



# **MINIMIZACIÓN Y MANEJO AMBIENTALMENTE SEGURO DE LOS DESECHOS QUE CONTIENEN MERCURIO EN PLANTAS DE CLORO ÁLCALI EN LA REPÚBLICA ARGENTINA**

Foto gentileza de la empresa SOLVAY INDUPAS.A.I.C.: Sala de Celdas de Mercurio – Establecimiento Polo Petroquímico Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires República Argentina

**Centro Regional Basilea para América del Sur (CRBAS)  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Ambiente**

**Buenos Aires, República Argentina  
Septiembre 2011**





PREFACIO

El Proyecto "**Minimización y Manejo Ambientalmente Seguro de los Desechos que Contienen Mercurio**", es ejecutado por el **Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe** sito en la Ciudad de Montevideo, República Oriental del Uruguay, y desarrollado en el ámbito del acuerdo entre la Secretaría Ejecutiva del Convenio de Basilea (CB) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) para los países de la región de América Latina.

El Gobierno Argentino desarrolló localmente el Proyecto aludido, focalizándose en las plantas de cloro álcali que utilizan o han utilizado mercurio. En este sentido, el **Centro Regional Basilea para América del Sur** (CRBAS) -con sede en el Centro Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) Ambiente Parque Miguelete Provincia de Buenos Aires- realizó las actividades de Coordinación del Proyecto.

Las acciones del Proyecto, se enmarcan -además- en las negociaciones llevadas adelante por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) tendientes a la firma de un instrumento jurídicamente vinculante a nivel mundial relacionado al manejo sustentable del mercurio y sus desechos a celebrarse en lo posible en el año 2013.

Deseo agradecer especialmente al Centro Coordinador Regional del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe por la asistencia técnica brindada en la realización de este proyecto. También, quiero destacar nuestro reconocimiento a los representantes de las instituciones públicas y privadas que conformaron el Equipo Nacional de Trabajo, especialmente a las autoridades ambientales de las Provincias de Buenos Aires, Jujuy, Mendoza, Río Negro y los Municipios de Cinco Saltos en Río Negro y Río Tercero en Córdoba. Asimismo, agradezco la participación e información brindada por los representantes de las plantas que produjeron y/o producen cloro álcali utilizando mercurio en el país, así como a los operadores de residuos peligrosos que tratan y/o disponen residuos conteniendo mercurio en la República Argentina.

También se hace extensivo el agradecimiento al Secretario de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina, Dr. Juan José Mussi; a la Subsecretaria de Control y Fiscalización Ambiental y Prevención de la Contaminación, Dra. Beatriz Domingorena; y a los integrantes del Equipo Nacional de Trabajo de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: Ing. Adriana I. Corres, Bioquímico Carlos Martínez y Licenciado en Ciencias Químicas Alberto Santos Capra; además a la Coordinadora del Proyecto CRBAS, Dra. Mariela Chervin.

Cabe destacar el apoyo constante recibido de parte del INTI a través de su Presidente, Ingeniero Enrique M. Martínez, y de la Directora del Centro INTI-Ambiente, Licenciada Adriana Rosso.

Por último debe expresarse nuestro profundo reconocimiento a la US-EPA, sin cuya asistencia financiera no hubiera podido llevarse a cabo este proyecto.



Dra. Leila DEVIA  
CRBAS  
INTI Ambiente  
República Argentina



## ÍNDICE

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO

- I. INTRODUCCIÓN
- II. EL MERCURIO Y SUS COMPUESTOS
- III. EL MARCO LEGAL EN ARGENTINA
- IV. ESTIMACION DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO EN PLANTAS DE CLORO ÁLCALI
  - IV.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA PRODUCCION DE CLORO ÁLCALI EN CELDAS CON CÁTODO MÓVIL DE MERCURIO
  - IV.2. ESTIMACION DE LAS LIBERACIONES DE Hg
  - IV.3. MANEJO DE LOS DESECHOS
    - IV.3.1. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS OPERADORAS Y DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DE MERCURIO
  - IV.4. IDENTIFICACION DE PUNTOS CALIENTES POTENCIALES
- V. LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE ACCIÓN
  - V.1. OBJETIVOS
  - V.2. ESTRATEGIA DE APLICACIÓN
- VI. BIBLIOGRAFÍA
- VII. ANEXO



## RESUMEN EJECUTIVO

El mercurio se encuentra naturalmente en la tierra, en su forma pura se lo conoce como mercurio elemental o metálico. Se lo encuentra más comúnmente como compuesto o sales inorgánicas. El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, a temperatura ambiente está en estado líquido, evaporándose parcialmente. Los vapores de mercurio son inodoros e incoloros.

En relación al Mercurio y sus Compuestos, debe tenerse en cuenta que durante su ciclo de vida, el mercurio puede ir cambiando de estado y especie. Una vez liberado a partir de los minerales o depósitos de combustibles fósiles, y emitido a la biósfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera. La superficie de los suelos, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio.

Como ya se expresara el mercurio puede cambiar de estado o de especie, pero su forma más simple, el mercurio elemental es perjudicial para la salud humana y el ambiente, y como el mismo es un elemento natural que no se puede crear ni destruir, existe en la misma cantidad desde que se formó el planeta. Las actividades naturales y humanas pueden redistribuir este elemento en los ecosistemas mediante una compleja combinación de movimientos y transformaciones.

En el documento que aquí se presenta, se analizan y consideran las alternativas de métodos específicos para controlar las liberaciones de mercurio de sus fuentes.

La producción de cloro y soda cáustica es una de las actividades que utiliza más mercurio en forma intencional. Sin embargo el uso de controles en las liberaciones, el cierre de instalaciones o la reconversión de tecnologías han producido una disminución del consumo y las liberaciones en este sector.

Los vacíos de información en relación al mercurio y sus compuestos, así como las lagunas normativas son comunes en la mayoría de los países

Argentina, al igual que otros países de la región, ha establecido normas de higiene y seguridad, como así también generales tendientes a la protección de la salud y el ambiente, que regulan el uso y manejo de sustancias, productos y residuos conteniendo mercurio. Hasta el momento, no existen proyectos normativos integrales específicos para el mercurio.

No se avizora que el país cuente con una ley específica sobre regulación del mercurio, considerando su ciclo de vida (sustancias, productos y residuos que lo contengan) en el corto plazo. No obstante, la decisión del Consejo de Administración (CA) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) de iniciar las tratativas internacionales con vista a la suscripción de un instrumento jurídicamente vinculante respecto del mercurio, conllevará a un mayor control y fiscalización de aquellas actividades industriales y de servicios que manejen este metal y sus compuestos.

En relación a la estimación de las liberaciones de mercurio en plantas de cloro álcali, se comienza desarrollando una descripción de la producción de cloro álcali en celdas con cátodo móvil de mercurio. Asimismo, se consignan los controles de emisiones de mercurio implementados en algunas de las plantas de nuestro país, así como las prácticas de prevención de emisiones fugitivas y el tratamiento y disposición de los residuos sólidos y semisólidos en celdas de seguridad y la posibilidad de recuperación “in situ” (retorta).

En nuestro país se han identificado siete establecimientos/plantas que producen o han producido cloro álcali utilizando celda con cátodo de mercurio.

A todas las firmas que explotan o han operado estos establecimientos se les ha enviado una encuesta, por la que se ha requerido información relativa a la descripción de tecnologías, datos de producción, liberaciones, sistemas de control y tratamientos y/o disposición para plantas activas y sus desechos, así como también para plantas desactivadas o cerradas incluyendo potenciales pasivos ambientales.

De acuerdo a la información obtenida, se ha determinado la situación actual de las empresas relevadas.

La estimación de las liberaciones de mercurio provenientes de las plantas de cloro álcali fue llevada a cabo utilizando una metodología provista por el PNUMA y preparada por su Área de Productos Químicos, denominada “Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio - Toolkit”. Dicho instrumental tiene por objetivo brindar asistencia en el proceso de elaboración del inventario de mercurio para calcular las liberaciones, constituyéndose en una guía para mejorar y optimizar los inventarios. Este instrumental está acompañado de factores de entrada y factores de distribución de emisiones que permiten calcular las liberaciones a todos los medios: aire, agua, tierra, productos y residuos.

Por otra parte, se realiza una breve reseña de la información disponible, relativa al manejo de desechos, en cada planta y una descripción de las plantas operadoras y de disposición final de residuos de mercurio.

Asimismo, se identificaron puntos calientes potenciales vinculados a plantas de cloro álcali, mediante tecnología de celda de mercurio activas y con procesos de producción en curso, en virtud de posibles eventos de contaminación detectados, y aquellos sitios donde funcionaron instalaciones bajo la misma tecnología que se encuentran actualmente inactivas.

A efectos de coadyuvar al desarrollo de un Plan de Acción, se proponen los lineamientos generales para el manejo ambientalmente seguro del mercurio y sus desechos en las plantas de cloro álcali, teniendo en cuenta las premisas de reducción en la fuente (migración hacia tecnología sin mercurio), minimización de residuos (optimización del uso del mercurio) y reducción de las emisiones (técnicas de control en las descargas).

El Objetivo General del Plan que se propone es el de elaborar las líneas de acción que permitan reducir los impactos sobre la salud y el medio ambiente

derivados del uso de mercurio y sus desechos, en las plantas de cloro álcali en tanto que sus objetivos específicos son:

1. Propiciar la implementación de las mejores prácticas ambientales en la industria de cloro álcali con miras al objetivo final que es el reemplazo de la tecnología de celda de mercurio en dicha industria.
2. Concientizar y crear capacidades en los actores involucrados en uso y manejo del mercurio así como en el tratamiento y disposición de los desechos que lo contengan provenientes de las plantas de cloro álcali.
3. Proponer los lineamientos básicos para la gestión ambientalmente racional de pasivos ambientales y/o sitios contaminados.
4. Elaborar directrices generales relativas a la minimización y la disposición de residuos conteniendo mercurio generados por las plantas de cloro-álcali
5. Analizar alternativas para el almacenamiento de mercurio elemental proveniente de las plantas de cloro álcali.

Con el fin de poder cumplimentar los objetivos específicos se desarrolla un análisis de problemas y las acciones a tomar a los fines del cumplimiento de los mismos, proponiéndose además acciones de corto y mediano plazo e indicadores para su seguimiento y evaluación.



## I. INTRODUCCIÓN

El CA del PNUMA, por medio de su decisión GC (Governing Council) 21/5, solicitó iniciar una evaluación mundial sobre el mercurio y sus compuestos, en cooperación con otros miembros del Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas (Inter-Organization Programme for the Sound Management of Chemicals - IOMC), y asimismo, instó a que dicha evaluación fuera presentada al CA en su 22º período de sesiones, en 2003. En dicha sesión, el CA decidió que respecto del metal mercurio, existían evidencias de su carácter nocivo para la salud humana y el ambiente, que justificaran la adopción de medidas a nivel internacional.

Asimismo, en su 23º período de sesiones el Consejo de Administración del PNUMA, solicitó al Director Ejecutivo instar a los gobiernos, organizaciones intergubernamentales, organizaciones no gubernamentales y al sector privado a crear y establecer asociaciones de manera clara, transparente y responsable, como uno de los enfoques para reducir los riesgos para la salud humana y el ambiente procedentes de la liberación de mercurio y sus componentes.

En la actualidad el programa sobre mercurio del PNUMA tiene dos vertientes principales: El proceso de negociación y la Asociación Mundial sobre el Mercurio.

En relación con el proceso de negociación, en febrero de 2009, el Consejo de Administración del PNUMA acordó la necesidad de la elaboración de un instrumento internacional jurídicamente vinculante sobre el mercurio. Dicho trabajo está a cargo de un Comité Intergubernamental de Negociación que recibe el apoyo del área de Productos Químicos de la División de Tecnología, Industria y Economía (DTIE) del PNUMA. El objetivo es cumplimentar con las negociaciones antes del 2013.

El objetivo general de la Asociación Mundial sobre el Mercurio es proteger la salud humana y el medio ambiente mundial de la liberación del mercurio y sus compuestos mediante la minimización y/o eliminación de las emisiones antropogénicas del mercurio a la atmósfera, agua y tierra. La Asociación cuenta actualmente con siete prioridades identificadas para la acción que son el reflejo de las grandes categorías de fuentes.

En el marco del proyecto “Minimización y manejo ambientalmente seguro de los desechos que contienen Mercurio”, el Centro Coordinador Regional del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe -Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU)- ha firmado un Memorando de Entendimiento (MoU) con el INTI de Argentina, sede del Centro Regional Basilea en América del Sur (CRBAS). El objetivo del mismo es promover la cooperación científica y técnica tendiente a minimizar y manejar con seguridad ambiental los desechos que contienen mercurio, por afectar estos a la población expuesta en varios sectores económicos, incluyendo el de la salud en varios países en América Latina y el Caribe, en el contexto de la implementación del Convenio de Basilea.

Cabe destacar que dicho proyecto se desarrolla en el ámbito de un acuerdo rubricado entre la Secretaría Ejecutiva del Convenio de Basilea (CB) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), y es aplicado en los países de la región de América Latina.

Uno de los resultados esperados es la posibilidad de desarrollar capacidades en nuestro país para preparar e implementar un programa nacional para el manejo ambientalmente seguro de desechos de mercurio en plantas de cloro álcali.

Como primera actividad, en el marco del MoU referido, el CRBAS desarrolló un Taller inicial, al cual fueron convocados distintos actores, con el fin de preparar la realización del inventario de desechos de mercurio en las plantas de cloro álcali. En tal sentido se dictó el curso “La aplicación del Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio en el sector industrial de Argentina”, llevándose a cabo en el INTI entre el 3 y 4 de agosto de 2010, contando con la asistencia técnica brindada por el Centro Coordinador Regional del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.

Asimismo, como parte de las actividades previstas se conformó un Comité Nacional que asistió periódicamente a reuniones con el fin de considerar el grado de avance del proyecto. Dicho Comité estuvo compuesto por representantes de la Secretaría Ambiente y Desarrollo Sustentable, del Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, del Ministerio de la Producción, del Ministerio de Salud, de la Dirección General de Aduanas, de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica, de las empresas productoras de cloro álcali que utilizan mercurio, de representantes de la Confederación General del Trabajo, así como por organizaciones de la sociedad civil. La coordinación del Proyecto estuvo a cargo del INTI, sede del Centro Regional Basilea en América del Sur.

Otra actividad ejecutada fue el establecer un mecanismo de consulta nacional a fin de realizar el inventario de liberaciones de mercurio en las plantas de cloro álcali. A tal efecto se elaboró una encuesta para plantas activas y pasivas, que fue remitida a toda aquellas que producen, o han producido en nuestro país, cloro álcali utilizando mercurio. La información proveniente de las encuestas fue utilizada para la realización de las *“Estimaciones de las liberaciones de mercurio provenientes de las plantas de cloro álcali”*, utilizando el instrumental provisto por el PNUMA (Toolkit).

Seguidamente se realizó otra jornada de capacitación, con la asistencia técnica del Centro Coordinador Regional del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe, que tuvo lugar entre el 16 y 18 de noviembre de 2010 en sede del INTI. Dicha actividad formativa fue el taller “Bases para la elaboración del Plan de Manejo Ambientalmente Seguro (ESM) de residuos que contiene mercurio aplicado al sector industrial de Argentina.

Finalmente como última actividad de asistencia técnica brindada por el Centro Coordinador, se llevo a cabo el 9 de mayo de 2011, un Taller sobre “Tecnologías de tratamiento y disposición de residuos de mercurio”. Durante el transcurso del mismo se presentaron los resultados preliminares de las *“Estimaciones de las Liberaciones de mercurio provenientes de las plantas de cloro álcali”* en la

Argentina y se realizó una exposición, por parte de los actores involucrados, de los procedimientos llevados a cabo luego del cierre y decomiso de una planta de cloro álcali.

Como producto final del proyecto se presenta un documento que contiene, además del inventario de liberaciones en el sector cloro álcali, los lineamientos de un Plan de Acción para el manejo de los desechos de mercurio en este sector industrial.

## II. EL MERCURIO Y SUS COMPUESTOS

El mercurio se encuentra naturalmente en la tierra, en su forma pura se lo conoce como mercurio elemental o metálico. Se lo encuentra más comúnmente como compuesto o sales inorgánicas. El mercurio elemental es un metal blanco plateado brillante, a temperatura ambiente está en estado líquido, evaporándose parcialmente. Los vapores de mercurio son inodoros e incoloros.

Algunos de los compuestos inorgánicos de mercurio son sulfuro de mercurio, óxido de mercurio y cloruro de mercurio. La mayoría de los compuestos inorgánicos son polvos o cristales blancos, excepto el sulfuro de mercurio que es rojo y se vuelve negro con la exposición a la luz.

Existen compuestos orgánicos de mercurio tales como el dimetilmercurio, fenilmercurio, etilmercurio y metilmercurio.

El mercurio elemental puede transformarse, en la atmósfera, en formas inorgánicas de este elemento. El compuesto orgánico de mercurio que se genera, más fácilmente, a partir de microorganismos y procesos naturales es el metilmercurio. El mismo puede bioacumularse y biomagnificarse, puede formarse por procesos bióticos así como por procesos químicos. Las liberaciones antropogénicas contribuyen a los niveles de metilmercurio en el medio ambiente por su transformación a partir de otras formas.

Durante su ciclo de vida, el mercurio puede ir cambiando de estado y especie. Una vez liberado a partir de los minerales o depósitos de combustibles fósiles, y emitido a la biósfera, el mercurio puede tener una gran movilidad y circular entre la superficie terrestre y la atmósfera. Las superficies de los suelos, las aguas y los sedimentos de fondo se consideran los principales depósitos biosféricos de mercurio.

Se denominan especies a las diferentes formas existentes del mercurio (p.e. vapor de mercurio elemental, metilmercurio o cloruro de mercurio). La especiación es importante frente a la toxicidad y exposición al mercurio de organismos vivos. La especie influye, por ejemplo en los siguientes aspectos: disponibilidad física que determina la exposición, el transporte hacia tejidos donde tiene efectos tóxicos, toxicidad, acumulación, biomodificación, biomagnificación. La especiación, también incide en el transporte del mercurio dentro de cada compartimento ambiental.

El mercurio tiene diversas interacciones en la atmósfera, tales como reacciones en fase gaseosa, reacciones en fase acuosa, presentando coeficientes de partición entre las fases gaseosa y sólida las formas elemental y oxidada del mismo.

En la producción de cloro álcali, estudios en los Estados Unidos de América (EEUU) han demostrado que una fracción considerable de mercurio se emite bajo la especie HgO gaseoso.

La tabla siguiente muestra las emisiones de distintas especies de mercurio, provenientes de fuentes antropogénicas principales.

Especies	Centrales Eléctricas de carbón	Calentación doméstica de carbón	Combustión de fuel	Prod. de cemento	Prod. de metales no ferrosos	Prod. de hierro en lingotes	Industria Cloroálcali	Incineración de desechos	Otros	Prom. todas las fuentes
Hg <sup>0</sup> (gas)	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6	0,8	0,7	0,2	0,8	0,64
Hg <sup>II</sup>	0,4	0,4	0,4	0,15	0,3	0,15	0,3	0,6	0,15	0,285
Hg part.	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0	0,2	0,05	0,075

Tabla: Perfiles de emisión (fracción del total) de mercurio de fuentes antropogénicas 1995 (tabla de Pirrone et al, 2001)

En EE.UU., también existen estudios que muestran perfiles de emisión que difieren de las fracciones presentadas en la tabla anterior.

El metil mercurio puede formarse por procesos bióticos, así como procesos químicos. Para la formación de este compuesto en el medio acuático influyen una serie de factores tales como la actividad microbiana y la concentración de mercurio biodisponible, así como parámetros, tales como la temperatura, el pH, el potencial redox, y la presencia de agentes complejantes orgánicos e inorgánicos.

El metilmercurio es la especie que predomina en los peces. Estudios que han examinado el ciclo del mercurio en océanos y grandes masas de agua, han encontrado que el mercurio elemental, el dimetilmercurio y en menor grado el metilmercurio son constituyentes de los depósitos de mercurio disueltos en aguas oceánicas profundas. En aguas más templadas el metilmercurio es más común que el dimetilmercurio. Estudios realizados en aguas dulces y estuarios han demostrado que la metilación del mercurio tiene lugar con bajas concentraciones de oxígeno y la realizan, principalmente las bacterias reductoras de sulfatos.

En el suelo, el comportamiento complejante domina la movilidad del mercurio en el mismo. Gran parte del mercurio presente en el suelo está unido a materia orgánica y puede ser lixiviado por las escorrentías. El mercurio puede ser liberado a las aguas de superficie y a otros medios durante largos períodos de tiempo.

La toxicidad del mercurio depende de su especiación, luego los síntomas y signos varían según que la exposición sea a mercurio elemental, o a sus compuestos orgánicos o inorgánicos.

En relación con los compuestos de alquilvercurio, de los cuales el metilmercurio es el más importante, la fuente de exposición más significativa es la ingestión, particularmente la dieta de pescados y mariscos. En el caso del vapor de mercurio elemental, la fuente más importante podría ser la utilización de amalgamas dentales, aunque la exposición en el ambiente laboral puede ser mucho mayor. Por ejemplo se han observado niveles elevados de mercurio en las plantas de cloro álcali, minas de mercurio, fábricas de termómetros, refinerías, clínicas dentales, así como la minería de oro, extraído con mercurio. Otro tipo de exposición ocasional puede ser el uso de timerosal (tiosalicilato de etilmercurio) como conservante de vacunas y otros productos farmacéuticos.

El metilmercurio tiene efectos adversos para los seres humanos y la vida silvestre. Este compuesto atraviesa rápidamente la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica, y es un neurotóxico que puede afectar muy negativamente el desarrollo del cerebro.

Hay ecosistemas y poblaciones de vida silvestre que son particularmente vulnerables al mercurio, entre ellos los principales depredadores de las redes alimenticias acuáticas, como las aves y los mamíferos que se alimentan de pescado; los ecosistemas del Ártico; los humedales; los ecosistemas tropicales y las comunidades microbianas del suelo.

Últimamente, algunos países, han tomado medidas para reducir las emisiones de mercurio, sin embargo éstas se propagan a largas distancias, lo que significa que países con emisiones mínimas y/o áreas alejadas de actividad humana intensa, pueden verse afectados.

A nivel informativo, se resumen en la siguiente tabla, la exposición humana a las tres formas principales de mercurio en el ambiente:

Tabla: Ingesta diaria promedio estimada y retención en el cuerpo (esta última entre paréntesis) de diferentes formas de mercurio en una situación aplicable a la población general no expuesta al mercurio en el lugar de trabajo; valores en µg/día (WHO/IPCS, 1991)

Exposición	Vapores de Hg elemental	Compuestos Inorgánicos de Hg	Metilmercurio
Aire	0,03 (0,024) *	0,002 (0,001)	0,008 (0,0069)
Amalgamas dentales	3,8-21 (3-17)	0	0
Alimentos			
Pescado	0	0,60 (0,042)	2,4 (2,3) **
Otros alimentos excepto pescado	0	3,6 (0,25)	0
Agua Potable	0	0,050 (0,035)	0
Total	3,9-21 (3,1-17)	4,3 (0,3)	2,41 (2,31)

Nota: Los datos entre paréntesis representan la parte de las aportaciones de mercurio que se retienen en el cuerpo de un adulto.

\* Si se supone que la concentración es de 15 ng/m<sup>3</sup> en una zona urbana, la cifra sería de 0,3 (0,24) µg/día.

\*\* Se supone 100 g de pescado por semana con una concentración de mercurio de 0,2 mg/kg.

Un factor importante es la capacidad del mercurio para acumularse (*bioacumulación: significa la acumulación neta en un organismo de metales provenientes de fuentes bióticas - otros organismos - o abióticas -suelo, aire y agua-*).en los organismos y ascender en la cadena alimentaria. Todas las formas del mercurio pueden acumularse, pero el metilmercurio es la que más se absorbe y acumula. La biomagnificación (*acumulación progresiva de ciertos metales pesados y otras sustancias persistentes, de uno a otro nivel trófico sucesivo. Está relacionada con el coeficiente de concentración en los tejidos de un organismo depredador en comparación con el de su presa - AMAP, 1998*) del mercurio es lo que más incide en los efectos sobre los seres humanos y los animales.

Otros factores que inciden en la bioacumulación del mercurio son los índices de metilación y desmetilación por efectos de las bacterias metiladoras de mercurio. Los procesos de bioacumulación y biomagnificación son complejos, donde además participan ciclos biogeoquímicos e interacciones ecológicas complicadas.

El mercurio se transfiere y acumula de uno a otro nivel de la cadena alimentaria. Las cadenas alimentarias acuáticas suelen tener más niveles que las terrestres, por lo tanto la biomagnificación acuática alcanza valores mayores.

Puede considerarse que las liberaciones de mercurio se dividen en 4 categorías de fuentes:

- a. Fuentes naturales originadas por la movilidad natural del mercurio en la corteza terrestre.
- b. Fuentes antropogénicas debido a la movilización de impurezas en materias primas como los combustibles fósiles, y otros minerales extraídos y tratados.
- c. Fuentes antropogénicas debido a la utilización del mercurio en productos y procesos productivos, también debe considerarse en esta categoría la incineración de desechos
- d. Fuentes provocadas por la removilización de mercurio (de fuente antropógena) depositados en suelos, sedimentos, aguas, vertederos, etc.

Los principales tipos de control para cada una de estas categorías se describen como:

- i. Para las categorías a y d las liberaciones están mayormente fuera del control humano,
- ii. Para la categoría b las medidas de control devienen en reducir el consumo, utilizar materias primas alternativas e implementar técnicas de control de las descargas (medidas de final de cañería).
- iii. Para la categoría c las medidas de control a tomar serían reducir el consumo, mejorar el reciclado/recuperación, sustituir productos/procesos e implementar técnicas de control de las descargas.

Para la reducción o eliminación de las liberaciones antropogénicas se pueden requerir inversiones, tanto para el control de las provenientes de materiales básicos y materias primas contaminadas, así como para la sustitución en el uso de mercurio. También debe considerarse la reducción o eliminación del mercurio en procesos y productos.

Los métodos específicos para controlar las liberaciones de mercurio de sus fuentes varían, en gran medida, según sean las circunstancias locales, pero pueden agruparse en cuatro grupos:

- 1)** Reducción de la extracción y consumo de mercurio en materias primas y productos que originan liberaciones de mercurio;
- 2)** Sustitución o eliminación de productos, procesos y prácticas que contienen o utilizan mercurio;
- 3)** Control de las liberaciones de mercurio mediante técnicas de control de fin de ciclo, o de cañería (“end-of pipe”);
- 4)** Gestión de desechos de mercurio.

Las dos primeras son medidas preventivas. Las otras dos son medidas de control, que reducen algunas liberaciones antes de que lleguen al ambiente. Dentro de estos grupos se encuentra un gran número de técnicas y estrategias para reducir las

liberaciones de mercurio y su consiguiente exposición. Su aplicación en los diversos países depende de las prioridades gubernamentales locales, información y sensibilización sobre posibles riesgos, marco jurídico, cumplimiento de la legislación, costos de instrumentación, beneficios percibidos y otros factores.

Las deposiciones atmosféricas de mercurio son locales, regionales, hemisféricas y globales. Varios estudios han demostrado que además de las fuentes locales, la concentración de fondo del mercurio en la atmósfera global contribuye enormemente a la carga de mercurio en la mayor parte de las regiones. Las corrientes oceánicas son vías de transporte del mercurio así como los océanos son importantes depósitos dinámicos de mercurio en el ciclo global.

La mayoría de las emisiones antropogénicas a la atmósfera son bajo la forma de mercurio elemental gaseoso, que puede desplazarse a largas distancias en las masas de aire. El tiempo de permanencia del mercurio elemental en la atmósfera puede ir desde unos meses hasta un año, tiempo que permite el transporte hemisférico. Además las fuentes acuáticas y terrestres pueden reemitir mercurio, con lo cual este proceso amplía el tiempo de permanencia del mercurio en el ambiente.

Como ya fuera mencionado el mercurio puede cambiar de estado o de especie, pero su forma más simple, el mercurio elemental es perjudicial para la salud humana y el ambiente, y como el mismo es un elemento natural que no se puede crear ni destruir, existe en la misma cantidad desde que se formó el planeta. Las actividades naturales y humanas pueden redistribuir este elemento en los ecosistemas mediante una compleja combinación de movimientos y transformaciones.

El mercurio que es emitido por diversas fuentes puntuales y difusas, se dispersa y traslada en el aire, se deposita en el suelo y almacena en los compartimentos ambientales o se redistribuye entre ellos. Se suponía que la deposición húmeda representaba el mecanismo principal de transferencia del mercurio y sus compuestos desde la atmósfera a los medios receptores acuáticos y terrestres. Sin embargo estudios posteriores han demostrado que la deposición seca de especies de mercurio divalente puede ser igual o mayor a la deposición húmeda, aún en zonas climáticas húmedas. Un aumento en las concentraciones de mercurio en aire, incrementa la exposición directa sobre los seres humanos y el flujo de mercurio entrante a los sistemas acuáticos y terrestres, lo cual provoca una elevación de concentración de metilmercurio en la biota de agua dulce y salada.

Cuando el mercurio ingresa a los ecosistemas acuáticos puede existir en forma particulada o disuelta y transformarse en metilmercurio mediante procesos químicos o microbianos.

El mercurio posee un largo tiempo de retención en el suelo, por lo tanto una vez acumulado puede seguir liberándose a las aguas superficiales y otros medios por largos períodos de tiempo.

El mercurio, por movimientos del aire y agua, se transporta a grandes distancias. El transporte atmosférico es importante ya que el mercurio elemental gaseoso puede desplazarse rápidamente a grandes distancias, pudiendo ser, este tipo

de transporte, el causante de la diseminación del mercurio hasta las zonas más apartadas del planeta.

Este elemento natural está presente en la corteza terrestre a razón promedio de 0,05 mg/kg, con variaciones significativas locales. Se conocen uno 25 minerales principales de mercurio, pero los únicos depósitos que han sido explotados para la extracción son los de cinabrio. También se encuentran en la biósfera niveles bajos de mercurio. La absorción de mercurio en las plantas podría explicar la presencia del mismo en combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas

El mercurio que se ofrece en el mercado proviene de diversas fuentes:

- Producción minera de mercurio primario, como producto principal o como subproducto de la extracción o refinamiento de otros metales o minerales.
- Recuperado al refinar gas natural
- Reprocesamiento o minería secundaria de residuos mineros antiguos
- Reciclado o recuperado de productos usados y/o desechos
- De las reservas o inventarios gubernamentales
- De reservas privadas

El mercurio es un excelente material para muchas aplicaciones porque es líquido a temperatura ambiente, es buen conductor eléctrico, tiene muy alta densidad y alta tensión superficial, se expande y contrae uniformemente en toda su gama líquida por efectos de cambios de presión y temperatura y es tóxico para los microorganismos y otras plagas.

Como metal puede utilizarse para extracción de oro y plata, como cátodo en la industria de cloro álcali, en manómetros, termómetros, interruptores eléctricos, lámparas fluorescentes y de bajo consumo y amalgamas dentales. Como sustancia química puede usarse en baterías, biocidas en la industria del papel, pintura y en semillas, como antiséptico en la industria farmacéutica, como reactivo de análisis y catalizador, en pigmentos y colorantes, en detergentes, explosivos, etc.

La producción de cloro y soda cáustica es una de las actividades que utiliza más mercurio en forma intencional. Sin embargo el uso de controles en las liberaciones, el cierre de instalaciones o la reconversión de tecnologías han producido una disminución del consumo y las liberaciones en este sector. En este proceso industrial el mercurio es liberado a la atmósfera, al agua, en los productos (hidróxido de sodio e hidrógeno) y en los desechos sólidos y líquidos. Parte del mercurio contenido en los residuos sólidos puede recuperarse y reciclarse al proceso productivo. Sin embargo a menudo debe añadirse mercurio al proceso a fin de compensar las pérdidas. Cuando las instalaciones de estas industrias se cierran o convierten, es posible recuperar grandes cantidades de este metal de las estructuras y equipos utilizados.

Las emisiones de mercurio procedentes de la producción de cloro álcali no son el único motivo de preocupación, sino también la recomercialización de mercurio procedente de las instalaciones retiradas del servicio y su impacto en el mercado mundial de este elemento. Existe temor que el ingreso al mercado de grandes cantidades de mercurio reciclado, de bajo precio, reactive el uso de este metal en

países que tengan legislaciones pocas restrictivas y/o circunstancias sociales y económicas especiales.

Los organismos ambientales de algunos países consideran al mercurio como una sustancia a la cual hay que prestar una atención prioritaria y han puesto en marcha medidas a fin de restringir algunos usos tendiendo a la minimización de las liberaciones. Entre estas medidas pueden citarse:

- Fijar normas de calidad ambiental determinando la concentración máxima aceptable en alimentos, aire, agua y suelo
- Tomar acciones y fijar normativa relacionadas con el control de las liberaciones, el fomento de las mejores tecnologías disponibles, el tratamiento de desechos y restricciones a su eliminación
- Tomar acciones y fijar normativa relacionada con el control sobre los productos que contienen mercurio
- Fijar normativa relacionada con la exposición en el ambiente laboral.
- Desarrollar programas de sensibilización en el manejo de mercurio elemental, sus compuestos y riesgos asociados.

Dada la persistencia del mercurio en el ambiente y su transporte a largas distancias, algunos países han llegado a la conclusión que las medidas nacionales son insuficientes, motivo por el cual han emprendido medidas de alcance regional y/o internacional para fijar metas de reducción comunes y garantizar la aplicación coordinada.

Algunos países necesitan consolidar su conocimiento sobre el mercurio y sus compuestos, particularmente sobre usos, emisiones, fuentes de liberación, niveles en el medio ambiente y medidas de prevención y control. Los vacíos de información y lagunas normativas comunes en la mayoría de los países están asociados a los siguientes aspectos: inventarios nacionales de uso, consumo, producción y liberaciones de mercurio, niveles de vigilancia en el medio ambiente y biota, así como los efectos adversos sobre la salud humana y los ecosistemas, información sobre la movilidad del mercurio en diversos sectores, información para evaluación de riesgo en seres humanos y el medio ambiente, sensibilización de la población sobre los posibles efectos perjudiciales, manejo adecuado y gestión de sus desechos, información sobre el comercio y la industria del mercurio y materiales que lo contiene.

Además para desarrollar una estrategia de gestión es necesario contar con herramientas y centros para acceder a la información y la creación de capacidades e infraestructura para la gestión ambientalmente racional de las sustancias peligrosas, particularmente el mercurio y sus compuestos.

Gran parte de la información faltante puede intercambiarse a nivel nacional, regional e internacional. Otros aspectos de la información son propios de cada país y se requieren esfuerzos a nivel nacional traducidos en investigación, recopilación y procesamiento.

### III. EL MARCO LEGAL EN ARGENTINA

Argentina, al igual que otros países de la región, ha establecido normas de higiene y seguridad, como así también generales tendientes a la protección de la salud y el ambiente, que regulan el uso y manejo de sustancias, productos y residuos conteniendo mercurio. Hasta el momento, no existen proyectos normativos integrales (Leyes en el Congreso Nacional y Decretos, Decisiones Administrativas u otros mecanismos regulatorios en el Poder Ejecutivo Nacional) específicos para el mercurio.

No se avizora que el país cuente con una ley específica sobre regulación del mercurio, considerando su ciclo de vida (sustancias, productos y residuos que lo contengan) en el corto plazo. No obstante, la decisión del CA del PNUMA de iniciar las tratativas internacionales con vista a la suscripción de un instrumento jurídicamente vinculante respecto del mercurio, conllevará a un mayor control y fiscalización de aquellas actividades industriales y de servicios que manejen este metal y sus compuestos con las siguientes implicancias:

- Acelerando procesos de sustitución de productos y tecnología más limpia.
- Requiriendo el desarrollo e implementación de planes de manejo sustentable para aquellas actividades generadoras de desechos de mercurio que incluyan sistemas de tratamiento, valorización o disposición final.
- Desarrollando inventarios de existencia.
- Solicitando monitoreo de fuentes emisoras -especialmente gaseosas.
- Relevando sitios contaminados o llamados hot spots, aplicando análisis y estudios de riesgo para evaluar su remediación o recomposición ambiental.

No obstante lo anteriormente manifestado, a continuación, se reseña la normativa nacional que regula algunos aspectos específicos referidos al mercurio y sus compuestos:

#### **1. Ley 26.184 de Energía Eléctrica Portátil**

Prohíbe en todo el territorio de la nación la fabricación, ensamblado e importación de pilas y baterías primarias, con forma cilíndrica o de prisma, comunes de carbón cinc y alcalinas de manganeso, cuyo contenido de mercurio, cadmio y plomo sea superior al:

- 0,0005 % en peso de Hg
- 0,015 % en peso de Cd
- 0,200% en peso de Pb

Desde del Poder Ejecutivo Nacional se ha dictado normativa complementaria:

Resolución SAyDS <sup>1</sup> 14/2007	Procedimiento para la certificación prevista en el Artículo 6° de la Ley 26.184. Establecimiento de sanciones
Resolución INTI 2/2007	Crea la Red de Laboratorios de Mediciones de Pilas y Baterías, supervisados y asistidos por el INTI
Resolución SAyDS 484/2007	Establece el procedimiento a los fines de considerar discriminadamente los distintos supuestos en relación con la certificación exigida por la Ley 26.184

## **2. Ley 24.051 de Residuos Peligrosos y Decreto Reglamentario 831/1993**

Dicho plexo legal fue promulgado en el año 1992 y reglamentado mediante el Decreto 831/1993. Se aplica en lugares sometidos a jurisdicción nacional. Las provincias pueden aplicarla en sus territorios al adherirse a la misma. También es de aplicación en los tránsitos interjurisdiccionales de residuos peligrosos. Es una ley de adhesión.

Su ámbito material alcanza a toda actividad de manejo -generación, manipulación, transporte, tratamiento y/o disposición final- de los residuos que la ley define como peligrosos. Su ámbito territorial alcanza a los territorios de jurisdicción nacional y a los supuestos de manejo interjurisdiccional (comercio interprovincial e internacional).

En su Artículo 2° establece que serán considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I “Categorías sometidas a control” o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II “Lista de características peligrosas”. El Anexo I se divide en Corrientes de Desechos, que abarca desde Y1 a Y18, y Corrientes que tengan como Constituyente, abarcando desde Y19 a Y45. La categoría de control Y29, corresponde al Mercurio y sus compuestos, igual denominación que se le asigna en el Convenio de Basilea.

La ley regula las actividades de los siguientes sujetos: Generador – Transportista – Operador (Planta de Tratamiento/Disposición Final)

- **Generador** es toda persona física o jurídica que, como resultado de sus actos o de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como peligrosos... (artículo 14).
- **Transportista** es toda persona física o jurídica responsable del transporte de residuos peligrosos (artículo 23).
- **Operador** es la persona responsable por la operación completa de una instalación o planta para el tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos (artículo 33 Decreto 831/1993).

<sup>1</sup> SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina.

- **Plantas de tratamiento** son aquellas en las que se modifican las características físicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo peligroso, de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas, o se recupere energía y/o recursos materiales, o se obtenga un residuo menos peligroso, o se lo haga susceptible de recuperación, o más seguro para su transporte o disposición final (artículo 33).
- **Plantas de disposición final** son los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos peligrosos en condiciones exigibles de seguridad ambiental (artículo 33).

El Artículo 4° establece que la Autoridad de la Aplicación llevará y mantendrá actualizado un **Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos**, en el que deberán inscribirse las personas físicas o jurídicas responsables de la generación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos.

El Artículo 5° menciona que el instrumento que acredita la aprobación del sistema de manipulación, transporte, tratamiento y/o disposición final de los sujetos bajo esta Ley será el Certificado Ambiental que deberá ser renovado en forma anual. El mismo es otorgado por la Autoridad de Aplicación (Artículo 7° del Decreto 831/1993).

Asimismo, establece en su Capítulo VII “De las Responsabilidades”, Artículo 45 que se presume, salvo prueba en contrario, que todo residuo peligroso es cosa riesgosa en los términos del segundo párrafo del artículo 1113 del Código Civil, modificado por la Ley 17.711. Y relacionado con el Capítulo IX “Régimen Penal” establece en su Artículo 55 que será reprimido con las mismas penas establecidas en el artículo 200 del Código Penal, el que, utilizando residuos peligrosos, envenenare, adulterare o contaminare de un modo peligroso para la salud, el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general.

También esta Ley tiene un capítulo destinado a las infracciones a la misma, su reglamentación y normas complementarias, que serán reprimidas por la Autoridad de Aplicación mediante el régimen sancionatorio previsto en sus Artículos 49, 50, 51, 52, 53 y 54.

Debe mencionarse que en el Anexo II del Decreto 831/1993 se establecen niveles guía de calidad para el mercurio según se detalla a continuación:

- Tabla I Niveles Guía de Calidad de Agua para fuentes de bebida humana con tratamiento convencional 1 µg/l
- Tabla II Niveles Guía de Calidad de Agua para protección de vida acuática. Agua dulce superficial 0,1 µg/l
- Tabla III Niveles Guía de Calidad de Agua para protección de vida acuática. Aguas saladas superficiales 0,1 µg/l
- Tabla IV Niveles Guía de Calidad de Agua para protección de vida acuática. Aguas salobres superficiales 0,1 µg/l

- Tabla VI Niveles Guía de Calidad de Agua para bebida de ganado 3 µg/l
- Tabla IX Niveles Guía de Calidad de Suelos: Uso agrícola 0,8 µg/g peso seco, Uso residencial 2 µg/g peso seco y Uso Industrial 20 µg/g peso seco

Asimismo dicho Decreto adopta para el mercurio, en su Anexo VI, el límite establecido para la lixiviabilidad en barros de 0,1 mg/l.

### **3. Ley 24.449 – Ley de Tránsito; Transporte de Materiales/Sustancias Peligrosos y Normativa Reglamentaria y Complementaria.**

Dicha Ley regula el tránsito y la seguridad vial en el ámbito nacional; su Decreto Reglamentario 779/1995 cuenta con un Anexo S, que aprueba el “Reglamento General para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera”; la Resolución 195/1997 de la Secretaría de Transporte aprueba las “Normas Técnicas para el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera”.

En este marco, la Subsecretaría de Transporte ha dictado las Resoluciones 720/1987 y 4/1989 que establecen las “Fichas de Intervención” a utilizar ante contingencias con sustancias peligrosas.

Al igual que en el ámbito internacional, el mercurio -y sus compuestos- está catalogado como peligroso para la actividad de transporte terrestre y ferroviario en Argentina, con las entradas en el listado de sustancias peligrosas, que establece el COMITÉ DE EXPERTOS DE LAS NACIONES UNIDAS para el transporte de mercancías peligrosas:

### **4. Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y Normativa Reglamentaria y Complementaria.**

La Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y su Decreto Reglamentario 351/1979, regulan el uso, manipuleo y disposición segura de materiales peligrosos en el ámbito laboral. La norma se concatena con la Ley 21.663 por la que se aprueba el Convenio 139/1974 de la ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT) sobre “Prevención y Control de los Riesgos Profesionales causados por las Sustancias o Agentes Cancerígenos”, entre los cuales se encuentra el mercurio y sus compuestos.

El mercurio -elemental y otras formas inorgánicas, compuestos alquílicos y arílicos- está regulado con Valores Aceptables que no pueden ser superados en el ambiente laboral en la “Tabla de Concentraciones Máximas Permisibles” del Anexo III correspondiente al artículo 61 del Decreto 351/1979. La última modificación de dicho Decreto es la Resolución 295/2003 del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

En la materia, la Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) dictó la Resolución 839/2005 por la que se aprueba un “Plan de Acción del Programa de

Promoción de la Investigación, Formación y Divulgación sobre Riesgos del Trabajo”, donde en su Anexo I refiere al mercurio en hospitales como línea de trabajo prioritaria.

## **5. Ley 23.922 Convenio de Basilea**

Dicha Ley aprueba el Convenio de Basilea (CB) sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, el cual fue ratificado por nuestro país ante Naciones Unidas.

El CB regula el movimiento transfronterizo de los que define como desechos peligrosos en su artículo 1: a) aquellos desechos enumerados en su Anexo I “*Categorías de Desechos que hay que Controlar*”, a menos que no tengan ninguna característica descrita en el Anexo III “*Lista de Características Peligrosas*” y b) aquellos desechos no incluidos en a), pero definidos o considerados como peligrosos por la legislación interna de la parte que sea Estado de exportación, de importación o de tránsito.

El Anexo I del Convenio clasifica a los desechos en “*Categorías de desechos que hay que controlar*” codificadas bajo las siglas Y1 a Y45, particularmente bajo el título “Desechos que tengan como constituyentes” se identifica al Mercurio, compuestos de mercurio como Y29. También en las corrientes de desechos Y1 “Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas”, Y17 “Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos” e Y18 “Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales”.

La Y46 e Y47 están definidas en el Anexo II del Convenio como “*Categorías de desechos que requieren una consideración especial*” y responden a desechos de hogares y sus desechos de incineración. El Anexo III del Convenio establece la “*Lista de características peligrosas*” y el Anexo IV las “*Operaciones de eliminación*” que pueden o no llevar a la recuperación de recursos, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa y otros usos.

Los desechos conteniendo mercurio se enumeran, también, en el Anexo VIII – Lista A – como “A1 Desechos metálicos o que contengan metales” A 1010, A 1030, A 1170 y A 1180; como A2 “Desechos que contengan principalmente constituyentes inorgánicos que puedan contener metales o materia orgánica” A 2010, como A 4 “Desechos que pueden contener constituyentes inorgánicos u orgánicos” A 4020, A 4100 y A 4140.

En Argentina el Anexo VIII, como el IX del Convenio de Basilea, se encuentran vigentes para los movimientos transfronterizos conforme las sucesivas enmiendas según la Decisión IV/9 adoptada por la Conferencia de las Partes (COP) en su Cuarta Reunión, la Decisión VI/35 adoptada por la COP en su Sexta Reunión y la Decisión VII/19 adoptada por la COP en su Séptima Reunión.

## **6. Ley 25.278 Convenio de Rotterdam**

Mediante la misma se aprueba el Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo Aplicable a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional

El objetivo del Convenio es el de promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la salud humana y al ambiente frente a posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional. El Convenio se aplica a los productos químicos prohibidos o severamente restringidos y las formulaciones de plaguicidas extremadamente peligrosas.

Al entrar en vigor las partes deberán notificar las medidas reglamentarias relacionadas a la comercialización de los productos químicos peligrosos regulados, para que la Secretaría del Convenio notifique a las demás partes.

Cada parte velará porque no se exporte ningún producto regulado a parte importadora sin su consentimiento fundamentado previo. Las partes exportadoras que hayan adoptado medidas restrictivas respecto de ciertos productos químicos peligrosos en su territorio no regulados por el Convenio, deben notificar a la parte importadora de tales medidas antes de realizar la primera exportación y luego de adoptada tal medida y posteriormente cada año civil antes de la primera exportación.

Las partes requerirán que los productos químicos peligrosos regulados por el Convenio, como así también otros prohibidos o restringidos en su territorio, cuando se exporten estén etiquetados de forma tal de asegurar información adecuada con respecto a los riesgos y/o peligros para la salud y el ambiente que ellos involucran, como así también estén acompañados de hojas de datos de seguridad actualizadas.

Los compuestos plaguicidas conteniendo mercurio están regulados y sujetos al procedimiento de consentimiento fundamentado previo en el Anexo III "*Compuestos de mercurio, incluidos compuestos inorgánicos de mercurio, compuestos alquílicos de mercurio y compuestos alcoxialquílicos y arílicos de mercurio*".

## **7. Normativa del Ministerio de Salud (MS) de la Nación**

### **❖ Ley 18.284- Decreto Reglamentario 2.126/1971- Código Alimentario Argentino**

Establece las características físicas, químicas y microbiológicas que debe cumplir el agua potable, fijando para el mercurio un contenido máximo de 0,001 mg/l (Cap. XII – Bebidas analcohólicas, Bebidas hídricas, Agua y Agua gasificada – Agua Potable Art. 982).

### **❖ Resolución MS 139/2009**

Por esta norma, el MS adopta la política de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de definir un plan de minimización de exposición y reemplazo del mercurio en el sector salud, instruyendo a todos los hospitales y centros de salud del país para que a partir de los nuevos procedimientos de compra de insumos, los esfigmomanómetros y termómetros clínicos se adquieran libres de mercurio.

❖ **Resolución MS 274/2010**

Por esta norma el MS prohíbe la producción, importación, comercialización o cesión gratuita de esfigmomanómetros de columna de mercurio para la evaluación de la tensión arterial al público en general, la atención médica y veterinaria.

**8. Resolución 314/1992 de la ex Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano**

Esta normativa modifica los valores de los Límites Transitoriamente Tolerados establecidos por la Resolución 79.179/90 de la entonces Obras Sanitarias de la Nación (OSN) "Anexo B". En tal sentido asigna, al parámetro mercurio como límite transitoriamente tolerado en el vertido, a colectora cloacal, a conducto pluvial y a curso de agua, el valor de 0,005 mg/l.

**9. Resolución 1/2008 de la Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR)**

Esta norma aprueba los límites admisibles para descargas de efluentes líquidos en el ámbito de aplicación territorial de la Cuenca Matanza Riachuelo, estableciendo para el mercurio los siguientes valores:

- Límite para descargar a colectora cloacal:  $\leq 0,005$  mg/l.
- Límite para descargar a pluvial/cuerpo superficial:  $\leq 0,005$  mg/l.
- Límite para descargar a absorción suelo: Ausente, dicha indicación es equivalente a menor que el límite de detección de la técnica analítica indicada (3500 Hg B).

**10. Regulaciones del área de Agricultura de la Nación**

10.1 **Resolución 750/2000** de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación prohibiendo el plaguicida Fenilacetato de mercurio.

10.2 **Disposición 80/1971** del ex Servicio Nacional de Sanidad Vegetal prohibiendo el cloruro de mercurio para la aplicación en tabaco



## IV. ESTIMACION DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO EN PLANTAS DE CLORO ÁLCALI

### IV.1 - BREVE DESCRIPCION DE LA PRODUCCION DE CLOROALCALI EN CELDAS CON CÁTODO MÓVIL DE MERCURIO

De este proceso productivo se obtiene cloro, hidrógeno e hidróxido de sodio/potasio en solución, mediante la electrólisis de una solución de cloruro de sodio/potasio (salmuera).

En el proceso de electrólisis una sustancia iónica es sometida a una corriente eléctrica (corriente continua) para separar sus iones, el mismo tiene lugar en una celda electrolítica provista de dos electrodos, cátodo y ánodo.

En el proceso de producción que nos ocupa el mercurio actúa no solo como cátodo, sino como medio para separar los elementos amalgamando a las sustancias catiónicas reducidas. Esta amalgama se descompone al ser puesta en contacto con agua, liberando la sustancia alcalina, y desprendiendo hidrógeno, formando la solución de hidróxido de sodio. El mercurio desamalgamado, en estado metálico, es retornado a la celda para ser reutilizado nuevamente.

El proceso global que se lleva a cabo en la sala de celdas responde a la siguiente reacción



La reacción principal en el cátodo de mercurio es la reducción del ión sodio, proveniente de la salmuera, formándose la amalgama ( $\text{NaHg}_x$ ).

La reacción principal en el ánodo es la oxidación del ión cloruro, proveniente de la salmuera, a cloro gaseoso.

La amalgama que sale de la celda es enviada al descomponedor, donde se produce la oxidación del sodio elemental y la reducción de agua, formándose Hidróxido de sodio (o soda cáustica) e Hidrógeno. La reacción redox (reacción de reducción y oxidación), descrita precedentemente, se produce generalmente sobre un lecho empacado de grafito. El mercurio desamalgamado, en estado metálico se recircula a la celda.

En el proceso de electrólisis también tienen lugar reacciones secundarias. En el cátodo, la reducción de impurezas presentes en la sal y materias primas, reaccionan a potenciales menores que el del ión sodio. Entre las reacciones que se producen normalmente en el cátodo está la reducción de iones hidrógeno. La difusión de estos iones hacia el cátodo se produce por un gradiente de concentración de ión hidrógeno entre la salmuera y la superficie del cátodo. Cuanto más ácida sea la salmuera, mayor será este gradiente y habrá mayor liberación de hidrógeno gaseoso.

Otra forma de generación de hidrógeno gaseoso en el cátodo es por reducción de agua, que se hace posible por una disminución de la sobretensión de liberación de hidrógeno. Esto puede producirse por contaminación progresiva del cátodo debido a la reducción y acumulación de impurezas metálicas que tienen afinidad con el mercurio o por formación de manteca de mercurio (o por mala distribución del mercurio sobre la planchada de hierro de la celda sobre la cual circula el mismo. En esas condiciones, como la tensión de descomposición del hidrógeno es menor sobre el hierro que sobre mercurio, evoluciona hidrógeno).

Otra reacción de reducción producida en el cátodo es la del cloro activo, la cual disminuye los rendimientos de corriente catódica y anódica, pues disminuye la corriente necesaria para la reducción del sodio en el cátodo y consume el cloro gaseoso formado en el ánodo. La corriente de reducción de cloro sólo depende de la concentración de cloro libre en la salmuera y su capacidad de difusión hacia el cátodo. La concentración de cloro libre disminuye cuando la salmuera es suficientemente ácida para evitar la hidrólisis de cloro gaseoso, pero una salmuera muy ácida favorece la liberación de hidrógeno, por lo tanto se debe fijar un valor óptimo de pH en la misma (4 a 5 en ánodo de grafito).

También se producen reacciones secundarias en el ánodo, una de ellas es la oxidación del agua con liberación de oxígeno, producto de la desactivación de los ánodos.

En la salmuera hay presencia de iones sulfato, clorato y fosfato, que si bien son inertes electroquímicamente, disminuyen la solubilidad del cloruro de sodio modificando las condiciones de operación gradualmente.

Para optimizar la producción de cloro álcali en celdas con cátodo de mercurio deben tenerse en cuenta diversas variables tales como la regulación del pH a lo largo de la celda, el transporte de sodio en el cátodo, la densidad de corriente, la temperatura, la concentración de cloro libre en la salmuera, la velocidad de empobrecimiento de la salmuera, la velocidad de la película de mercurio y la distancia entre ánodo y cátodo, entre otras cosas.

Debe destacarse la formación de dos sustancias, la primera, denominada "manteca de mercurio", producto de la amalgama de impurezas (Ca, Mg, Ba, Sr, etc.) la cual se acumula sobre la celda favoreciendo la liberación de hidrógeno y la obstrucción en la bomba. Ésta se extrae de las cajas de entrada y salida periódicamente.

La segunda sustancia denominada "mousse de mercurio" es una emulsión de hidrógeno en mercurio. Estas mantecas sólidas o viscosas son suspensiones coloidales de impurezas, de hidrógeno, de hidróxido de sodio y de óxido de sodio y son más livianas que el mercurio por lo que flotan sobre la superficie de la celda.

La celda electrolítica es donde tiene lugar la reacción electroquímica. Se trata de un recipiente cerrado, de característica rectangular con el piso levemente inclinado, por donde fluye la corriente de mercurio que funciona como cátodo. Por encima de esta capa continua se ubican los ánodos. La celda se cierra herméticamente

por medio de una tapa ubicada en la parte superior. Además de la celda propiamente dicha (ánodos y cátodo) se observan las cajas de entrada y de salida y el desamalgamador.

En el proceso de tratamiento de los efluentes mercuriales líquidos, en primer lugar se oxida el mercurio elemental para solubilizarlo en su forma iónica, para luego hacerlo reaccionar con iones sulfuro a fin de obtener un precipitado de sulfuro de mercurio sólido y muy estable.

Los controles de emisiones de mercurio en algunas de las plantas de nuestro país son: a) en cajas de conexión: sistemas de aspiración en cajas de entrada y salida y absorción en carbón activado, b) en corriente de hidrógeno enfriamiento, absorción en carbón activado y en cribas moleculares. También se realizan prácticas de prevención de emisiones fugitivas a través de inspecciones visuales y detección de vapores. Los residuos semisólidos, previamente tratados, y los sólidos son enviados a operador externo para ser dispuestos en celda de seguridad. En una planta de producción de cloro álcali hay recuperación de mercurio "in situ" (retorta).

## **IV.2 – ESTIMACIÓN DE LAS LIBERACIONES DE Hg**

En nuestro país se han identificado siete establecimientos/plantas que producen o han producido cloro álcali utilizando celda con cátodo de mercurio.

A todas las firmas que explotan o han operado estos establecimientos se les ha enviado una encuesta, elaborada como parte de las actividades del proyecto y que se detalla en el Anexo del presente documento. La misma requiere información relativa a la descripción de tecnologías, datos de producción, liberaciones, sistemas de control y tratamientos y/o disposición para plantas activas y sus desechos, así como también para plantas desactivadas o cerradas incluyendo potenciales pasivos ambientales.

La información disponible, correspondiente a cinco de las plantas, ha sido obtenida directamente de las propias empresas, mientras que para las dos restantes se contó con la colaboración de las autoridades ambientales locales para realizar este relevamiento, a raíz de que las mismas estaban inactivas

De acuerdo a la información obtenida, la situación actual de las siete empresas relevadas puede resumirse de la siguiente manera:

- ✓ Dos establecimientos se encuentran funcionando continuamente (Provincia de Buenos Aires). (Plantas 1 y 2).
- ✓ Un establecimiento se encuentra en reserva de producción, está localizado en la Provincia de Córdoba, y operó hasta junio de 2010 (Planta 3).
- ✓ Una planta localizada en la provincia de Mendoza se encuentra clausurada desde el año 2010. (Planta 4).
- ✓ Tres establecimientos han discontinuado su producción de los cuales:

- Dos han desmantelado totalmente sus instalaciones. Una se encuentra en la Provincia de Río Negro, y su desmantelamiento se efectuó entre 1996 y 1998 (Planta 5). La otra, localizada en la Provincia de Córdoba, fue desmantelada en 1995 (Planta 6).
- La planta, localizada en la Provincia de Jujuy, reemplazó, en el año 2006, la tecnología de celdas de mercurio por celdas de membrana de última generación, con retiro del mercurio de celdas.

La estimación de las liberaciones de mercurio provenientes de las plantas de cloro álcali fue llevada a cabo utilizando una metodología provista por el PNUMA y preparada por su Área de Productos Químicos, denominada "Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio - Toolkit". Dicho instrumental tiene por objetivo brindar asistencia en el proceso de elaboración del inventario de mercurio para calcular las liberaciones, constituyéndose en una guía para mejorar y optimizar los inventarios.

Este instrumental está acompañado de factores de entrada y factores de distribución de emisiones que permiten calcular las liberaciones a todos los medios: aire, agua, tierra, productos y residuos.

Para el cálculo de la liberación promedio anual en cada vía o medio y por cada proceso de liberación identificado debe aplicarse la siguiente ecuación:

Liberación estimada de mercurio a la vía X = *tasa de actividad* \* *factor de entrada* \* *factor de distribución de emisiones para la vía X*

Siendo:

- 1) *Tasa de actividad* el monto de materia prima procesada o productos manufacturados por unidad de tiempo (p.e.: toneladas o piezas/año).
- 2) *Factor de entrada* es el contenido de mercurio por unidad de materia prima procesada o producto manufacturado (p.e.: g de mercurio/Tonelada de materia prima procesada o producto manufacturado).
- 3) *Factor de distribución de las emisiones* es la fracción o parte de la entrada de mercurio que se libera a través de una vía en particular (aire, agua, tierra, producto, desecho general o tratamiento específico de desechos). El factor de distribución es adimensional.

Se estableció como base de cálculo del inventario el año 2009. Cuatro establecimientos, de los señalados precedentemente, se encontraban activos en dicho año calendario: Plantas 1, 2, 3 y 4.

Las empresas (Planta 1 y Planta 2) que participaron activamente de este proyecto desde su inicio, han proveído información de sus balances de mercurio,

discriminando las corrientes, por lo tanto no se han aplicado para estas plantas los factores de distribución provistos por el "Toolkit".

Para las otras dos empresas restantes, se han aplicado los factores de distribución (factores por defecto) previstos en el instrumental.

Para la Planta 3 se consideró el primer escenario brindado por el "Toolkit", correspondiente a la descripción "*Producción de cloro y NaOH/KOH con proceso de celda de mercurio*". Es decir que las liberaciones que no pudieron ser contabilizadas directamente se atribuyen a la vía de liberación Tratamiento/Disposición específica por sector.

En el caso de la Planta 4 no se obtuvo información certera en cuanto al tratamiento y/o disposición dado a sus efluentes y residuos. Dicho establecimiento está actualmente sin actividad y la información obtenida ha sido brindada por la autoridad de control ambiental local, por lo cual se ha tomado la posición más conservadora aplicando los factores por defecto del toolkit correspondiente al segundo escenario "*Celda de mercurio para prod. De Cl/NaOH/KOH – si no se explica..*", pero considerando el aporte de liberaciones correspondientes a "*Tratamiento/ Disposición específica por sector*" sumado al factor de distribución de *Tierra (0,3+0,38)*. Dicha decisión se apoya en la incertidumbre de información relativa al tratamiento y/o disposición de sus residuales.

### **ESTIMACION DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO UTILIZANDO EL INSTRUMENTAL**

<b>Planta</b>	<b>Producción (Tn Cl<sub>2</sub>/año) (prom. 2009)</b>	<b>Aire (kg/año)</b>	<b>Agua (kg/año)</b>	<b>Productos (kg/año)</b>	<b>Residuos Tratados Dispuestos (kg/año)</b>	<b>Residuos Sólidos Dispuestos (kg/año)</b>	<b>Totales (kg)</b>	<b>Factor de Entrada (g Hg/Ton Cl<sub>2</sub>)</b>
Planta 1	15.030, 4	0,4	0,6	65,3	487,1	316,6	870	57,88
Factores de distribución (%)		0,05	0,07	7,51	55,98	36,39		
Planta 2	63.800	368,22	3,67	24,32	661,35	-	1057,56	16,58
Factores de distribución (%)		34,82	0,35	2,3	62,53	-		

<b>Planta</b>	<b>Producción (Tn Cl<sub>2</sub>/año) (prom. 2009)</b>	<b>Aire (kg/año)</b>	<b>Agua (kg/año)</b>	<b>Tierra (kg/año)</b>	<b>Productos (kg/año)</b>	<b>Tratamiento y Disposición (kg/año)</b>	<b>Totales (kg)</b>	<b>Factor de Entrada (g Hg/Ton Cl<sub>2</sub>)</b>
Planta 3	8.867	191,5	19,15	19,15	19,15	1666,05	1915	215,97
Factores de distribución (%)		10	1	1	1	87		
Planta 4	7.000	700	70	2380	350	0	3500	500
Factores de distribución (%)		20	2	68	10	0		

### LIBERACIONES GENERALES:

	<b>Producción (Tn Cl<sub>2</sub>/año) (prom. 2009)</b>	<b>Aire (kg/año)</b>	<b>Agua (kg/año)</b>	<b>Tierra (kg/año)</b>	<b>Productos (kg/año)</b>	<b>Tratamiento y Disposición (kg/año)</b>	<b>Totales (kg)</b>	<b>Factor de Entrada (g Hg/Ton Cl<sub>2</sub>)</b>
Planta 1	15.030,40	0,40	0,60	0	65,30	803,70	870,00	57,88
Planta 2	63.800,00	368,22	3,67	0	24,32	661,35	1.057,56	16,58
Planta 3	8.867,00	191,50	19,15	19,15	19,15	1666,05	1.915,00	215,97
Planta 4	7.000,00	700,00	70,00	2.380,00	350,00	0	3.500,00	500,00
<b>Total</b>	<b>94.697,40</b>	<b>1.260,12</b>	<b>93,42</b>	<b>2.399,15</b>	<b>458,77</b>	<b>3.131,10</b>	<b>7.342,56</b>	<b>(*)</b>

(\*) Si consideramos la producción total de cloro para el año 2009 y las liberaciones anuales de mercurio para esa producción, nos encontramos frente a un factor de entrada de 77,54 g Hg/Ton Cl<sub>2</sub>. Frente a dicho factor de entrada no debemos perder de vista la disparidad existente entre los factores de entrada de las plantas de nuestro país, que varían en un rango de aproximadamente 17 – 500 g Hg/Ton Cl<sub>2</sub>

### IV.3 – MANEJO DE LOS DESECHOS

Como ya se mencionara se han identificado en nuestro país, al año 2009, 4 plantas activas de producción de cloro álcali, que utilizan celdas con cátodo de mercurio.

A continuación se realiza una breve reseña de la información disponible, relativa al manejo de desechos, en cada planta:

- Planta 1: Los residuales líquidos y semisólidos conteniendo mercurio son tratados en la misma planta. El tratamiento consiste en una oxidación del mercurio con posterior precipitación con sulfuros y una filtración final. De esta manera se obtiene un barro estabilizado que es enviado a planta operadora externa para su disposición en relleno de seguridad. El resto de los residuos sólidos peligrosos de la planta son enviados a planta de disposición final. Los barros estabilizados como el resto de los residuos deben cumplir con test de lixiviados en forma previa a su disposición de acuerdo a los límites establecidos en la normativa nacional y/o local.
- Planta 2: El mercurio presente en los líquidos y barros es precipitado con iones sulfuro y luego de una filtración posterior, los barros mercuriales son enviados a disposición final a relleno de seguridad. Todos los residuos sólidos y semisólidos son pesados y tratados por el proceso de macroencapsulado, en matriz de cemento. Posteriormente se los envía a disposición final en relleno de seguridad en subcelda exclusiva.  
Los barros provenientes de la purificación de la salmuera son estabilizados con sulfhidrato de sodio y enviados a planta de disposición final en subcelda exclusiva destinada a tal fin.  
Los barros deben cumplir con la normativa legal vigente en cuanto al test de lixiviado previo a su envío a disposición final
- Planta 3: El mercurio presente en los efluentes es precipitado con iones sulfuro y luego de una filtración posterior, los barros mercuriales son enviados a disposición final en relleno de seguridad. Los residuos peligrosos sólidos son tratados internamente de acuerdo al sistema de gestión integrado de la planta y posteriormente son enviados para su disposición final en relleno de seguridad. Tienen proceso de recuperación de mercurio in situ (retorta), el horno posee sistema de enfriamiento y lavado de gases (depurador húmedo y condensador). El mercurio recuperado por este proceso es devuelto a las celdas y las cenizas enviadas a disposición final en relleno de seguridad.
- Planta 4: Los datos obtenidos para esta planta han sido provistos de información secundaria. Por lo que se desconoce el tratamiento efectuado a los residuos mercuriales y su disposición.

#### IV.3.1. Breve descripción de las plantas operadoras y de disposición final de residuos de mercurio:

Las Plantas de cloro álcali 1, 2 y 3 operativas durante el año 2009 han enviado a disponer sus residuos de mercurio, estabilizados como sulfuros, a 3 plantas operadoras de residuos peligrosos.

Dichas plantas operadoras poseen instalaciones de rellenos de seguridad que cumplen con los requisitos mínimos de diseño establecidos por la norma local y nacional, contando con un sistema de doble impermeabilización, constituido por dos o más revestimientos de baja permeabilidad y sistemas de colección y extracción de percolados: Sistema de Colección y Remoción -SCR- (arriba del revestimiento superior) y Sistema de Detección, Colección y Remoción -SDCR- (entre ambos revestimientos)

A continuación se hace una breve descripción de cada una de estas Plantas Operadoras:

❖ Planta Operadora 1:

Ubicada en la Provincia de Buenos Aires. Cuenta con habilitaciones de la autoridad ambiental local y nacional como Operadora de Residuos Peligrosos.

Está autorizada para la recepción, tratamiento y disposición final de residuos con mercurio.

Recibe residuos peligrosos de una planta de cloro álcali, consistentes en barros de tratamiento de efluentes y del tratamiento de salmuera, previamente estabilizados con polisulfuro en planta generadora.

Las operaciones de eliminación autorizadas para residuos con mercurio son:

- Tratamiento Físicoquímico de estabilización: Para residuos que contienen mercurio elemental. La estabilización se efectúa en reactor mediante la utilización de polisulfuro de sodio, agua y cemento. De esta manera el mercurio queda estabilizado bajo la especie de sulfuro de mercurio.
- Disposición Final en Relleno de Seguridad: Se disponen los residuos de mercurio estabilizados bajo la forma de sulfuro. Estos pueden haber sido estabilizados en la planta operadora o estabilizados en la planta generadora en forma previa a su recepción.

La planta operadora cuenta con laboratorio interno donde efectúan ensayos de lixiviados y análisis previos y posteriores al tratamiento de estabilización.

En cuanto a los controles del relleno de seguridad, efectúan monitoreo de calidad de aguas subterráneas en forma trimestral y anual, en los diferentes pozos instalados en el establecimiento según los flujos de escorrentía. El protocolo incluye entre otros la determinación de concentraciones de mercurio. El monitoreo de aire sobre los ductos de alivio de relleno se efectúa solo en caso de verificarse caudal de emisión.

Los lixiviados del relleno de seguridad son tratados en planta, enviando el excedente a otras plantas operadoras habilitadas.

❖ Planta Operadora 2:

Se encuentra ubicada en la Provincia de Córdoba. Posee habilitaciones de la autoridad ambiental local y nacional como planta Operadora de Residuos Peligrosos.

Está autorizada para la recepción de residuos peligrosos con mercurio, consistentes en materiales sólidos contaminados con trazas de mercurio (barros, cenizas tierras), luminarias con mercurio rotas previamente estabilizadas, pilas y baterías con mercurio.

El principal ingreso de residuos peligrosos con mercurio corresponde a los barros mercuriales de una planta de cloro álcali.

Las operaciones de eliminación autorizadas para residuos con mercurio son: Tratamiento Físicoquímico de estabilización y Disposición Final en Relleno de

Seguridad. En relación con este último los residuos con mercurio estabilizados son dispuestos en coordenadas definidas y conocidas dentro de las celdas de seguridad.

Poseen laboratorio interno, donde se efectúan ensayo de filtro de pintura (líquidos libres), pH, sólidos totales y ensayo de estabilización. No obstante las determinaciones de mercurio con buena sensibilidad, se efectúan en laboratorio externo, en forma previa y posterior a la estabilización del residuo.

Cuentan con un plan de monitoreo ambiental que incluye la determinación de metales pesados incluidos mercurio en agua subterránea en los distintos pozos instalados (cuatrimestral), canales pluviales (según precipitaciones pluviales o cuatrimestral) y suelo (cuatrimestral).

Los lixiviados son monitoreados por un laboratorio oficial en forma cuatrimestral. Los lixiviados son recirculados a la celda para la humectación del terreno, siendo favorable la tasa de evaporación en la zona.

#### ❖ Planta Operadora 3:

Ubicada en Provincia de Buenos Aires. Cuenta con habilitaciones de las autoridades ambientales provincial y nacional como planta Operadora de Residuos Peligrosos.

Se encuentra autorizada para recibir residuos peligrosos con mercurio previamente estabilizados con sulfuros o polisulfuros.

La operación de eliminación habilitada para residuos peligrosos con mercurio es:

- Disposición Final en Relleno de Seguridad: Los residuos peligrosos con mercurio deben haber sido previamente estabilizados en planta externa antes de su ingreso a planta y disposición en celdas de seguridad.

No realizan tratamiento fisicoquímico de estabilización, neutralización y/o solidificación. Los residuos peligrosos con mercurio que se reciben en planta deben estar previamente estabilizados.

Posee laboratorio interno donde se efectúan ensayos analíticos de las muestras de residuos peligrosos como control previo a su disposición en el relleno de seguridad.

Para el caso particular de barros de bajo contenido de mercurio proveniente de la planta de cloro álcali se sigue el siguiente procedimiento:

- Descarga de cargamento en depósito transitorio
- Acopio hasta acumular 150 Tn de material (batch)
- Muestreo representativo de cada batch acumulado y análisis en laboratorio externo habilitado por autoridad ambiental local.
- Verificación de los valores de mercurio total y en lixiviado.
- Los batch de barros con mercurio estabilizados son ubicados en un sector exclusivo de las celdas habilitadas, determinándose las coordenadas correspondientes.

El Programa de monitoreo ambiental de la planta operadora incluye la determinación de concentraciones de mercurio en aguas subterráneas (semestral), calidad de aire (semestral), y suelos (semestral).

El programa de monitoreo también incluye el control de lixiviados en forma bimestral para todos los parámetros de control establecidos por la autoridad habilitante, no obstante en virtud de la disposición de barros con mercurio provenientes de planta de cloro álcali, se efectúa en forma adicional un monitoreo del tenor de mercurio en la pileta de lixiviados cada 10 días.

#### IV.4 - IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS CALIENTES POTENCIALES:

Bajo este numeral se identificaron puntos calientes potenciales vinculados a plantas de cloro álcali, mediante tecnología de celda de mercurio activas y con procesos de producción en curso, en virtud de posibles eventos de contaminación detectados, y aquellos sitios donde funcionaron instalaciones bajo la misma tecnología que se encuentran actualmente inactivas.

Para el mecanismo de revelamiento de estos puntos calientes se utilizó la encuesta elaborada como parte de las actividades del proyecto señalada en el punto 2, que incluía la identificación de información sobre plantas desactivadas o cerradas incluyendo potenciales pasivos ambientales.

Como resultado del relevamiento se pueden identificar en el país los siguientes puntos calientes potenciales:

##### PLANTAS ACTIVAS

Planta 1:

Ubicación: provincia de Buenos Aires.

Estado de Situación: Desde el año 2006 inició un Plan de Remediación como consecuencia de la detección de mercurio en suelos. Se efectuaron tareas de remediación de suelos y continúan actualmente con tareas de bombeo continuo desde pozos, construidos a tal efecto, con depresión del acuífero y arrastre del mercurio.

Planta 2:

Ubicación: provincia de Buenos Aires.

Estado de Situación: En los años 1995 y 1997 detectaron presencia de mercurio en suelo y agua subterránea. En el año 2000 iniciaron programa de tareas de remediación consistente en: a) anulación de dispersión y movilidad del mercurio depositado en el suelo y agua subterránea b) extracción por bombeo de agua contaminada c) plan de vigilancia y control ambiental. Actualmente continúan con tareas de bombeo y medición.

*El sistema de confinamiento resultó eficaz para mantener contenido el flujo en la capa acuífera semiconfinada, mientras que para el acuífero subsuperficial o freático el confinamiento del flujo ha tenido efecto parcial.*

##### PLANTAS INACTIVAS

Planta 3:

Ubicación : provincia de Córdoba

Estado de Situación. Esta planta no está actualmente inactiva, sino que ha suspendido temporalmente la producción de cloro álcali con celda de mercurio. Durante algunos años ha acopiado lodos estabilizados con sulfuro que ha ido disponiendo progresivamente. Sin embargo aún mantiene en depósito residuos estabilizados con mercurio a la espera de su disposición. Si bien no se conocen episodios de contaminación se podría considerar un posible punto caliente debido al impacto sobre el medio por la producción en sí misma a lo largo de los años y por el tratamiento de sus residuales. (precipitación con sulfuro).

#### Planta 4:

Ubicación: provincia de Mendoza

Estado de Situación: El establecimiento fue clausurado en el año 2010 por la autoridad ambiental local a raíz de eventos de contaminación con mercurio.

Se han desmantelado los tanques de productos terminados. Hay existencias en planta de residuos consistentes en barros y tierras con mercurio. Se efectuaron evaluaciones ambientales del sitio en agua subterráneas, superficiales y suelos. Las tareas de remediación se iniciaron en el año 2009, con extracción de tierras contaminadas.

#### Planta 5:

Ubicación: provincia de Río Negro

Estado de Situación: El establecimiento comenzó su producción, de cloro y soda cáustica, en 1951 con 40 celdas electrolíticas con cátodo móvil de mercurio, incorporando nuevos productos a su línea industrial, durante los 44 años de funcionamiento de la firma, tiempo durante el cual también fue modificando su escala productiva. En relación con la producción asociada a la utilización de celdas electrolíticas con cátodo de mercurio, la empresa ha ido variando el número de las mismas, llegando a tener 104 entre 1976/1992 y terminando con 80 celdas en el año de su cierre, 1995. En la actualidad no hay existencia de mercurio elemental en el sitio.

Las instalaciones productivas han sido desmanteladas. Los residuos provenientes de las mismas, así como otro tipo de residuales de la planta han sido colocados en un sitio de disposición final de residuos de la propia empresa. Algunos residuos han sido tratados, previamente a su disposición. Los lixiviados de Hg de los residuos arrojan valores que se ubican en un rango entre < 10 a < 100 ppb.

El predio ha sido sometido a medidas de mitigación y remediación en función de un programa de acción llevado a cabo por la empresa, y autorizado y auditado por autoridades ambientales a nivel provincial y nacional. Entre las tareas encaradas pueden citarse:

- Desmontaje de grandes equipos de cloro-soda que fueron vendidos.
- Desmontaje y limpieza de las celdas de electrólisis y accesorios que fueron vendidos como chatarra.
- Recolección del mercurio de celdas y sitios de recuperación y entrega a una firma externa que produce cloro-soda
- Demolición de estructuras de hormigón y edificios (Previamente hidrolavados), y disposición en sitio de disposición final de residuos de la propia empresa.
- Tratamiento térmico de grafito de celdas, descomponedores, carbón activado y tierras conteniendo mercurio, con recuperación de mercurio.
- Construcción de una pantalla de cemento-bentonita, de baja permeabilidad, de aproximadamente 6 metros de profundidad y 0,6 metros de espesor para minimizar el aporte (por filtración) de agua del canal que pasa circundante al sitio donde se emplazaba la planta.
- Construcción de una cubierta multicapa en el predio de emplazamiento de la planta de cloro-soda, finalizando con una superficie final de asfalto, con el objeto de evitar la percolación de aguas de lluvia.
- Construcción de una red freaticométrica para el control de aguas subterráneas.
- Tratamiento de residuos peligrosos con operador externo habilitado.
- Construcción de un sitio para la disposición final de residuos, aprobado por autoridades provinciales y nacionales. El mismo posee pozos de monitoreo perimetrales y pozos de venteo sobre su cubierta.

Se efectúa un programa de monitoreo de aguas subterráneas sobre una red freática de 40 pozos en el predio y su entorno. También se controlan aguas superficiales. Además del parámetro mercurio, se determinan otros contaminantes. También se han realizado estudios de suelos.

Actualmente el sitio y su entorno están siendo objeto de una Auditoría Externa de Evaluación Ambiental, llevada a cabo en el marco de un Acta Acuerdo suscripta por la empresa, las autoridades provinciales y nacionales, así como una Comisión de Evaluación y Seguimiento de la auditoría, integrada además por representantes de la autoridad municipal donde se localiza el predio y vecinos de esa comunidad.

Planta 6:

Ubicación: provincia de Jujuy

Estado de Situación: En el año 2006 se reemplazó la tecnología de celda de mercurio por celda de membrana. La empresa ha presentado ante la autoridad ambiental local una propuesta de adecuación de las instalaciones del anterior proceso (edificio de sala de celdas y equipos del circuito de mercurio). La autoridad provincial ambiental aprobó, oportunamente, el cierre de la sección donde se empleaba celdas con mercurio, autorizando, mediante los actos administrativos correspondientes, la propuesta de adecuación de la planta de electrólisis, así como el programa de monitoreo que debe cumplir la empresa.



## V. LINEAMIENTOS PARA UN PLAN DE ACCION

A continuación se van a esbozar los lineamientos generales para el manejo ambientalmente seguro del mercurio y sus desechos en las plantas de cloro álcali, teniendo en cuenta estas premisas: reducción en la fuente (migración hacia tecnología sin mercurio), minimización de residuos (optimización del uso del mercurio) y reducción de las emisiones (técnicas de control en las descargas).

### V.1. OBJETIVOS:

Objetivo General: Elaborar las líneas de acción que permitan reducir los impactos sobre la salud y el medio ambiente derivados del uso de mercurio y sus desechos, en las plantas de cloro-álcali.

#### Objetivos específicos:

- 1- Propiciar la implementación de las mejores prácticas ambientales en la industria de cloro álcali, con miras al objetivo final que es el reemplazo de la tecnología de celda de mercurio en dicha industria.
- 2- Concientizar y crear capacidades en los actores involucrados en uso y manejo del mercurio, así como en el tratamiento y disposición de los desechos que lo contengan provenientes de las plantas de cloro-álcali.
- 3- Proponer los lineamientos básicos para la gestión ambientalmente racional de pasivos ambientales y/o sitios contaminados.
- 4- Elaborar directrices generales relativas a la minimización y la disposición de residuos conteniendo mercurio generados por las plantas de cloro álcali
- 5- Analizar alternativas para el almacenamiento de mercurio elemental proveniente de las plantas de cloro álcali.

### V.2. ESTRATEGIA DE APLICACIÓN

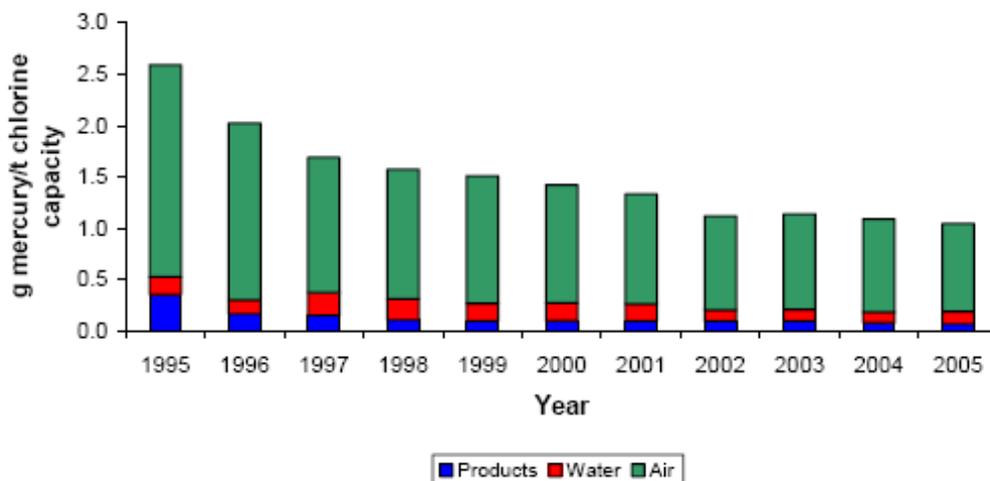
Con el fin de poder cumplimentar los objetivos específicos se desarrollará un análisis de problemas y las acciones a tomar a los fines del cumplimiento de los mismos.

#### Objetivo específico 1

La utilización de la tecnología de celda de mercurio en la producción de cloro álcali requiere altos costos de energía y produce liberaciones de mercurio al ambiente y a los productos. En el mundo dicha tecnología está siendo sustituida. En Europa la industria del cloro está previendo hacia el 2020 reemplazar las celdas de mercurio de sus plantas. En el gráfico siguiente se puede apreciar el comportamiento de las emisiones de mercurio en Europa, para el período 1995 a 2005<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Mercury – 5<sup>th</sup> Draft.



*Emisiones de mercurio-Industrias europeas de cloro con celda de mercurio (Euro Chlor 2006)*

En nuestro país se han identificado siete empresas que producen o han producido cloro álcali utilizando celda con cátodo de mercurio. Dos empresas se encuentran actualmente operativas con esta tecnología<sup>3</sup>. Otras dos industrias han tenido producción discontinuada durante el 2009 y/o 2010. Otras dos empresas han desmantelado sus instalaciones y la tercera ha migrado a la tecnología de membrana.

En línea con los movimientos a nivel mundial relativos al reemplazo de las celdas con mercurio en la producción de cloro álcali, en nuestro país se está migrando a tecnologías de membrana. En los casos que al encarar la reconversión de tecnología, también se estaría previendo el traslado de la planta, esto traería aparejado mayores costos. Al igual que en la Unión Europea, en nuestro país se estima concluir con el cambio de tecnología en el año 2020<sup>4</sup>.

Hasta tanto se produzca el reemplazo de esta tecnología en todas las plantas de nuestro país, se deberían implementar medidas que tiendan a reducir las liberaciones de mercurio en el ambiente laboral y en el ambiente en general, así como identificar los mecanismos económico financieros que viabilicen estos cambios.

El mercurio está presente en las emisiones y efluentes provenientes de estas plantas. A fin de poder minimizar la cantidad de mercurio presente en los residuos que finalmente deben disponerse, deberán aplicarse técnicas que posibiliten la remoción del mercurio de las corrientes de proceso y permitan el reingreso del mismo al sistema de producción, así como efectuar los tratamientos adecuados a las emisiones y efluentes antes de la disposición final de los residuos, en planta externa.

A tal efecto se señalan una serie de líneas de acción a seguir:

<sup>3</sup> La empresa identificada como Planta 2, que es miembro de EUROCHLOR, manifiesta que ya tiene implementado y en marcha los cuatro primeros puntos del Plan de Acción.

<sup>4</sup> Cámara de la Industria Química y Petroquímica (CQyP).

- Establecimiento de un grupo de trabajo interdisciplinario y capacitado en el conocimiento de los procesos de la planta, integrado por personal de las áreas de producción, mantenimiento, salud y seguridad laboral, a fin de elaborar códigos de prácticas, procedimientos y métodos de trabajo que tiendan a minimizar la generación de residuos y emisiones.
- Establecimiento de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las tareas de limpieza, determinando los sistemas de detección para prevención de fugas, así como las prácticas adecuadas que permitan la rápida atención de un derrame, tendiendo a la identificación de las causas y la adopción de las acciones correctivas para evitarlos.
- Establecimiento de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las tareas de mantenimiento de tal manera de reducir al mínimo la frecuencia de las mismas y su duración, determinando las condiciones ambientales de trabajo que minimicen las liberaciones de mercurio y eviten la propagación de las mismas a otras áreas.
- Establecimiento de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las tareas de operación de la planta con vista a la minimización de las emisiones. En tal sentido se deberá tener en cuenta los impactos directos de algunos sistemas en materia de emisiones, así como los que impactan indirectamente.
- Establecimiento de registros de seguimiento de uso de mercurio, colección y redistribución. Dichos registros deben reflejar todo el movimiento del mercurio dentro de la planta, partiendo desde la recepción y almacenaje. También se debería contar con un seguimiento de las tasas de colección de mercurio en cada proceso y/o operación.
- Búsqueda e identificación de fuentes de financiamiento para posibilitar el recambio tecnológico en estas plantas.

## Objetivo específico 2

Como ya se mencionara el mercurio y sus compuestos son sustancias sumamente tóxicas de efectos potenciales que deben ser estudiados cuidadosamente y cuyo grado de toxicidad, en el caso de algunos compuestos está en discusión.

Asimismo uno de los efectos más importantes del mercurio sobre el medio ambiente es su capacidad para acumularse en los organismos y ascender en la escala alimentaria.

El entorno laboral, con ambientes que manipulan, usan, tratan y/o disponen mercurio y sus desechos, puede ocasionar exposiciones elevadas. Esta exposición se produce ya sea en procesos productivos con mercurio o en aquellos donde esta sustancia se incorpore en productos. De acuerdo al tipo de actividad y las medidas de protección que se tomen, los efectos sobre la salud de los trabajadores puede resultar desde trastornos hasta serios problemas en la salud de los mismos.

El aumento de la protección en la exposición ocupacional provino de la toma de medidas, tales como sistemas de producción más seguros y cerrados, mejoramiento en los sistemas de ventilación, prácticas de manipulación seguras, equipos de protección personal y sustitución de tecnologías que utilizan mercurio.

Entre todas las medidas que deben tomarse para propender a un ambiente laboral más seguro frente a la presencia del mercurio y sus desechos, es fundamental la concientización y capacitación de los actores expuestos, a tal efecto se proponen las siguientes líneas de acción:

- Concientizar y entrenar al personal en las prácticas, procedimientos y métodos tendientes al manejo seguro y reducción de las liberaciones de mercurio.
- Concientizar y entrenar al personal en las prácticas, procedimientos y métodos tendientes al manejo seguro del mercurio en las tareas de limpieza, operación y mantenimiento.
- Concientizar y entrenar al personal en lo relativo a las acciones a tomar frente a las emergencias y/o contingencias.
- Concientizar y crear capacidades en los actores involucrados a la exposición, uso, manejo, almacenamiento transitorio en planta, tratamiento y disposición final de mercurio y los desechos que lo contengan provenientes de las plantas de cloro álcali.

### Objetivo específico 3

La producción de cloro álcali utilizando mercurio puede producir impacto ambiental generando un posible sitio contaminado. La experiencia ha demostrado que la contaminación debida a la deposición atmosférica alcanza bajos niveles y generalmente se limita a la superficie del suelo. Por lo tanto debemos detener nuestra atención, principalmente en la contaminación del suelo debida a derrames, fugas, incorrectas prácticas de manejo y/o mala disposición de residuales. El manejo de los sitios contaminados debe apuntar a tres conceptos fundamentales para la sustentabilidad: protección de la salud humana y el ambiente, programa de cuidado responsable de la industria química y evaluación de alternativas para seleccionar la mejor solución costo efectiva.

El cierre, la desactivación o el desmantelamiento por cambio de tecnología, de las plantas de producción de cloro álcali utilizando cátodo de mercurio puede generar, también, pasivos y sitios contaminados.

Durante el cierre de las plantas deben encararse actividades tales como el desmantelamiento de los equipos de proceso e instalaciones, desmantelamiento y demolición de los edificios, disposición de productos y residuos, etc. Por lo tanto debe establecerse el nivel de calidad ambiental del sitio, efectuar las operaciones de desmantelamiento de forma de no afectar la salud de los operarios y el medio ambiente y encarar las tareas de remediación que resulten necesarias. La remoción del mercurio en las matrices identificadas contribuye a minimizar el impacto sobre el ambiente.

Por lo expresado precedentemente se deberían tomar dos líneas de acción principales:

- Elaboración de lineamientos para el manejo ambientalmente racional del mercurio en sitios contaminados.
- Elaboración de lineamientos para el decomiso de plantas de cloro álcali.

#### Objetivo específico 4

En la producción de cloro álcali, el mercurio está en íntimo contacto con la materia prima y los productos. La presencia del mismo, en las distintas corrientes de proceso, es debido a las características de equilibrio de las reacciones químicas, las condiciones, características y eficiencia de las operaciones en las que interviene y el grado de eficiencia alcanzado en los equipos de proceso.

Para el manejo ambientalmente adecuado de residuos conteniendo mercurio se deben seguir tres premisas básicas: a) Reducción en la fuente, b) Minimización de residuos y c) Tratamiento/Reducción de las emisiones.

En el caso de las plantas de cloro álcali la reducción en la fuente deviene en el reemplazo de la tecnología de celda de mercurio. Si la tecnología elegida es utilizar celda de membrana, se eliminan las liberaciones de mercurio, siendo esta tecnología más eficiente desde el punto de vista energético. La desventaja que presenta es que requiere una revisión completa de los procesos, lo que trae aparejado importantes costos asociados.

Para lograr el objetivo de minimizar los residuos generados en la producción de soda se deben implementar buenas prácticas ambientales, por ejemplo, frente a la detección y rápida remediación y/o limpieza en fugas, derrames y emisiones. También llevar a cabo acciones de prevención, ya sea con la utilización de mejores tecnologías, adecuadas condiciones de diseño, entrenamiento de personal y medidas de control sobre el mercurio liberado durante la operación, mantenimiento y limpieza de la planta.

Como ya se expresara, en nuestro país la legislación nacional sobre residuos peligrosos es la Ley N° 24.051, promulgada en el año 1992. Dicho cuerpo legal presenta varios anexos, en uno de ellos se clasifica las categorías sometidas a control en corrientes de desechos y corrientes de constituyentes, siendo una de estas últimas, identificada como Y29, la relativa al mercurio y sus compuestos.

Es decir que el control y la fiscalización de los residuos peligrosos en general, y en particular los que contienen mercurio, están bajo la órbita de la citada ley. Debido a las características jurisdiccionales de nuestro país, algunas provincias han adherido a esta ley, otras han dictado leyes similares y otras tienen leyes propias sobre residuos peligrosos.

Con el fin de optimizar y/o mejorar el manejo de los residuos conteniendo mercurio, se proponen las siguientes líneas de acción

- Establecimiento de directrices para minimizar las liberaciones de mercurio en las plantas de cloro álcali.
- Establecimiento de directrices para el tratamiento de residuos provenientes de las plantas de cloro álcali.
- Propuesta de normativa que contemple nuevas directrices para el manejo ambientalmente racional de las liberaciones y los residuos provenientes de las plantas de cloro álcali.

#### Objetivo específico 5

El mercurio es un elemento tóxico para la salud humana y el medio ambiente, donde se lo puede encontrar, bajo diferentes formas químicas, en el aire, agua y suelo. También se encuentra en algunos productos que lo contienen o que están contaminados residualmente con él.

Debido que el mercurio es un químico persistente, bioacumulativo y tóxico se está promoviendo, a nivel mundial, usos alternativos al mismo, por lo que se está tendiendo a minimizar y/o eliminar su utilización en productos y procesos. En el caso de las plantas de cloro álcali asistimos a un proceso de cambio hacia otra tecnología que lo sustituya.

En nuestro país se piensa alcanzar en el mediano plazo el reemplazo de la tecnología con celda de mercurio. No obstante hay empresas que ya han migrado sus tecnologías total o parcialmente a otras menos contaminantes. Cuando se produzca este recambio tecnológico y desmantelamiento de las plantas, seguramente nos encontraremos con stocks de mercurio elemental que no pueda ser utilizado y debemos disponer, por lo tanto deberemos considerar las posibles opciones de manejo de los mismos.

En otros países se han evaluado iniciativas que fijan las condiciones de depósitos temporarios o permanentes de mercurio en minas de sal, bajo tierra o en formaciones rocosas, así como almacenamientos temporarios sobre tierra en recipientes especiales.

Para considerar las distintas alternativas para el manejo y disposición de los stocks de mercurio elemental se proponen las siguientes líneas de acción:

- Análisis de las tecnologías de estabilización, solidificación u otras tecnologías adecuadas de acuerdo al estado del arte, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y la factibilidad económica de las mismas.
- Análisis de las disponibilidades que presenta nuestro país frente a los diferentes tipos de almacenamiento. Su viabilidad ambiental y económica.
- Establecimiento de los requerimientos para el diseño de los depósitos y los criterios de aceptación.
- Definir los requerimientos para el control y monitoreo de la operación de los depósitos.



<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Líneas de Acción</b>	<b>Acciones de corto y mediano plazo</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Actores</b>	<b>Roles</b>
1. Propiciar la implementación de las mejores prácticas ambientales en la industria de cloro álcali con miras al objetivo final que es el reemplazo de la tecnología de celda de mercurio en dicha industria.	1.1 Establecimiento de un grupo de trabajo interdisciplinario y capacitado en el conocimiento de los procesos de la planta, integrado por personal de las áreas de producción, mantenimiento, salud y seguridad laboral, a fin de elaborar códigos de prácticas, procedimientos y métodos de trabajo que tiendan a minimizar la generación de residuos y emisiones.	1.1.1. Integración del grupo de trabajo interdisciplinario 1.1.2 Reuniones periódicas de evaluación de resultados a efectos de efectuar potenciales adecuaciones de métodos y procedimientos.	Número de reuniones	a) Grupo Gerencial, Jefaturas de Operación, Mantenimiento y Limpieza b) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente c) Autoridad Nacional de Instituto técnico de industria	a) Integrantes de grupo  b) Coordinador de grupo.  c) Consultor y Facilitador
	1.2 Establecimiento	1.2.1 Elaboración de procedimientos para la	Cantidad de incidentes/Cantidad de incidentes históricos	a) Grupo Gerencial específico	a) Asesoramiento Profesional

	<p>de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las tareas de limpieza, determinando los sistemas de detección para prevención de fugas, así como las prácticas adecuadas que permitan la rápida atención de un derrame, tendiendo a la identificación de las causas y la adopción de las acciones correctivas para evitarlos.</p>	<p>detección periódica de fugas y derrames.</p> <p>1.2.2. Elaboración de procedimientos definidos para la limpieza de mercurio y de los dispositivos de control de las unidades de vacío.</p> <p>1.2.3. Elaboración de procedimientos que determinen los requisitos para efectuar los lavados y propuesta de cronograma periódico</p> <p>1.2.4. Elaboración de procedimientos para la rápida resolución ante contingencias.</p>		<p>b) Jefatura de Personal afectado a tareas de limpieza</p> <p>c) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>b) Consultor técnico</p> <p>c) Coordinador de grupo</p>
	<p>1.3 Establecimiento de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las</p>	<p>1.3.1. Elaboración de procedimientos relativos a las actividades de mantenimiento de celdas.</p> <p>1.3.2. Programación de las actividades de mantenimiento</p>	<p>Cantidad Tiempo de apertura para mantenimiento/Cantidad Tiempo de apertura histórico</p> <p>Vida útil de</p>	<p>a) Grupo Gerencial específico</p> <p>b) Jefatura de Personal afectado a tareas de</p>	<p>a) Asesoramiento profesional</p> <p>b) Consultor técnico</p>

	<p>tareas de mantenimiento de tal manera de reducir al mínimo la frecuencia de las mismas y su duración, determinando las condiciones ambientales de trabajo que minimicen las liberaciones de mercurio y eviten la propagación de las mismas a otras áreas.</p>	<p>de tal manera de minimizar la apertura de equipos y completar las mismas en el día laboral</p> <p>1.3.3. Elaboración de una base de datos relativa a la vida útil de los componentes de la celda y descomponedores.</p> <p>1.3.4. Elaboración de un registro relativo a la frecuencia y apertura de celdas</p>	<p>componentes/Vida útil de componentes</p>	<p>mantenimiento c) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>c) Coordinador de grupo</p>
	<p>1.4. Establecimiento de protocolos para el manejo adecuado del mercurio y sus residuos en las tareas de operación de la planta con vista a la minimización de las emisiones. En tal sentido se deberá tener en</p>	<p>1.4.1. Elaboración de procedimientos y prácticas de manejo relativos a las actividades de operación de celdas, tendientes a la reducción de la apertura prematura de las mismas.</p> <p>1.4.2. Elaboración de un registro, por turno, sobre los chequeos y/o monitoreos de verificación del funcionamiento del equipamiento, documentando los problemas y</p>	<p>Cantidad de tiempo de apertura celda/Cantidad de tiempo histórica de apertura de celda</p> <p>Frecuencia de monitoreo/Frecuencia histórica de monitoreos</p> <p>Concentraciones de Hg de las corrientes de salida/Concentración de mercurio histórico en las corrientes de salida</p>	<p>a) Grupo Gerencial específico b) Jefatura de Personal afectado a tareas de operación c) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>a) Asesoramiento profesional b) Consultor técnico c) Coordinador de grupo</p>

	<p>cuenta los impactos directos de algunos sistemas en materia de emisiones, así como los que impactan indirectamente.</p>	<p>las acciones correctivas.</p> <p>1.4.3. Elaboración de un registro de los monitoreos y/o inspecciones visuales en ambiente laboral.</p> <p>1.4.4. Elaboración de un registro de las concentraciones de mercurio en las corrientes de salida de los dispositivos de control de las emisiones de mercurio.</p>	<p>% de Hg recuperado al sistema/% de Hg histórico recuperado</p>		
	<p>1.5. Establecimiento de registros de seguimiento de uso de mercurio, colección y redistribución. Dichos registros deben reflejar todo el movimiento del mercurio dentro de la planta, partiendo desde la recepción y almacenaje. También se debería contar con un seguimiento de</p>	<p>1.5.1. Elaboración de procedimientos y prácticas para el almacenamiento seguro del mercurio.</p> <p>1.5.2. Diseño de documentación para recepción (compra y colección) y salida del mercurio del almacenamiento.</p> <p>1.5.3. Elaboración de un registro de las cantidades de mercurio agregadas y removidas de las celdas</p> <p>1.5.4. Identificar los puntos de colección de mercurio a lo largo del proceso productivo.</p> <p>1.5.5. Elaboración de un registro de seguimiento de las</p>	<p>Cantidad de mercurio repuesta en celdas/Cantidad histórica de mercurio repuesta en celdas</p>	<p>a) Grupo Gerencial (específico)</p> <p>b) Jefatura de Personal afectado a tareas de mantenimiento, operación, limpieza, compras y almacenaje</p> <p>c) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>a) Asesoramiento profesional</p> <p>b) Consultores técnicos)</p> <p>c) Coordinador de grupo)</p>

	las tasas de colección de mercurio en cada proceso y/o operación.	cantidades de mercurio colectadas en los puntos identificados del proceso.			
	1.6 Búsqueda e identificación de fuentes de financiamiento para posibilitar el recambio tecnológico en estas plantas.	1.6.1. Relevamiento de fuentes nacionales y/o locales de financiamiento 1.6.2. Relevamiento de fuentes internacionales de financiamiento 1.6.3. Elaboración de propuesta de reconversión	Cantidad de fuentes relevadas	a) Grupo Gerencial específico b) Gerente de Finanzas c) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente d) Autoridades nacionales, provinciales y/o locales e) Grupos de financiamiento internacional f) Agencias Internacionales de Industria y Medio Ambiente	a) Asesoramiento profesional b) Consultor Profesional c) Coordinador de grupo)  d) Autoridades de Aplicación, Asesoramiento y Facilitadores e) Financiadores y/o donantes f) Asesoramiento
2. Concientizar y crear capacidades en los actores involucrados a la exposición,	2.1 Concientizar y entrenar al personal en las prácticas, procedimientos y métodos	2.1.1. Elaboración de guías de información en las prácticas, procedimientos y métodos de manejo seguro del mercurio y sus residuos.		a) Grupo Consultor externo específico b) Grupo Gerencial	a) Consultoría Profesional y Capacitación  b) Asesoramiento

uso, manejo, tratamiento y disposición de mercurio y los desechos que lo contengan provenientes de las plantas de cloro álcali.	tendientes al manejo seguro y reducción de las liberaciones de mercurio.	<p>2.1.2. Realización de jornadas de capacitación y entrenamiento del personal</p> <p>2.1.3. Realización de jornadas de capacitación y entrenamiento para el uso de equipos de protección personal</p>	Nº de jornadas de capacitación y/o Personal capacitado	<p>específico</p> <p>c) Jefaturas de Operación, Mantenimiento y Limpieza</p> <p>d) Personal de las mismas</p> <p>e) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p> <p>f) Representante gremial</p>	<p>Profesional</p> <p>c) Consultoría técnica</p> <p>d) Entrenamiento de las actividades</p> <p>e) Coordinador de las actividades</p> <p>f) Entrenamiento y veedor</p>
	2.2 Concientizar y entrenar al personal en las prácticas, procedimientos y métodos tendientes al manejo seguro del mercurio en las tareas de limpieza, operación y mantenimiento.	<p>2.2.1. Elaboración de guías de información en las prácticas, procedimientos y métodos de manejo seguro de mercurio en las tareas de limpieza, operación y mantenimiento de la planta.</p> <p>2.2.2. Realización de jornadas de capacitación y entrenamiento del personal</p>	Nº de jornadas de capacitación y/o Personal capacitado	<p>a) Grupo Consultor externo específico</p> <p>b) Grupo Gerencial específico</p> <p>c) Jefaturas de Operación, Mantenimiento y Limpieza</p> <p>d) Personal de Operación, Mantenimiento y Limpieza</p> <p>e) Gerente de Higiene y Seguridad o</p>	<p>a) Consultoría Profesional y Capacitación</p> <p>b) Asesoramiento profesional</p> <p>c) Consultoría técnica</p> <p>d) Entrenamiento</p> <p>e) Coordinador de las actividades</p>

				Medio Ambiente f) Representante gremial	f) Entrenamiento y veedor
2.3 Concientizar y entrenar al personal relacionado con las acciones a tomar frente a las emergencias y/o contingencias.	2.3.1. Elaboración de guías de información relativas a los procedimientos a seguir frente a las emergencias y/o contingencias.  2.3.2. Realización de jornadas de capacitación y entrenamiento del personal	Nº de jornadas de capacitación y/o Personal capacitado	a) Grupo Consultor externo específico b) Grupo Gerencial específico c) Jefaturas de Operación, Mantenimiento y Limpieza d) Personal de las mismas e) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente f) Representante gremial	a) Consultoría Profesional y Capacitación b) Asesoramiento Profesional c) Consultoría técnica d) Entrenamiento e) Coordinador de las actividades f) Entrenamiento y veedor	
2.4 Concientizar y crear capacidades en los actores involucrados a la exposición, uso, manejo, almacenamiento	2.4.1. Elaboración de guías de información relativas al almacenamiento seguro de mercurio, así como métodos de tratamiento y disposición final de residuos que lo contengan  2.4.2. Realización de jornadas	Nº de jornadas de capacitación y/o Personal capacitado	a) Grupo Consultor externo específico b) Grupo Gerencial específico c) Jefaturas de	a) Consultoría Profesional y Capacitación b) Asesoramiento Profesional c) Consultoría	

	transitorio en planta, tratamiento y disposición final de mercurio y los desechos que lo contengan provenientes de las plantas de cloro álcali.	de capacitación y entrenamiento del personal		Operación, Mantenimiento y Limpieza d) Personal de almacenamiento e) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente f) Representante gremial	técnica d) Entrenamiento e) Coordinador de las actividades f) Entrenamiento y veedor
3. Proponer los lineamientos básicos para la gestión ambientalmente racional de pasivos ambientales y/o sitios contaminados.	3.1 Elaboración de lineamientos para el manejo ambientalmente racional del mercurio en sitios contaminados.	3.1.1 Informar a las autoridades correspondientes los aspectos generales del proyecto y obtención de los permisos pertinentes. 3.1.2 Realización de estudios ambientales de base a los efectos de la caracterización del sitio. 3.1.3. Realización de estudios para evaluación del riesgo sobre la salud humana, el ecosistema y la potencial movilidad del mercurio. 3.1.4. Análisis de alternativas y elección de las tecnologías de remediación. 3.1.5. Realización de	Niveles finales de calidad ambiental/Niveles de base de calidad ambiental (por medio receptor)	a) Grupo Consultor externo específico b) Grupo Gerencial específico c) Gerencia de Finanzas d) Gerente de Higiene y Seguridad y/o Medio Ambiente e) Autoridades Nacionales, provinciales y/o locales	a) Consultoría Profesional b) Asesoramiento Profesional c) Asesoramiento Profesional d) Coordinador de las actividades e) Autoridad de aplicación

		monitoreos ambientales en el predio y su entorno de tal manera de asegurar su calidad, ante la exposición de los trabajadores y población de los alrededores.			
	3.2. Elaboración de lineamientos para el decomiso de plantas de cloro álcali	<p>3.2.1. Informar a las autoridades correspondientes los aspectos generales del proyecto y obtención de los permisos pertinentes.</p> <p>3.2.2. Análisis de las opciones de reuso de los edificios, materiales, instalaciones, etc.</p> <p>3.2.3. Elaboración de procedimientos para las operaciones de descontaminación y demolición.</p> <p>3.2.4. Elaboración de normas y procedimientos en salud e higiene laboral. Entrenamiento del personal</p> <p>3.2.5. Realización de las tareas relativas a la provisión de contenedores adecuados para el manejo de grandes cantidades de mercurio y residuos que los contengan.</p>	Aprobación de proyecto de decomiso, seguimiento y cierre de la planta por la autoridad de control y fiscalización competente.	<p>a) Grupo Consultor externo específico</p> <p>b) Grupo Gerencial específico</p> <p>c) Jefatura de personal de operación, mantenimiento, limpieza, almacenamiento</p> <p>d) Gerente de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p> <p>e) Autoridades Nacionales, provinciales y/o locales</p> <p>f) Proveedores externos de materiales,</p>	<p>a) Consultoría Profesional</p> <p>b) Asesoramiento Profesional</p> <p>c) Consultoría técnica y realización de trabajos</p> <p>d) Coordinador de las actividades y obtención de permisos</p> <p>e) Autoridad de Aplicación</p> <p>f) Asesoramiento y provisión</p>

		<p>3.2.6. Realización de exámenes médicos al personal afectado a las tareas de desmantelamiento, en forma previa al mismo.</p> <p>3.2.7. Realización periódica de exámenes de seguimiento al personal involucrado.</p> <p>3.2.8 Realización de tareas relativas al desmontaje y la descontaminación de materiales, equipos, infraestructura y edificios contaminados con productos químicos, particularmente mercurio. Muestreo de materiales.</p> <p>3.2.9 Realización de tareas inherentes a la demolición.</p> <p>3.2.10 Realización de las tareas inherentes a la segregación y almacenamiento transitorio de residuos</p> <p>3.2.11 Realización de tareas inherentes al tratamiento en planta, del mercurio en materiales, efluentes, etc.</p> <p>3.2.12 Tareas de cierre y desmantelamiento de la planta</p>		<p>equipos, transporte, etc. g) Personal Médico</p>	<p>g) Asesoramiento y trabajo profesional</p>
--	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------

		<p>y/o sistemas de tratamiento interno</p> <p>3.2.13. Realización de tareas de transporte y disposición final de los residuales.</p> <p>3.2.14 Realización de exámenes médicos al personal al final de las tareas de decomiso</p>			
<p>4. Elaborar directrices generales relativas a la minimización y la disposición de residuos conteniendo mercurio generados por las plantas de cloro álcali</p>	<p>4.1. Establecimiento de directrices para minimizar las liberaciones de mercurio en las plantas de cloro álcali.</p>	<p>4.1.1. Elaboración de procedimientos tendientes al control de las emisiones, detección de fugas, etc.</p> <p>4.1.2. Elaboración de medidas de control y tratamiento tendientes a la recuperación de mercurio de las distintas corrientes de proceso</p> <p>4.1.3. Elaboración de requerimientos de diseño en las salas de celdas.</p> <p>4.1.4. Elaboración de guías para la utilización de materiales adecuados en todo el proceso productivo.</p>		<p>a) Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria)</p> <p>b) con la participación de</p> <p>b.1. Grupo Gerencial específico</p> <p>b.2. Gerencia de diseño</p> <p>b.3. Personal de planta</p> <p>c) Gerencia de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>a) Autoridades de aplicación en la fiscalización y control y de consulta técnica</p> <p>b.1. Asesoramiento profesional</p> <p>b.2. Asesoramiento profesional</p> <p>b.3. Asesoramiento técnico</p> <p>c) Asesoramiento profesional, Coordinador</p>

					interno y Enlace
	4.2. Establecimiento de directrices para el tratamiento de residuos provenientes de las plantas de cloro álcali.	<p>4.2.1. Elaboración de directrices para el tratamiento “in situ” de los efluentes y/o residuos sólidos. Fijación de parámetros de operación y control</p> <p>4.2.2. Relevamiento de los tipos de tratamiento disponibles para residuos conteniendo mercurio en el país, considerando los parámetros de operación/aceptabilidad/control.</p> <p>4.2.3. Elaboración de criterios para el almacenamiento transitorio seguro en las plantas de cloro álcali</p> <p>4.2.4. Desarrollo de requerimientos de aceptabilidad para la disposición de mercurio en relleno de seguridad.</p>		<p>a) Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria)</p> <p>b) con la participación de</p> <p>b.1. Grupo Gerencial específico</p> <p>b.2. Gerencia de diseño</p> <p>b.3. Personal de planta</p> <p>c) Gerencia de Higiene y Seguridad o Medio Ambiente</p>	<p>a) Autoridades de aplicación en la fiscalización y control y de consulta técnica</p> <p>b.1. Asesoramiento profesional</p> <p>b.2. Asesoramiento Profesional</p> <p>b.3. Asesoramiento técnico</p> <p>c) Asesoramiento Profesional, Coordinador interno y enlace</p>
	4.3. Propuesta de normativa que contemple nuevas directrices para el manejo	4.3.1 Elaboración de proyectos de normativa fijando requerimientos de operación y control en el tratamiento por desorción química (retorta).		Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria) con el	Autoridad de aplicación en la fiscalización y control y organismos técnicos de

	ambientalmente de seguro de las liberaciones y los residuos provenientes de las plantas de cloro álcali.	<p>4.3.2. Elaboración de proyectos de normativa fijando requerimientos de operación y control para las plantas de tratamiento de efluentes de la industria de cloro álcali.</p> <p>4.3.3. Elaboración de proyectos de normativa complementaria fijando requerimientos de contenido total de mercurio y condiciones de tratamiento previo a la disposición en relleno de seguridad</p>		asesoramiento del sector específico	consulta
5. Analizar alternativas para el almacenamiento de mercurio elemental proveniente de las plantas de cloro álcali.	5.1. Análisis de las tecnologías de estabilización, solidificación u otras tecnologías adecuadas de acuerdo al estado del arte, teniendo en cuenta los aspectos ambientales y la factibilidad económica de las mismas.	<p>5.1.1. Relevamiento de las existencias, en nuestro país, de mercurio elemental remanentes del cese de actividades de las plantas de cloro álcali.</p> <p>5.1.2. Relevamiento de las tecnologías disponibles de estabilización/inmovilización en nuestro país.</p> <p>5.1.3. Relevamiento de las mejores tecnologías de estabilización/movilización.</p> <p>5.1.4. Análisis comparativo de las tecnologías de estabilización/inmovilización, de acuerdo al estado del arte, y considerando su costo-</p>		Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria) con el asesoramiento del sector específico	Autoridad de aplicación en la fiscalización y control y organismos técnicos de consulta

		eficiencia-factibilidad			
	5.2. Análisis de las disponibilidades que presenta nuestro país frente a los diferentes tipos de almacenamiento. Su viabilidad ambiental económica y legal.	5.2.1. Relevamiento de posibles sitios para almacenamiento de mercurio elemental 5.2.2. Análisis de sensibilidad ambiental para los posibles sitios de almacenamiento. Estudios de costos. 5.2.3. Relevamiento y análisis de la normativa a fin de detectar prohibiciones de almacenamiento y/o de ingreso.		Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria, minería, etc)	Autoridad de aplicación en la fiscalización y control y organismos técnicos de consulta
	5.3. Establecimiento de los requerimientos para el diseño de los depósitos y los criterios de	5.3.1. Elaboración de los requerimientos para el predio y su entorno. Infraestructura y comunicaciones 5.3.2. Elaboración de los requerimientos de diseño		Organismos Nacionales, provinciales y/o locales (ambiente-industria, transporte, etc)	Autoridad de aplicación en la fiscalización y control y organismos técnicos de consulta

	aceptación.	constructivos, de materiales y de seguridad del depósito 5.3.3. Fijación de los parámetros de embalaje, transporte y seguridad para el mercurio elemental			
	5.4. Definir los requerimientos para el control y monitoreo de la operación de los depósitos.	5.4.1. Elaboración de procedimientos para el manejo del depósito. 5.4.2. Establecimiento de un sistema de control para el depósito. 5.4.3 Elaboración de un plan de monitoreo. 5.4.4. Implementación de una base de datos con los registros obtenidos del monitoreo.		Organismos Nacionales, provinciales y/o locales	Autoridad de aplicación en la fiscalización y control

### Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	1º AÑO												2º AÑO											
	1º mes	2º mes	3º mes	4º mes	5º mes	6º mes	7º mes	8º mes	9º mes	10º mes	11º mes	12º mes	1º mes	2º mes	3º mes	4º mes	5º mes	6º mes	7º mes	8º mes	9º mes	10º mes	11º mes	12º mes
1.1.1. Integración del grupo de trabajo interdisciplinario																								
1.1.2. Reuniones periódicas de evaluación de resultados																								
1.2.1. Elaboración de procedimientos para la detección periódica de fugas y derrames																								
1.2.2. Elaboración de procedimientos definidos para la limpieza de mercurio y de los dispositivos de control de vacío																								
1.2.3. Elaboración de procedimientos que determinen los requisitos para efectuar lavados y propuesta de cronograma																								
1.2.4. Elaboración de procedimientos para la rápida resolución ante contingencias																								
1.3.1. Elaboración de procedimientos relativos a las actividades de mantenimiento de celdas																								
1.3.2. Programación de las actividades de																								

mantenimiento de tal manera de minimizar la apertura de equipos																							
1.3.3. Elaboración de una base de datos relativa a la vida útil de los componentes de la celda y descomponedores																							
1.3.4. Elaboración de un registro relativo a la frecuencia y apertura de celdas																							
1.4.1. Elaboración de procedimientos y prácticas de manejo relativos a las actividades de operación de celdas, tendientes a la reducción de la apertura prematura de las mismas																							
1.4.2. Elaboración de un registro, por turno, sobre los chequeos y/o monitoreos de verificación del funcionamiento del equipamiento																							
1.4.3. Elaboración de un registro de los monitoreos y/o inspecciones visuales en ambiente laboral																							
1.4.4. Elaboración de un registro de las concentraciones de mercurio en las corrientes de salida de los dispositivos de control																							





2.4.1. Elaboración de guías de información relativas al almacenamiento seguro de mercurio, así como métodos de tratamiento y disposición final de residuos que lo contengan																						
2.4.2. Realización de jornadas de capacitación y entrenamiento del personal																						
3.1.1 Informar a las autoridades correspondientes los aspectos generales del proyecto y obtención de los permisos pertinentes																						
3.1.2 Realización de estudios ambientales de base a los efectos de la caracterización del sitio																						
3.1.3. Realización de estudios para evaluación del riesgo sobre la salud humana, el ecosistema y la potencial movilidad del mercurio																						
3.1.4. Análisis de alternativas y elección de las tecnologías de remediación																						
3.1.5. Realización de monitoreos ambientales																						















## VI. BIBLIOGRAFIA

- ❖ Instrumental para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Mercurio – PNUMA – Productos Químicos – Noviembre 2005
- ❖ Guía para el Desarrollo de un Plan de Acción para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas – UNITAR – Marzo 2009
- ❖ Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) - Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry - December 2001
- ❖ Evaluación Mundial sobre el Mercurio – PNUMA – Productos Químicos – Junio 2005
- ❖ Requirements for facilities and acceptance criteria for the disposal of metallic mercury - Final report – European Commission, Brussels - Abril 2010
- ❖ Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Mercury – 5<sup>th</sup> Draft – Enero 2010
- ❖ Code of Practice Mercury Housekeeping - Environmental Protection 11 - 5th Edition – Euro Chlor – Abril 2004
- ❖ Guidelines For Mercury Cell Chlor-Alkali Plants Emission Control: Practices And Techniques – Internal Document - The Chlorine Institute, Inc. – Abril 2001
- ❖ Management Of Mercury Contaminated Sites – Environmental Protection 15 - 1<sup>st</sup> Edition - Euro Chlor - Junio 2004
- ❖ Decommissioning of Mercury Chlor-Alkali Plants - Environmental Protection 3 - 4<sup>th</sup> Edition - Euro Chlor – Junio 2004
- ❖ Guideline for the Minimisation of Mercury Emissions and Wastes from Mercury Chlor-Alkali Plants - Environmental Protection 13 - 2<sup>nd</sup> Edition - Euro Chlor – Noviembre 2006

## VII. ANEXO

En el proyecto se ha preparado una encuesta a fin de poder contar con las herramientas de información necesarias para poder identificar y cuantificar las emisiones de mercurio utilizando el instrumental preparado por el PNUMA (Toolkit.).

Dicha encuesta fue elaborada para las plantas de cloro álcali que utilizan la tecnología de celda de mercurio.

A tal efecto, para la elaboración de la misma se tuvo en cuenta información relativa a las tecnologías utilizadas en los procesos de producción, así como información relativa a las liberaciones y métodos de tratamiento y/o control aplicables.

A continuación se explicitará la relación entre la información disponible y los puntos elaborados para la encuesta.

### 1.- Breve descripción del proceso de producción

Mediante la electrólisis de una solución de cloruro de sodio y agua, utilizando la tecnología de celda de mercurio, se produce hidróxido de sodio y cloro e hidrógeno gaseosos. En esta reacción química hay consumo de energía, y este proceso se realiza por vía electroquímica.

La celda de electrólisis está compuesta por la celda primaria y el descomponedor. En la celda primaria la corriente pasa del ánodo al cátodo a través de la salmuera (solución de cloruro de sodio y agua). En el ánodo se libera cloro gaseoso y en el cátodo se separa el sodio que se mezcla con el mercurio conformando una amalgama. El cloro es extraído por cañerías y la amalgama entra al descomponedor, pasando por la caja de conexión de salida. En el descomponedor la amalgama se convierte en solución cáustica, hidrógeno gaseoso y mercurio elemental, siendo este último bombeado nuevamente al interior de la celda.

### 1.1.- Encuesta

- **Breve Descripción de la/s tecnología/s**
  - o Tipo de tecnología
  - o Capacidad
  - o Maquinarias
  - o Elementos
  - o Unidades
  - o Localización de sectores de almacenamiento de materias primas/desechos conteniendo mercurio
  - o Diagrama de flujo
  - o Croquis/Diagrama de ubicación de la planta y celda
- **Capacidad instalada**
- **Inicio de Operaciones (año) incluyendo historial de funcionamiento**

- **Características generales de las instalaciones, dimensiones, cajas de conexión de entrada y salida, bombas de mercurio, sistemas de ventilación de caja de conexión**
- **Capacidad de cada Celda (cantidad de Hg por celda)**
- **Número de celdas**
- **Producción de Cloro**
  - o Capacidad instalada
  - o Cantidad producida al año
  - o Promedio año 2009 (se tomará como criterio inicial)
- **Producción de Soda cáustica / Potasa (2009)**
- **Consumo de mercurio anual (2009)**

## 2.- Liberaciones de mercurio

El mercurio es liberado al medio en las emisiones atmosféricas, en las descargas o efluentes, en los residuos sólidos y en los productos.

Las liberaciones de mercurio al medio dependen, entre otros factores, del grado de control aplicado, de las prácticas de manejo y de los tipos de tratamiento aplicados a los efluentes/descargas.

Los puntos de emisiones al aire más importantes pueden provenir del cuarto de celdas y de la rejilla de ventilación de gas hidrógeno. Con el fin de reducir los niveles de mercurio las técnicas de control empleadas pueden ser: enfriamiento de la corriente de gases, eliminadores de rocío, depuradores y adsorbedores.

A título ilustrativo y a modo de resumen, se muestra a continuación, la tabla extraída del instrumental sobre “Generalidades sobre los procesos, equipos o actividades en plantas de cloroálcali donde pueden registrarse liberaciones significativas de mercurio y posibles medios receptores”

<b>Fuente de liberación (proceso, equipo o actividad) *1</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua</b>	<b>Tierra</b>	<b>Producto</b>	<b>Desechos específicos por fuente</b>
Corriente de hidrógeno	X	x		x	X
Aire de ventilación de la caja de conexión	X				X
Aire de ventilación del cuarto de celdas	X				X
Liberaciones fugitivas, particularmente del cuarto de celdas	X		x		X
Unidad de recuperación de mercurio	X				X
Aguas residuales (de la limpieza de	X		x		X

cuarto de celdas, sistema de salmuera, purificación cáustica y otras actividades					
Desechos sólidos y lodos de tratamiento de aguas de desecho	X		X	X	X
Gas Cloro, NaOH, KOH productos vendidos				X	

Notas \*1 La cantidad y el tipo de liberaciones en cada uno de estos procesos, equipos o actividades depende del grado de controles aplicados, los métodos de tratamiento de desechos, las prácticas de manejo y otros factores.

X – Vía de liberación que se espera tenga el potencial de ser significativa

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

Fuente: Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de mercurio – PNUMA-Productos Químicos

## 2.1. Corriente de hidrógeno, caja de conexión y emisiones fugitivas

La corriente de hidrogeno gaseoso que sale del descomponedor, usualmente contiene altas concentraciones de mercurio; en muchos casos esta corriente es enfriada a fin de condensar el mercurio y reciclarlo a la celda. Luego del enfriamiento, el mercurio es separado del gas por medio de algún tipo de tratamiento (enfriamiento, adsorción). Esta corriente tratada, en algunos casos, puede ventearse, quemarse en caldera o transferirse a otro proceso.

En las cajas de conexión muchas veces se utilizan sistemas de ventilación, siendo frecuente que los gases colectados sean tratados.

El vapor de mercurio también puede generarse en ambientes laborales por fugas en equipos presurizados, operaciones de mantenimiento, disfunciones, etc. Es posible a veces detectarlo por inspección visual, o también utilizando equipos detectores para tal fin.

### 2.1.- Encuesta

#### **Controles de Emisión de Mercurio existentes:**

##### **A) En cajas de conexión**

Sistema de ventilación S/N:

Sistemas de control de gases recogidos S/N:

Tipos:

- Enfriamiento de la corriente S/N:

- Eliminadores de rocío S/N:
- Depuradores S/N:
- Adsorción: S/N: 
  - o Carbón Activado S/N:
  - o Cribas de Moleculares S/N:
- Otros:

**B) Corrientes de Hidrógeno:**

- Enfriamiento de la corriente S/N:
- Cantidad y concentración (promedio anual)
- Eliminadores de rocío S/N:
- Depuradores S/N:
- Adsorción: S/N: 
  - o Carbón Activado S/N:
  - o Cribas de Moleculares S/N:
- Destino de la corriente de Hidrógeno:
  - o Caldera S/N:
  - o Transferencia a otro proceso productivo S/N:
  - o Otro S/N:
- **Control de emisiones fugitivas:**
  - Métodos operativos de prevención S/N:**

- Inspecciones visual (detección mercurio elemental visible) S/N:
- Detección de Vapores – Uso de equipos de medición portátiles S/N:
- Inspección de fugas de vapores de equipos presurizados mediante luces UV S/N:

## 2.2.- Desechos Sólidos

Los residuos sólidos, conteniendo mercurio, generados en estas plantas pueden tratarse “in situ”, disponerse en rellenos de seguridad o también en rellenos sanitarios generales, teniendo en cuenta la normativa aplicable en cada país. Los desechos sólidos generados comprenden los lodos de tratamiento, los desechos de grafito de descomponedores, los lodos de efluentes de cuartos de celdas y dispositivos de adsorción de carbono. También se generan diversos artículos contaminados como tuberías, mangueras, utensilios varios y/o equipos. Es posible recuperar parte del mercurio presente en estos desechos.

## 2.2.- Encuesta

### - **Desechos Sólidos:**

#### **Considerar**

- Lodos de Tratamiento de efluentes
- Grafito de descomponedores
- Lodos de desagüe de cuartos de celda
- Dispositivos de adsorción de mercurio
- Volumen generado y concentración (2009)
- Otros: artículos diversos grandes contaminados (ferretería, equipos de protección, tuberías y otros equipos)

Describir la gestión, así como el tratamiento y destino dado a cada uno de los anteriores.

- Procesos de Recuperación de Mercurio in situ (retorta) S/N:

En caso afirmativo, indicar el destino del mercurio recuperado y de las cenizas de la retorta.

- Procesos de Recuperación química o de purificación de cargas intermitentes in situ S/N:
- Disposición en rellenos de Seguridad S/N:

### 2.3.- Productos

En general es bajo el contenido de mercurio en los productos cáusticos, el Toolkit menciona que en EE.UU, la concentración de mercurio en la corriente cáustica que sale del descomponedor, está en el rango de 3 a 15 ppm.

### 2.3 – Encuesta

#### - **Productos:**

##### **Soda Cáustica:**

- Purificación: Método de remoción de Mercurio

Enfriamiento S/N:

Filtración S/N:

- Concentración final de Hg en NaOH (promedio 2009): \_\_\_\_\_

##### **Cloro**

- Purificación: Método de remoción de Mercurio S/N

- Concentración final de Hg en Cl<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_

### 2.4.- Aguas Residuales

Los efluentes líquidos generados en las plantas de cloro álcali pueden tener su origen en operaciones de lavado en el cuarto de celdas, por el escurrimiento en el proceso de purgado de salmuera, por agua de retrolavado de filtros, etc.

### 2.4. Encuesta

#### - **Aguas Residuales (Efluentes)**

- Fuente generadora y cantidades
  - 1) Cuarto de celdas

Líquidos de lavado y/o operaciones de limpieza S/N

- 2) Purgado de salmuera

Escurrimiento de líquidos S/N

3) Filtración para purificación cáustica

Aguas de retrolavado del equipo de filtración S/N

o Método de tratamiento aplicado a los efluentes

1) Precipitación con sulfuros y filtración S/N

Indicar destino de final de los lodos:

2) Otro tratamiento S/N:

En caso afirmativo indicar el tipo de tratamiento realizando una breve síntesis del mismo.

3) Ninguno: S/N:

4) En Planta externa Operadora de Residuos Peligrosos: S/N:

2.5.- Hornos de retortas:

El instrumental da información sobre algunas unidades de recuperación de mercurio, en EE.UU, que usan hornos de retorta, manifestando que la unidad que tiene mejor desempeño trata los gases de salida con un depurador húmedo y un condensador, seguidos por un absorbedor de carbono.

2.5 – Encuesta

- **Hornos de Retortas:**

o Recuperación de mercurio en hornos de retorta: S/N:

En caso afirmativo indique el tipo de horno utilizado y los volúmenes recuperados

Indique el tipo de tratamiento de los gases de salida

1) Depurador húmedo: S/N:

2) Condensador: S/N:

3) Absorbedor: S/N:

4) Ninguno: S/N:

3 – Plantas inactivas o cerradas de cloro álcali

Las plantas de cloro álcali cerradas o abandonadas son identificadas como puntos calientes potenciales en el instrumental. En tal sentido las mismas, consideradas como fuente puntual, son liberadoras de mercurio a distintas matrices, tales Agua, Tierra y Desechos/Residuos, y también con posibles liberaciones al Aire.

### 3 – Encuesta

#### **INSTALACIONES DE CLORO ALCALI CERRADAS**

**1.- Características generales de la planta y localización: Breve descripción de la tecnología (tipo de tecnología, diagrama de flujo, procesos, etc)**

**2.- Capacidad histórica media de producción de cloro**

**3.- Consumo histórico medio anual de mercurio**

**4.- Celdas de mercurio**

- Número de celdas
- Capacidad de cada celda

**5.- Inicio de Operaciones (año)**

**6.- Cierre de la planta (año)**

**7.- Condiciones actuales del predio**

**7.1.- Desmantelamiento de instalaciones productivas y cierre del predio**

- SI, cuales?
- NO

**7.2.- Existencias actuales de Mercurio elemental**

- SI
  - ✓ Cantidad:
  - ✓ Características del Almacenamiento
- NO

**7.3.- Existencia de residuos de producción de cloro soda con celdas de mercurio (barros, sólidos etc.)**

- SI - Describa el/los tipos de residuos:
  - ✓ Cantidad por cada tipo de residuo
  - ✓ Características del depósito / almacenamiento
- NO

**7.4.- Evaluaciones ambientales del sitio y/o del área de influencia directa en cuanto a posible contaminación con mercurio**

- SI
  - Suelos
  - Aguas superficiales
  - Aguas subterráneas
  - Otros
- NO

#### **7.5.- Tareas de remediación**

- SI
  - ✓ Inicio
  - ✓ Estado de avance: Breve descripción
- NO

### **INSTALACIONES DE CLOROÁLCALI ACTIVAS**

#### **Evaluaciones ambientales del sitio y/o del área de influencia directa en cuanto a posible contaminación con mercurio**

- SI
  - Suelos
  - Aguas superficiales
  - Aguas subterráneas
- NO

#### **Tareas de remediación**

- Si
  - ✓ Inicio
  - ✓ Estado de avance: Breve descripción
- No