### 5.8.3 Incineración de residuos médicos/hospitalarios

En el país, actualmente existe un incinerador de residuos hospitalarios y un incinerador para residuos provenientes esencialmente de la industria farmacéutica. Además una empresa cementera está autorizada para incinerar algunos tipos de desechos.

En Uruguay la reglamentación de los residuos hospitalarios / sanitarios, establece la separación de los residuos en distintos tipos: infecciosos, cortantes o punzantes, especiales y comunes.

#### Tasa de actividad

Las estimaciones dieron cuenta de que se incineraron 435,9 toneladas de desechos (calculados extrapolando seis meses a doce, desde septiembre del 2009 a febrero del 2010).

#### Factor de entrada

El instrumental sugiere un rango de factor de entrada amplio, de 8 a 40 mg/t. El menor valor del rango se espera sea aplicable a situaciones donde partes sustanciales de los productos con mercurio sean retirados de los desechos.

En Uruguay, la incineración de desechos de origen médico no incluye los desechos comunes, por tanto, algunos productos como baterías y parte de los termómetros y esfigmomanómetros que son dispuestos con los residuos comunes, no formarán parte de lo incinerado.

Dada la variedad de situaciones que se presentan al momento de desechar los residuos con mercurio, se decidió estimar las liberaciones en rango máximo y mínimo, utilizando el rango propuesto por el toolkit.

#### Factores de distribución

Los factores de distribución sugeridos en el instrumental para este tipo de tratamiento son 0,5 al aire y 0,5 a tratamiento específico de desechos. Dadas las características de disposición (a vertedero / relleno en lugar de tratamiento específico), se propone el cambio de tratamiento específico de residuos por residuos generales. En consecuencia, el total de liberaciones máximas se estimó en 17,4 kg Hg/año mientras que el total de liberaciones mínimas fue de 3,49 kg Hg/año.

#### **5.8.4 Incineración de lodos de saneamiento**

No se realiza incineración de lodos de saneamiento en el país.

#### **5.8.5 Quema informal de residuos**

La quema informal de residuos existe en el país y se lleva a cabo en algunos casos en proporciones considerables del total de residuos generados. Sin embargo, no existen datos precisos sobre el volumen de residuos que son quemados de esta forma, reuniendo así de informes nacionales sobre la temática, porcentajes de quema estimados para efectuar los cálculos.

#### Tasa de actividad

Como tasa de actividad se toman las toneladas de residuos incinerados informalmente. Para obtener este valor se trata en forma separada la información de Montevideo, el resto de los departamentos y la población rural. Para el interior del país se utilizan los factores de generación de residuos sólidos (totales) existentes para cada departamento y la población al año 2010 de cada uno. Al total de residuos generados en cada departamento se le aplica un porcentaje de quema del 1%. Para el área rural, se toma la población al año 2010, la tasa de generación de residuos totales y se aplica un porcentaje de quema del 25%. Para Montevideo se considera la

incineración sobre residuos sólidos urbanos, residuos sólidos industriales y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Al total, se le aplica un porcentaje de quema del 1,5%. Los datos detallados y cálculos se presentan en el Anexo IV – Residuos. Con estas consideraciones se obtuvo una tasa de actividad de 60.274 toneladas anuales de desechos incinerados. Debe tenerse en cuenta que esta tasa de actividad esté probablemente sub-estimada, debido a que, al menos para los departamentos del interior del país, la información sobre generación de residuos está basada en datos de disposición de los mismos en SDF que reciben más de 10 toneladas de residuos por día y algunos otros pocos particulares.

#### Factor de entrada y factores de liberación

No se dispone de datos nacionales sobre el contenido de mercurio en los desechos. El toolkit propone en estos casos, un rango de (1 – 10)g Hg/t de desechos. Dado que el hecho de adoptar el valor máximo de dicho rango conduce a un resultado que se considera sobreestimado (unos 600 kg Hg) siendo la quema informal en general un bajo porcentaje del total de residuos, se decidió presentar las emisiones de esta fuente considerando un factor de entrada de 1 g Hg/t. Este valor, el mínimo del rango, está también sustentado por las consideraciones expresadas en el punto 5.9.1.

En cuanto a los factores de distribución, dada la práctica, el 100% de las liberaciones de mercurio se asignan al aire. A continuación se presentan los cálculos para las liberaciones.

Emisiones totales de Hg por incineración de residuos	=	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">TA (t inc./año)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3272</td> </tr> </table>	TA (t inc./año)	3272	x	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">FE (g Hg/t)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1,0</td> </tr> </table>	FE (g Hg/t)	1,0	x	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">FD al aire</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> </table>	FD al aire	1	=	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Resultado (kg Hg/año)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>60,3</b></td> </tr> </table>	Resultado (kg Hg/año)	<b>60,3</b>
TA (t inc./año)																
3272																
FE (g Hg/t)																
1,0																
FD al aire																
1																
Resultado (kg Hg/año)																
<b>60,3</b>																

## **5.9 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

La mayoría de los vertederos de disposición de desechos generales formales del país no tiene todos los criterios y controles recomendados (impermeabilización, tratamiento de lixiviados), por lo que son una fuente de contaminantes hacia la tierra, aire y agua.

En cuanto a la gestión del tratamiento de aguas residuales en la capital del país, la misma está a cargo de la Intendencia de Montevideo, mientras que en el resto del país está a cargo de la empresa de propiedad estatal Obras Sanitarias del Estado (OSE), que se ocupa de la potabilización del agua en todo el país.

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.9		<b>Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales</b>	
	5.9.1	Rellenos sanitarios, depósitos controlados	s
	5.9.2	Disposición difusa con cierto grado de control	s
	5.9.3	Disposición local informal de desechos de la producción industrial	s
	5.9.4	Vertederos informales de desechos	s
	5.9.5	Sistemas/tratamiento de aguas residuales	s

### **5.9.1 Rellenos sanitarios y vertederos controlados**

De acuerdo a las consideraciones del instrumental y la categorización de los sitios de disposición que éste define, de todos los sitios de disposición final existentes en el país, solamente cuatro de ellos son considerados como adecuados. Éstos corresponden a los de los departamentos de Montevideo, Maldonado (Las Rosas) y las ciudades de Artigas y San José de Mayo.

#### Tasa de actividad

La tasa de actividad de esta subcategoría quedó definida por las toneladas de residuos anuales depositados en los rellenos y vertederos considerados, y se obtuvo una tasa de actividad de 1.826.674 toneladas anuales de desechos dispuestos.

#### Factor de entrada y factores de distribución

Como se mencionó en el punto sobre quema informal de residuos, no se dispone de datos nacionales sobre el contenido de mercurio en los desechos y el toolkit propone en consecuencia, un rango de (1 – 10)g Hg/t de desechos. En este caso, el adoptar el valor máximo del rango del factor de entrada, conduce a un aporte de mercurio de esta fuente de unos 18.000 kg Hg/año. Este valor fue descartado completamente por ser excesivamente alto para nuestras condiciones, y considerando que el aporte principal de mercurio en los vertederos es el proveniente de los productos que contienen mercurio, se adoptó como factor de entrada único un valor de 1 g Hg/t, lo cual conduce a una estimación más coherente.

El total de las liberaciones quedó estimado en 1827 kg Hg/año

#### **5.9.2 Disposición difusa bajo cierto control**

Esta subcategoría, de acuerdo al toolkit, cubre la disposición de ciertos tipos de residuos debajo de carreteras, construcciones, entre otros, bajo procedimientos controlados y con cierta retención de contaminantes. No se consideran en forma separada este tipo de disposición, ya que de estar presentes han sido cuantificadas bajo “Tratamiento/disposición específico de sector”.

#### **5.9.3 Disposición local informal de residuos industriales**

No se realizan estimaciones puntuales para esta subcategoría.

#### **5.9.4 Disposición informal de residuos generales**

En esta subcategoría, no solamente se consideran las disposiciones sin ningún tipo de control, sino que también está incluido cualquier SDF que no cuente con las condiciones apropiadas para su funcionamiento y por ende no esté considerado en la subcategoría 5.9.1. Es así que la mayoría de los SDF existentes en el país, aun operativos bajo “control” de los gobiernos departamentales, califican dentro de esta subcategoría.

#### Tasa de actividad

Los datos detallados y cálculos se presentan en el Anexo IV – Residuos. Con estas consideraciones se obtuvo una tasa de actividad de 1.794.436 toneladas anuales de desechos dispuestos en estos sitios.

#### Factor de entrada y factores de liberación

Como factor de entrada se adopta el mismo valor de 1 g Hg/t y los factores de distribución los sugeridos por el toolkit. En consecuencia, el total de

A continuación se presentan los cálculos para las liberaciones liberaciones es de 1794 kg Hg/año.

### 5.9.5 Sistemas y tratamiento de aguas residuales

Al igual que para los residuos, la fuente de mercurio presente en las aguas residuales corresponde a los residuos de los productos que lo contienen.-En este trabajo, se han tomado los datos del “Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos; Uruguay 2002 – 2003” con el objetivo de tener una estimación global del aporte de esta fuente.

#### Tasa de actividad

La tasa de actividad consiste en los metros cúbicos de aguas residuales que son vertidas, discriminadas de acuerdo al tipo de tratamiento que reciben. Los datos obtenidos de la fuente bibliográfica mencionada se muestran en la tabla N° 35.

Referencia tratamiento	Tipo de tratamiento	Efluente anual (l)
A	Saneamiento con tratamiento	1,27E+10
B	Saneamiento con remoción de sólidos y saneamiento sin tratamiento	1,17E+11
C	Descarga directa de aguas residuales	1,17E+11

Tabla N° 14 – Vertido anual de aguas residuales

#### Factor de entrada y factores de distribución

No se dispone de datos respecto al contenido de mercurio de los distintos vertidos en las diferentes plantas de tratamiento ni otros puntos de vertido. Siguiendo el mismo criterio que los residuos sólidos, se toma un único valor recomendado por el toolkit, que corresponde al extremo inferior del rango. Así se adopta como factor de entrada unos 0.5 mg Hg/m<sup>3</sup>. En cuanto a los factores de distribución, los mismos presentan diferencias dependiendo del tipo de tratamiento al que se sometan las aguas residuales. En este sentido, en el cuadro siguiente, se muestra el resumen de liberaciones totales.

Cuerpo receptor \ Tipo tmto.	Emisiones totales (kg Hg/año)			
	A	B	C	Total
Aire	-	-	-	-
Agua	3,18	52,7	58,5	114,3
Suelo	-	-	-	-

Residuos generales	1,91	5,85	-	7,76
T.E.R.	1,27	-	-	1,27
<b>total</b>	<b>6,4</b>	<b>58,5</b>	<b>58,5</b>	<b>123,4</b>

Tabla N° 15 - Resumen de liberaciones de Hg por vertido de aguas residuales

## 5.10 CREMATORIOS Y CEMENTERIOS

Cat	Sub-Cat.	Descripción de las fuentes	Existe? (s/n)
5.10		<b>Creatorios y cementerios</b>	
	5.10.1	Creatorios	S
	5.10.2	Cementerios	S

### 5.10.1 Creatorios

En el Uruguay existió (y está presente a la fecha) un único cementerio en la capital del país que cuenta con hornos crematorios. Si bien esta opción en el país es minoritaria, el número de cremaciones ha tenido un gran aumento en los últimos años, con lo cual recientemente un cementerio privado ha comenzado a realizar también cremaciones.

Las liberaciones de mercurio en las cremaciones ocurren principalmente por la presencia de amalgamas dentales que contienen mercurio, aunque pueden igualmente ocurrir liberaciones por la presencia de mercurio en tejidos, sangre y cabellos de los cuerpos que son cremados. El aire es el medio receptor primario de las liberaciones de mercurio dado que la cremación implica altas temperaturas y que los hornos difícilmente cuentan con tecnologías que sean capaces de retener las emisiones del mercurio gaseoso.

#### Tasa de actividad

Como tasa de actividad se considera el número de cuerpos que son cremados anualmente.

#### Factor de entrada y factores de distribución

El factor de entrada consiste en el contenido total de mercurio por cuerpo. Dado que no se cuenta con datos a nivel local, se utilizan los recomendados por defecto en el toolkit el cual corresponde a un rango de (1 – 4) g Hg/cuerpo. En cuanto a los factores de liberación, se considera el 100% de las liberaciones al aire. En consecuencia, el total de liberaciones máximas es de 13,1 Kg Hg/año y el total de liberaciones mínimas se ubicó en 3,3, kg Hg/año.

### 5.10.2 Cementerios

Las liberaciones de mercurio en los cementerios son las provenientes de los cuerpos humanos, principalmente por las amalgamas dentales de mercurio. Según el toolkit se considera que las liberaciones se asignan en un 100% a la tierra/suelos.

#### Tasa de actividad

Como tasa de actividad se considera el número de cuerpos que son sepultados. El dato de mortalidad fue tomado de la página del Instituto Nacional de Estadística, al cual se le restó los cuerpos cremados.

#### Factor de entrada y factores de distribución

Se utilizan factores por defecto, lo recomendado en el toolkit, lo cual corresponde a un rango de (1 – 4) g Hg/cuerpo. En cuanto a los factores de liberación se considera el 100% de las liberaciones al suelo. Así, el total de liberaciones máximas fue de 119,2 kg Hg/año y el total de las mínimas es de 29,8 kg Hg/año

## 5.11 IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES “PUNTOS CALIENTES”

De las sub-categorías sugeridas por el toolkit como potencialmente calientes, se identificaron cinco y de ellas se entendieron como más relevantes en el país los “Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali” y “Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro”.

Categoría	Sub categoría	Descripción de la fuente	Existe? s/n
5.11		Identificación de puntos calientes	
	5.11.1	Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali	N
	5.11.2	Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro	S
	5.11.3	Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos	N
	5.11.4	Sitios cerrados de producción de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali o uso de antifúngicos basados en mercurio	N
	5.11.5	Dragado de sedimentos	S

### 5.11.1 Sitios de producción abandonados o cerrados de cloro-álcali

No hay sitios de producción de abandonados o cerrados de cloro-álcali.

### 5.11.2 Relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro

En cuanto a la subcategoría “relaves, residuos de la minería artesanal y de gran escala de oro”, existió a principios del siglo XX un emprendimiento de extracción de oro que utilizaba el método de amalgamación con mercurio, que se ubicaba a orillas del Arroyo Cuñapirú, donde se construyó una represa de generación hidroeléctrica. Se visitaron las instalaciones de la antigua represa y lugar de la molienda y la amalgamación del oro con mercurio. Se excavó en 2 sitios que corresponderían a una canalización de los relaves. Se tomaron muestras de lo que, por su aspecto, parecía contener mineral tratado y se obtuvo un valor de 2,1 mg de Hg/kg.

Si bien esto en principio permitiría confirmar presencia de mercurio en la zona, se requerirán estudios más detallados a partir del análisis previo de planos de la instalación e información histórica, para determinar exactamente cómo era el proceso y dónde son los lugares más probables en los que se pudo concentrar el mercurio, teniendo en cuenta que con base en las fotos antiguas consultadas, aparentemente hay movimiento de tierra en los alrededores de la represa.

### 5.11.3 Sitios cerrados de producción de termómetros, interruptores, baterías y otros productos

En el país existieron fábricas de equipos eléctricos. Actualmente en los predios de esas fábricas funcionan desde hace varios años otras empresas.

### 5.11.4 Sitios cerrados de producción de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali o uso de antifúngicos basados en mercurio

No se investigó el uso de anti fúngicos con mercurio en las plantas de producción de papel. No existen plantas de pulpa y papel con producción interna de cloro-álcali.

### 5.11.5 Dragado de sedimentos

En el año 2007, la Administración Nacional de Puertos (ANP) realizó análisis de mercurio en los sedimentos, cuyos valores estaban entre 0,09 – 0,59 µg Hg/g. Como puede observarse en la Tabla N° 38, excepto en un punto de los analizados, la disposición sugerida (tomando en cuenta solo el mercurio) es libre, de acuerdo a la normativa española, tomada como referencia. Estos valores son esperables dado el cambio en los vertidos provenientes de la actividad industrial.

Muestras extraídas en La Bahía de Puerto Montevideo - Nuevo Muestreo - TDR BID												
Cod.Muestra	Prof	Contenido de	Nivel Medido (ppm)	Normas Holandesas			EPA GUIDELINES		RGMII (Normas EPPE Puerto)			
				Niv. I	Niv.II	Niv.III	NIVEL NH	Disposición en Mar	NA I	NAII	CATEG.	
S-P31-2	-2	Hg	0,50	0,3	1,6	15	2	Control Básico	0,6	3	1	
S-P31-4	-4	Hg	0,00	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P31-6	-6	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P31-14	-14	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-2	-2	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-4	-4	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P41-6	-6	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P37-4	-4	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	
S-P37-8	-8	Hg	0,10	0,3	1,6	15	1	Libre Disposición	0,6	3	1	

Tabla N° 16 - Análisis de sedimentos en la Bahía de Montevideo

El destino del dragado antiguo y actual de los sedimentos ha sido hacia zonas determinadas, autorizadas específicamente por el Tratado del Río de la Plata – Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP, organismo binacional Uruguay-Argentina), entre la costa y el canal de navegación. El sedimento depositado allí se va dispersando o sedimentando en el río o a lo largo del canal.

Los valores actuales en los sedimentos, no los hacen peligrosos para su disposición, de acuerdo a normas internacionales.

## 6 RESUMEN DE RESULTADOS

### 6.1 FUENTES PRESENTES Y LIBERACIONES TOTALES

De un total de 53 subcategorías presentes en el toolkit, en Uruguay fueron identificadas 31 de ellas. Las mismas corresponden a:

*Otros usos del carbón	*Extracción, refinación y uso de petróleo	*Extracción, refinación y uso de gas natural	*Extracción y uso de otros combustibles fósiles
*Energía por quema de biomasa	*Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	*Producción de cemento	*Producción de pulpa y papel

*Producción de cal y hornos de agregados ligeros	*Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	*Termómetros de mercurio	*Interruptores y relés con mercurio
*Fuentes de luz con mercurio	*Pilas con mercurio	*Poliuretanos con catalizadores mercuriales	*Productos farmacéuticos de uso humano y veterinario
*Amalgamas dentales de mercurio	*Manómetros y medidores de mercurio	*Productos químicos y equipos de laboratorio	*Producción de metales ferrosos reciclados
*Producción de otros metales reciclados	*Incineración de residuos peligrosos	*Incineración de residuos médicos	*Quema informal de residuos
*Rellenos sanitarios, depósitos controlados	*Disposición difusa con cierto grado de control	*Disposición local informal de desechos de la producción industrial	*Vertederos informales de desechos
*Sistemas/tratamiento de aguas residuales	*Crematorios	*Cementerios	

Los resultados totales de liberaciones máximas y mínimas, considerando todas las fuentes presentes, son los presentados a continuación:

**Liberaciones máximas totales (kg Hg/año) = 3.616**

**Liberaciones mínimas totales (kg Hg/año) = 2.201**

## 6.2 LIBERACIONES MÁXIMAS – Categorías y subcategorías

Las liberaciones máximas deben considerarse como el escenario más conservador desde la óptica de posibles efectos adversos sobre el ambiente y las acciones a tomar, tratando así los resultados obtenidos como los de mayor prioridad. En la tabla N° 39 y el gráfico 11 se presentan las liberaciones máximas por categoría. En la tabla N° 40 el gráfico 12 se presentan las liberaciones máximas por subcategorías.

Nº CAT.	Descripción	LIBERACIONES (kg Hg/año)
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	3744
5.5	Productos de consumo con uso intencional de mercurio	1334
5.4	Uso intencional de mercurio en procesos industriales	1140
5.6	Otros usos intencionales en productos / procesos	700
5.3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	151
5.10	Crematorios y cementerios	132
5.8	Incineración de residuos	77,7
5.1	Extracción y uso de combustibles / fuentes de energía	48,9

5.2	Producción de metales primarios (vírgenes)	29,5
5.7	Producción de metales reciclados	3,2

Tabla N° 17 - liberaciones máximas de Hg por categoría

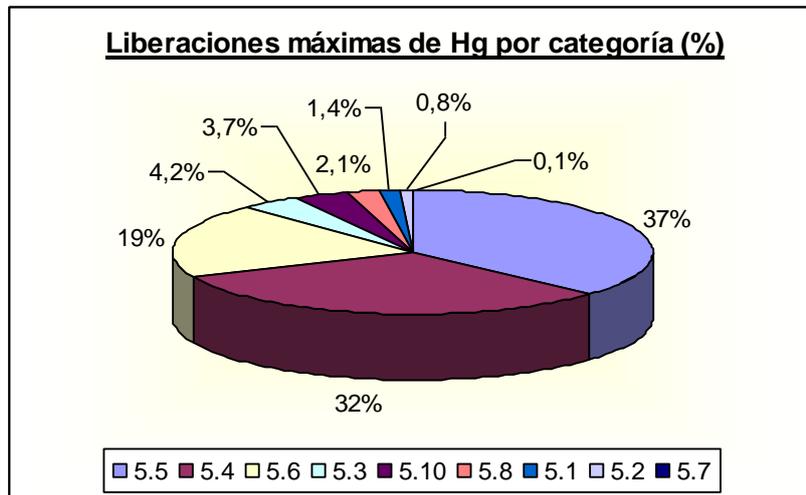


Gráfico N° 2 - Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por categoría

La categoría más relevante en las liberaciones máximas la constituye la 5.5 – Productos con uso intencional de mercurio, con un 37 % del total de liberaciones. Sin embargo, cabe aclarar que las liberaciones máximas de esta categoría tienen una fuerte componente (41%) de liberaciones asociadas a la disposición de interruptores y relés con mercurio (subcategoría 5.5.2) y como se mencionó antes, las liberaciones de esta subcategoría no fueron estimadas con datos reales de consumo del país, por lo cual la confianza en este resultado es baja.

En segundo lugar se ubica la categoría 5.4 – Uso intencional de mercurio en procesos industriales, con un total de 1140 kg Hg/año lo que representa el 32 % del total de liberaciones. Para estas liberaciones, la confianza o calidad de los datos es muy buena.

El tercer lugar de relevancia pertenece a la categoría 5.6 – Otros productos con uso intencional de mercurio con un 19 % de las liberaciones totales por categoría, y cuyo principal aporte está dado por el uso y disposición de amalgamas dentales. Las estimaciones de esta categoría tienen alta confiabilidad.

El resto de las categorías presentan ya liberaciones considerablemente menores y ninguna representa más del 5% del total.

N° SUB CAT.	Descripción	LIBERACIONES (kg Hg/año)
5.9.1	Rellenos sanitarios, depósitos controlados	1827
5.9.4	Vertederos informales de desechos	1794
5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	1140

5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	836
5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	550
5.5.1	Termómetros con mercurio	185
5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	167
5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	138
5.9.5	Sistemas/tratamiento de aguas residuales	123
5.10.2	Cementerios	119
5.3.1	Producción de cemento	86,6
5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	70,8
5.8.5	Quema informal de desechos	60,3
5.3.2	Producción de pulpa y papel	59,6
5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	59,2
5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	31,2
5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	29,5
5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	17,6
5.8.3	Incineración de desechos médicos	17,4
5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	15,1
5.10.1	Crematorios	13,1
5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	11,9
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	4,6
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	3,2
5.1.2	Otros usos del carbón	0,12
5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	0,01

*Tabla N°18 - Liberaciones máximas de Hg por sub-categoría*

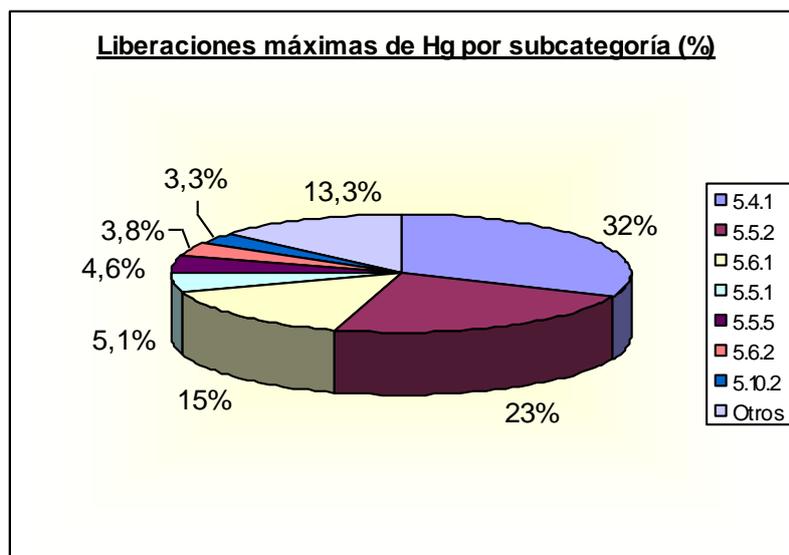


Gráfico N° 3 – Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por subcategoría

En cuanto a las subcategorías, la más relevante es la 5.4.1 – Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio representando el 32 % de las liberaciones totales entre subcategorías individuales. Constituye así la fuente individual más importante de todo el inventario.

En segundo lugar se encuentra la 5.5.2 – Interruptores y relés con mercurio, representando el 23 %. El tercer lugar lo ocupa la subcategoría 5.6.1 – Amalgamas dentales con mercurio, con un total de 550 kg de mercurio anuales lo que representa el 15 % del total. En esta categoría, la exactitud de la estimación es muy buena ya que no hay ningún supuesto de consumo, la totalidad del mercurio contabilizado de las amalgamas corresponde a las importaciones registradas en el 2010.

En cuarto lugar y por encima de los 100kg de mercurio anuales, se encuentran los termómetros. Para los termómetros clínicos, donde el valor del consumo fue obtenido a partir de datos indirectos de verificaciones por parte del LATU, se considera que la estimación tiene una exactitud muy buena, ya que lo único que no se estaría cuantificando son aquellos que incumplen con la normativa y no son enviados a ensayar, pero que constituyen un porcentaje mínimo del total. En cuanto a al resto de los termómetros (de laboratorio y usos generales), estas liberaciones representan aproximadamente un 15% del total de dicha subcategoría. El resto de las subcategorías presentan liberaciones anuales menores al 5% del total.

### 6.3 LIBERACIONES MÍNIMAS – Categorías y subcategorías

Las liberaciones mínimas definen el rango de variabilidad de las liberaciones para cada categoría y subcategoría. En algunos casos las liberaciones mínimas coinciden con las liberaciones máximas pues se ha adoptado un único valor para el factor de entrada o bien se conoce exactamente el aporte de mercurio de dicha categoría o subcategoría. En otros casos no se dispone de datos de factores de entrada mínimos y no fueron presentadas. En la tabla N° 41 y el gráfico 15 se presentan las liberaciones mínimas por categoría. En la tabla N° 42 y el gráfico 16 se presentan las liberaciones mínimas por subcategorías.

N° CAT.	Descripción	LIBERACIONES (kg Hg/año)
---------	-------------	--------------------------

5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	3744,5
5.4	Uso intencional de mercurio en procesos industriales	1140
5.6	Otros usos intencionales en productos / procesos	678
5.5	Productos de consumo con uso intencional de mercurio	254
5.8	Incineración de residuos	63,8
5.10	Crematorios y cementerios	33,1
5.3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	31,6
5.7	Producción de metales reciclados	0,32
5.1	No se informan liberaciones mínimas	-
5.2	No se informan liberaciones mínimas	-

Tabla N° 19 - liberaciones mínimas de Hg por categoría

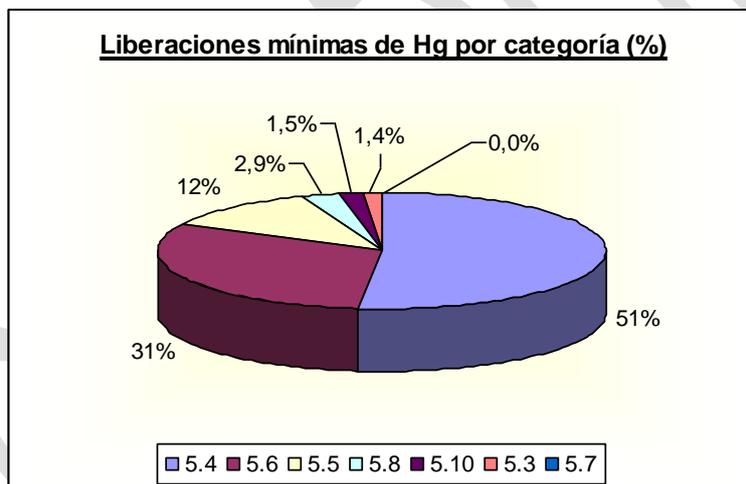


Gráfico N° 4 – Porcentajes de liberaciones mínimas de Hg por categoría

Nº SUB CAT.	Descripción	LIBERACIONES (kg Hg/año)
5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	1140
5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	550,0
5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	116,5
5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	70,8
5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	66,9
5.8.5	Quema informal de desechos	60,3
5.5.1	Termómetros con mercurio	57,5
5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	33,4
5.10.2	Cementerios	29,8
5.3.1	Producción de cemento	15,7

5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	15,1
5.3.2	Producción de pulpa y papel	13,9
5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	11,9
5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	9,8
5.8.3	Incineración de desechos médicos	3,5
5.10.1	Crematorios	3,3
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	1,9
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	0,32

Tabla N° 20 - Liberaciones mínimas de Hg por sub-categoría

**Nota:** no fueron incluidas las liberaciones de las subcategorías 5.9.1, 5.9.2 y 5.9.3.



Gráfico N° 5 – Porcentajes de liberaciones máximas de Hg por subcategoría

La categoría más relevante en las liberaciones mínimas la constituye la 5.4 – Uso intencional de mercurio en procesos industriales, con un total de 1140 kg Hg/año lo que constituye el 51 % del total de las liberaciones. En este caso las liberaciones mínimas coinciden con las máximas puesto que el aporte está dado por el ingreso de mercurio en la planta de cloro-álcali y constituye así un valor puntual.

La segunda categoría corresponde a la 5.6 – Otros productos con uso intencional de mercurio con un 31% de las liberaciones totales por categoría. Aquí el principal aporte está dado por las amalgamas dentales con mercurio – que también coincide con el segundo lugar de relevancia de subcategorías. Dado que el aporte de mercurio de éstas también es un valor único, las liberaciones máximas coinciden con las mínimas.

En tercer lugar se encuentra la categoría 5.5 – Productos de consumo con uso intencional de mercurio, con un total de 254 kg Hg/año. La baja en las liberaciones de esta categoría está dada por la incertidumbre asociada a los interruptores y relés, los cuales pasan de 836 kg Hg en su estimación máxima a 66.9 kg Hg en las mínimas.

El resto de las categorías contribuyen a un aporte menor en el total de liberaciones, siendo todas individualmente menores al 3% de las liberaciones anuales.

## 6.4 LIBERACIONES MÁXIMAS, MÍNIMAS E INCERTIDUMBRE – Categorías y Subcategorías

En una primera aproximación hacia el entendimiento de los valores máximos, mínimos y la exactitud o confiabilidad en las estimaciones de las liberaciones, podría parecer que un rango amplio entre las liberaciones máximas y mínimas para una misma categoría es un indicativo de una exactitud pobre en dicha estimación. A continuación se presentan las tablas N° 43 y 44, y los gráficos N° 19 y 20 donde se muestran las liberaciones máximas y mínimas para cada categoría y subcategoría, ordenadas en función de las liberaciones máximas.

Nº CAT.	Descripción	LIB. MÁX. (kg Hg/año)	LIB. MÍN. (kg Hg/año)
5.9	Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	3744	-
5.5	Productos de consumo con uso intencional de mercurio	1334	254
5.4	Uso intencional de mercurio en procesos industriales	1140	1140
5.6	Otros usos intencionales en productos / procesos	700	678
5.3	Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio	151	31,6
5.10	Crematorios y cementerios	132	33,1
5.8	Incineración de residuos	77,7	63,8
5.1	Extracción y uso de combustibles / fuentes de energía	48,9	-
5.2	Producción de metales primarios (vírgenes)	29,5	-
5.7	Producción de metales reciclados	3,2	0,32

Tabla N° 21 - Liberaciones máximas y mínimas por categoría

Nº SUB CAT.	Descripción	LIB. MÁX. (kg Hg/año)	LIB. MÍN. (kg Hg/año)
5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	1140	1140
5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	836	66,9
5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	550	550
5.5.1	Termómetros con mercurio	185	57,5
5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	167	33,4
5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	138	116,5
5.10.2	Cementerios	119	29,8
5.3.1	Producción de cemento	86,6	15,7
5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	70,8	70,8
5.8.5	Quema informal de desechos	60,3	60,3
5.3.2	Producción de pulpa y papel	59,6	13,9
5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	59,2	9,8

5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	31,2	-
5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	29,5	-
5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	17,6	-
5.8.3	Incineración de desechos médicos	17,4	3,5
5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	15,1	15,1
5.10.1	Crematorios	13,1	3,3
5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	11,9	11,9
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	4,6	1,9
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	3,2	0,32
5.1.2	Otros usos del carbón	0,12	-
5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	0,01	-

*Tabla N° 22 - Liberaciones máximas y mínimas por subcategoría*

De los datos, sería entonces notoria la falta de exactitud en las estimaciones de las subcategorías 5.5.2 (interruptores), 5.5.1 (termómetros), 5.5.5 (poliuretanos), 5.5.3 (fuentes de luz) Sin embargo, esto no se cumple para todas las subcategorías, ya que como fue explicado en cada punto, las liberaciones de termómetros y fuentes de luz se consideran de muy buena exactitud. Por otra parte, los manómetros y la quema informal de desechos que sí presentan limitaciones en las estimaciones, no parecerían tenerla a través de esta interpretación, ya que prácticamente las liberaciones máximas son iguales a las mismas. Por lo tanto, parece no ser una interpretación adecuada el asignar la confiabilidad de los datos, únicamente de acuerdo a la diferencia entre las liberaciones máximas y mínimas.

De acuerdo a la sistemática de cálculo del toolkit, los máximos y mínimos se obtienen asignando a los factores de entrada de cada producto un rango de valores y aquellos casos en los que se utilizan contenidos de mercurio únicos, los máximos y mínimos son coincidentes. Por lo tanto, la exactitud de una categoría quedaría definida, en este marco, únicamente por la amplitud del rango del contenido de mercurio asignado para el producto o la materia prima.

Ahora bien, al momento de asignar un grado de confiabilidad también deben considerarse los casos en los que se ha asignado un único valor al factor de entrada –como el caso de residuos– pero la confianza en este único dato es baja. Las liberaciones resultantes son únicas pero la confiabilidad del dato no es buena. Dentro de esta consideración, también se encuentran los casos en los que se ha determinado el contenido de mercurio y los valores han sido menores al límite de detección, con lo cual las liberaciones resultantes tienen muy poca confiabilidad.

En Tal sentido, se concluye que no debe hacerse una interpretación apresurada sobre la confiabilidad de los datos con la sola comparación de las liberaciones máximas y mínimas, pues en ciertos casos, aun presentando un rango considerable de liberaciones, las estimaciones se consideran muy confiables; o en otros, siendo coincidentes, la confiabilidad es baja. Con estas consideraciones, se resume en la tabla N° 45 los valores de liberaciones máximas y mínimas

para cada subcategoría, y una categorización en cuanto a la confiabilidad (o exactitud) de los resultados.

Nº SUB CAT.	Descripción	LIB. MÁX. (kg Hg/año)	LIB. MÍN. (kg Hg/año)	Confiabilidad (exactitud)	Comentario
5.9.1	Rellenos sanitarios, depósitos controlados	1827	-	MEDIA - BAJA	FE nacional no disponible
5.9.2	Vertederos informales de desechos	1794	-	MEDIA - BAJA	FE nacional no disponible
5.4.1	Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	1140	1140	ALTA	
5.5.2	Interruptores eléctricos y relés con mercurio	836	66,9	BAJA	TA nacional y FE no disponibles
5.6.1	Amalgamas dentales de mercurio	550	550	ALTA	
5.5.1	Termómetros con mercurio	185	57,5	MEDIA - ALTA	Uso de "otros termómetros" no relevado en un 100%
5.5.5	Poliuretano con uso de catalizador con mercurio	167	33,4	BAJA	TA nacional y FE no disponibles
5.6.2	Manómetros y medidores con mercurio	138	116,5	MEDIA	Uso de "otros medidores" estimado
5.9.5	Sistemas/tratamiento de aguas residuales	123	-	MEDIA - BAJA	TA estimada y FE nacional no disponible
5.10.2	Cementerios	119	29,8	MEDIA	FE nacional no disponible
5.3.1	Producción de cemento	86,6	15,7	MEDIA	FE nacional no disponible
5.5.4	Pilas y baterías con mercurio	70,8	70,8	ALTA	
5.8.5	Quema informal de desechos	60,3	60,3	BAJA	TA estimada y FE nacional no disponible
5.3.2	Producción de pulpa y papel	59,6	13,9	MEDIA	FE asignado < Límite de detección
5.5.3	Fuentes lumínicas con mercurio	59,2	9,8	ALTA	
5.1.3	Extracción, refinación y uso de petróleo	31,2	-	ALTA	
5.2.6	Extracción de oro y procesamiento inicial por métodos distintos que el amalgamamiento con mercurio	29,5	-	MEDIA - ALTA	Para algunos casos no existe FE nacional
5.1.6	Energía obtenida por la quema de biomasa	17,6	-	MEDIA	FE nacional no disponible
5.8.3	Incineración de desechos médicos	17,4	3,5	MEDIA	FE nacional no disponible
5.5.8	Productos farmacéuticos para uso humano y veterinario	15,1	15,1	ALTA	
5.10.1	Crematorios	13,1	3,3	MEDIA	FE nacional no disponible

5.6.3	Productos químicos de laboratorio y equipamiento con mercurio	11,9	11,9	ALTA	
5.3.3	Producción de cal y hornos de agregados ligeros	4,6	1,9	MEDIA	FE asignado < límite de detección
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados	3,2	0,32	MEDIA - BAJA	TA estimada y FE nacional no disponible
5.1.2	Otros usos del carbón	0,12	-		No significativo
5.1.4	Extracción, refinación y uso de gas natural	0,01	-		No significativo

Tabla N° 23 - Subcategorías, máximos, mínimos y confiabilidad de datos

## 6.5 LIBERACIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS POR VÍA

En los gráficos N° 21 y 22 se muestran las liberaciones máximas y mínimas por vía respectivamente.

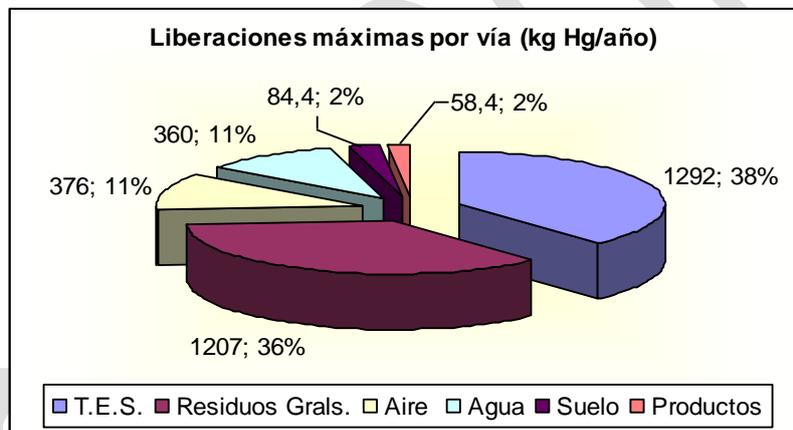


Gráfico N° 6 - Liberaciones máximas de Hg por vía

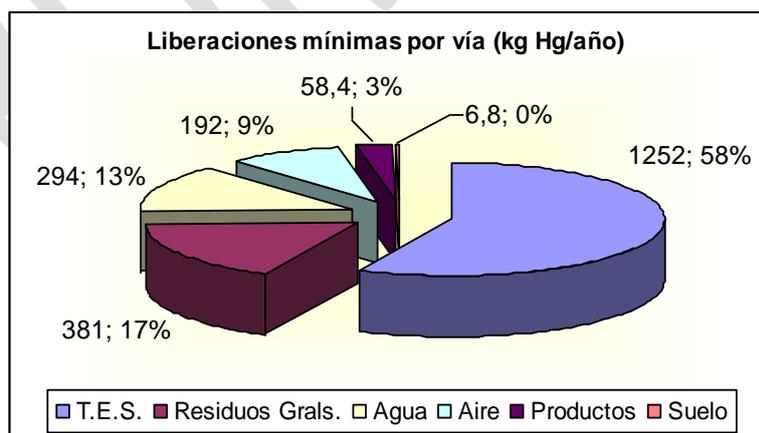


Gráfico N° 7 - Liberaciones mínimas de Hg por vía

**Nota:** no fueron incluidas las liberaciones estimadas en la categoría 5.9 – Disposición de desechos/rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales ya que las mismas se encuentran consideradas en el resto de las subcategorías.

Tanto para las liberaciones máximas como para las mínimas, la principal vía de liberación corresponde a “Tratamiento Específico de Sector”, representando un 38% y un 58% respectivamente. 5.4.1 – Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio y 5.6.1 - Amalgamas dentales de mercurio. En ninguno de los dos casos el tratamiento específico de los residuos hace referencia a la existencia de tecnología para el tratamiento o recuperación del mercurio, sino que las liberaciones fueron asignadas a esta vía ya que los residuos son segregados y no entran en la corriente de residuos generales.

La segunda vía de liberación, en máximos y mínimos, la constituye “Residuos Generales”, representando el 36% y el 17% respectivamente. El aporte principal de esta vía está dado por las categorías 5.5 y 5.6 sobre el uso y disposición de productos con uso intencional de mercurio. La principal preocupación en esta vía de liberación, radica en el gran volumen de residuos que son dispuestos en SDF no adecuados y por ende, el ingreso de mercurio a estos sitios culmina con liberaciones directas al suelo, al agua y el aire.

En tercer y cuarto lugar, se encuentran las liberaciones al agua y al aire, que representan aproximadamente un 10% tanto en las liberaciones máximas como en las mínimas. Uno de los principales aportes al agua lo constituye el uso y disposición de amalgamas dentales de mercurio, mientras que en los aportes al aire se destaca la quema informal de desechos.

## **7 CONCLUSIONES**

- Fueron identificadas un total de 31 subcategorías presentes en el país, de las 53 que identifica el toolkit.
- Las liberaciones máximas totales fueron estimadas en **3.616 kg Hg/año** y las mínimas en **2.201 kg Hg/año**.
- La principal subcategoría del inventario corresponde a la **5.4.1 – Plantas de producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio**. La misma presenta liberaciones máximas y mínimas coincidentes de **1140 kg Hg/año** y la exactitud de esta estimación es alta. La mayor parte de las salidas del proceso de la planta de cloro-álcali existente en el país se produce en forma de residuos sólidos, lo que posibilita la toma de acciones sobre los mismos.
- La segunda subcategoría en relevancia la constituye la **5.6.1 - Amalgamas dentales** con liberaciones (máximas = mínimas) estimadas en **550 kg Hg/año**. La exactitud en la estimación de esta fuente es muy buena y la creciente tendencia en las importaciones hacen de la misma un blanco muy importante sobre el cual se deben establecer medidas a nivel nacional con el fin de reducir su consumo o bien controlar las emisiones. Asimismo es necesario profundizar sobre la realidad del país en cuanto a las prácticas llevadas a cabo en los consultorios dentales con el fin de obtener datos más exactos de las vías de liberación del mercurio.
- La tercer subcategoría corresponde a la **5.5.1 – Termómetros con mercurio** con una liberación máxima estimada de **185 kg Hg/año**. Aun cuando existen fuertes políticas a nivel nacional para disminuir el uso de este tipo de termómetros, los mismos constituyen un porcentaje considerable de las liberaciones totales y más aún respecto a los productos con uso intencional de mercurio. La existencia de tecnología libre de mercurio a precios accesibles, hacen que la movilidad del enfoque de “campañas de sustitución” pueda migrar hacia la adopción de medidas nacionales como la prohibición de importaciones de este tipo de termómetros.

- La principal vía de liberación asignada corresponde a “*Tratamiento de Sector Específico*” pero ésta no se refiere en ningún caso a la existencia de tecnología para el tratamiento específico del mercurio, sino que al momento, constituye principalmente el acopio de los residuos con mercurio en condiciones controladas. Así, las liberaciones asignadas a “*Residuos generales*”; **1200 kg Hg/año** aprox.; constituyen la principal preocupación en las liberaciones al disponer el país de un número muy limitado de SDF adecuados para los mismos.
- Se recomienda una actualización del Inventario de liberaciones de mercurio, como forma de seguimiento de las actividades desarrolladas en el país, a partir de las negociaciones del Convenio de Mercurio y sus siguientes etapas de implementación en el país.

## **8 REFERENCIAS**

- UNEP Chemicals; 2010; “Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases – Reference report, Revised InventoryL 2, Report Including Description of Mercury Source Characteristics – Version 1.0.
- UNEP Chemicals; 2005; “Evaluación Mundial sobre el Mercurio”.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry; 1999; “Resumen de Salud Pública, Mercurio (Azogue) (Mercury)”; [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs46.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs46.html)
- “Mercury in Crude Oil Processed in the United States (2004)”, S. Mark Wilhelm, L. Liang, D.Cussen y D. Kirchgessner, Mercury Technology Services, 23014 Lutheran Church Rd., Tomball, Texas, Cebam Analytical, Seattle, Washington, Frontier Geosciences, Seattle, Washington, and U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina
- “Mercury in Crude Oil Refined in Canada”, B.P. Hollebhone, Emergencies Science and Technology Division, Science and Technology Branch, Environment Canada and C.X. Yang, Environmental Protection Operation Division – Ontario, Environmental Stewardship Branch, Environment Canada, October 2007.
- “Minería metálica de oro”, borrador, Nestor Baumann, gentileza del autor.
- “Pradera, oro y frontera”, Selva Chirico, Revista de la Sociedad Uruguaya de Geología, 2005, N° 12, 33-42.
- “Regiones mineras de Cuñapirú, Corrales, Zapucay y Curtume, Departamento de Rivera”, Instituto de Geología y Perforaciones, J. G. Macmillan, Montevideo, 1931.
- “Guidelines for making a mercury balance in a chlorine plant”, 4<sup>th</sup> Edition, April 2008, Euro Chlor Publication.
- “Guidelines for conducting a mercury balance”, May 1999, The Chlorine Institute, Inc.
- Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry, European Commission, December 2001.
- “Informe diagnóstico de la situación actual del desempeño ambiental del sector fundiciones y de la aplicabilidad de las herramientas de control”, Verónica Gonzalvez, Rosario Lucas, agosto 2009.
- Exposure to mercury in the mine of Almadén, Montserrat García Gómez, José Diego Caballero Klink, Paolo Boffetta, Santiago Español, Gerd Sällsten, Javier Gómez Quintana, Occup Environ

Med 2007; 64:389–395. doi: 10.1136/oem.2006.030940.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2078521/pdf/389.pdf>

- “Assesment of contamination by heavy metals and petroleum, hydrocarbons in sediments of Montevideo Harbour (Uruguay), Pablo Muniz, Eva Danulat, Beatriz Yannicelli, Javier García-Alonso, Gabriela Medina, Márcia C. Bicego, Environment international 29 (2004), 1019-1028, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Muestreos de sedimentos en el puerto de Montevideo, usando coring de caída libre y draga Van Been en zona de construcción, de Muelle C y recinto portuario, Administración Nacional de Puertos, Uruguay  
<http://www.anp.com.uy/institucional/sistemasGestion/ambiental/ImpactoAmbiental/Indice.asp>
- Fact Sheet: Proposed Amendments to Air Toxics Substances: Mercury Emissions from Cell Chlor-Alkali Plants, [http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530\\_chloralkali\\_fs.pdf](http://www.epa.gov/airtoxics/hgcellcl/20080530_chloralkali_fs.pdf)
- Characterization of Mercury Emissions at a Chlor-Alkali Plant, John S. Kinsey, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, January 2002, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>
- Seventh annual report to EPA, for the year 2003, The Chlorine institute, INC, <http://www.epa.gov/reg5oair/mercury/7thcl2report.pdf>, accedido 30/06/2011
- Fact sheet: Supplemental Proposal to Air Toxic Standards for Mercury Emissions from Mercury Cell Chlor-Alkali Plants. [http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/fact\\_sheets/mercurycellfs2011.pdf](http://www.epa.gov/ttncaaa1/t3/fact_sheets/mercurycellfs2011.pdf)
- <http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/es/ba/mercurio/proyecto/>
- Uram, E.; Bischofer, B.; Hagemann, S.; 2010; “Market analysis of some mercury-containing products and their mercury-free alternatives in selected regions”.
- URUNET, Foreign Trade Statistics ; <http://www.urunet.com.uy/>
- Decreto N° 642/006 y apéndice normativo – Nomenclatura común del Mercosur y arancel; 2006.
- Resolución S/N – Nomenclatura Arancelaria estructurada a diez dígitos y Régimen Arancelario de 27/12/2006.
- Departamento de Toxicología, Facultad de Medicina, Montevideo – Uruguay; 2010; “El Mercurio en Hospitales – Programa de sustitución en el Hospital de Clínicas”.
- “Campaña: Termómetros de mercurio pueden depositarse en urnas destinadas a tal fin en locales de Tienda Inglesa, [http://www.msp.gub.uy/uc\\_2764\\_1.html](http://www.msp.gub.uy/uc_2764_1.html).
- “ASSE recibió donación de termómetros por parte del supermercado Tienda Inglesa”, [http://www.msp.gub.uy/ucasse\\_2696\\_1.html](http://www.msp.gub.uy/ucasse_2696_1.html)
- LATU – Metrología Legal; “Presentación marco legal de ley 15298”.
- Diario Oficial Uruguay; 2001; “Decreto 357/001 sobre Reglamento Técnico MERCOSUR de Termómetros Clínicos de Mercurio en Vidrio destinados a medir la temperatura en el cuerpo humano”.
- <http://www.ine.gub.uy/socio-demograficos/proyecciones2008.asp>
- National Electrical Manufacturers Association; 2005; “Fluorescent and other Mercury-Containing Lamps and the Environment”.
- “Mapeo de actores relacionados al ciclo de vida de las lámparas de mercurio y perfil de lámparas con mercurio”; 2011; Proyecto Manejo Racional de Productos con Mercurio; DINAMA/ONUDI Uruguay.
- [http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&Itemid=103](http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=103)

- Martínez, J.; Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe; 2005; “Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Fichas temáticas, Tomo II”.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Dirección General de Servicios Agronómicos, Dirección de Sanidad Vegetal; 1988; “Resolución – Prohibición de Registro y Venta de Mercuriales”.
- Timerosal; 2011; <http://es.wikipedia.org/wiki/Thiomersal>
- Diario Oficial Uruguay; 2007; “Decreto 520/996 referente a Esfigmomanómetros de Mercurio”.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería – Ministerio de Salud Pública; 2009; “Modificación Decreto 520/996”.
- Tabla periódica de los elementos – [http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla\\_periodica/mc.html](http://www.mcgraw-hill.es/bcv/tabla_periodica/mc.html)
- Broggi, L.E.; Castro, S.; 2009 – 2010; “Diagnóstico de las Capacidades Analíticas de los Laboratorios de la Red de Laboratorios Ambientales del Uruguay (RLAU)”.
- Fichtner – LKSUR Asociados; Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y área Metropolitana, Tomo I; Noviembre 2005.
- CSI Ingenieros – Estudio Pittamiglio; Información de Base para el Diseño de un Plan Estratégico de Residuos Sólidos – Tomo I – Línea de Base; Agosto 2011.
- Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y El Caribe 2010 – Informe Analítico por País; Uruguay; Septiembre 2010.
- Gonzalvez. V.; Inventario Nacional de Liberaciones de Dioxinas y Furanos – Uruguay 2002/2003.
- Reporte “Cremaciones van en aumento”; [http://www.elpais.com.uy/Suple/DS/07/11/04/sds\\_311773.asp](http://www.elpais.com.uy/Suple/DS/07/11/04/sds_311773.asp)

## **9 ANEXOS**

- Anexo I – Planilla de cálculos liberaciones máximas  
 Anexo II – Planilla de cálculos liberaciones mínimas  
 Anexo III – Factores de conversión de fuentes energéticas  
 Anexo IV – Residuos.

## **10 ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES**

### Instituciones

ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Pórtland
ANP	Administración Nacional de Puertos
ANTEL	Administración Nacional de Telecomunicaciones
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DINAMIGE	Dirección Nacional de Minería y Geología
DINASA	Dirección Nacional de Agua y Saneamiento
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
DNETN	Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear
DNI	Dirección Nacional de Industria
DNE	Dirección Nacional de Energía

LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MSP	Ministerio de Salud Pública
MTSS	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONUDI	Organización de la Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
OSE	Obras Sanitarias del Estado
SAICM	Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Sustancias Químicas (Strategic Approach to International Chemicals Management)
UDELAR	Universidad de la República
UE	Unión Europea
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas

#### Unidades de medida y otros

µg:	microgramos
AR:	aguas residuales
FC:	factor de conversión
FD:	factor de distribución
FE:	factor de entrada
FO:	Fuel Oil
g:	gramos
GN	gas natural
Grals:	Generales
hab:	habitantes
Hg:	mercurio
Inc:	Incinerados
kg:	kilogramo
ktep:	kilo tonelada equivalente de petróleo
LC:	límite de cuantificación
LD:	límite de detección
LFC:	lámparas fluorescentes compactas
m <sup>3</sup> :	metros cúbicos
Máx:	máximo
mg:	miligramos
Min:	mínimo
ml:	mililitros
Na:	sodio
NCM:	Nomenclatura Común del Mercosur
Nº:	número
°c:	grados Celsius
PES	Precipitador electrostático
P.qcos.:	productos químicos
SDF:	sitios de disposición final

T.E.S.: tratamiento específico de sector  
t: toneladas  
TA: tasa de actividad  
tep: tonelada equivalente de petróleo  
UV: ultravioleta

BORRADOR