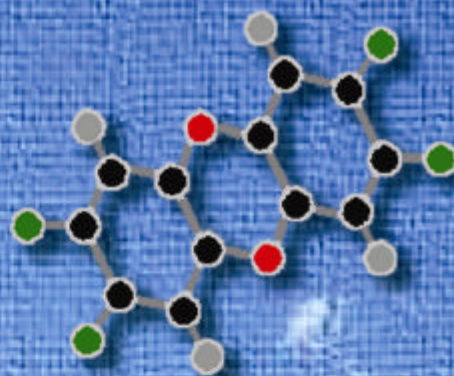

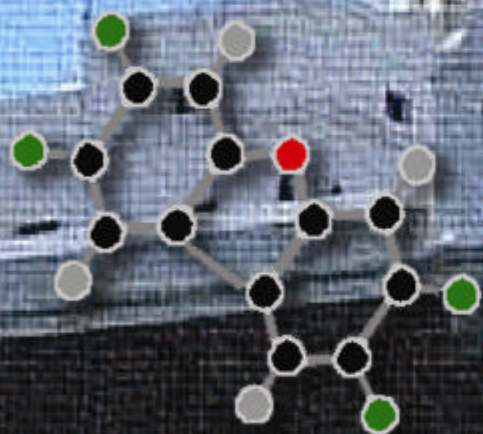


MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO
TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE
DIVISIÓN EVALUACIÓN DE LA
CALIDAD AMBIENTAL



**I N V E N T A R I O
N A C I O N A L D E
L I B E R A C I O N E S
D E D I O X I N A S Y
F U R A N O S
U R U G U A Y  2 0 0 0**



**CONVENIO
PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL
MEDIO AMBIENTE - PRODUCTOS QUÍMICOS
MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO
TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE**

Montevideo, URUGUAY Marzo, 2002



**MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO
AMBIENTE
DIRECCIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE
DIVISIÓN EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL**

**INVENTARIO NACIONAL
DE LIBERACIONES DE DIOXINAS Y
FURANOS
URUGUAY - 2000**

Montevideo, Uruguay
Marzo, 2002

CONVENIO:

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE – PRODUCTOS QUÍMICOS MINISTERIO DE VIVIENDA, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE

Coordinador del Proyecto por parte del PNUMA

Dra. Heidelore Fiedler
Oficial para Asuntos Científicos, PNUMA Productos Químicos

Responsable del Proyecto por parte del MVOTMA

Ing. Qca. Silvia Aguinaga
Directora de la División Evaluación de la Calidad Ambiental - DINAMA

EQUIPO TÉCNICO

Coordinador Nacional del Proyecto

M. Sc. Ing. Qco. Javier Martínez
Consultor contratado

Personal Técnico de la DINAMA participante del Proyecto

Q.F. Jacqueline Álvarez
Jefe del Departamento de Sustancias Peligrosas.
Ing. Qca. Magdalena Hill
Responsable del Área de Calidad de Aire.
Ing. Qca. Rosario Lucas
Jefe del Departamento de Normalización Técnica
Ing. Qca. Marisol Mallo
Directora de la División Control Ambiental

Becarios

Ing. Qco. Pablo Gristo
Bach. Alejandro Mangarelli

AGRADECIMIENTOS

El equipo técnico agradece a todas las instituciones, empresas y personas que brindaron información sin la cual no hubiera sido posible la elaboración de este inventario.

RESUMEN DEL TRABAJO

El presente documento sintetiza los resultados del Primer Inventario Normalizado de Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Uruguay. Fue realizado en el marco del convenio de cooperación entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) – Productos Químicos y el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente celebrado en el año 2001, dentro de las actividades programadas en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

El estudio ha tenido como objetivo la identificación y cuantificación de las fuentes de dibenzo-p-dioxinas y dibenzofuranos policlorados (dioxinas y furanos), constituyendo sus resultados una primera aproximación de la magnitud de dichas emisiones. El trabajo se limita a la identificación y cuantificación de las emisiones de dioxinas y furanos, y no se evalúa en esta etapa el impacto negativo de las mismas sobre la salud y el ambiente.

El inventario se realizó tomando como base la metodología preparada por PNUMA – Productos Químicos, denominada “Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos”. El protocolo utilizado agrupa las actividades que generan emisiones de dioxinas y furanos en diferentes categorías, que a su vez se dividen en subcategorías identificando en cada una de ellas cuáles son las principales vías de liberación. Para cada subcategoría, que identifica un proceso específico, el manual establece factores de emisión que pueden variar en órdenes de magnitud según la tecnología u operación del proceso. Dichos factores han surgido en algunos casos como resultado de datos empíricos y en caso de no existir los mismos han sido estimados por especialistas en la materia.

Las dioxinas y furanos se forman como productos secundarios no deseados en una gran variedad de procesos. Para la realización del trabajo se han considerado las liberaciones directas y las transferencias a la atmósfera, el agua, la tierra, los desechos y los productos químicos o bienes de consumo como papel y textiles. Las emisiones de dioxinas y furanos proceden principalmente de cuatro tipos de fuentes a saber: procesos de producción industrial, procesos térmicos de combustión de residuos, procesos biológicos que pueden formar dioxinas y furanos a partir de precursores, y “reservorios” como vertederos de desechos contaminados, tierras y sedimentos que pueden haber acumulado estos productos. En el presente trabajo se identificaron pero no se cuantificaron las liberaciones a partir de las fuentes denominadas “reservorios”.

Para la realización del Inventario, se procedió en primera instancia a identificar cuáles actividades de las categorías principales establecidas como potenciales generadoras de emisiones de dioxinas y furanos existen en el Uruguay. Una vez identificadas las mismas,

se revisaron las subcategorías a efectos de identificar las actividades específicas y recopilar la información sobre los procesos, clasificándolos según el caso en grupos de similares características. La cuantificación se realizó tomando la tasa de actividad del año 2000 para cada una de las actividades identificadas y el factor de emisión recomendado por el Instrumental. La emisión anual es expresada en gramos de Equivalentes de Toxicidad Internacional (EQT) por año.

La compilación y procesamiento de los datos relevados resultan en un valor de generación total de dioxinas y furanos de 28 g EQT en el año 2000, correspondiendo a una tasa de 8.5 µg EQT/hab.año y 159 µg EQT/km².año. Los mayores porcentajes de liberación de estos productos corresponden a la emisión a la atmósfera (61 %) y a la emisión con los residuos (29 %).

La emisión total a la atmósfera fue de 17.1 g EQT, representando la combustión no controlada el 45 %, seguida en orden de magnitud por la incineración controlada de desechos que contribuyó en un 28 %.

Con relación a la categoría establecida como combustión no controlada, la quema de residuos agrícolas, la quema no controlada de residuos urbanos y los incendios forestales constituyen las principales fuentes de la emisión. Para el caso de la categoría incineración controlada de desechos, los incineradores de residuos hospitalarios son prácticamente la única fuente.

Como categorías de menor importancia en la liberación de dioxinas y furanos a la atmósfera, aparecen el transporte, la producción de metales ferrosos y no ferrosos, la generación de energía y calefacción, y la producción de productos minerales, que contribuyen con porcentajes entre 5 y 8 % de dicha emisión.

La emisión total de dioxinas y furanos con los residuos fue de 8.1 g EQT, correspondiendo a la combustión no controlada el 76 %, siendo su principal fuente la quema no controlada de residuos urbanos. Le sigue en orden de importancia la producción de metales ferrosos y no ferrosos, que representó el 20 % de esa emisión.

Dentro de las emisiones de menor peso tenemos la liberación a la tierra, con un total de 1.8 g EQT, la emisión al agua con 0.4 g EQT y la emisión con los productos de 0.6 g EQT.

Teniendo en cuenta que el objetivo del inventario es contar con una aproximación de la magnitud de las emisiones y la identificación de las principales fuentes, se concluyó que la metodología empleada representa una relación costo-beneficio adecuada. Sin embargo, los resultados obtenidos se deben considerar como datos primarios, ya que los mismos presentan un importante grado de incertidumbre.

Como medidas generales de reducción de las emisiones, se recomienda que las acciones se concentren en primera instancia en las actividades de mayor aporte, eliminando prácticas inconvenientes, introduciendo tecnologías alternativas y mejorando los sistemas de tratamiento.

Dentro de las medidas específicas se sugiere que se desalienten las prácticas de quema de residuos agrícolas y la quema no controlada de desechos urbanos, se profundice en el conocimiento de los mecanismos de formación de dioxinas y furanos en los sistemas de incineración de residuos sólidos hospitalarios y en los procesos de producción de cemento, cal y metales ferrosos y no ferrosos, a efectos de implementar las mejoras necesarias en dichos procesos y en los sistemas de control y tratamiento de emisiones gaseosas. Se sugiere además incentivar la eliminación de producción de gasolina con plomo.

Dada la incidencia que representa la incineración de residuos en la liberación potencial de dioxinas y furanos, se recomienda que esta tecnología de tratamiento sea aplicada exclusivamente para aquellos residuos que por sus características así lo ameriten.

Finalmente se identifica que la actualización periódica del inventario, con la incorporación de información más precisa, es el mejor indicador de las medidas de minimización de las emisiones.

ÍNDICE

1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	5
2.	<i>INFORMACIÓN GENERAL SOBRE URUGUAY</i>	7
3.	<i>FORMACIÓN Y LIBERACIÓN DE DIOXINAS Y FURANOS</i>	9
4.	<i>PROTOCOLO PARA LA PREPARACIÓN DEL INVENTARIO</i>	15
5.	<i>ANÁLISIS POR CATEGORÍA</i>	24
6.	<i>RESUMEN DE RESULTADOS</i>	47
7.	<i>CONCLUSIONES</i>	49
8.	<i>REFERENCIAS</i>	53
9.	<i>ABREVIACIONES Y SIGLAS</i>	54

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el Primer Inventario Normalizado de Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Uruguay. Los datos presentados corresponden al año 2000, las tareas de recopilación de información, procesamiento de datos y elaboración del informe final comenzaron en octubre de 2001 e insumieron cuatro meses de trabajo efectivo.

El Inventario fue realizado en el marco del convenio "Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Uruguay", celebrado entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) – Productos Químicos y el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

El objetivo del Inventario es la identificación de las principales fuentes y una aproximación de la magnitud de las emisiones de dibenzo-p-dioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF). Por esta razón los resultados se deben considerar como una primera aproximación al tema, ya que los mismos presentan un importante grado de incertidumbre. El principal producto es por tanto la identificación de las fuentes de emisión más significativas.

El Convenio de Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) firmado el 23 de mayo de 2001 por Uruguay, establece para PCDD/PCDF que las Partes deben reducir liberaciones de estos subproductos de fuentes antropogénicas, con la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente. La actualización periódica del inventario constituye una herramienta útil como indicador de las medidas de minimización de las emisiones que se implementen como resultado de los compromisos internacionales asumidos por el país.

La elaboración del Inventario se basa en la metodología preparada por PNUMA – Productos Químicos, dentro del marco del Programa Institucional para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos, denominada "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos", publicado en su versión borrador en enero de 2001. El objetivo de este manual es precisamente brindar asistencia a los países en la identificación de fuentes y cuantificación de emisiones de PCDD/PCDF.

El Instrumental constituye una metodología efectiva para identificar todo tipo de actividad generadora de PCDD/PCDF, da las directrices para agrupar información sobre los procesos más importantes y brinda una base de datos sobre factores de emisión.

El equipo de técnicos responsables del trabajo participó activamente en el "Taller Internacional sobre PCBs, Dioxinas y Furanos" (Uruguay, Setiembre 2000) y en el "Taller

Regional de Capacitación sobre Inventarios Nacionales de Desechos Peligrosos en América del Sur" (Uruguay, Agosto 2001), los que junto con el Instrumental Normalizado y la asistencia de técnicos especializados de PNUMA – Productos Químicos, constituyeron el marco teórico y metodológico para la elaboración del Inventario.

En el caso particular de Uruguay no existen datos de factores de emisión locales, por lo que las estimaciones se realizaron utilizando la base de datos de PNUMA – Productos Químicos, estando fuera del alcance del presente trabajo la determinación experimental de dichos factores. Finalmente se puntualiza que el Inventario se limita a la identificación y cuantificación de las emisiones de PCDD/PCDF y no evalúa el impacto negativo de las mismas sobre la salud y el ambiente.

La organización del documento comprende las siguientes secciones:

- Información general sobre Uruguay. Se presenta un conjunto de información general sobre el país a efectos de dar a conocer sus principales características y poder vincularlas con las emisiones estimadas.
- Formación y liberación de PCDD/PCDF. Se brinda un resumen de los mecanismos de formación de PCDD/PCDF y las liberaciones a los diferentes medios.
- Protocolo para la preparación del Inventario. Consiste en la base metodológica para la elaboración del Inventario.
- Análisis por categorías. Se presenta la base de las estimaciones de las emisiones para cada una de las diez categorías y subcategorías en las que se agrupan las actividades generadoras de PCDD/PCDF.
- Resumen de resultados. Se expone en forma de cuadro las emisiones hacia los diferentes medios de cada actividad generadora de PCDD/PCDF presente en el país.
- Conclusiones. Se realiza un análisis de los resultados obtenidos, señalando las incertidumbres de la metodología y las medidas de reducción de emisiones.

2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE URUGUAY

La República Oriental del Uruguay está localizada en la parte sur del continente americano, en América del Sur, entre los paralelos 33° y 38° de latitud sur y entre los meridianos 53° y 58° de longitud oeste. Limita al oeste con la República Argentina, de quien está separada por el río Uruguay y el río de la Plata; al norte y al este con la República Federativa del Brasil, y al sur con el río de la Plata y el océano Atlántico. La superficie territorial continental es de 176.215 km².



Se localiza en zona templada, con inviernos con temperaturas no muy bajas y veranos no muy cálidos. Las temperaturas medias anuales se ubican entre los 16 y 19 °C. Las lluvias se distribuyen regularmente durante todo el año, con precipitaciones medias anuales en el rango de 983 a 1.310 mm. Los vientos predominantes son del este y noreste, con velocidades medias entre 10 y 25 km/h.

La población total asciende a 3.313.000 (1999), lo que representa una densidad de población de 18.8 habitantes/km². Administrativamente se divide en 19 departamentos. Montevideo es la capital del país, está situado al sur del territorio y es el departamento de menor superficie (0,3%) y mayor número de pobladores (41,6 %).

Es un país fundamentalmente agrícola y ganadero. La agricultura extensiva ocupa 500 mil hectáreas cultivadas, con alrededor de 5.000 explotaciones especializadas. La ganadería por su parte ocupa 14,3 millones de hectáreas.

Cuenta con aproximadamente 15.000 industrias manufactureras, localizadas mayoritariamente en el departamento de Montevideo. El 66 % lo componen pequeñas empresas que ocupan a menos de cinco empleados, mientras que las empresas con más de 20 empleados representan tan solo el 7 % del total.

Dentro de los principales ramos industriales se destacan: alimentos y bebidas, prendas de vestir, productos textiles, productos químicos, productos de caucho y plástico, imprentas, curtiembres, calzado, productos metálicos, papel y productos de papel e industrias metálicas básicas, en ese orden.

El Producto Bruto Interno por habitante es de U\$S 6.070 (1998), con una participación de la actividad industrial del orden del 20 % de dicho valor.

3. FORMACIÓN Y LIBERACIÓN DE DIOXINAS Y FURANOS

Las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y los dibenzofuranos policlorados (PCDF) son dos de los 12 contaminantes persistentes reconocidos internacionalesmente por el PNUMA. Estos contaminantes son compuestos orgánicos de origen antropogénico, que tienen como principales características su lipofilia y resistencia a la degradación. Los PCDD/PCDF son principalmente subproductos no intencionales de una serie de procesos industriales y de casi todos los procesos de combustión. A partir de estas fuentes se liberan 210 congéneres posibles y dada la estabilidad química, física y biológica de estas sustancias y su transporte a largas distancias, pueden hallarse en lugares lejos de su generación pudiéndose transferir entre distintos medios. Estas transferencias pueden contribuir en forma importante a la exposición humana a los PCDD/PCDF.

Los PCDD/PCDF (o simplemente "dioxinas y furanos") son términos generales usados para referirse a 75 congéneres de las PCDD y a 135 congéneres de los PCDF. Entre esos 210 compuestos, 17 congéneres tienen átomos de cloro al menos en las posiciones 2,3,7 y 8 de la molécula matriz. Estos 17 congéneres son tóxicos para muchos animales, resisten los ataques químicos, biológicos y físicos, teniendo como consecuencia la acumulación en el ambiente, en organismos animales y humanos.

Destino ambiental y modos de exposición humana

Dada la persistencia de los congéneres 2,3,7,8-sustituídos y la lipofilia de esos compuestos, los PCDD/PCDF se acumulan en tejidos grasos y en matrices ricas en carbono, como suelos y sedimentos.

La exposición a las dioxinas y furanos se asocia con un riesgo aumentado de lesiones cutáneas, alteraciones de la función hepática y del metabolismo de los lípidos, debilidad general con pérdida de peso, modificaciones en la actividad de diversas enzimas hepáticas, depresión del sistema inmune y anomalías de los sistemas endócrinos y nervioso.

La principal ruta de exposición de sustancias químicas del tipo de las dioxinas y furanos para la población general es a través de la ingesta de alimentos. Las dioxinas se bioacumulan a través de la cadena alimenticia y finalmente son ingeridas por el hombre.

En emisiones de procesos térmicos e industriales se han podido hallar casi todos los 210 congéneres, por consiguiente se encuentran PCDD/PCDF como mezclas de distintos congéneres en matrices ambientales como suelos, sedimentos, atmósfera, plantas y animales inferiores. Los PCDD/PCDF, en particular los más clorados, son escasamente solubles en agua, tienen escasa volatilidad, y se absorben firmemente sobre partículas y

superficies. En consecuencia, los PCDD/PCDF son difícilmente identificables en el agua y en los suelos se mantienen inmóviles. En particular el PCDD/PCDF 2,3,7,8-clorosustituido es muy estable en el medio ambiente y bioacumulable en tejidos grasos de animales y seres humanos.

La exposición humana a la contaminación ambiental por PCDD/PCDF, se puede realizar por diversas vías:

- Inhalación de aire y captación de partículas a partir de la atmósfera
- Ingestión de suelo contaminado
- Absorción cutánea
- Consumo de alimentos

Fuentes de emisiones

Las emisiones de PCDD/PCDF proceden de cuatro tipos distintos de fuentes:

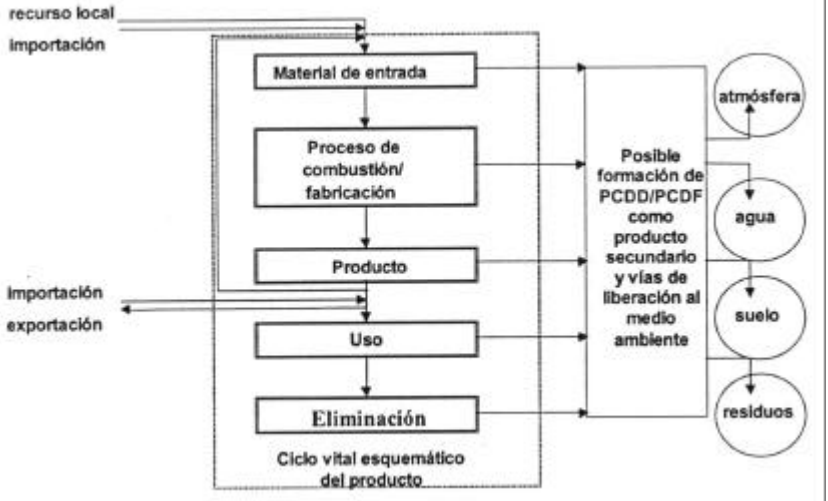
- Procesos de producción química. En general se pueden tratar y controlar mediante modificaciones del proceso o sustitución del producto.
- Procesos térmicos y de combustión. Incluye la incineración de desechos, la utilización de combustibles sólidos y líquidos, y el procesamiento térmico de metales.
- Procesos biológicos, que pueden formar PCDD/PCDF a partir de precursores.
- Fuentes de reservorios como antiguos vertederos de desechos contaminados, suelos y sedimentos, que pueden haber acumulado PCDD/PCDF durante largos períodos de tiempo.

Pueden ocurrir liberaciones directas y transferencias de PCDD/PCDF a los siguientes cinco medios:

- Atmósfera
- Agua
- Tierra
- Desechos (líquidos, lodos y residuos sólidos)
- Productos (productos químicos o bienes de consumo como papel y textiles)

En la siguiente figura se presentan en forma esquemática las posibles vías de liberación de PCDD/PCDF, como producto secundario, hacia la atmósfera, el agua, tierra, y productos y desechos.

Figura: Posibles vías de liberación de PCDD/PCDF



3.1 Liberaciones a la atmósfera

Las liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera se producen a partir de fuentes fijas, asociadas sobre todo a actividades industriales, o de fuentes dispersas, como diversos procesos de combustión o el uso y aplicación de productos que contienen PCDD/PCDF. Los PCDD/PCDF emitidos por cualquiera de esas dos categorías de fuentes pueden ser transportados a largas distancias, pudiéndose detectar PCDD/PCDF en la atmósfera en lugares muy distantes de donde fueron originalmente liberados.

Entre los procesos que liberan PCDD/PCDF a la atmósfera figuran las emisiones gaseosas de:

- Procesos de combustión
- Operaciones de procesamiento de metales
- Operaciones de secado, cocción y ahumaderos
- Otros procesos térmicos industriales

Los factores que pueden dar lugar a la generación de PCDD/PCDF y su liberación a la atmósfera son:

- Procesos de alta temperatura (más de 200 °C) y/o combustión incompleta
- Carbono orgánico
- Cloro
- Productos que contienen PCDD/PCDF

Las posibilidades reales de formación y liberación dependerán de las condiciones del proceso y los controles que se apliquen contra la contaminación atmosférica.

3.2 Liberaciones al agua

Las liberaciones al agua pueden producirse mediante la descarga de efluentes, la escorrentía a partir de lugares contaminados o la aplicación de productos químicos contaminados con PCDD/PCDF. Pueden hallarse PCDD/PCDF en un vertido de efluentes líquidos siempre que se hayan formado en procesos de producción industrial, hayan ingresado en procesos industriales junto con materias primas o hayan sido lixiviados a partir de un depósito.

Entre los criterios utilizados para identificar posibles liberaciones de PCDD/PCDF al agua, figuran los siguientes:

- Descarga de efluentes de procesos en los que interviene el cloro o productos contaminados con PCDD/PCDF, o procesos de combustión, incineración y otros procesos térmicos en los que se han utilizado depuradores húmedos para limpiar los gases de escapes.
- Uso de plaguicidas contaminados por PCDD/PCDF (en particular el PCP y el 2,4,5-T) y otras sustancias químicas (en particular los PCB).
- Lixiviados procedentes de lugares de almacenamiento o vertidos de materiales contaminados por PCDD/PCDF.

3.3 Liberaciones a la tierra

Las fuentes que liberan PCDD/PCDF a la tierra se pueden dividir en dos clases: productos contaminados con PCDD/PCDF aplicados directamente a la tierra o PCDD/PCDF depositados en la tierra a través de procesos ambientales. En todos los casos, la tierra sirve de sumidero para los PCDD/PCDF y a partir del que pueden liberarse para pasar a la cadena alimenticia cuando los captan plantas o animales.

3.4 Liberaciones con productos

En el pasado, las principales fuentes de contaminación ambiental por PCDD/PCDF estaban relacionadas básicamente con la producción y el uso de productos químicos orgánicos clorados y con la utilización de cloro elemento en la industria de la pasta y el papel. En estos procesos, cuatro factores favorecen la formación de PCDD/PCDF:

- Temperaturas elevadas
- Un medio alcalino
- La presencia de luz ultravioleta
- La presencia de radicales en los procesos de reacción química

Las más elevadas concentraciones de PCDD/PCDF se han hallado en fenoles clorados y sus derivados, por ejemplo, pentaclorofenol (PCP y su sal sódica), ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) o bifenilos policlorados (PCB). Los desechos de su producción también están contaminados con PCDD/PCDF.

Se han reducido los PCDD/PCDF gracias a modificaciones de las etapas críticas del proceso de producción. También se han conseguido reducir las liberaciones restringiendo los usos de sustancias químicas, mediante su sustitución o su prohibición en ciertos casos. Este tipo de control en la fuente afecta a los PCDD/PCDF en todos los puntos del ciclo de vida del producto.

3.5 Liberaciones con residuos

Es prácticamente infinito el número de procesos que pueden transferir PCDD/PCDF a desechos o residuos.

Como los PCDD/PCDF son persistentes y se dispersan ampliamente en el medio ambiente, se pueden hallar bajas concentraciones en desechos sólidos municipales normales y en los desechos sólidos industriales, hospitalarios y de otros tipos, recogidos en el curso de las actividades cotidianas normales. Se incluyen productos de consumo como plásticos, papel, ropa, productos químicos domésticos y alimentos, y en particular productos utilizados en la industria como solventes, aceites y pinturas.

Los PCDD/PCDF se concentran en las corrientes de desechos sólidos procedentes de la combustión y de procesos térmicos industriales, como cenizas volantes, cenizas depositadas y polvo de otros tipos. Las partículas procedentes de la combustión y de procesos térmicos industriales contienen carbón no incinerado en el cual se absorben los PCDD/PCDF. Cenizas volantes y polvos finos recogidos a partir de procesos térmicos industriales contienen como subproducto PCDD/PCDF en forma concentrada.

En general, el control de la temperatura del proceso de combustión y la elevada eficiencia de retención de partículas del sistema de control de la contaminación atmosférica hacen que las concentraciones más elevadas de PCDD/PCDF aparezcan en los residuos sólidos.

La producción química en la que interviene cloro elemento produce desechos con concentraciones variables de PCDD/PCDF. Tal es el caso de la producción de plaguicidas que contienen cloro, así como el blanqueo con cloro en la producción de papel.

Es evidente que los efluentes procedentes de la fabricación de pasta y papel, así como las aguas servidas domésticas constituyen corrientes de desechos contaminados por PCDD/PCDF. Los lodos resultantes del tratamiento biológico de esos efluentes en muchos casos están contaminados por PCDD/PCDF. En general, los niveles de vida más elevados producen lodos con contaminaciones más altas de PCDD/PCDF, siendo la fuente los productos de consumo.

4. PROTOCOLO PARA LA PREPARACIÓN DEL INVENTARIO

4.1 Procedimiento

El protocolo utilizado para la elaboración del Inventario es el indicado en el Instrumental Normalizado. El mismo agrupa las actividades que generan emisiones de PCDD/PCDF en 10 categorías principales, las que a su vez se subdividen en subcategorías. Los pasos establecidos y seguidos son los siguientes:

1. Identificar cuáles de las categorías principales existen en el país
2. Revisar las subcategorías para identificar las actividades específicas
3. Recopilar información sobre procesos y clasificarlos en grupos similares
4. Cuantificar las emisiones utilizando factores de emisión recomendados
5. Compilar el inventario

4.2 Categorías

De acuerdo al Instrumental Normalizado las actividades que generan emisiones de PCDD/PCDF se agrupan en 10 categorías principales, las que a su vez se subdividen en subcategorías. En la tabla 4.1 se presenta el listado de la categoría principales y en las tablas 4.2 a 4.11 las subcategorías. En todos los casos se indica con una "X" las principales vías de liberación, para las subcategorías se indica además con "x" otras vías de liberación adicionales que hay que tener en cuenta.

Tabla 4.1 Principales categorías de fuentes y vías de liberación

No.	Principales categorías de fuentes	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
1	Incineración de desechos	X				X
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	X				X
3	Generación de energía y calefacción	X		X		X
4	Productos minerales	X				X
5	Transportes	X				X
6	Procesos de combustión incontrolados	X	X	X		X
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	X	X		X	X

8	Varios	X	X	X	X	X
9	Manejo de desechos	X	X	X		X
10	Identificación de posibles puntos calientes	Registro probable que irá seguido solamente de una evaluación específica de lugar				

Tabla 4.2 Incineración de desechos

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
1	Incineración de desechos	X				X
a	Incineración de desechos sólidos municipales	X	X			X
b	Incineración de desechos peligrosos	X	X			X
c	Incineración de desechos hospitalarios	X	X			X
d	Incineración de desechos de desguace, fracción ligera	X				X
e	Incineración de lodos de plantas de tratamiento	X	X			X
f	Incineración de maderas de desecho y biomasa de desecho	X				X
g	Combustión de cadáveres de animales	X				X

Se entiende por incineración de desechos a la destrucción en cualquier tipo horno. Los factores de emisión van a diferir en función de las características de los residuos y de la tecnología de los incineradores utilizados. En esta categoría no se incluye la quema a cielo abierto ni la quema para producción de energía.

Tabla 4.3 Producción de metales ferrosos y no ferrosos

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	X				X
a	Sinterización de metal de hierro	X				X
b	Producción de cok	X	X	X	X	X
c	Producción y fundición de hierro y acero	X				
d	Producción de cobre	X				X
e	Producción de aluminio	X				X

f	Producción de plomo	X				X
g	Producción de zinc	X				X
h	Producción de bronce y latón					
i	Producción de magnesio		X			X
j	Producción de otros metales no ferrosos	X	X			X
l	Desguazadoras	X				X
m	Recuperación térmica de cables	X	X	X		X

Esta categoría constituye la principal fuente de PCDD/PCDF en muchos países europeos. Los procesos utilizados en la producción de metales son en su mayoría térmicos y la mayor parte de las liberaciones son a la atmósfera a través de gases de salida.

Tabla 4.4 Generación de energía y calefacción

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
3	Generación de energía y calefacción	X				X
a	Plantas de generación de energía por combustibles fósiles	X				X
b	Plantas de generación de energía por biomasa	X				X
c	Combustión de biogás	X				X
d	Cocinas y calefacción doméstica (biomasa)	X				X
e	Cocinas y calefacción doméstica (combustibles fósiles)	X				X

Integran esta categoría los procesos de combustión que utilizan combustibles fósiles así como otros materiales combustibles. En el caso de grandes plantas de generación, la eficiencia es generalmente alta y la concentración de PCDD/PCDF suele ser baja. Al disminuir la capacidad de la planta o en el caso de calefacción y cocina doméstica, aumenta la formación de PCDD/PCDF.

Tabla 4.5 Producción de productos minerales

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
4	Producción de productos minerales	X				X
a	Producción de cemento	X				X
b	Producción de cal	X				X
c	Producción de ladrillos	X				X
d	Producción de vidrio	X				X
e	Producción de cerámica	X				X
f	Producción de asfalto	X			X	X

Son procesos de alta temperatura para la fundición, cocción o transformación química termoinducida. En todos los casos se generan PCDD/PCDF como productos secundarios.

Tabla 4.6 Transportes

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
5	Transportes	X				
a	Motores de 4 tiempos	X				
b	Motores de 2 tiempos	X				
c	Motores diesel	X				X
d	Motores de fuel oil	X				X

El transporte es generador de PCDD/PCDF a través de la combustión de gasolina (con o sin plomo), mezcla para motores de dos tiempos, diesel y fuel oil. Un mal mantenimiento, un combustible de baja calidad y una combustión con baja eficiencia producirán aumento de las liberaciones de PCDD/PCDF.

Tabla 4.7 Procesos de combustión incontrolados

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
6	Procesos de combustión incontrolados	X				X
a	Quema de biomasa (limpia)	X	X	X		X
b	Quema de desechos e incendios accidentales	X	X	X		X

Los procesos de combustión incontrolados son procesos de combustión deficiente y pueden ser fuentes considerables de PCDD/PCDF.

Tabla 4.8 Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	X	X	X	X	X
a	Fábricas de pasta y papel	X	X		X	X
b	Industria química	X	X	X	X	X
c	Industria del petróleo	X				X
d	Fábricas textiles		X		X	
e	Fábricas de productos de cuero		X		X	

Las liberaciones de dioxinas y furanos resultantes de la producción de sustancias químicas y bienes de consumo puede deberse a la entrada de PCDD/PCDF junto con las propias materias primas o a su formación durante los procesos productivos. Indicadores de alta probabilidad de formación de PCDD/PCDF en los procesos de fabricación química son la alta temperatura, un medio alcalino, la presencia de luz ultravioleta como fuente de energía y la presencia de radicales en el proceso.

Tabla 4.9 Varios

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
8	Varios	X	X	X	X	X
a	Desecado de biomasa	X				
b	Crematorios	X				X
c	Ahumaderos	X			X	X
d	Limpieza en seco		X	X	X	
e	Humo de tabaco	X				

La formación de PCDD/PCDF en los procesos de secado se debe sobre todo a la reacción de los gases calientes con sustancias como fenoles. Los crematorios pueden ser una fuente de liberaciones de PCDD/PCDF debido a lo poco eficiente de la combustión y a la presencia de diferentes materiales. En la limpieza en seco la fuente de dioxinas son los productos químicos que se aplican a los textiles, especialmente colorantes y biocidas.

Tabla 4.10 Manejo de desechos

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
9	Manejo de Desechos		X	X		
a	Lixiviado de rellenos		X	X		
b	Efluentes líquidos domésticos y su tratamiento	X	X	X		X
c	Compostado		x		X	
d	Vertidos a cuerpos de agua		X			
e	Gestión de aceites usados		X	X		

En esta categoría se incluyen varias prácticas de manejo de desechos, no térmicas ni combustivas, que tienen una importancia considerable y pueden dar lugar a liberaciones de PCDD/PCDF sobre todo al agua y la tierra.

Tabla 4.11 Identificación de posibles puntos calientes

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
10	Identificación de posibles puntos calientes	Registro probablemente seguido de una evaluación específica del sitio				
a	Lugares de producción de sustancias orgánicas cloradas			X		
b	Lugares de producción de cloro			X		
c	Lugares de preparación de fenoles clorados			X		
d	Lugares de aplicación de fenoles clorados	X	X	X	X	
e	Lugares de fabricación y tratamiento de madera		X	X	X	X
f	Transformadores y capacitores llenos de PCB				X	X
g	Vertederos de desechos/residuos de las categorías 1-9	X	X	X		X
h	Lugares de accidentes importantes		X	X		X
i	Dragado de sedimentos					X
j	Lugares de arcilla caolínica o plástica			X		

La existencia de puntos calientes es generalmente consecuencia directa de las diferentes prácticas de gestión. La liberación de PCDD/PCDF puede estarse produciendo, puede ser inminente o puede solamente representar una amenaza para el futuro.

4.3 Clasificación de procesos

Las emisiones procedentes de procesos citados como “subcategorías” pueden variar en órdenes de magnitud según la tecnología u operación del proceso. El Instrumental clasifica los procesos en clases, cada una de las cuales está previsto que represente cierto nivel de tecnología y rendimiento, que producirán emisiones similares y justificarán el uso de un mismo factor de emisión. El Instrumental establece los factores por defecto que le corresponde a cada clase de proceso y para cada vía de emisión.

Es importante que todas las fuentes identificadas estén contempladas en alguna clase, asegurándose que la suma de tasas de actividad de las clasificaciones individuales sea igual a la cantidad total de material procesado dentro de una subcategoría.

4.4 Recopilación de información

Una vez que se ha verificado cuáles de las categorías principales y subcategorías están presentes en el país, trabajo realizado en base a la experiencia del equipo técnico y la realización de consultas a organismos especializados, comienza la etapa de recopilación de información sobre actividades y procesos específicos.

En primera instancia es preciso conocer las clases de procesos dentro de cada subcategoría de forma de identificar el tipo y el grado de discriminación de información que se requiere recopilar. El Instrumental Normalizado presenta un detallado análisis de los diferentes procesos comprendidos en cada subcategoría.

La metodología empleada consistió en la recopilación de información general sobre las diferentes actividades, utilizando como fuentes bases de datos y estadísticas recopiladas por los organismos competentes y responsables en las categorías específicas. Dependiendo del grado de discriminación y detalle de esa información se pasa a etapas posteriores donde se recopila información más específica, llegando en muchos casos a realizar consultas a cada fuente particular.

En todos los casos la información fue evaluada y cuando surgieron dudas se procedió a reiterar la consulta o se recurrió a otras fuentes, utilizando finalmente aquellos datos que brindaron el mayor grado de confianza.

Cuando no fue posible disponer de toda la información necesaria se realizaron estimaciones a partir de hipótesis o criterios ampliamente aceptados. En todos los casos se utilizaron los escenarios más conservadores.

Dentro de las actividades relacionadas con la producción industrial se utilizó la Encuesta Nacional de Residuos Sólidos Industriales del año 2000 (Convenio MVOTMA –Facultad de Ingeniería), la base de datos de la Dirección Nacional de Medio Ambiente y se realizaron consultas específicas a varias empresas.

La cantidad de combustible consumido fue suministrado por la Administración Nacional de Combustibles, Alcoholes y Pórtland (ANCAP).

En relación a la generación de energía y calefacción se obtuvieron datos del Balance Energético Nacional del 2000, de la Dirección Nacional de Energía.

Fueron consultadas varias fuentes que centralizan información como Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Ministerio de Industria y Energía, Dirección Nacional de Bomberos y varias instituciones gremiales.

4.5 Cálculo de emisiones

Para evaluar la toxicidad de las dioxinas y furanos se utiliza el concepto de Factor de Toxicidad Equivalente (FTE). Cada congénere tiene un FTE basado en su capacidad específica de provocar los efectos de las dioxinas. El congénere 2,3,7,8-tetracloro dibenzo p-dioxina es el congénere más tóxico y a éste se le asigna un FTE de 1. A otros congéneres se les asigna fracciones de 1. El Equivalente de Toxicidad (EQT) es la suma de las concentraciones de PCDD/PCDF/PCB multiplicado por sus FTE específicos.

La **emisión anual de PCDD/PCDF** se expresa en gramos de Equivalentes de Toxicidad Internacional (EQT) por año. Para cada fuente se calcula la emisión en base a la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de dioxinas por año} = \text{factor de emisión} \times \text{tasa de actividad}$$

Los **factores de emisión** de cada actividad, los cuales dependen del tipo de actividad y de la tecnología empleada, se determinan para cada medio (atmósfera, agua, tierra, productos y residuos). Estos factores de emisión se expresan como la masa de EQT-I por cantidad o por unidad de material procesado o producto producido. La **tasa de actividad** corresponde a cantidad de material procesado o producto producido por año.

Los factores de emisión se obtuvieron del "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos" preparado por Productos

Químicos, PNUMA. Dichos factores internacionales son en muchos casos calculados a partir de datos empíricos (análisis químicos de dioxinas y furanos realizadas en el medio donde se emitió). Cabe mencionar que en algunos casos éstos no son determinados a partir de datos empíricos sino que fueron estimados.

4.6 Compilación del Inventario

Con la estimación para cada subcategoría, se realiza la compilación del inventario, obteniendo como producto las emisiones anuales de todas y cada una de las subcategorías y categorías de fuentes, para los cinco medios potenciales.

Por último, las emisiones de las diez categorías principales de fuentes se suman y así se obtiene el inventario nacional, es decir el total estimado de las liberaciones a partir de todas las fuentes identificadas y cuantificadas en el país.

5. ANÁLISIS POR CATEGORÍA

5.1 CATEGORÍA 1 - INCINERACIÓN DE DESECHOS

1 a- Incineración de desechos sólidos municipales

Esta actividad no se realiza en el país.

1 b- Incineración de desechos peligrosos

Esta actividad no se realiza en el país.

1 c- Incineración de desechos médicos

En el año 2000 operaron dos plantas incineradoras de desechos hospitalarios con un total de 3 hornos. Las plantas se encuentran en los departamentos de Salto y Cerro Largo.

Se estimó la cantidad de desechos incinerados en base a la capacidad máxima de los hornos, resultando **1.600 T/año**.

Los hornos son de funcionamiento continuo, alimentación manual y cuentan con sistema tratamiento de gases compuesto por lavadores húmedos.

Como factores de emisión se tomaron los correspondientes a sistemas de combustión del tipo en lotes, controlada, con control mínimo de emisiones gaseosas. Dichos factores son **3.000 µg EQT/T** a la atmósfera y de **20 µg EQT/T** en residuos, resultando la siguiente emisión total:

Atmósfera:	4.800 mg EQT/año
Residuos:	32 mg EQT/año

1 d- Incineración de desechos de desguace

Esta actividad no se realiza en el país.

1 e- Incineración de lodos de plantas de tratamiento

Esta actividad no se realiza en el país.

1 f- Incineración de maderas de desecho y biomasa de desecho

Esta actividad no se realiza en el país.

1 g- Combustión de cadáveres de animales

Se queman **4 T/año** de cadáveres de animales por año originados en centros de investigación y desarrollo, así como en zoológicos. Los hornos son discontinuos, de baja tecnología y sin sistema de tratamiento de gases.

El factor de emisión a la atmósfera es de **500 mg EQT/T**, resultando una emisión total de **2 mg EQT/año**.

5.2 CATEGORÍA 2 - PRODUCCIÓN DE METALES FERROSOS Y NO FERROSOS

2 a- Sinterización de metal de hierro

Esta actividad no se realiza en el país.

2 b- Producción de cok

Esta actividad no se realiza en el país.

2 c- Producción y fundición de hierro y acero

En el año 2000 las industrias dedicadas a la producción de hierro y acero alcanzaron una **producción de 46.000 T, expresada como acero líquido**. El 95 % de la producción corresponde a una empresa radicada en el departamento de Montevideo, mientras que el resto de la producción se divide entre cinco empresas de pequeño porte. Existen además algunas empresas de muy pequeño porte dedicadas a la fundición de hierro cuya producción puede despreciarse en términos relativos.

La materia prima es chatarra, generalmente sucia y los controles de emisiones gaseosas son limitados. En función de esto se adoptaron factores de emisión a la atmósfera de **10 µg EQT/T** de acero líquido y en residuos de **15 µg EQT/T** de acero líquido.

De esta manera resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera	460 mg EQT/año
Residuos	690 mg EQT/año

2 d- Producción de cobre

La producción de cobre se asocia a la fabricación de alambryn y alambre de cobre, con una producción anual en el año 2000 de **300 T**.

La materia prima utilizada es chatarra de diferentes orígenes y no se cuenta con sistema de control de emisiones gaseosas. Se considera entonces un factor para emisión a la atmósfera de **800 µg EQT/T** y para emisión con residuos de **630 µg EQT/T**.

De esta manera resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera 240 mg EQT/año
Residuos 189 mg EQT/año

2 e- Producción de aluminio

En el año 2000 la producción de las empresas dedicadas a la fundición de aluminio secundario fue de **1.800 T**. Aproximadamente el 70 % de la producción corresponde a una empresa radicada en el departamento de Montevideo. El resto de la producción se divide entre una docena de empresas de mediano y pequeño porte, que en su mayoría se dedican a la fundición de aluminio entre otros metales.

En el caso de la empresa de mayor porte, en la etapa de desgasificación, se ha sustituido el uso de cloro por nitrógeno. Por otro lado realizan una minuciosa selección de la chatarra, la que representa el 15 % de la materia prima. Teniendo en cuenta estos elementos se adoptó, para este tramo de producción, un factor de emisión a la atmósfera de **35 µg EQT/T** y para residuos de **400 µg EQT/T**.

Para el resto de la producción, donde no se cuenta con sistemas avanzados de control de emisiones se utilizó un factor de emisión a la atmósfera de **150 µg EQT/T** y para residuos de **400 µg EQT/T**.

En la siguiente tabla se resumen las producciones, factores de emisión y emisiones anuales.

Tipo	Producción (T/año)	Factor de emisión (µg EQT/T)		Emisión (mg EQT/año)	
		Atmósfera	Residuos	Atmósfera	Residuos
Con control de emisiones	1.250	35	400	43,4	500
Sin control de emisiones	550	150	400	82,5	220
TOTAL	1.800	--	--	126	720

2 f- Producción de plomo

La fundición secundaria de plomo para el año 2000 se determinó en base a la fabricación nacional de baterías, lo que insume 380 T, más la fabricación de un total de 20 toneladas de productos diversos como contrapesos, plomadas y balas. De esta se estimó una fundición de plomo secundario de **400 T/año**.

La mayor parte de la materia prima empleada es chatarra proveniente del desguace de baterías usadas y no se cuenta con sistemas avanzados de control de emisiones gaseosas, por lo que se consideró un factor de emisión a la atmósfera de **80 µg EQT/T**.

La emisión a la atmósfera es entonces **32 mg EQT/año**.

2 g- Producción de zinc

El consumo de zinc está asociado a los procesos de galvanizado de tubos, chapas y alambres. Para estos procesos se utiliza un baño de zinc fundido, siendo la materia prima lingotes de ese metal.

Existen tres empresas dedicadas a este rubro y se estima que el consumo de zinc es de **150 T/año**.

Para la fusión de zinc el factor de emisión a la atmósfera es de **0,3 µg EQT/T**, por lo que resulta una emisión **menor a 1 mg EQT/año** (0,05 mg EQT/año).

2 h- Producción de bronce y latón

En este punto se incluyen las producciones de bronce (cobre y estaño) y latón (cobre y zinc) y se utilizarán los mismos factores de emisión en ambos casos.

Existen diez empresas de pequeño porte dedicadas a la producción de bronce y latón entre otros metales. La producción en el año 2000 fue de **370 T**.

En ningún caso se cuenta con sistemas avanzados de control de emisiones gaseosas, por lo que se utiliza un factor de emisión a la atmósfera de **1 µg EQT/T**, resultando una emisión **menor a 1 mg EQT/año** (0,37 mg EQT/año).

2 i- Producción de magnesio

Esta actividad no se realiza en el país.

2 j- Producción de otros metales no ferrosos

Esta actividad no se realiza en el país.

2 l- Desguazadoras

Esta actividad no se realiza en el país.

2 m- Recuperación térmica de cables

El total de cables usados comercializados es de 1.300 T/año, de los cuales aproximadamente un 5 % son quemados. Por otro lado se estima que es hurtada y quemada una cantidad de cables equivalente al 1 % de lo comercializado. En todos los casos la incineración es a cielo abierto. Resulta entonces una cantidad de cables usados quemados de **78 T/año**.

El factor de emisión a la atmósfera es de **5.000 mg EQT/T**, resultando una emisión total de **390 mg EQT**.

5.3 CATEGORÍA 3 - GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CALEFACCIÓN

3 a- Centrales eléctricas de combustibles fósiles

Para este punto se consideró el consumo de combustible destinado a la generación de energía por el sector industrial y eléctrico en el año 2000. De acuerdo a los datos estadísticos de la Dirección Nacional de Energía, la energía equivalente es de 9.139 TJ.

En la siguiente tabla se agrupan los consumos de combustibles utilizados para este fin, los factores de emisión y las emisiones totales anuales de PCDD/PCDF.

Combustible	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión (µg EQT/TJ)		Emisión (mg EQT/año)	
		Atmósfera	Residuo	Atmósfera	Residuo
Carbón	21	10	14	0,2	0,3
Fuel oil	7.355	2,5	--	18,4	-
Gas oil y gas natural	1.763	0,5	--	0,9	-
Total	9.139	--	--	20	<1 (0,3)

3 b- Centrales de energía de biomasa

Las centrales de energía de biomasa corresponden a calderas industriales que utilizan leña y restos de biomasa como combustible. En términos de energía equivalente la leña representa un 79,4 % del total correspondiente a la biomasa quemada. Dentro de los restos de biomasa se incluyen la cáscara de arroz, cáscara de girasol y bagazo de caña.

En la siguiente tabla se presentan los datos estadísticos de la Dirección Nacional de Energía correspondientes a los consumos de biomasa utilizados para este fin, los factores de emisión y las emisiones totales anuales de PCDD/PCDF.

Combustible	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión (µg EQT/TJ)		Emisión (mg EQT/año)	
		Atmósfera	Residuo	Atmósfera	Residuo
Residuos de biomasa	829	500	--	414.5	--
Leña	3.200	50	15	160.0	48.0
Total	4.029	--	--	575	48

3 c- Combustión de biogas

Esta actividad no se realiza en el país.

3 d- Calefacción doméstica y cocina con biomasa

Para este punto se estimó el consumo de leña en base a las siguientes hipótesis:

Consumo de leña = 3 T/vivienda/año

Total de viviendas = 1.000.000

Viviendas que utilizan calefacción/cocina por leña = 15 %

De esta forma se obtiene un consumo de leña de **450.000 T/año**, lo que equivale a 5.000 TJ/año.

En la siguiente tabla se resumen los factores de emisión así como las emisiones totales anuales.

Combustible	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión (µg EQT/TJ)		Emisión (mg EQT/año)	
		Atmósfera	Residuo	Atmósfera	Residuo
Leña	5000	100	20	500	100

3 e- Calefacción doméstica y cocina con combustibles fósiles

En este punto se consideró el consumo de combustibles fósiles en residencias y servicios. Los datos corresponden a la Dirección Nacional de Energía.

En la siguiente tabla se agrupan los consumos de combustibles líquidos y gaseosos utilizados para calefacción y cocina, los factores de emisión a la atmósfera y las emisiones totales anuales de PCDD/PCDF.

Combustible	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión (µg EQT/TJ)	Emisión (mg EQT/año)
Líquidos	3.896	10	39,0
Gaseosos	5.250	1,5	7,9
Total	9.146	--	47

5.4 CATEGORÍA 4 - PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS MINERALES

4 a- Producción de Cemento

Existen tres plantas con 5 hornos, que producen un total de 700.000 T/año de clinker. Tres de los hornos utilizan proceso seco y tienen una producción de 490.000 T/año y los restantes 2 hornos utilizan proceso húmedo con una producción de 210.000 T/año.

Dos de los hornos de tipo seco cuentan con un sistema de tratamiento de gases compuesto por humidificadores y filtros electrostáticos que bajan la temperatura por debajo de 200 °C. El restante horno de tipo seco solo tiene filtro electrostático y opera a más de 300 °C. Solo uno de los hornos de tipo húmedo cuenta con precipitador electrostático que opera en torno a los 200 °C, mientras que el otro no tiene tratamiento.

El total de combustibles usados es: gas natural 35.550.000 m³N, fuel oil 38.300 m³/año, cáscara de arroz 28.300 T/año y aceite usado 2.950 m³/año.

Tipo de horno	Tratamiento de gases	Producción (T/año)	Factor de emisión (mg EQT/T)		Emisión (mg EQT/año)	
			Atmósfera	Residuos	Atmósfera	Residuos
Seco	Humidificación Filtro electrostático	376.000	0,15	0,003	56,4	1,1
Seco	Filtro electrostático	114.000	0,15	0,003	17,1	0,3
Húmedo	Filtro electrostático	105.000	0,6	0,1	63,0	10,5
Húmedo	s/t	105.000	5,0	1,0	525,0	105,0
TOTAL		700.000	--	--	662	117

4 b- Producción de cal

La producción anual de cal viva es de **34.000 T**. Existen 4 plantas y dos de ellas concentran el 80 % de la producción. Respecto al consumo de combustible, 16.500 T de cal se producen utilizando fuel oil mientras que el resto utiliza leña. Respecto a la utilización de sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas, 16.500 T se producen en hornos que cuentan con ciclones y filtros de tela, mientras que los hornos que producen las 17.500 T restantes no cuentan con sistemas de tratamiento.

Tratamiento de gases	Producción (T/año)	Factor de Emisión (μg EQT/T)	Emisión (mg EQT/año)
		Atmósfera	Atmósfera
Ciclón + filtro	16.500	0,07	1,2
Sin tratamiento	17.500	10	175
TOTAL	34.000	--	176

4 c- Producción de ladrillos

Una importante cantidad de ladrillos son fabricados a nivel informal, en hornos artesanales, por lo que resulta muy difícil relevar los datos de producción. Se estimó dicha producción en base a la cantidad de viviendas construidas por año (14.600 viviendas), a la cantidad de ladrillos por vivienda (6.500 unidades/ vivienda), considerando que se utiliza ladrillos para el 50 % de las mismas y un peso por ladrillo de 1,6 kg. A esto se le restó la importación correspondiente al año 2000, esto es 9,7 millones de unidades.

La **producción anual de ladrillos se estimó en 60.000 T**. En ningún caso existe tratamiento de emisiones gaseosas por lo que se asume un factor de emisión a la atmósfera de **0,2 μg EQT/T**. De esta forma la emisión asciende a **12 mg EQT/año**.

4 d- Producción de vidrio

Esta actividad no se realiza en el país.

4 e- Producción de cerámica

La **producción anual de cerámica es de 55.000 T**. El 90 % de la producción es realizada por una industria, mientras que el 10 % restante se reparte entre empresas de pequeño porte.

En ningún caso existe tratamiento de emisiones gaseosas por lo que se asume un factor de emisión a la atmósfera de **0,2 μg EQT/T**. De esta forma la emisión asciende a **11 mg EQT/año**.

4 f- Mezclado de asfalto

La cantidad de mezcla de asfalto producida se estimó en base a la comercialización de asfaltos destinados para este propósito, que para el año 2000 fue de 38.200 T. La mezcla con piedra es al 5,5 % y se realiza aproximadamente a 140 °C. De esta manera resulta una **producción anual de mezcla asfáltica de 695.000 T**.

Las unidades donde se producen las mezclas no cuentan con sistemas de control de emisiones gaseosas, por lo que se utilizará un factor de emisión de **0,07 µg EQT/T**. Esto representa una emisión total a la atmósfera de **49 mg EQT/año**.

5.5 CATEGORÍA 5 - *TRANSPORTES*

5 a- Motores de 4 tiempos

El cálculo de las emisiones generadas en el sector del transporte se realizó en base a los consumos de combustible, suministrados por la única refinería del país, ANCAP.

El total de naftas comercializadas en el año 2000 fue:

Nafta con plomo	343.000 m³
Nafta sin plomo	74.000 m³

Se asume que el total comercializado es destinado al transporte. En el caso de la gasolina con plomo, su consumo corresponde a motores de 2 y 4 tiempos, por lo que se deben discriminar.

La estimación de la cantidad de gasolina utilizada en motores de 2 tiempos se hizo en base al consumo de lubricantes de 2 tiempos (650 m³/año). Utilizando una relación de 40 ml de lubricante/litro de gasolina, resulta un consumo de nafta con plomo en motores de 2 tiempos de 16.000 m³. Resulta entonces que el consumo de nafta con plomo en motores de 4 tiempos es de 327.000 m³.

Los factores de emisión utilizados son para combustible con plomo y para combustible sin plomo y sin catalizador ya que no es práctica común el recambio de los mismos. Las densidades utilizadas son 0,729 T/m³ para nafta con plomo, 0,745 T/m³ para nafta sin plomo.

En la siguiente tabla se resumen los consumos de combustibles, los factores de emisión a la atmósfera y las emisiones totales.

Clasificación	Consumo (T)	Factor de emisión (µg EQT/T)	Emisión (mg EQT/año)
Combustible con plomo	238.000	2,2	523,6
Combustible sin plomo sin catalizador	55.000	0,1	5,5
Total	--	--	529

5 b- Motores de 2 tiempos

Como fuera indicado la estimación de la cantidad de gasolina utilizada en motores de 2 tiempos se hizo en base al consumo de lubricantes de 2 tiempos (650 m³/año). Utilizando una relación de 40 ml de lubricante/litro de gasolina, resulta un **consumo anual de nafta con plomo de 16.000 m³**. Con una densidad de 0,729 T/m³ esto equivale a **12.000 T**.

Considerando un factor de emisión a la atmósfera para combustible con plomo de **3,5 µg EQT/t**, la emisión total resulta **42 mg EQT/año**.

5 c- Motores Diesel

De acuerdo a los datos de la Dirección Nacional de Energía la cantidad total de gasoil utilizado para el transporte en el año 2000 fue de 506.000 T, mientras que para el agro y la pesca se utilizaron 176.000 T. De esta manera el total de **combustible utilizado en motores Diesel fue de 682.000 T/año**.

Con un factor de emisión a la atmósfera de **0,1 µg EQT/t**, la emisión total resulta **68 mg EQT/año**.

5 d- Motores de fuel oil

En este punto se consideraron los trenes y barcos. De acuerdo a los datos del Ministerio de Transportes y Obras Públicas y de Administración de Ferrocarriles del Estado, la cantidad anual de fuel oil consumida por **trenes fue de 20 T**, mientras que la destinada a los **barcos fue de 179.970 T**, lo que hace un total **fuel oil consumido en motores de 180.000 T/año**.

Con un factor de emisión a la atmósfera de **4,0 µg EQT/t**, la emisión total resulta **720 mg EQT/año**.

5.6 CATEGORÍA 6 - PROCESOS DE COMBUSTIÓN INCONTROLADA

6 a- Quema de biomasa (limpia)

Incendios forestales

Según datos de la Dirección Nacional de Bomberos los incendios forestales en el año 2000 alcanzaron a 3.435 há de montes y 15.289 há de campos.

Asumiendo que por incendio se consumen 6 y 18 T/há de biomasa para campos y montes respectivamente, la cantidad total de biomasa quemada se estima en **154.000 T**.

Considerando factores de emisión a la atmósfera de **5 µg EQT/T** y a la tierra de **4 µg EQT/T**, resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera	770 mg EQT/año
Tierra	616 mg EQT/año

Quema de residuos agrícolas

Una importante fracción de la cáscara de arroz producida es quemada a cielo abierto. En el año 2000 se quemaron aproximadamente 99.000 T de cáscara de arroz, representado el principal residuo agrícola con ese destino. Le sigue en orden de importancia la caña de azúcar, con un total quemado de 11.000 T. Otros residuos quemados surgen de la producción de trigo, cebada y sorgo, con un total de 7.000 T.

Resulta entonces un total de **117.000 T de residuos agrícolas** quemados en el año 2000.

Los factores de emisión para esta práctica son:

Atmósfera	30 µg EQT/T
Tierra	10 µg EQT/T

De esta manera resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera	3510 mg EQT/año
Tierra	1170 mg EQT/año

6 b- Quema de desechos e incendios accidentales

Incendios accidentales de viviendas y fábricas

De acuerdo a la información de la Dirección Nacional de Bomberos el número de incendios de estructuras en el año 2000 fue de 3.250.

Dado que no existen registros, se consideró un índice 0,5 T de material quemado por incendio. De esta manera resulta un total de material quemado de **1.600 T**.

Considerando un factor de emisión de **400 µg EQT/T** tanto para la atmósfera como para los residuos resulta:

Atmósfera	640 mg EQT/año
Residuo	640 mg EQT/año

Quema no controlada de desechos domésticos

Por no disponerse de este dato se estimó la cantidad de residuos urbanos quemados en forma no controlada como el 1 % del total de residuos sólidos urbanos producidos. Este último valor es de 910.000 T, por lo que los residuos quemados en forma no controlado se estiman en **9.100 T**.

Considerando factores de emisión a la atmósfera de **300 µg EQT/T** y con los residuos de **600 µg EQT/T**, resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera	2.730 mg EQT/año
Residuo	5.460 mg EQT/año

Incendios accidentales de vehículos

De acuerdo a la información de la Dirección Nacional de Bomberos el número de incendios de vehículos en el año 2000 fue de **753**.

Considerando factores de emisión a la atmósfera de **94 µg EQT/incidente** y con los residuos de **18 µg EQT/incidente**, resulta la siguiente emisión anual:

Atmósfera	71 mg EQT/año
Residuo	14 mg EQT/año

5.7 CATEGORÍA 7 - PRODUCCIÓN Y USO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y BIENES DE CONSUMO

7 a- Fábricas de pasta y papel

En la siguiente tabla se resume la producción de papel, según el tipo, para el año 2000.

Tipo	Producción (T/año)
Pasta Kraft, blanqueo (Cl ₂ , NaClO, H ₂ O)	36.000
Pasta Kraft sin blanqueo	1.000
Pasta Sulfito sin blanqueo	3.000
Papel reciclado, blanqueo	2.000
Papel reciclado sin blanqueo	44.500

En la producción de pasta Kraft blanqueada se realiza recuperación de fibras en las distintas etapas por lo que no se generan lodos en el tratamiento de efluentes.

A continuación se presentan los factores de emisión utilizados así como las emisiones anuales totales.

Tipo	Factores de emisión (µg EQT/T)			Emisiones anuales (mg EQT/año)		
	Agua	Producto	Residuo	Agua	Producto	Residuo
Pasta Kraft, blanqueo	4,5	10	----	162,0	360,0	----
Pasta Kraft sin blanqueo	----	0,5	----	----	0,5	----
Pasta sulfito sin blanqueo	----	0,1	----	----	0,3	----
Papel reciclado, blanqueo	4,5	10	4,5	9,0	20	9,0
Papel reciclado sin blanqueo	----	0,5	----	----	22,3	----
TOTAL				171	403	9

El licor negro es quemado con recuperación de productos químicos por lo que no se considera generación de cenizas. La cantidad de licor quemado es de 54.000 T de sólido seco por año y el factor de emisión de PCDD/PCDF utilizado es **0,07 µg/T de licor**, lo que origina una **emisión anual a la atmósfera de 4 mg**.

7 b- Industria Química

- i. Pentaclorofenol: Esta actividad no se realiza en el país.
- ii. Bifenilos policlorados: Esta actividad no se realiza en el país.
- iii. Acido 2,4,5 triclofenoxiacético, 2,4,5 triclofenol y otros derivados del clorofenol: Esta actividad no se realiza en el país.
- iv. Cloranilo: Esta actividad no se realiza en el país.
- v. Eter de 2,4,6-triclofenil-4-nitrofenilo: Esta actividad no se realiza en el país.
- vi. Clorobenzenos: Esta actividad no se realiza en el país.
- vii. Producción de cloro: *Ver mas adelante*
- viii. Bicloruro de etileno: Esta actividad no se realiza en el país.
- ix. Compuestos alifáticos clorados: Esta actividad no se realiza en el país.

vii - Producción de cloro

En el país existe una sola empresa dedicada a la producción de cloro -soda ubicada en el departamento de San José. El procesamiento de cloruro de sodio es de 22.000 T/año.

La empresa utilizaba antiguamente ánodos de grafito los que fueron remplazados en el **año 1984 por ánodos de titanio** (ver punto 5.10 -b). Con la nueva tecnología se evita la generación de PCDD/PCDF.

7 c- Industria del petróleo

En el país hay una sola refinería de petróleo. La capacidad de la planta de reformación catalítica es de 20 m³/h de nafta de rango de ebullición 80-150 °C. El catalizador utilizado es de Platino-Renio y se regenera cada 18-24 meses.

La **regeneración del catalizador** consiste en la remoción de partículas de carbono y azufre por oxidación, regeneración de los sitios ácidos y pequeña desactivación para impedir la formación de coque durante el proceso de reformación. Una de las etapas del proceso de regeneración incluye la inyección de tetracloruro de carbono, a una temperatura aproximada de 420°C.

La **cantidad regenerada de catalizador** equivale aproximadamente a **4,5 T/año**. La cantidad de tetracloruro de carbono utilizada es de 4,6 l/T de catalizador.

En el manual normalizado se indica que hasta la fecha no se dispone de factores de emisión para esta actividad, por lo que no es incluida en el inventario.

7 d- Fábricas textiles

En este caso las emisiones de PCDD/PCDF se dan básicamente con el producto debido a que las dioxinas y furanos se adhieren a la fibra. Para estimar la emisión de PCDD/PCDF no se consideró la producción de productos textiles sino el consumo de estos productos estimado como: Producción + Importación – Exportación. Se evaluaron la producción nacional de telas y la importación y exportaciones de productos textiles (telas y prendas manufacturadas, no se incluyeron las fibras sin procesar para no sumarlas dos veces en el balance).

En el año 2000 la producción fue de 5.000 T, mientras que la exportación e importación fueron 10.000 y 25.000 T respectivamente. De esta manera resulta un consumo de textiles de **20.000 T**.

Los límites inferior y superior para los factores de emisión con el producto son 0,1 y 100 µg EQT/T. Dado el tipo de textiles que se consume en el país, se consideró un factor medio de emisión de **10 µg EQT/T**, por lo que resulta una emisión anual con el producto de **200 mg EQT/año**.

7 e- Fábricas de productos de cuero

La emisión PCDD/PCDF con los productos de cuero se asocia a la utilización de pentaclorofenol (PCP). En el país la industria del cuero no se utiliza PCP desde el año 1989, por lo que no se considera a las curtiembres como emisoras de PCDD/PCDF.

5.8 CATEGORÍA 8 - VARIOS

8 a- Desecado de biomasa

Esta actividad no se realiza en el país.

8 b- Crematorios

Los **cadáveres cremados por año** en el país ascienden a **1.600**. La incineración se realiza en dos hornos que cuentan con sistema húmedo de tratamiento de emisiones gaseosas.

Con factor de emisión a la atmósfera de **10 μ g EQT/cremación** y en residuos de **25 μ g EQT/cremación**, resulta la siguiente emisión total:

Atmósfera:	16 mg EQT
Residuos:	4 mg EQT

8 c- Ahumaderos

Esta actividad no se realiza en el país.

8 c- Residuos de limpieza en seco

La generación de residuos de la recuperación del solvente en la limpieza en seco se estimó en base al consumo de solvente por las tintorerías, asumiendo un índice de generación de residuos de 0,1 T/T de solvente.

El solvente consumido por las tintorerías en el año 2000 fue de 13 toneladas, lo que representa una generación de residuos de recuperación de solvente de **1,3 T**.

Se asumió un factor de emisión de PCDD/PCDF de **50 μ g EQT/T de residuo**, lo que representa una emisión **menor de 1 mg EQT/año** (65 μ g EQT/año).

8 e- Consumo de tabaco

El consumo interno de cigarrillos es de **2.900 millones/año**, mientras que el consumo de cigarrillos es prácticamente despreciable. Con un factor de emisión a la atmósfera de **0,1 μ g EQT/ cigarrillo**, la emisión total **menor de 1 mg EQT/año** (0.29 mg/año).

5.9 CATEGORÍA 9 – MANEJO DE DESECHOS

9 a- Lixiviado de rellenos

Casi la totalidad de los residuos sólidos urbanos generada en el país es dispuesta en vertederos a cielo abierto. A nivel nacional la cobertura de recolección es del 84 % y de acuerdo a las proyecciones realizadas en el "Estudio Sectorial de Residuos Sólidos en Uruguay" la cantidad de residuos sólidos urbanos generados en el año 2000 fue de **910.000 T/año**.

De acuerdo a estudios realizados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en varios vertederos, se puede estimar una generación de lixiviado de **100 litros/T** de residuos. En base a este factor se estima una generación de lixiviado de **91.000 m³/año**.

Por tratarse de desechos no peligrosos se considera un factor de emisión al agua de **30 pg de EQT/l de lixiviado**, lo que representa un total de **3 mg de EQT/año**.

9 b- Efluentes líquidos domésticos y su tratamiento

En la siguiente tabla se resume la situación del país en materia de saneamiento.

Situación	Habitantes	Efluentes litros/año	Lodos secos T/año
Saneamiento con tratamiento	460.000	$3,36 \times 10^{10}$	6.440
Saneamiento con remoción de gruesos	749.000	$7,81 \times 10^{10}$	1.020
Saneamiento sin tratamiento	476.000	$1,13 \times 10^{10}$	-----
Sin cobertura	870.000	-----	-----

Para los factores de emisión se considera medio ambiente urbano ya que la densidad de industrias es baja y cuentan con sistemas de tratamiento de efluentes. De esta manera el factor para lodos es de **10 mg EQT/T materia seca**, para líquidos se toman **0.5 y 2 pg EQT/litro** para sistemas con y sin separación de lodos respectivamente. En forma conservadora se considera que el efluente luego de la remoción de sólidos gruesos tiene características similares a las del líquido bruto.

Fuente	mg EQT/año
Lodos	74,6
Emisión con residuos	75
Efluentes tratados	16,8
Efluentes s/tratar	178,8
Emisión total al agua	196

9 c- Compostado

La única planta de compost en el país es la operada por la Intendencia de Montevideo, existiendo experiencias puntuales de muy escaso porte. Los residuos utilizados son provenientes de podas y barrido de plazas, cementerios y ferias. En el año 2000 se produjo un total de 1.400 T de compost. Si se considera una humedad en el producto del 30 %, tenemos una **producción anual expresada en materia seca de 980 T**.

Para el cálculo de la emisión en el producto se utilizó el correspondiente a los desechos de jardín y cocina, esto es **15 µg EQT/T de materia seca**. De esta forma, la **emisión con el producto es de 15 mg EQT/año**.

9 d- Vertido a cursos de agua

Incluido en el punto 9 b- Efluentes líquidos domésticos y su tratamiento.

9 e- Gestión de aceites usados

De acuerdo a información suministrada por las empresas comercializadoras de aceites lubricantes el volumen comercializado asciende a 18.000 m³/año, de los cuales 30 a 40 % corresponde a uso automotriz y el resto a uso industrial.

No existe legislación sobre la gestión de los aceites usados, siendo generalmente quemados como combustible alternativo en diferentes tipos de hornos industriales, existiendo además vertidos esporádicos a la red de saneamiento. La cuantificación de acuerdo a los destinos resulta prácticamente imposible. En lo que respecta a la quema, las emisiones de PCDD/PCDF ya fueron incluidas en los rubros correspondientes.

5.10 CATEGORÍA 10 - PUNTOS CALIENTES

10 a- Lugares de producción de sustancias cloradas

No existen

10 b- Lugares de producción de cloro

Tal como se indicó en el punto 7.b, en el país existe una sola empresa dedicada a la producción de cloro - soda ubicada en el departamento de San José. El procesamiento de cloruro de sodio es de **22.000 T/año**.

La empresa utilizaba antiguamente ánodos de grafito los que fueron reemplazados en el **año 1984 por ánodos de titanio**. Como consecuencia de haberse utilizado ánodos de grafito podría existir un punto caliente por contaminación de la tierra.

10 c- Lugares de formulación de fenoles clorados

No existen

10 d- Lugares de aplicación de fenoles clorados

No existen registros de ingreso al país de fenoles clorados excepto el pentaclorofenol. La utilización de este producto se asocia al tratamiento de la madera, que se discute en el siguiente punto.

10 e- Fabricación de madera y lugares de tratamiento

Se identificó la existencia de una planta de impregnación de postes de madera de la empresa de electricidad (UTE), en el departamento de Tacuarembó. La planta procesa actualmente 4300 postes y 950 crucetas por mes. Antiguamente utilizaba pentaclorofenol pero desde hace unos años fue sustituido por óxidos CCA (Cromo, Cobre y Arsénico). Cuentan con un resto de pentaclorofenol de aproximadamente 10 T, almacenado en condiciones de seguridad. Como consecuencia de haberse utilizado pentaclorofenol podría existir un punto caliente por contaminación de la tierra.

Se detectaron siete empresas más que realizan tratamientos para la preservación de la madera y en todos los casos se utiliza CCA como agente preservante.

10 f- Transformadores y capacitores rellenos de PCB

De acuerdo a la encuesta industrial realizada por la DINAMA y la Cámara de Industrias en el año 2000, solo la empresa de electricidad cuenta con materiales conteniendo PCB. Las existencias son de **20 m³ de aceite y 95 T de chatarra**, que están almacenados a la espera de su exportación para la destrucción.

Existen dos antecedentes de exportación de aceite y chatarra contaminados con PCB por un total de 36 T.

10 g- Vertederos de residuos de categoría 1-9

Dadas las prácticas actuales en materia de gestión de residuos sólidos industriales, resulta muy difícil la identificación de lugares específicos de gestión. Es común la cogestión con los residuos urbanos y en muchos casos la disposición en terrenos de la empresa.

10 h- Lugares donde se hayan producido accidentes importantes

No se dispone de este dato

10 i- Dragado de sedimentos

De acuerdo a información suministrada la Dirección Nacional de Hidrografía, en las operaciones de dragado se retiran los sedimentos de los canales de navegación y muros próximos a la orilla y son dispersados mar adentro o en puntos donde son arrastrados por las corrientes.

En el año 2000 el volumen de sedimentos dragados fue de aproximadamente **70.000m³**.

10 j- Lugares donde hay caolina o arcilla plástica

De acuerdo a los registros de la Dirección Nacional de Minería y Geología existe un total de 26 minas con permisos de prospección, concesión o explotación, concentradas en los departamentos de Durazno, Cerro Largo, Rocha y Canelones. La superficie total ocupada es de 720 há, mientras que 290 há son las que se encuentran en explotación.

6. RESUMEN DE RESULTADOS

No	Categorías	Emisiones anuales (g EQT/año)				
		Atmósfera	Agua	Tierra	Productos	Residuos
1	Incineración de desechos	4,802	0,000	0,000	0,000	0,032
c	Incineración de desechos hospitalarios	4,800				0,032
g	Combustión de cadáveres de animales	0,002				
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	1,249	0,000	0,000	0,000	1,599
c	Producción de acero y las funderías de hierro	0,460				0,690
d	Producción de cobre	0,240				0,189
e	Producción de aluminio	0,126				0,720
f	Producción de plomo	0,032				
g	Producción de zinc	0,000				
h	Producción de bronce y latón	0,000				
m	Recuperación térmica de cobre de cables	0,390				
3	Generación de energía y calefacción	1,141	0,000	0,000	0,000	0,148
a	Centrales eléctricas de combustibles fósiles	0,020				0,000
b	Centrales eléctricas de biomasa	0,575				0,048
d	Combustión de biomasa para uso doméstico	0,500				0,100
e	Combustión de combustibles fósiles para uso doméstico	0,047				
4	Producción de productos minerales	0,909	0,000	0,000	0,000	0,117
a	Hornos de cemento	0,662				0,117
b	Cal	0,176				
c	Ladrillos	0,012				
e	Cerámica	0,011				
f	Mezclado de asfalto	0,049				
5	Transportes	1,359	0,000	0,000	0,000	0,000
a	Motores de 4 tiempos	0,529				
b	Motores de 2 tiempos	0,042				
c	Motores diesel	0,068				

Inventario Nacional de Liberación de Dioxinas y Furanos, Uruguay - 2000

D	Motores de fuel oil	0,720				
6	<i>Procesos de combustión no controlados</i>	7,650	0,000	1,786	0,000	6,100
a	Quema de biomasa virgen	4,280		1,786		
b	Quema de desechos e incendios accidentales	3,370				6,100
7	<i>Prod./uso de sust.químicas y bienes de consumo</i>	0,004	0,171	0,000	0,603	0,009
a	Fábricas de pasta y papel	0,004	0,171		0,403	0,009
d	Plantas textiles				0,200	
8	<i>Varios</i>	0,016	0,000	0,000	0,000	0,004
b	Crematorios	0,016				0,004
d	Residuos de limpieza en seco					0,000
e	Humo de tabaco	0,000				
9	<i>Manejo de desechos</i>	0,000	0,198	0,000	0,015	0,075
a	Lixiviado de rellenos		0,003			
b	Efluentes líquidos domésticos y su tratamiento		0,196		0,015	0,075
c	Compostado					
1-9	Total	17,1	0,4	1,8	0,6	8,1

7. CONCLUSIONES

Emisión total

El resultado del inventario arroja un valor de generación total de dioxinas y furanos de 28 g EQT en el año 2000. Los mayores porcentajes corresponden a la emisión a la atmósfera (61 %) y a la emisión con los residuos (29 %). En menor proporción tenemos la emisión a la tierra (6 %), seguidos de las emisiones con los productos y al agua (4 %).

Índices de emisión

En base a la población, superficie y producto bruto interno se generaron los siguientes índices de emisión de dioxinas y furanos para Uruguay: 8.5 µg EQT /hab.año, 159 µg EQT/km².año, 4613 µg EQT/US\$ PBI por habitante.

Emisiones a la atmósfera

La emisión total a la atmósfera fue de **17,1 g EQT** destacándose los siguientes aspectos:

La **combustión no controlada** representó el **45 %** de la emisión a la atmósfera. La **quema de residuos agrícolas**, la **quema no controlada de residuos urbanos** y los **incendios forestales** son las principales fuentes. En menor medida les siguen los incendios de viviendas y automóviles. Es importante señalar que la estimación de estas emisiones representa uno de los mayores grados de incertidumbre tanto en las estimaciones de las cantidades quemadas como en los factores de emisión empleados.

La **incineración controlada de desechos** contribuyó en un **28 %** de la emisión a la atmósfera, siendo los **residuos hospitalarios** prácticamente los responsables por la totalidad de la emisión.

El **transporte** representó el **8 %** de las emisiones, siendo las principales fuentes de motores de barcos y los que utilizan gasolina con plomo.

La **producción de metales ferrosos y no ferrosos** generó el **7 %** de la emisión a la atmósfera. Las principales contribuciones corresponden a la producción de hierro y acero, recuperación de cables, producción de cobre y aluminio, en ese orden.

La **generación de energía y calefacción** representó el **7 %** de la emisión atmosférica, siendo la quema de leña y biomasa las principales fuentes.

La **producción de productos minerales**, dentro de los que se destaca el **cemento** y la **cal**, contribuyó en un **5 %** a la emisión a la atmósfera.

El resto de las categorías tuvieron un aporte no significativo.

Emisión con los residuos

La emisión total con los residuos fue de **8,1 g EQT** destacándose los siguientes aspectos:

La **combustión no controlada** produjo una emisión equivalente al **76 %** de la emisión total con los residuos. La **quema no controlada de residuos urbanos** constituye la principal fuente. En este caso también es importante señalar que la estimación de esta emisión tiene un importante grado de incertidumbre tanto en las estimaciones de las cantidades quemadas como en el factor de emisión.

La **producción de metales ferrosos y no ferrosos** representó el **20 %** de la emisión con los residuos. Las principales contribuciones corresponden a la producción de aluminio, de hierro y acero, y cobre, en ese orden.

La **generación de energía y calefacción** y la **producción de productos minerales** representaron cada una el **2 %** de las emisiones con los residuos. El resto de las categorías tuvieron un aporte no significativo.

Emisión a la tierra

La emisión total a la tierra fue de **1.8 g EQT**, correspondiendo a quema de residuos agrícolas e incendios forestales. Como ya se indicó esta estimación tiene un importante grado de incertidumbre.

Emisión con los productos

La emisión total con los productos fue de **0,6 g EQT**, siendo las principales fuentes el papel y los textiles.

Emisión al agua

La emisión total al agua fue de **0,4 g EQT**. Las principales fuentes son las aguas residuales domésticas y los efluentes de la industria del papel.

Incertidumbres

Los resultados del presente inventario se deben considerar como datos primarios ya que los mismos presentan un importante grado de incertidumbre. Muchas de las actividades generadoras de dioxinas y furanos no resultan sencillas de cuantificar y al mismo tiempo se requiere de mayor investigación a efectos de contar con factores de emisión más precisos. En tal sentido es de destacar que la obtención de factores de emisión representa un alto costo analítico y de muestreo, y que la cuantificación de actividades dispersas requiere muchas horas de trabajo para búsqueda de información.

Dado que el objetivo del inventario es contar con una aproximación de la magnitud de las emisiones y la identificación de las principales fuentes, se considera que la metodología empleada representa una relación costo-beneficio adecuada.

Medidas para la reducción de emisiones

Se recomienda que las medidas de reducción de emisiones se concentren en primera instancia en las actividades de mayor aporte, eliminando prácticas inconvenientes, introduciendo tecnologías alternativas y mejorando los sistemas de tratamiento. En este sentido se propone para la situación actual:

1. Establecer medidas que desalienten las prácticas de quema de residuos agrícolas y la quema no controlada de desechos urbanos.
2. Profundizar en el conocimiento de los mecanismos de formación de dioxinas y furanos en los sistemas de incineración de residuos sólidos hospitalarios, a efectos de mejorar las condiciones de operación y control del proceso así como los sistemas de tratamiento de emisiones.
3. Profundizar en el conocimiento de los mecanismos de formación de dioxinas y furanos en los procesos industriales de producción de cemento, cal y metales ferrosos y no ferrosos, a efectos de implementar las mejoras necesarias en dichos procesos productivos y en los sistemas de control y tratamiento de emisiones gaseosas.
4. Incentivar la eliminación de producción de gasolina con plomo, desalentando su comercialización y uso.

Se identifica además que en función de la incidencia que representa la incineración de residuos en la liberación potencial de dioxinas y furanos, ésta sólo debería ser reservada para el tratamiento de aquellos residuos que por sus características así lo ameriten. En particular se destaca la importancia de analizar en forma global las propuestas de implementación de procesos de combustión para el tratamiento de residuos sólidos urbanos, en atención a los volúmenes que estos representan y a la incidencia potencial que podría tener la implementación de esos procesos en el aumento de emisiones de dioxinas y furanos.

Más allá de las consideraciones precedentemente expuestas, se destaca que el análisis de alternativas tecnológicas, tanto para procesos productivos como para tratamiento de residuos, debería ser realizado en forma global. Para ello habrá que tener en cuenta aspectos tecnológicos, condiciones de operación y control de procesos, así como emisiones líquidas, sólidas y gaseosas generadas por cada alternativa, incluyendo los sistemas de tratamiento para cada una de las corrientes de residuos emitidas.

Indicadores de gestión

La actualización periódica del inventario, con la incorporación de información más precisa, se identifica como el mejor indicador de las medidas de minimización de las emisiones. El actual inventario se puede corregir al disponer de factores de emisión más ajustados a la realidad del país y la comparación de los resultados de actualizaciones sucesivas permitirá identificar las mejoras globales y particulares, así como establecer los ajustes en la política aplicada.

8. REFERENCIAS

Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Productos Químicos, Enero 2001.

Memorias del Taller "Capacitación en el manejo de PCBs, dioxinas y furanos". Montevideo, Uruguay, Setiembre 2000.

Memorias del Taller "Subregional de sensibilización sobre contaminantes orgánicos persistentes". Cartagena, Colombia, Enero 1998.

Balance Energético Nacional del 2000. Dirección Nacional de Energía, Ministerio de Industria, Energía y Minería, Uruguay.

Producción de combustibles año 2000. Administración Nacional de Combustibles, Alcoholes y Portland (ANCAP), Uruguay.

Encuesta Nacional de Residuos Sólidos Industriales - Año 2000 (Convenio MVOTMA – Facultad de Ingeniería), Uruguay.

Base de datos industriales de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Uruguay.

Guía del Mundo, Instituto del Tercer Mundo, 2001. (www.eurosur.org/guiadelmundo)

9. ABREVIACIONES Y SIGLAS

ANCAP	Administración Nacional de Combustibles Alcohol y Pórtland
CCA	Cromo, Cobre y Arsénico
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
EQT	Equivalente de Toxicidad Internacional
FTE	Factor de Toxicidad Equivalente
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
PCBs	Bifenilos Policlorados
PCDD/PCDF	Dibenzo-para-dioxinas policloradas / Dibenzo-furanos policlorados
PCP	Pentaclorofenol
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas