



*Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente  
Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental*



*Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Productos Químicos*

Inventario Nacional de fuentes y liberaciones

**de dioxinas y furanos. Cuba, Año 2000**

**Informe Final**

**La Habana, Cuba, Diciembre 2003**

**El proyecto fue realizado con la asistencia financiera del Gobierno de Canadá a través de los fondos COPs de Canadá**





*Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*  
*Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental*  
*Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Productos Químicos*



# **Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos. Cuba, Año 2000**

## **Informe Final**

**La Habana, Cuba, Diciembre 2003**

**El proyecto fue realizado con la asistencia financiera del Gobierno  
de Canadá a través de los fondos COPs de Canadá**

Esta publicación se ha producido dentro del marco del Programa Interinstitucional para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos (IOMC).

El Programa Interinstitucional para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos (IOMC) fue establecido en 1995 por el PNUMA, OIT, FAO, OMS, ONUDI Y OCDE (organizaciones participantes), a raíz de las recomendaciones formuladas en 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo con miras a reforzar la cooperación y aumentar la coordinación en el campo de la seguridad química. En enero de 1998, UNITAR se unió oficialmente al IOMC como organización participante. El objetivo del IOMC consiste en fomentar la coordinación de las políticas y actividades de las organizaciones participantes, conjuntamente o por separado, con miras a la buena gestión de las sustancias químicas en relación con la salud humana y el medio ambiente.

El material que figura en la presente publicación se puede citar o reimprimir libremente, pero citando su origen y haciendo referencia al número de documento correspondiente. Deberá enviarse a Productos Químicos, PNUMA, una copia de la publicación que contenga la cita o reimpresión.

Se puede solicitar ejemplares de este informe a:

PNUMA Productos Químicos  
11-13 chemin des Anémones  
CH-1219 Châtelaine (GE)  
Suiza  
Tel.: +41 (22) 917 8170  
Fax: +41 (22) 797 3460  
E-Mail: [chemicals@unep.ch](mailto:chemicals@unep.ch)

Productos Químicos, PNUMA, forma parte de la División de Tecnología, Industria y Economía del PNUMA

## **Prólogo**

El presente documento recoge los resultados alcanzados durante la ejecución del primer Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos, el cual fue realizado en el marco del Convenio de trabajo establecido entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Productos Químicos, con el objetivo de apoyar los esfuerzos nacionales orientados a la implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). El proyecto fue realizado con la asistencia financiera del Gobierno de Canadá a través de los fondos COPs de Canadá

En vista del gran interés que pudiera despertar este tema, se invita a los interesados a proporcionar sus comentarios y sugerencias sobre este trabajo, con el objetivo de que los mismos puedan ser considerados durante el desarrollo de versiones ulteriores del Inventario Nacional, orientadas a proporcionar una evaluación de las tendencias futuras en los niveles de liberación de dioxinas y furanos.

**Equipo de Trabajo Técnico**  
**Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos**

## **Instituciones y especialistas participantes**

### **Coordinador del Proyecto por PNUMA Productos Químicos**

Dra. Heidelore Fiedler, Oficial de Asuntos Científicos, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Productos Químicos.

### **Coordinador Nacional del Proyecto por CITMA-CIGEA**

M. Sc. Mario Abó Balanza, Especialista Superior en Gestión Ambiental, Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

### **Equipo Técnico**

- Dr. Carlos López Cabrera, Jefe del Equipo de trabajo técnico del Inventario, Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Ing. Irene Socorro Romero, Especialista Principal de Medio Ambiente, Dirección Técnica, Ministerio de la Industria Básica
- Dr. Gonzalo Dierksmeier Corcuera, Subdirector Área Química, Instituto de Investigaciones en Sanidad Vegetal, Ministerio de la Agricultura
- Ing. Juan José Alea, Especialista, Centro de Investigaciones y Desarrollo del Transporte, Ministerio del Transporte.
- Lic. Maria de Lourdes Galán Toledo, Especialista en Gestión Ambiental, Unión Eléctrica-INEL, Ministerio de la Industria Básica.
- Lic. Pedro Valentín Fernández, Especialista de Medio Ambiente, Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.
- Ing. Blanca Cabrera Pérez, Especialista de Medio Ambiente, Dirección de Ciencia y Técnica, Ministerio de la Industria Sideromecánica
- Dra. Eva Arteaga Hernández, Especialista de Medio Ambiente, Dirección de Ciencia y Técnica, Ministerio de Agricultura
- Ing. Mayra Ramírez Rodríguez, Especialista. Dirección Nacional de Servicios Comunes, Ministerio de Economía y Planificación
- Ing. Maday Alfonso, Especialista, Oficina Nacional de Estadísticas
- Ing. Alicia Rodríguez, Especialista, Unidad Nacional de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Pública

El equipo de trabajo técnico, agradece a todas las instituciones y especialistas que contribuyeron a ofrecer un valioso cúmulo de datos e informaciones, sin las cuales no hubiera sido posible la realización de este primer Inventario.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a la Dra. Heidelore Fiedler, Oficial de Asuntos Científicos, PNUMA-Productos Químicos, por su inestimable asesoría, experticia profesional, y apoyo inspirador para la ejecución de este proyecto.

## Índice

Resumen ejecutivo	1
I. Introducción	5
II. Información General de la Republica de Cuba	8
III. Información general sobre PCDD/PCDF	10
III.1 Estructura y propiedades	10
III.2 Formación y liberación de PCDD/PCDF	10
III.3. Liberaciones a la atmósfera	11
III.4. Liberaciones al agua	12
III.5. Liberaciones a la tierra	13
III.6. Liberaciones con productos	13
III.7. Liberaciones con residuos	13
III.8. Equivalente de toxicidad	14
IV. Procedimientos para la organización y preparación del Inventario Nacional	15
V. Protocolo para la preparación del Inventario Nacional	16
V.1. Identificación de las Principales Categorías de Fuentes.	16
V.2. Identificación de las Subcategorías de Fuentes Existentes en el Ámbito Nacional.	17
V.3. Recopilación de Información	23
V.4. Cuantificación de las Emisiones	23
V.5. Compilación y Análisis de los Resultados Obtenidos.	24
VI. Resultados y análisis por categorías	25
VI.1. Categoría 1. Incineración de Desechos	25
VI.2. Categoría 2. Producción de metales ferrosos y no ferrosos	30
VI.3. Categoría 3. Generación de Energía Eléctrica y Calefacción	37
V.4. Categoría 4. Producción de Productos Minerales	43
VI.5. Categoría 5. Transporte	53
VI.6. Categoría 6. Procesos de Combustión Incontrolada	59
VI.7. Categoría 7. Producción y Uso de Sustancias Químicas y Bienes de Consumo	67
V.8. Categoría 8. Varios	71
VI.9. Categoría 9. Evacuación / Manejo de Desechos	73
VI.10. Categoría 10. Puntos Calientes	77
VII. Resumen de resultados	79
VIII. Conclusiones	81
IX. Recomendaciones	83
X. Lagunas en el Instrumental	84
XI. Medidas para la reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos.	85
XII. Referencias bibliograficas	86
Anexo I: Gráficos	88



## Resumen ejecutivo

El presente documento recoge los resultados alcanzados durante la ejecución del primer Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos, el cual fue realizado en el marco del Convenio de trabajo establecido entre el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente-Productos Químicos, con el objetivo de apoyar los esfuerzos nacionales orientados a la implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), y en particular con el Artículo 5 y el Anexo C de este instrumento internacional.

Las dioxinas y furanos se forman como productos secundarios no deseados, en procesos de combustión asociados a una gran variedad de actividades y/o procesos productivos. Estos productos pueden ser detectados en cantidades de trazas en la atmósfera, agua, tierra, residuos, productos y en el ecosistema global en general, debido a su persistencia y elevada capacidad de transportación a larga distancia. Los mismos se acumulan en los tejidos grasos donde tienden a incrementar su concentración y poseen una elevada movilidad en la cadena alimentaria.

Los principales objetivos del trabajo se limitaron a la identificación de las fuentes potenciales de liberación y a la cuantificación de las liberaciones asociadas a estas, a partir de un proceso de estimación, sobre la base de la utilización de datos de actividad y factores de emisión por defecto para cada una de las actividades y/o procesos productivos sujetos a evaluación. El alcance del trabajo realizado, no contempló el desarrollo de una evaluación acerca de los impactos negativos de estas emisiones para la salud humana y el medio ambiente.

El Inventario Nacional se realizó tomando como base el Instrumental Normalizado del PNUMA ("Toolkit") para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos, el cual constituye la metodología de trabajo propuesta por esta organización, para la estimación de las liberaciones de estas sustancias.

El protocolo de trabajo propuesto por el Instrumental Normalizado del PNUMA, agrupa las actividades y/o procesos productivos con potencial de generación de dioxinas y furanos, en varias categorías principales, que a su vez, contemplan un grupo de subcategorías asociadas, en las que se identifican los principales medios de liberación de estas sustancias (atmósfera, agua, tierra, productos y residuos).

Cada subcategoría corresponde a una actividad y/o proceso productivo específico, en el cual se establecen factores de emisión por defecto, cuyo orden de magnitud está determinado por el tipo de tecnología existente y las condiciones y particularidades predominantes en el control de las emisiones y residuos asociados. Los factores de emisión propuestos en el Instrumental Normalizado del PNUMA, representan el comportamiento promedio de las liberaciones de dioxinas y furanos y los mismos han sido obtenidos, a partir de mediciones realizadas en diversos estudios desarrollados para estos propósitos.

Las categorías de fuentes de liberación sujetas a evaluación, incluyeron la incineración de desechos; producción de metales ferrosos y no ferrosos; generación de energía; producción de productos minerales; procesos de combustión incontrolados, producción y uso de sustancias

químicas y bienes de consumo; desecado de biomasa y consumo de tabaco; tratamiento y disposición de aguas residuales domesticas y puntos calientes.

La secuencia de trabajo para la realización del Inventario, incluyó como primera etapa la identificación de las actividades y/o procesos productivos existentes en el país, en base a la matriz de categorías principales propuesta por el Instrumental del PNUMA. Una segunda etapa de trabajo, incluyó la revisión de las diferentes subcategorías, a los efectos de identificar las fuentes de liberación específicas, y con ello, proceder a la recopilación de información pertinente para la estimación de las liberaciones asociadas.

La cuantificación de las liberaciones se realizó para cada actividad y/o proceso productivo identificado en el ámbito nacional, tomando como base los datos de actividad correspondientes al año 2000, en atención a la disponibilidad de información oficial de mayor actualidad y la intención de hacer coincidir los resultados de este ejercicio, con el desarrollo de la versión año 2000 del Inventario Nacional de gases de efecto invernadero. La liberación anual fue expresada en gramos de Equivalente de Toxicidad (EQT) por año.

Como parte de su contenido, el presente documento describe de manera resumida una amplia variedad de procesos y actividades que fueron identificadas en el ámbito nacional como principales fuentes de liberación de dioxinas y furanos, incluyendo la estimación de las liberaciones anuales promedio, en los casos en que se disponía de los datos de actividad y del factor de emisión recomendado por el Instrumental del PNUMA. Los resultados obtenidos para los diferentes medios de liberación, fueron incorporados a un Programa EXCEL para facilitar el procesamiento y comprensión de la información. En los casos donde no se identifico una actividad o proceso productivo involucrado con una categoría en particular, se indico un valor de liberación igual a cero.

El inventario general del país, fue obtenido sobre la base de la información proveniente de diversos ministerios e instituciones de la Administración Central del Estado, a algunas de las cuales, les fueron suministrados varios cuestionarios con las principales informaciones de interés para la realización de las estimaciones. En los casos en que fue necesario, se realizaron visitas y entrevistas para obtener una mayor información y precisión acerca de las diferentes actividades sujetas a evaluación. Los resultados reflejados no incluyen en ningún caso, la obtención de datos derivados de la ejecución de procedimientos de muestreo y análisis orientados a la determinación de los niveles de liberación de dioxinas y furanos.

Los resultados obtenidos en el proceso de compilación y procesamiento de la información, muestran una liberación total de dioxinas y furanos de 319,73 g EQT en el año 2000, correspondiendo las mayores contribuciones hacia la atmósfera (61 %) y hacia los residuos (35 %) Una menor proporción de las liberaciones, se identifica hacia la tierra y los productos con alrededor de un 2 % y por ultimo, hacia el agua, con menos del 1 %.

Los procesos de combustión no controlada representaron el 34 % de las liberaciones de dioxinas y furanos hacia la atmósfera, seguido muy de cerca por la incineración de desechos y la generación de energía con un 29 % y 28 %, respectivamente.

La quema no controlada de desechos domésticos, constituyó la actividad de mayor contribución a las liberaciones totales hacia los residuos (91 %), mientras que la producción de metales ferrosos contribuyó con algo más del 7 % de las liberaciones totales hacia este compartimiento ambiental. Las mayores contribuciones hacia los productos, le correspondieron a las categorías de producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo y a la relacionada con la

actividad de manejo de residuales, con alrededor de un 91 % del total de las liberaciones hacia este compartimiento ambiental.

Los resultados de este trabajo deben ser considerados como una primera aproximación al diagnóstico de la situación existente, ya que los mismos presentan cierto nivel de incertidumbre, lo cual está determinado en lo fundamental, por la aplicabilidad de los factores de emisión, en el contexto de las condiciones, particularidades y patrones tecnológicos y de manejo predominantes en el ámbito nacional, así como los supuestos y consideraciones que fue necesario realizar durante el ejercicio de estimación en algunas subcategorías.

Considerando que los principales objetivos del inventario, consisten en la identificación de las fuentes potenciales de liberación y en la estimación de la magnitud de las liberaciones asociadas a estas, se concluyó que la metodología empleada para la ejecución del inventario, posee una adecuada relación costo-beneficio, ya que la misma permite la obtención de un diagnóstico aproximado de la situación existente, con una gran eficiencia de recursos y tiempo. Bajo este criterio, se consideró que la rapidez y facilidad de utilización del Instrumental Normalizado del PNUMA, constituirían elementos de mayor importancia frente a la meta inalcanzable de obtener una precisión de un 100 %.

En adición, la utilización de la metodología recomendada, propició la obtención de un importante instrumento de trabajo, que proporciona una guía confiable para la formulación de políticas y estrategias nacionales de manejo, tales como los Planes de Aplicación Nacional para la implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, así como el establecimiento de indicadores de gestión ambiental, que permiten evaluar las tendencias en los niveles de liberación de dioxinas y furanos y la eficacia y efectividad de los programas de acción ambiental en curso.

Como estrategia de trabajo futura, se recomienda que las principales líneas de trabajo a desarrollar en el ámbito nacional, se concentren en aquellas actividades y/o procesos productivos de mayor liberación, a través de la ejecución de acciones que tengan un carácter predominantemente preventivo y estén enfocadas como primera opción, a la prevención de la generación de estos compuestos en la propia fuente, a partir de la adopción de buenas prácticas de manejo; la introducción de mejoras tecnológicas en los procesos productivos y el establecimiento de tecnologías alternativas con mayores niveles de eficiencia.

En adición y como enfoque complementario, las medidas de reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos, deben considerar el establecimiento y/o rehabilitación de sistemas de tratamiento y/o dispositivos de depuración de emisiones gaseosas, todo lo cual, contribuirá a disminuir los niveles de liberación que no haya sido posible alcanzar, con la aplicación de medidas de carácter preventivo.

Como parte de las principales medidas de reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos, se sugiere la ejecución de acciones orientadas a desalentar la ejecución de prácticas de quema no controlada de residuos agrícolas, desechos domésticos y otros desechos; la evaluación de los procesos industriales involucrados en la formación y liberación de dioxinas y furanos, con el objetivo de promover el desarrollo de buenas prácticas de manejo y el establecimiento de mejoras tecnológicas en los procesos productivos y en los dispositivos de control de la contaminación, así como promover la introducción del concepto de producción más limpia en el sector de la salud, a fin de garantizar una menor generación de desechos hospitalarios, incluyendo la evaluación de las capacidades de incineración existentes, a los efectos de establecer las opciones necesarias para mejorar las condiciones de operación y control durante los procesos de incineración de este tipo de desechos.



## I. Introducción

El aumento sostenido de la producción, utilización y comercialización de productos químicos, como resultado de la satisfacción de las necesidades que exige la sociedad moderna, ha traído aparejado un incremento de los riesgos asociados a la liberación de sustancias químicas.

Un grupo de productos químicos especialmente problemático, lo constituyen los denominados contaminantes orgánicos persistentes (COP), los cuales permanecen en el medio ambiente por largos períodos de tiempo; se acumulan en los tejidos de la mayoría de los organismos vivos y se trasladan a grandes distancias, incluso a zonas remotas situadas a miles de kilómetros de sus fuentes generadoras.

Estos contaminantes pueden causar cáncer, supresión del sistema inmunológico y reproductivo, así como irregularidades en los procesos de desarrollo. Los mismos constituyen un riesgo particular a los niños, los cuales pueden estar expuestos a altos niveles de estas sustancias, a través de la leche materna y los alimentos. Los COP resisten la disgregación en agua, pero se disuelven y acumulan fácilmente en el tejido adiposo de los seres vivos. Los animales poseen una elevada capacidad para absorber concentraciones de COP mucho mayores a las encontradas en el medio ambiente.

Las dioxinas y furanos, ó más exactamente, las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF), constituyen dos de los doce COP, que son en la actualidad objeto de especial atención, bajo la aplicación de un conjunto de medidas internacionales orientadas a la reducción y/o eliminación de sus liberaciones al medio ambiente.

Las PCDD/PCDF se forman como productos secundarios no deseados en una gran diversidad de actividades y procesos productivos. Estos contaminantes se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente y pueden estar presentes en procesos fabriles como materias primas o productos terminados. Por consiguiente, las liberaciones o transferencias de PCDD/PCDF se pueden producir incluso en los lugares donde no se generen estos compuestos.

En respuesta a estas preocupaciones, la comunidad internacional ha desarrollado un conjunto de iniciativas, incluyendo la negociación y adopción de un Convenio Global sobre COP, cuyas disposiciones establecen que las Partes reduzcan al máximo el total de las liberaciones de productos secundarios, tales como PCDD/PCDF, con miras a mantener un mínimo de emisiones, y cuando sea factible, eliminar toda liberación.

Bajo estas disposiciones, las Partes necesitarán cuantificar sus fuentes y emisiones de PCDD/PCDF, con lo cual resulta de vital importancia la realización de un inventario nacional, a fin de proporcionar la obtención de información fundamentada, para la toma de decisiones de gestión en una fase ulterior. En esencia, el establecimiento y actualización periódica de un inventario nacional, constituye una acción imprescindible, en función de disponer de una herramienta de trabajo de gran utilidad, que permita ser utilizada como indicador de la eficacia y la efectividad de las medidas de minimización que sea necesario aplicar, como resultado de los compromisos contraídos en virtud de la adopción de este instrumento internacional

En base a este requerimiento y a las limitaciones objetivas existentes en los países en desarrollo, en términos de disponibilidad de capacidades técnicas y analíticas para enfrentar un objetivo de esta naturaleza, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)-Productos Químicos, por intermedio de su Programa de asistencia técnica y capacitación, estableció varios Proyectos Regionales, con el objetivo fundamental de proporcionar entrenamiento para el establecimiento de inventarios nacionales de fuentes y liberaciones de PCDD/PCDF, a partir de la utilización del Instrumental Normalizado del PNUMA para la identificación y cuantificación de las liberaciones de estas sustancias.

El Proyecto Toolkit en América del Sur y el Caribe, en cuyo contexto fueron seleccionados tres países pilotos (Argentina, Cuba y Paraguay), devino en una etapa inicial de trabajo, en la que se desarrolló un Taller Subregional en Asunción, Paraguay, Diciembre 2002, en el cual se proporcionaron los elementos básicos necesarios para el desarrollo de este trabajo.

Esta actividad, conjuntamente con el Taller Subregional para la identificación y manejo de PCBs y dioxinas/furanos, celebrado en La Habana, Cuba, Abril de 2001 y la asistencia técnica proporcionada por expertos del PNUMA-Productos Químicos, constituyeron los principales marcos de referencia, a partir de las cuales, el equipo técnico responsabilizado con el desarrollo del inventario, se nutrió de los principales elementos, en el orden teórico y metodológico, para la ejecución del inventario.

En el presente documento se recogen los resultados alcanzados durante la ejecución del primer Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos, el cual se inserta dentro de los esfuerzos nacionales orientados a apoyar la implementación nacional del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), y en particular, con el Artículo 5 y el Anexo C de este instrumento internacional.

La estructura del documento consta de 11 secciones, en las cuales se incluyen:

**I. Introducción:** Se exponen los principales antecedentes relacionados con la ejecución del Inventario Nacional

**II. Información general sobre la Republica de Cuba:** Se refleja de manera resumida, un conjunto de informaciones generales que permiten lograr un acercamiento a las características socioeconómicas del país y a su vinculación con los niveles de liberación de PCDD/PCDF.

**III. Información general sobre PCDD/PCDF:** Se proporciona un resumen sobre las principales propiedades y características de estos compuestos, incluyendo los mecanismos de formación y liberación a los diferentes compartimentos ambientales.

**IV. Procedimientos de trabajo para la organización y preparación del Inventario Nacional:** Se describen las consideraciones de carácter metodológico organizativo y los arreglos institucionales adoptados para la preparación del Inventario Nacional.

**V. Protocolo para la preparación del Inventario Nacional:** Se describe la base metodológica empleada para la elaboración del Inventario Nacional

**VII. Resultados y análisis por categorías:** Se exponen los resultados alcanzados para cada una de las actividades y/o procesos productivos sujetos a evaluación, incluyendo las bases adoptadas para el desarrollo de las estimaciones realizadas.

**VIII. Resumen de resultados:** Se reflejan las liberaciones totales por categorías, a los diferentes compartimentos y/o medios ambientales.

**VIII. Conclusiones:** Se exponen algunas consideraciones sobre la aplicación de la metodología propuesta y un análisis de los resultados obtenidos en las diferentes categorías sujetas a evaluación.

**IX. Recomendaciones:** Se exponen algunas recomendaciones orientadas al enriquecimiento y mejoramiento de la metodología de trabajo propuesta

**X. Lagunas en el Instrumental:** Se exponen las principales lagunas identificadas durante el desarrollo del Inventario Nacional.

**XI. Medidas de reducción de las liberaciones de PCDD/PCDF:** Se exponen de manera general, las principales medidas a considerar en el ámbito nacional para la reducción de las liberaciones de PCDD/PCDF.



Los indicadores actuales de población reafirman la tendencia de que la población del país es de lento crecimiento, progresivo envejecimiento y alta urbanización. Su fecundidad y mortalidad son muy bajas, presentando en general índices muy similares a los de países desarrollados.

El nivel promedio de educación de la población es de decimoprimer grado, y el nivel de alfabetización alcanza un 99,3 %. En la actualidad se dispone de 40 centros de educación superior a lo largo del país, los cuales mantienen una matrícula ascendente a 128 400 estudiantes.

El país tiene establecido un Sistema Nacional de Salud, el cual dispone de 276 hospitales y un personal facultativo ascendente a 223 226 personas entre técnicos y profesionales. La tasa de médicos por habitantes alcanza la cifra de un médico cada 170 habitantes.

La economía cubana es esencialmente agrícola, aunque se identifican otros renglones con incidencia significativa, que incluyen al sector del turismo, la minería y la pesca. Durante siete años consecutivos hasta el año 2000, se ha experimentado un crecimiento del Producto Interno Bruto, lo cual reafirma la continuidad del proceso de recuperación de la economía.

En el año 2000, el Producto Interno Bruto alcanzó una tasa de crecimiento anual de 5,6 %. Las mayores contribuciones se identifican en el sector de las industrias manufactureras, el comercio, turismo, y los servicios comunales sociales y personales. En un segundo nivel de contribución, se ubican los sectores de la agricultura, caza, silvicultura, pesca, la construcción, el transporte y comunicaciones.

El país se caracteriza por ser básicamente un importador de productos químicos y no dispone de una gran infraestructura industrial para la producción de los mismos. Una gran cantidad de sectores industriales precisan del uso de una gran variedad de productos químicos, los cuales son utilizados como insumos o materias primas en los diferentes procesos productivos. Entre los mismos se incluyen los sectores de la industria azucarera, la pesca, la industria ligera, sideromecánica y alimenticia.

Más del 80 % del parque industrial se caracteriza por su alta obsolescencia y prolongado tiempo de explotación, lo cual determina que en muchos casos no se alcancen niveles adecuados de eficiencia productiva. En la última década, a partir de la apertura a la inversión extranjera, el país se encuentra enfrascado en un proceso de reconversión tecnológica en diferentes sectores, con el objetivo fundamental de elevar los niveles productivos y de eficiencia económica.

### III. Información general sobre PCDD/PCDF

#### III.1 Estructura y propiedades

Las dioxinas y furanos, ó más exactamente, las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y los dibenzofuranos policlorados (PCDF) son términos generales utilizados para referirse a 75 posibles congéneres de dioxinas y a 135 de furanos.

Ambos grupos de compuestos poseen estructuras cíclicas planares muy similares y pueden contener en su moléculas entre uno y ocho átomos de cloro. De los 210 congéneres posibles, 17 de ellos poseen al menos átomos de cloro en las posiciones 2, 3,7, y 8, constituyendo estos sustitutos, los de mayor toxicidad.

Las propiedades químicas de estos compuestos puedan variar, en función de la cantidad de átomos de cloro presentes en la molécula. Entre las más significativas, se incluyen:

**Persistencia:** Las PCDD/PCDF poseen una elevada estabilidad térmica; baja solubilidad en agua y una fuerte resistencia a la acción de agentes químicos y biológicos, lo cual le permiten permanecer en el medio ambiente por largos periodos de tiempo.

**Bioacumulación:** La persistencia de las PCDD/PCDF, combinada con sus elevados coeficientes de partición, proveen las condiciones necesarias para que estos compuestos se bioconcentren en los organismos, lo cual determina que se hayan encontrado concentraciones muy superiores a las encontradas en el medio ambiente, en diversos organismos vivos.

**Lipofilia:** Las moléculas de PCDD/PCDF son muy solubles en lípidos, lo que determina que su penetración a través del tejido adiposo de los organismos vivos constituya un proceso muy común y de fácil ocurrencia.

**Semivolatilidad:** Las PCDD/PCDF tienden a entrar en las masas de aire y viajar a largas distancias para retornar a la tierra, en un proceso que puede repetirse varias veces. Sin embargo, en zonas calientes estos compuestos tienden a evaporarse en zonas más frías tienden a depositarse, resultando en su acumulación en las regiones polares, las cuales se encuentran a miles de kilómetros de sus fuentes originales. Esto significa que cualquier liberación al medio ambiente representa una potencial amenaza global.

#### III.2 Formación y liberación de PCDD/PCDF

Las PCDD/PCDF se forman como productos secundarios no deseados en procesos de combustión asociados a una gran variedad de actividades que incluyen entre otros, a la incineración de desechos y otros materiales, así como la producción de metales, productos minerales, productos químicos y otros renglones productivos. Otra fuente de la generación de PCDD/PCDF son los procesos productivos que utilicen el cloro como la producción de la celulosa/pasta/papel y algunos procesos de la industria química

Estos contaminantes se encuentran ampliamente distribuidos en el medio ambiente y pueden estar presentes en procesos fabriles como materias primas o productos terminados. En consecuencia, las liberaciones o transferencias de PCDD/PCDF se pueden producir a los diferentes compartimentos ambientales, incluso en los lugares donde no se generen estos compuestos, pudiendo contribuir de forma importante a los niveles de exposición humana a los mismos.

La exposición a PCDD/PCDF, se asocia con el incremento de lesiones cutáneas; alteraciones de la función hepática y del metabolismo de los lípidos; debilidad general con pérdida de peso; modificaciones de la actividad con diversas enzimas hepáticas, depresión del sistema inmune y anomalías de los sistemas endocrinos y nervioso.

Las liberaciones 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 biogénicos:** Pueden formar PCDD/PCDF a partir de precursores (existen algunas pruebas de que esto puede suceder con el compostado)

**Fuentes de reservorios:** Incluye antiguos vertederos de desechos contaminados y suelos y sedimentos, que habían acumulado PCDD/PCDF durante largos períodos de tiempo y pueden ser fuentes de transferencias de PCDD/PCDF .

Las liberaciones provenientes de cada una de estas fuentes pueden transferirse a los siguientes compartimentos y/o medios ambientales:

- Atmósfera
- Agua
- Tierra
- Residuos
- Productos (bienes de consumo)

Las dioxinas emitidas por procesos de combustión y fuentes industriales son transportadas a ubicaciones distantes a través de la atmósfera o el medio acuático. Las dioxinas son depositadas sobre los cultivos agrícolas y posteriormente tomadas de estos, por intermedio del suministro de alimentos, el cual propicia su bioacumulación a través de la cadena alimentaria.

### III.3. Liberaciones a la atmósfera

Las liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera se producen a partir de fuentes fijas, asociadas a actividades industriales o fuentes difusas o dispersas, que en la mayor parte de los casos se relacionan con el uso y aplicación de productos que contienen PCDD/PCDF. Las PCDD/PCDF emitidas por cualquiera de estas dos categorías de fuentes, pueden ser transportadas a largas distancias, con lo cual estos compuestos pueden detectarse en la atmósfera, en lugares muy distantes de donde fueron originalmente liberados.

Entre los procesos que liberan PCDD/PCDF a la atmósfera, se encuentran los gases de salida de:

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

Cuatro circunstancias, combinadas o por separado, en procesos de alta temperatura pueden dar lugar a la generación de PCDD/PCDF y su liberación a la atmósfera:

- Presencia del carbono orgánico, cloro y oxígeno ;
- Entrada de productos que contienen PCDD/PCDF y que no son destruidos en el horno
- Dimerización de precursores
- Generación de PCDD/PCDF en los sistemas de la purificación de gases a temperaturas entre 200 y 450 °C

Las posibilidades reales de formación y liberación, dependerán de las circunstancias del proceso y los controles que se apliquen para la a la contaminación atmosférica.

#### **III.4. Liberaciones al agua**

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

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

- Descarga de efluentes industriales provenientes de procesos productivos en los que interviene el cloro y/o insumos, materias primas y productos contaminados por PCDD/PCDF, o procesos de combustión, incineración y otros procesos térmicos en los que se han utilizado depuradores húmedos para la limpieza de los gases de escape.
- Utilización de plaguicidas contaminados por PCDD/PCDF (PCP y 2,4,5-T) y otras sustancias químicas (PCB)
- Lixiviados procedentes de lugares de almacenamiento y/o evacuación de materiales contaminados por PCDD/PCDF.

### III.5. Liberaciones a la tierra

Las fuentes que liberan PCDD/PCDF a la tierra se pueden clasificar en dos clases: productos contaminados por PCDD/PCDF “aplicados” directamente a la tierra o PCDD/PCDF depositadas en la tierra a través de procesos ambientales. En todos los casos, la tierra sirve de sumidero para las PCDD/PCDF y a partir de ella pueden liberarse para pasar a la cadena alimentaria, a través de la captación de estas por las plantas y animales.

Algunos ejemplos de liberaciones de PCDD/PCDF a la tierra, incluyen:

- Utilización de productos o desechos contaminados por PCDD/PCDF
- Aplicación de lodos de alcantarilla en la actividad agrícola.
- Evacuación directa a la tierra de desechos con contenido de PCDD/PCDF

### III.6. Liberaciones con productos

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

- Temperaturas elevadas (>150 °C)
- 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 y residuos de su producción también están contaminados por PCDD/PCDF.

Se ha logrado reducir las PCDD/PCDF gracias a modificaciones de las etapas problemáticas de los procesos de producción y restringiendo los usos de la sustancia química, mediante su sustitución o su prohibición en ciertos casos. Este tipo de control de fuente influye en el contenido de PCDD/PCDF en todas las etapas del ciclo de vida del producto, incluido el desecho procedente del consumo. Un control efectivo de la fuente de PCDD/PCDF en el producto, reporta al mismo tiempo beneficios para otros varios compartimientos y medios ambientales.

### III.7. Liberaciones con residuos

Como las PCDD/PCDF son persistentes y se dispersan ampliamente en el medio ambiente, se pueden encontrar en 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, pinturas, etc.

Las 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 los procesos térmicos industriales contienen carbón no incinerado en el cual se absorben las PCDD/PCDF. Las 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 de los procesos 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 el cloro como elemento, produce desechos con concentraciones variables de PCDD/PCDF. Los procesos de producción química que se basan en la utilización del cloro, producen corrientes de desechos.

Los efluentes procedentes de la fabricación de pasta y papel, así como las aguas de alcantarillas constituyen corrientes de desechos contaminadas por PCDD/PCDF. Los residuos resultantes del tratamiento biológico de las aguas de desechos, constituyen el lodo, que en muchos casos está contaminado por PCDD/PCDF. En general, los niveles de vida elevados producen lodos de alcantarilla con contaminaciones más altas de PCDD/PCDF y los productos de consumo constituyen las fuentes de estos compuestos.

El potencial que tienen los residuos de causar contaminación o exposición ambiental a las PCDD/PCDF depende en gran medida de cómo se traten y evacuen. Mientras que a unos desechos contaminados procedentes de la industria química pueden ser incinerados con eficacia hasta destruir todas las PCDD/PCDF presentes, otros residuos lanzados a un vertedero, crearán una fuente reservorio. Además, los residuos de un proceso pueden utilizarse como materia prima para otro proceso y con la ausencia de controles adecuados, se pueden producir liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera, al agua o con los productos.

### **III.8. Equivalente de toxicidad**

Para evaluar la toxicidad de las PCDD/PCDF 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 este 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 todas los congéneres presentes en una mezcla, multiplicado por su FTE específicos.

El FTE es utilizado para analizar congéneres de dioxinas y compuestos relacionados, multiplicando la concentración de cada dioxina o furano por un valor pesado, de manera que la toxicidad del congénere puede ser considerada igual a la de una concentración equivalente del congénere más tóxico. El FTE ha sido calculado para isómeros y congéneres que son menos tóxicos que el 2,3,7,8-tetracloro dibenzo p-dioxina, la más tóxica y ampliamente estudiada de las dioxinas clorinadas.

#### **IV. Procedimientos para la organización y preparación del Inventario Nacional**

El proceso de organización y preparación del Inventario Nacional, incluyó el establecimiento de arreglos institucionales y la adopción de procedimientos de carácter metodológico y organizativo para su ejecución.

La etapa inicial del trabajo consistió en la celebración de un Taller Nacional de Iniciación (3-5 marzo 2003), al cual fueron convocados representantes de los principales organismos e instituciones involucradas en el tema, con el objetivo fundamental de proporcionar entrenamiento en la utilización del Instrumental Normalizado del PNUMA para la realización del Inventario Nacional y establecer de manera conjunta, los arreglos institucionales y los procedimientos de trabajo desde el punto de vista organizativo para la ejecución del trabajo.

Como resultado de las sesiones de trabajo realizadas en el marco del Taller Nacional, se adoptaron los siguientes acuerdos para la preparación del Inventario

- El alcance del Inventario Nacional, incluirá todas las actividades y/o procesos productivos existentes en el ámbito nacional, sobre la base de la utilización de las matrices de identificación recomendadas por el Instrumental Normalizado del PNUMA.
- La cuantificación de las emisiones se realizara tomando como base los datos de actividad correspondientes al año 2000, en atención a la disponibilidad de información oficial de mayor actualidad y la intención de hacer coincidir los resultados de este ejercicio, con el desarrollo de la versión año 2000 del Inventario Nacional de gases de efecto invernadero
- Conformación de un Grupo de trabajo intersectorial, responsabilizado básicamente con la obtención de la información de interés (datos de actividad), para la realización de las estimaciones. Los procedimientos para la obtención de información consideraran la utilización de los cuestionarios recomendados; la realización de visitas y el desarrollo de entrevistas, según sea apropiado al logro de los objetivos propuestos.
- Conformación de un Grupo de trabajo técnico, responsabilizado básicamente con la realización de las estimaciones y la elaboración de los diferentes secciones/capítulos del informe final, a partir de la disponibilidad de la información de interés.
- Celebración de reuniones periódicas con la participación de ambos grupos de trabajo, a los efectos de evaluar la marcha de las actividades en curso y acordar las acciones apropiadas para el buen desempeño de las mismas.
- Establecimiento de un intercambio de información sistemático entre los diferentes componentes del grupo, a los efectos de complementar el desarrollo de las tareas previstas.
- Elaboración de una comunicación oficial diferenciada a los directivos de los sectores involucrados, destacando la situación particular de su sector en el tema y recabando de su apoyo, a los efectos de otorgar un adecuado nivel de prioridad al desarrollo de esta tarea.
- Celebración de un Taller Nacional para evaluar los resultados alcanzados en la elaboración del Inventario Nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos.

## V. Protocolo para la preparación del Inventario Nacional

Para la preparación del Inventario Nacional, se utilizó el protocolo de trabajo recomendado por el Instrumental Normalizado del PNUMA, el cual consiste de cinco etapas de trabajo que incluyen:

- Identificación de las categorías principales de fuentes existentes en el ámbito nacional.
- Revisión de las subcategorías asociadas a las categorías principales de fuentes de emisión, a los efectos de identificar las actividades y/o procesos productivos específicos existentes en el ámbito nacional.
- Recopilación de información de interés de las diferentes subcategorías identificadas y clasificación en grupos similares.
- Cuantificación de las emisiones sobre la base de la utilización de datos de actividad y factores de emisión por defecto, recomendados por el Instrumental Normalizado del PNUMA.
- Compilación y análisis de los resultados obtenidos.

### V.1. Identificación de las Principales Categorías de Fuentes.

La primera etapa para la preparación del Inventario, consiste en identificar las principales categorías de fuentes y las vías de liberación para cada una de estas, a partir de la utilización de la matriz de selección que se expone en la tabla No.1

**Tabla No.1 Principales categorías de fuentes**

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				
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	Evacuación	X	X	X		X
10	Identificación de posibles puntos calientes	Registro probable que irá seguido solamente de una evaluación específica de lugar				

Las principales categorías de fuentes de PCDD/PCDF, expuestas en la matriz de selección, son lo suficientemente amplias como para abarcar una gran variedad de industrias, procesos y/o actividades conocidas como posibles causas de liberaciones de PCDD/PCDF. Las X indican cuáles son las principales vías de liberación de cada categoría.

## V.2. Identificación de las Subcategorías de Fuentes Existentes en el Ámbito Nacional.

La siguiente etapa de trabajo, consiste en la identificación de las subcategorías de fuentes existentes en el ámbito nacional, las cuales se encuentran contenidas dentro de cada una de las categorías principales de fuentes.

Para cada una de las subcategorías reflejadas, una investigación detallada determinará la presencia o ausencia de las mismas en el ámbito nacional. En esta etapa es sumamente importante disponer de datos fácilmente accesibles. Una investigación ulterior permitirá eliminar aquellas categorías que con seguridad no estén presentes.

Las tablas No.2 a No.9. contienen cada una de las categorías principales y sus subcategorías asociadas. Cada subcategoría en particular, corresponde a una actividad o proceso productivo específico, identificándose en las columnas correspondientes, los cinco compartimientos o medios ambientales, hacia los cuales se pueden liberar cantidades significativas de PCDD/PCDF.

### V.2.1. Incineración de Desechos

La incineración de desechos se clasifica en función de los tipos de desechos incinerados. En este contexto se entiende por incineración la destrucción de materiales en cualquier tipo de incinerador. Los factores de emisión van a variar en función de la naturaleza y características de los residuos y de la tecnología de incineración utilizada. En esta categoría no se incluye la quema a cielo abierto, ni la quema de materiales con fines energéticos.

**Tabla No.2: Incineración de desechos.**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	resi-duos
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 médicos	X	(x)			x
	d Incineración de desechos de desguace, fracción ligera	X				x
	e Incineración de lodos de alcantarilla	X	(x)			x
	f Incineración de maderas de desecho y biomasa de desecho	X				x
	g Combustión de cadáveres de animales	X				x

Las principales liberaciones se producen hacia la atmósfera, pero también los residuos pueden contener elevadas concentraciones de PCDD/PCDF. Las liberaciones al agua tienen escasa importancia y sólo en los casos en los que se utilizan depuradores húmedos para el tratamiento de los gases de escape y en los que se liberan partículas cargadas de PCDD/PCDF.

### V.2.2. Producción de Metales Ferrosos y no Ferrosos

Los procesos utilizados en la producción de metales constituyen actividades industriales que se caracterizan por una utilización intensiva de materiales y energía. Estos procesos son en su mayoría térmicos y la mayor parte de las liberaciones se producen en la atmósfera, a través de los gases de salida y con residuos mediante los desechos de la limpieza de los gases de salida.

**Tabla No. 3: Producción de metales ferrosos y no ferrosos**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
2	<b>Producción de metales ferrosos y no ferrosos</b>	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				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

### V.2.3. Generación de Energía y Calefacción.

En este contexto se entiende por generación de energía y calefacción los procesos de combustión que utilizan combustibles fósiles y otros materiales combustibles alternativos. No se incluyen la generación solar, eólica, hidroeléctrica o nuclear, pues en ninguno de estos casos se ha podido identificar una liberación asociada de dioxinas/furanos.

**Tabla No. 3: Generación de energía y calefacción**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	resi-duos
<b>3</b>	<b>Generación de energía y calefacción</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Plantas de generación de energía por combustibles fósiles	X				X
	b Plantas de generación de energía por biomasa	X				X
	c Terraplenes, combustión de biogás	X				X
	d Cocinas y calefacción doméstica (biomasa)	X				X
	e Calefacción doméstica (combustibles fósiles)	X				X

En las grandes y bien controladas plantas de generación de energía por combustibles fósiles, la formación de PCDD/PCDF es escasa, ya que normalmente poseen una eficiencia de combustión bastante elevada y utilizan combustibles homogéneos. Sin embargo, debido a que emiten grandes volúmenes de gases de salida con bajas concentraciones de PCDD/PCDF, es posible que la emisión total de estos productos sea considerable.

Cuando se utilizan plantas de menor tamaño o biomasa, el combustible puede ser menos homogéneo y quemarse a temperaturas más bajas o con una eficiencia de combustión disminuida. Esta situación puede resultar en una mayor formación de PCDD/PCDF. Lo mismo puede ocurrir cuando se utilice biogás como combustible, debido a la presencia en ellos, de constituyentes adicionales indeseables y no bien definidos.

#### V.2.4. Producción de Productos Minerales

La producción de productos minerales se caracteriza por la existencia de procesos de alta temperatura y largo tiempo de residencia de los materiales en la zona caliente para favorecer la cocción o transformación química termoinducida de los materiales involucrados. En general, las concentraciones de PCDD/PCDF son bajas. En todos los casos, estos procesos son generadores de emisiones de PCDD/PCDF y las mayores contribuciones son liberadas hacia la atmósfera y los residuos.

**Tabla No.4: Producción de productos minerales**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	resi-duos
<b>4</b>	<b>Producción de productos minerales</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	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 Mezcla de asfalto	x			x	X

### V.2.5. Transporte

La actividad de transporte posee un potencial de generación de PCDD/PCDF, debido a la combustión de diferentes combustibles de diversa calidad (gasolina fuel oil, diesel)

El incremento de los niveles de emisión de PCDD/PCDF, estará favorecido con la utilización de un combustible de baja calidad, una baja eficiencia de combustión y la presencia de plomo en aditivos.

**Tabla No.5: Transporte**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	residuos
<b>5</b>	<b>Transportes</b>	<b>X</b>				
	a Motores de 4 tiempos	X				
	b Motores de 2 tiempos	X				
	c Motores diesel	X				(x)
	d Motores de aceite pesado	X				(x)

### V.2.6. Procesos de Combustión Incontrolados

Dentro de esta categoría se incluye toda la quema de biomasa a cielo abierto y desechos, quedando excluidos los procesos de combustión controlada en dispositivos como estufas, hornos, incineradores y otras instalaciones afines.

Como regla general, estos procesos constituyen fuentes significativas de emisión de PCDD/PCDF, debido a la baja eficiencia de combustión que se opera durante su realización. La combustión no controlada de biomasa suele producir menos PCDD/PCDF que la de mezclas de desechos. Las mezclas de desechos producen emisiones más elevadas a causa de su combustión deficiente y la composición química de los desechos. El proceso se ve además perturbado por la presencia de materiales combustibles no homogéneos y deficientemente mezclados; de precursores clorados y de compuestos catalíticamente activos. En todos los casos, los compartimentos y/o medios ambientales primarios de liberación son la atmósfera y los residuos, pero en ciertas circunstancias, también se pueden producir liberaciones al agua y al suelo.

**Tabla No. 6 : Procesos de combustión incontrolados**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	residuos
<b>6</b>	<b>Procesos de combustión incontrolados</b>	<b>X</b>				<b>X</b>
	a Quema de biomasa (limpia)	X	(x)	(x)		X
	b Quema de desechos e incendios accidentales	X	(x)	(x)		X

### V.2.7. Producción y Uso de Sustancias Químicas y Bienes de Consumo.

Las liberaciones de PCDD/PCDF resultantes de la producción de sustancias químicas y bienes de consumo, pueden deberse a la entrada de estos compuestos junto con las propias materias primas ó a su formación durante los procesos productivos. Las condiciones de alta probabilidad de formación de PCDD/PCDF en los procesos de producción química, incluyen la presencia de cloro libre; la elevada temperatura; medio alcalino; la presencia de luz ultravioleta como fuente de energía y la presencia de radicales en el proceso.

**Tabla No.7 : Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	residuos
<b>7</b>	<b>Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>
	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	

Durante los procesos de producción, las liberaciones de PCDD/PCDF pueden pasar a todos los compartimentos y/o medios ambientales.

### V.2.8. Varios

En los procesos de secado se pone gas caliente en contacto directo con el material que se ha de secar. La formación de PCDD/PCDF se debe sobre todo a la reacción de los gases calientes con residuos de materias orgánicas que pueden contener fenoles.

**Tabla No.8: Varios**

No.	Categorías y subcategorías principales	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	residuos
<b>8</b>	<b>Varios</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
	a Desecado de biomasa	x				
	b Crematorios	x				X
	c Ahumaderos	x			x	X
	d Limpieza en seco		x	x	x	
	e Consumo de tabaco	x				

### V.2.9. Evacuación/ Manejo de Desechos

En esta categoría se incluyen varias prácticas de manejo de desechos que tienen una importancia considerable y pueden dar lugar a las liberaciones de PCDD/PCDF, sobre todo al agua y a la tierra.

**Tabla No. 9 Evaluación /Manejo de desechos**

No.	Categorías y subcategorías	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	resi-duos
<b>9</b>	<b>Evacuación</b>		X	X		
	a Terraplenes y vertederos de desechos		x	x		
	b Aguas negras y tratamiento de aguas negras	(x)	x	x		(x)
	c Vertidos a aguas de superficie		x			
	d Evacuación de aceite de desecho (no térmica)		x	x		

### V.2.10. Identificación de Puntos Calientes

La existencia de puntos calientes, es consecuencia directa de las prácticas de evacuación ó de una evacuación inadecuada de materiales contaminantes. Las liberaciones a partir de estos lugares pueden ser actuales o previsibles si no se adoptan medidas preventivas.

**Tabla No. 10 Identificación de posibles puntos calientes**

No.	Categorías y subcategorías	Posibles vías de liberación				
		atmós-fera	agua	tierra	produc-tos	resi-duos
<b>10</b>	<b>Identificación de puntos calientes</b>	Registro 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 caolinítica o plástica			x		

Los puntos calientes de las subcategorías a-c pueden estar vinculados a algún proceso de producción ya existente. Las liberaciones pueden producirse a partir de procesos *in situ* o de actividades anteriores. Las subcategorías f-i corresponden a reservorios típicos en los que durante muchos años se almacenaron, vertieron o acumularon materiales que contienen PCDD/PCDF. En estos casos la liberación puede estar ya produciendo, puede ser inminente o puede solamente representar una amenaza para el futuro.

### V.3. Recopilación de Información

La siguiente etapa de trabajo, consiste en reunir información detallada sobre las actividades y/o procesos productivos identificados en el ámbito nacional, utilizando como fuentes de datos las estadísticas oficiales existentes en el país y las informaciones proporcionadas por los diferentes sectores involucrados con las categorías sujetas a evaluación.

La recopilación de información complementaria se realizó sobre la base de consultas con los organismos especializados, y en algunos casos, con la utilización de cuestionarios preparados para estos propósitos. En una etapa posterior, se realizaron visitas y entrevistas a los diferentes sectores involucrados, con el objetivo de precisar la información disponible, en función de los requerimientos exigidos para la realización de la estimación.

### V.4. Cuantificación de las Emisiones

Las emisiones totales de una fuente o categoría de fuentes, se determinan a partir de la relación:

$$\text{Emisiones de dioxinas al año} = \text{Factor de emisión} \times \text{“Tasa de actividad”}$$

Donde:

**Factor de emisión:** Se refiere al factor de emisión de cada actividad y/o proceso productivo objeto de evaluación. El mismo refleja la liberación de PCDD/PCDF por unidad de material procesado o producto terminado

**Tasa de actividad:** Se refiere a la magnitud de la actividad y/o proceso productivo objeto de evaluación. (Cantidad de material procesado ó producto producido por año).

La emisión anual de PCDD/PCDF se expresa en gramos de Equivalente de Toxicidad (EQT/a).

Los factores de emisión de cada actividad y/o proceso productivo, los cuales dependen del tipo de actividad y de la tecnología empleada, se presentan para cada uno de los diferentes compartimentos y/o medios ambientales. Estos factores de emisión se expresan como la masa de EQT por cantidad o por unidad de material procesado o producto producido.

### **V.5. Compilación y Análisis de los Resultados Obtenidos.**

Con la estimación realizada para las diferentes actividades y/o procesos productivos, se procede a la compilación del inventario nacional, obteniendo como resultado las liberaciones anuales totales de las diferentes categorías y subcategorías hacia los cinco compartimentos o medios ambientales.

Las liberaciones totales de las nueve categorías principales se suman y se obtiene el estimado total de las liberaciones a los diferentes medios para todas las fuentes identificadas y cuantificadas en el ámbito nacional.

Los resultados reflejados no incluyen en ningún caso, la obtención de datos derivados de la ejecución de procedimientos de muestreo y análisis orientados a la determinación de los niveles de emisión de PCDD/PCDF.

## **VI. Resultados y análisis por categorías**

### **VI.1. Categoría 1. Incineración de Desechos**

La incineración de desechos se clasifica en función de los tipos de desechos incinerados. En este contexto se entiende por incineración, la destrucción de materiales en cualquier tipo de incinerador. Los factores de emisión van a variar en función de la naturaleza y características de los residuos y de la tecnología de incineración utilizada. En esta categoría no se incluye la quema a cielo abierto, ni la quema de materiales con fines energéticos.

Las principales liberaciones se producen hacia la atmósfera, pero también los residuos pueden contener elevadas concentraciones de PCDD/PCDF. Las liberaciones al agua tienen escasa importancia y solo en los casos en que se utilizan depuradores húmedos para el tratamiento de los gases de escape y en los que se liberan partículas cargadas de PCDD/PCDF.

#### **VI.1.a. Incineración de Desechos Sólidos Municipales**

La incineración de desechos sólidos municipales, no es una práctica ampliamente utilizada en el ámbito nacional. Como regla general los desechos sólidos municipales son recolectados y llevados a rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto, para su tratamiento y/o disposición final.

Sin embargo, dada la similitud existente en la naturaleza y características de la basura internacional, se consideró pertinente incluir las operaciones de incineración que se realizan en el marco del control sanitario, a los desechos internacionales provenientes de los buques y naves aéreas que arriban a los principales puertos y aeropuertos del país.

Se estima que durante el año 2000, los desechos internacionales incinerados en los aeropuertos del país, alcanzaron la cifra aproximada de 2 240 toneladas. Las cantidades promedio incineradas, fueron obtenidas a partir de las estadísticas existentes sobre los tipos de vuelo y el peso promedio aproximado de las bolsas de desechos asociadas a estos.

En sentido general, las capacidades de incineración existentes en los principales aeropuertos del país, se caracterizan por disponer de un buen control de temperatura y limitados controles de la contaminación atmosférica.

En algunas instalaciones, el manejo de las cenizas resultantes de los procesos de incineración, incluye su recogida y transporte hacia al vertedero municipal por parte de las entidades de servicios comunales, mientras que en otras, las cenizas son recolectadas y depositadas en trincheras habilitadas a tales efectos.

En el siguiente cuadro se resumen las cantidades de desechos incinerados en cada una de las instalaciones existentes y las emisiones totales asociadas a cada una de las mismas.

Fuente	Cantidad desechos incinerados (t) (*)	Factor de emisión (µg EQT/ t DSM)			Emisión (g EQT/a)		
		atm.	cenizas volantes	cenizas retenid.	atm.	cenizas volantes	cenizas retenid.
Incinerador 1	1 120	350	-	75	0,392	-	0,084
Incinerador 2	627,2	350	-	75	0,219	-	0,219
Incinerador 3	156,8	30	200	7	0,0047	0,031	0,0011
Incinerador 4	67,2	350	-	75	0,023	-	0,0050
Incinerador 5	22,4	350	-	75	0,0078	-	0,0017
Incinerador 6	44,8	350	-	75	0,015	-	0,0033
<b>Total</b>	<b>2 240</b>				<b>0,661</b>	<b>0,031</b>	<b>0,314</b>

(\*) Fuente de información: Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba

En el caso de los puertos, las cantidades estimadas de desechos incinerados, alcanzaron durante el año 2000 la cifra de 381,43 toneladas. Las cinco capacidades de incineración existentes en el ámbito nacional, se caracterizan por poseer control de temperatura y ausencia de sistemas para el control de la contaminación atmosférica.

El cuadro siguiente resume las cantidades de desechos incinerados en las principales instalaciones portuarias del país y las emisiones totales asociadas a cada una de las mismas.

Fuente	Cantidad de desechos incinerados (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/ t DSM)			Emisión (g EQT/a)		
		atm	cenizas volantes	cenizas retenid	atm	cenizas volantes	cenizas retenid.
Incinerador 1	16,91	350	-	75	0,0059	-	0,0012
Incinerador 2	17,59	350	-	75	0,0061	-	0,0013
Incinerador 3	12,64	350	-	75	0,0044	-	0,00094
Incinerador 4	20,79	350	-	75	0,0072	-	0,0015
Incinerador 5	313,5	350	-	75	0,109	-	0,023
<b>Total</b>	<b>381,43</b>				<b>0,132</b>		<b>0,027</b>

(\*) Fuente de información: Empresa de Saneamiento Marítimo Portuario, Ministerio del Transporte.

Las cantidades totales de desechos internacionales incinerados y sus emisiones asociadas, se resumen en el siguiente cuadro:

Cantidad de desechos incinerados (t) (*)	Emisión (g EQT/a)		
	atmósfera	cenizas volantes	cenizas depositadas
2621,43	0,793	0,031	0,341

### VI.1.b. Incineración de Desechos Peligrosos.

En el ámbito nacional, se identifica un solo incinerador de desechos peligrosos asociado a una fábrica de formulación de plaguicidas, la cual dispone de este dispositivo para incinerar los sacos de papel contaminados con residuos de materias primas funguicidas, utilizadas para la formulación de diferentes productos.

El incinerador existente posee un buen control de temperatura y opera entre 905 y 1100 grados. El mismo no constituye un dispositivo de alta tecnología y carece de un sistema para el control de la contaminación atmosférica. En base a estas características, se seleccionaron para el cálculo de las emisiones, los factores de emisión de 35 000  $\mu\text{g}$  EQT/t DP y 9 000  $\mu\text{g}$  EQT/t DP, para la atmósfera y los residuos, respectivamente.

El siguiente cuadro muestra los resultados alcanzados en la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF, provenientes de la actividad de incineración de desechos peligrosos.

Cantidad de DP incinerados (t/a) (*)	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/t DP)	Factor de emisión residuos (cenizas volantes) ( $\mu\text{g}$ EQT/t)	Emisión atmósfera (g EQT/a)	Emisión residuos (cenizas volantes) (g EQT/a)
18,0	35 000	9 000	0,63	0,162

(\*) Fuente de información: Unión Química y Farmacéutica, Ministerio de la Industria Básica.

### VI.1.c. Incineración de Desechos Médicos

El país cuenta con una amplia red de instalaciones de salud, que incluye a 270 hospitales. En base a una encuesta realizada durante el año 2000, la cual abarco al 100 % de estas instalaciones, la cantidad estimada de desechos hospitalarios que fueron incinerados en el ámbito nacional, alcanzó la cifra de 10 502 toneladas.

Como regla general, el proceso de incineración se realiza por lotes y predomina el control de temperatura durante el proceso de combustión. De las 168 capacidades de incineración existentes en el ámbito nacional, el 45 % (76) se encontraba fuera de operación y solo el 54 % (92) se mantenía en funcionamiento, para asimilar los desechos generados por todas las entidades hospitalarias. En las 92 capacidades de incineración en funcionamiento, predominaba la carencia o control mínimo de la contaminación atmosférica, con lo cual, todos los incineradores fueron clasificados en la clase 2.

El siguiente cuadro, muestra la cantidad de desechos médicos incinerados y las liberaciones totales de PCDD/PCDF asociadas a la incineración de los mismos.

Cantidad de desechos incinerados (t) (*)	Factor de emisión ( $\mu\text{g}$ EQT/t DM)	Emisión (g EQT/a)	
		atmósfera	residuos
10 502	3 000	31, 506	0,210

(\*) **Fuentes de información:** Unidad Nacional de Salud Ambiental, Ministerio de Salud Pública; Anuario Estadístico de Cuba, Año 2000, Oficina Nacional de Estadísticas

#### VI.1.d. Incineración de Desechos de Desguace, Fracción Ligera.

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

#### VI.1.e. Incineración de Lodos de Alcantarilla.

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

#### VI.1.f. Incineración de Biomasa y Madera de Desecho

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

#### VI.1.g. Combustión de Cadáveres de Animales

La combustión de cadáveres de animales se identifica fundamentalmente en el contexto de la actividad de cría intensiva de animales, la cual incluye el ganado vacuno y porcino y la actividad avícola. Una pequeña porción de cadáveres combustionados, con una contribución poco significativa al total de las emisiones correspondientes a esta subcategoría, se identifica en varios centros de investigación y desarrollo del país

Como regla general, la combustión de cadáveres de animales se realiza a cielo abierto, debido a la limitada disponibilidad de capacidades nacionales de incineración para estos propósitos.

Para el caso específico del ganado vacuno se consideró un peso promedio por cabeza de 300 kg y que fueron incinerados alrededor del 86 % de los cadáveres existentes. En el caso de la actividad porcina se consideraron 35 kg. como peso promedio por cabeza, mientras que para la actividad avícola se asumió como peso promedio, 1 kg. por cabeza. Tanto en la actividad porcina como en la avícola, se estimó que fueron incinerados alrededor de 1 % de los cadáveres de animales

En el siguiente cuadro se exponen de manera resumida, los resultados alcanzados en la estimación de las liberaciones a la atmósfera de PCDD/PCDF, como resultado de la actividad de quema de cadáveres de animales.

Cabezas (u)	Peso promedio (Kg.)	Cantidad de cadáveres (t/a) (*)	% cadáveres quemados	Cantidad de cadáveres quemados (t/a)	Factor de emisión atmósfera (µg EQT/t)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
<b>Ganado vacuno</b>						
128 400 (no estatal)	300	38 520	86	33 127,2	500	16,563
53 200 (estatal)	300	15 960	86	13 725,6	500	6,863
<b>Sub Total</b>		<b>54 480</b>		<b>46 852,8</b>		<b>23,426</b>
<b>Ganado Porcino</b>						
234 000 (no estatal)	35	8 190	1	81,9	500	0,041
138 400 (estatal)	35	4 844	1	48,4	500	0,024
<b>Sub Total</b>		<b>13 034</b>		<b>130,3</b>		<b>0,065</b>
<b>Avícolas</b>						
973 600	1,1	1 071	1	10,71	500	0,0053
<b>Sub Total</b>		<b>1 071</b>		<b>10,71</b>		<b>0,0053</b>
<b>Total</b>		<b>68 585</b>		<b>46 993,8</b>		<b>23,49</b>

(\*) Fuentes de información: Anuario Estadístico de Cuba, Año 2000, Oficina Nacional de Estadísticas; Centro Nacional de Control Agropecuario, Ministerio de la Agricultura; Instituto de Medicina Veterinaria, Ministerio de la Agricultura; Instituto de Investigaciones Avícolas, Ministerio de la Agricultura; Instituto de Investigaciones Porcinas, Ministerio de la Agricultura.

#### VI.1.h. Resumen para la Categoría

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las liberaciones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de incineración de desechos. Los resultados alcanzados muestran 56,419 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera; 0,210 g EQT/a como liberaciones a los residuos y 0,193 g EQT/a y 0,341 g EQT/a a las cenizas volantes y retenidas, respectivamente.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)			
		atmósfera	cenizas volantes	cenizas retenidas	residuos
a	Desechos sólidos municipales	0,793	0,031	0,341	-
b	Incineración de desechos peligrosos	0,63	0,162	-	-
c	Incineración de desechos médicos	31,506	-	-	0,210
d	Incineración de desechos de desguace, fracción ligera	NO	NO	NO	NO
e	Incineración de lodos de alcantarilla	NO	NO	NO	NO
f	Incineración de desechos de madera y biomasa	NO	NO	NO	NO
g	Combustión de cadáveres de animales	23,49	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>56,419</b>	<b>0,193</b>	<b>0,341</b>	<b>0,210</b>

NO- No se realiza en el ámbito nacional

## VI.2. Categoría 2. Producción de metales ferrosos y no ferrosos

En el ámbito nacional, las producciones de metales ferrosos y no ferrosos se realizan fundamentalmente por entidades pertenecientes a los ministerios de la industria sideromecánica, industria básica e industria azucarera. Regularmente los procesos industriales asociados a este tipo de producción son altamente agresivos, no solo por la considerable cantidad de materia prima que utilizan, sino también por los elevados volúmenes de gases y residuos que son generados durante su ejecución.

En general las liberaciones de PCDD/PCDF de esta categoría, se realizan sobretodo a la atmósfera, aunque una determinada proporción también es incorporada a los residuos del proceso.

### VI.2.1 Sinterización del Mineral de Hierro

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

### VI.2.2. Producción de Cok

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional. Sin embargo, atendiendo a la ausencia de factores de emisión para la estimación de emisiones correspondientes a la producción de carbón vegetal y a la relativa asociación de esta actividad con la producción de cok, se

consideró pertinente incluir los resultados de la evaluación de esta actividad, en el marco de esta subcategoría.

La producción de carbón vegetal alcanzó la cifra aproximada de 57 765 toneladas durante el año 2000. En los procesos de producción de carbón, predomina la existencia de hornos convencionales de tierra que no poseen sistemas de control de la contaminación atmosférica, ni dispositivos para el tratamiento de los efluentes líquidos generados en el proceso productivo.

En base a estas características, para el cálculo de las emisiones, se seleccionaron 3 µg EQT/t y 0,06 µg EQT/t, como factores de emisión de la clase 1 a la atmósfera y el agua, respectivamente.

El siguiente cuadro muestra las cantidades de carbón producidas durante el año 2000, así como las emisiones de PCDD/PCDF asociadas a su producción.

Provincias	Cantidad de carbón producido (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/t carbón producido)		Emisión g (EQT/a)	
		atmósfera	agua	atmósfera	agua
Pinar del Río	11 612,8	3	0,06	0,035	0,00069
La Habana	1 737,9	3	0,06	0,0052	0,00010
Matanzas	7 028,9	3	0,06	0,021	0,00042
Villa Clara	1 480,3	3	0,06	0,0044	0,000088
Cienfuegos	3 145,0	3	0,06	0,0094	0,00018
Sancti Spiritus	2 935,9	3	0,06	0,0088	0,00017
Ciego de Avila	2 163,6	3	0,06	0,0064	0,00012
Camaguey	6 666,7	3	0,06	0,020	0,00040
Las Tunas	4 183,3	3	0,06	0,012	0,00025
Holguín	5 905	3	0,06	0,017	0,00035
Granma	2 439,8	3	0,06	0,0073	0,00014
Stgo de Cuba	4 576,2	3	0,06	0,013	0,00027
Guantánamo	3 576,9	3	0,06	0,010	0,00021
I. de la Juventud	313	3	0,06	0,00093	0,000018
<b>Total</b>	<b>57 765,3</b>			<b>0,170</b>	<b>0,0033</b>

(\*) Fuente de información: Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña, Ministerio de la Agricultura.

### VI.2.3. Producción de Hierro y Acero

La producción de hierro y acero se identifica fundamentalmente en catorce entidades productivas pertenecientes a los Ministerios de la industria sideromecánica; la industria básica y la industria azucarera.

En el ámbito nacional, se identifican además otras pequeñas empresas dedicadas a la fundición de hierro y cuyo aporte a la contribución total de emisiones es poco significativo, atendiendo a los bajos niveles de producción que son alcanzados en estas entidades.

La producción de hierro y acero en el año 2000, alcanzó la cifra de 31 403 y 334 970,7 toneladas, respectivamente. En la producción de acero predomina la utilización de hornos de arco eléctrico, mientras que en la producción de hierro se utilizan fundamentalmente hornos de cubilote frío. Ambos procesos se caracterizan por la utilización de chatarra contaminada como materia prima y solamente en el caso de la producción de hierro, se cuenta con tres entidades que disponen de controles limitados de la contaminación atmosférica. El resto de las instalaciones de producción de hierro y acero no disponen de sistemas para el control de la contaminación atmosférica.

En base a estas características, se seleccionaron para la estimación de emisiones, los factores de emisión a la atmósfera y los residuos, correspondientes a 10 µg EQT/t y 15 µg EQT/t, respectivamente.

Instalación	Cantidad de acero líquido procesado (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/t AL)		Emisión (g EQT/a)	
		atmósfera	residuos	atmósfera	residuos
Planta 1	239 200	10	15	2,392	3,588
Planta 2	16,8	10	15	0,000168	0,000032
Planta 3	679	10	15	0,0068	0,010
Planta 4	94 700	10	15	0,947	1,420
Planta 5	374,9	10	15	0,0037	0,0056
<b>Total acero</b>	<b>334 970,7</b>			<b>3,35</b>	<b>5,023</b>

(\*) **Fuentes de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sideromecánica; Dirección de Mantenimiento, Energía y Medio Ambiente, Ministerio de la Industria; Vicedirección de Producción de las Empresas involucradas.

Instalación	Cantidad de hierro procesado (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/t de hierro)		Emisión (g EQT/a)	
		atmósfera	residuos	atmósfera	residuos
Planta 1	607,2	10	ND	0,0060	-
Planta 2	59,2	10	ND	0,0006	-
Planta 3	273,3	10	ND	0,0027	-
Planta 4	380,1	10	ND	0,0038	-
Planta 5	92	10	ND	0,00092	-
Planta 6	130,1	10	ND	0,0013	-
Planta 7	571,3	10	ND	0,0057	-
Planta 8	567	10	ND	0,0056	-
Planta 9	132,3	10	ND	0,0013	-
Planta 10	3 050	10	ND	0,030	-
Planta 11	4 541	10	ND	0,045	-
<b>Total hierro</b>	<b>23 812,5</b>			<b>0,103</b>	
<b>Total hierro y acero</b>	<b>31 403,5</b>			<b>3,453</b>	<b>5,023</b>

(\*) **Fuentes de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sideromecánica; Dirección de Mantenimiento, Energía y Medio Ambiente, Ministerio de la Industria; Vicedirección de Producción de las Empresas involucradas.

#### VI.2.4. Producción de Cobre

La producción de cobre esta asociada con la fabricación de alambre de cobre. En el ámbito nacional se identifica una sola fábrica con tecnología básica de producción secundaria y ausencia de sistema para el control de la contaminación atmosférica. Los volúmenes de producción alcanzaron la cifra de 2 973 toneladas de cobre durante el año 2000.

En base a estas características, se seleccionó para la realización de las estimaciones, los factores de 800 µg EQT/t y 630 µg EQT/t para la atmósfera y los residuos, respectivamente.

Instalación	Cantidad de cobre procesado (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/t de Cobre)		Emisión (g EQT/a)	
		atmósfera	residuos	atmósfera	residuos
Fabrica 1	2 973	800	630	2,378	1,872
<b>Total</b>	<b>2 973</b>			<b>2,378</b>	<b>1,872</b>

(\*) **Fuente de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sideromecánica.

#### VI.2.5. Producción de Aluminio

En el ámbito nacional, se identifican siete empresas de producción de aluminio secundario, cuyos volúmenes de producción alcanzaron la cifra de 3 349 toneladas durante el año 2000.

Las principales empresas vinculadas a la producción secundaria de aluminio poseen hornos de cubilote frío como tecnología fundamental y se caracterizan por la utilización de chatarra contaminada como materia prima y la ausencia de sistemas para el control de la contaminación atmosférica. El proceso de producción no incluye el refinado del producto y no genera efluentes líquidos durante su ejecución.

En base a estas características, se seleccionó para la realización de las estimaciones, los factores de 150 µg EQT/t y 400 µg EQT/t para la atmósfera y los residuos, respectivamente.

Instalación	Cantidad de Aluminio procesado (t/a) (*)	Factor de emisión ( $\mu\text{g}$ EQT/t de aluminio)		Emisión (g EQT /a)	
		atmósfera	residuos	atmósfera	residuos
Planta 1	2 172	150	400	0,325	0,868
Planta 2	553,5	150	400	0,083	0,221
Planta 3	446,25	150	400	0,067	0,034
Planta 4	86,2	150	400	0,013	0,0036
Planta 5	1,5	150	400	0,00022	0,0006
Planta 6	9,2	150	400	0,0014	0,032
Planta 7	80,9	150	400	0,012	0,178
<i>Total</i>	<b>3 349,55</b>			<b>0,501</b>	<b>1,337</b>

(\*) **Fuentes de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sidero Mecánica, Dirección de Mantenimiento, Energía y Medio Ambiente, Ministerio de la Industria Sidero Mecánica, Direcciones de Producción de las Empresas Productivas.

#### VI.2.6. Producción de Plomo

En el ámbito nacional no existe producción primaria de plomo. Las producciones principales están identificadas fundamentalmente en el Ministerio de la Industria Sideromecánica y en particular, en la producción de baterías automotores.

La fundición secundaria de plomo en el año 2000, fue determinada en base a la producción nacional de baterías y otros productos diversos. La producción anual, ascendente a 994 toneladas, se realizó a partir de la utilización de lingotes de plomo como materia prima.

Aunque la producción se realiza en hornos diferentes a los altos hornos, se consideró apropiada la selección del factor de emisión a la atmósfera de  $8 \mu\text{g}$  EQT/t, ya que en ningún caso se utiliza chatarra que contiene tabiques de batería de PVC y las tecnologías existentes carecen de sistemas de control de la contaminación atmosférica.

Instalación	Cantidad de Plomo procesado (t/a) (*)	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/t de Plomo)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
Planta 1	57,8	8	0,00046
Planta 2	936	8	0,0074
<b>Total</b>	<b>993,8</b>		<b>0,0078</b>

(\*) **Fuente de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sidero Mecánica.

**VI.2.7. Producción de Zinc.**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

**VI.2.8. Producción de Bronce y Latón**

En el ámbito nacional, la producción de bronce se identifica fundamentalmente en nueve entidades pertenecientes a los Ministerio de la industria sideromecánica y la industria azucarera.

Durante el año 2000 estas entidades produjeron en su conjunto, alrededor de 2 752 toneladas de esta aleación. Todas las empresas identificadas poseen hornos de fusión sencillos y carecen de sistemas para el control de la contaminación atmosférica. En base a estas características, para el cálculo de las emisiones se seleccionó 1 µg EQT/t, como factor de emisión a la atmósfera.

Instalaciones	Cantidad de hierro procesado (t/a) (*)	Factor de emisión (µg EQT/t de hierro)		Emisión (mg EQT/a)	
		atmósfera	residuos	atmósfera	residuos
Planta 1	14,2	1	ND	0,014	-
Planta 2	828,75	1	ND	0,828	-
Planta 3	164,6	1	ND	0,164	-
Planta 4	84,3	1	ND	0,084	-
Planta 5	456,6	1	ND	0,456	-
Planta 6	16	1	ND	0,016	-
Planta 7	29,1	1	ND	0,029	-
Planta 8	38,2	1	ND	0,038	-
Planta 9	1 120	1	ND	0,0011	-
<b>Total</b>	<b>2 751,75</b>			<b>1,630</b>	
<b>Total (g EQT /a)</b>		<b>0,0016</b>			

(\*) **Fuentes de información:** Dirección de Control de la Producción, Ministerio de la Industria Sideromecánica; Dirección de Mantenimiento, Energía y Medio Ambiente, Ministerio de la Industria Sideromecánica; Vicedirección de Producción de las entidades evaluadas; Unión de Empresas Mecánicas, Ministerio de la Industria Azucarera.

El equipo del Inventario no pudo obtener los datos de actividad, correspondientes a la producción de latón, con lo cual no fue posible estimar las liberaciones provenientes de esta actividad.

**VI.2.9. Producción de Magnesio**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

### VI.2.10. Producción de Otros Metales no Ferrosos

Dentro de esta subcategoría, se incluye la producción de níquel que es obtenida a partir del mineral laterítico. Las reservas de este mineral en Cuba, se evalúan entre las más grandes del mundo y se encuentran localizadas al nordeste de la región oriental del país.

En el procesamiento del mineral intervienen tres grandes plantas. Dos de ellas con tecnologías similares, están destinadas a la producción de sinter de níquel (Ni) (óxido de níquel), utilizando diferentes tipos de hornos que operan bajo determinadas condiciones, en dependencia de la etapa del proceso.

En este proceso intervienen hornos rotatorios para el secado del mineral y la calcinación del carbonato básico de níquel, así como hornos de soleras múltiples para la calcinación reductora del mineral y hornos de sinterización.

La tercera planta opera una mina de níquel/cobalto y una planta procesadora del mineral limonita. La misma utiliza un proceso de lixiviación ácida a altas temperaturas, a través del cual se obtiene sulfuro mixto de níquel y cobalto, que es refinado posteriormente en otras instalaciones fuera del país. En sentido general, las plantas de producción existentes se caracterizan por poseer controles limitados de la contaminación atmosférica.

En base a las características de los procesos existentes en el ámbito nacional, para el cálculo de las emisiones correspondientes a esta actividad, se asumió el factor de emisión clase 1 recomendado por el Instrumental del PNUMA.

Instalación	Tipo de metal procesado	Producción anual (t/a) (*)	Factor de Emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/ t de producto)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
Planta 1	(Sinter de níquel) y sulfuro de Ni +Co	10787,3	100	1,078
Planta 2	(Sinter de níquel) y sulfuro de Ni+Co	31054,7	100	3,105
Plantan 3	Sulfuro de níquel + cobalto	29519,6	100	2,951
<b>Total</b>		<b>71 361,6</b>		<b>7,134</b>

(\*) Fuente de información: Unión del Níquel, Ministerio de la Industria Básica

### VI.2.11. Desguazadoras

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

### VI.2.12. Recuperación Térmica de Cables

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

### VI.2.13. Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de producción de metales ferrosos y no ferrosos. Los resultados alcanzados muestran 13,638 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera; 8,232 g EQT/a como liberaciones a los residuos y 0,0033 g EQT/a a las aguas.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>a</b>	Sinterización de mineral de hierro	NO	NO	NO	NO	NO
<b>b</b>	Producción de cok	0,170	0,0033	-	-	-
<b>c</b>	Producción de hierro y acero	3,453	-	-	-	5,023
<b>d</b>	Producción de cobre	2,378	-	-	-	1,872
<b>e</b>	Producción de aluminio	0,501	-	-	-	1,337
<b>f</b>	Producción de plomo	0,0078	-	-	-	-
<b>g</b>	Producción de zinc	NO	NO	NO	NO	NO
<b>h</b>	Producción de bronce	0,0016	-	-	-	-
<b>i</b>	Producción de magnesio	NO	NO	NO	NO	NO
<b>j</b>	Producción de otros metales no ferrosos	NO	NO	NO	NO	NO
<b>K</b>	Producción de otros metales no ferrosos	7,134	-	-	-	-
<b>L</b>	Desguazadoras	NO	NO	NO	NO	NO
<b>m</b>	Recuperación térmica de cables	NO	NO	NO	NO	NO
	<b>Total</b>	<b>13,645</b>	<b>0,0033</b>			<b>8,232</b>

NO- No se realiza en el ámbito nacional

### VI.3. Categoría 3. Generación de Energía Eléctrica y Calefacción

En esta categoría se evalúan las liberaciones de PCDD/PCDF que se producen como resultado de la generación de energía eléctrica y calorífica en diversos procesos productivos, a partir de la utilización de combustibles fósiles y otros materiales combustibles.

Los principales medios o compartimentos ambientales de liberación son la atmósfera y los residuos. La tierra solo se considerará un medio de liberación en las actividades de cocción de alimentos.

En grandes y bien controladas plantas de generación de energía por combustibles fósiles, la formación de PCDD/PCDF es escasa ya que normalmente poseen una eficiencia de combustión bastante elevada y utilizan combustibles homogéneos. No obstante, dado que emiten grandes volúmenes de gases de salida, es posible que la emisión total de estos productos sea considerable.

Cuando se utilizan plantas de pequeño tamaño o biomasa, el combustible puede ser menos homogéneo y quemarse a temperaturas mas bajas o con una eficiencia de combustión disminuida, lo cual puede resultar en una mayor formación de PCDD/PCDF.

### VI.3.1. Centrales de Energía con Combustibles Fósiles.

Durante el año 2000, la generación bruta de electricidad alcanzó 15 028,8 GWh, de los cuales 13 731 GWh correspondieron a empresas de servicio público y el resto a los llamados autoprodutores (industria azucarera, entre otros). La mayoría de la electricidad consumida, se generó a partir de combustibles fósiles de diferentes tipos, en instalaciones que poseen tecnologías convencionales (ciclos de vapor), y otras que incluyen a motores y turbinas.

Para el cálculo de las emisiones de esta subcategoría, se consideró el consumo de combustible utilizado para la generación de energía eléctrica por parte de las diferentes centrales termoeléctricas y otras unidades de menor capacidad de generación, así como el consumo asociado a fuentes estacionarias equipadas con motores de combustión interna para la generación de energía eléctrica y fuentes destinadas a la generación de energía calorífica en diferentes sectores, cuyos procesos productivos no están propiamente vinculados con la generación de emisiones de PCDD/PCDF.

La captación de información correspondiente al consumo de combustible para la generación de energía eléctrica en grandes termoeléctricas y otras unidades de generación de menor capacidad, se realizó a partir de las estadísticas oficiales proporcionadas por la Unión Eléctrica, mientras que la información de los consumos de combustibles asociados a las fuentes estacionarias con motores de combustión interna para la generación de energía eléctrica y el correspondiente a la generación de energía calorífica en diversos sectores productivos, fue obtenida de forma respectiva, a partir del anuario estadístico y las informaciones reportadas por cada uno de los sectores involucrados

Los valores calóricos de los diferentes combustibles utilizados para la generación de energía eléctrica y calorífica fueron: Fuel : 41,31 MJ/Kg.; Diesel: (Gas oil): 44,99 MJ/ Kg. - Crudo: 40,55 MJ/Kg. - Fuel extrapesado: 40,96 MJ/ Kg.; Gas natural: 45,62 MJ/ Kg y Carbón : 34,69 MJ/ Kg. En el siguiente cuadro, se resumen los consumos totales de combustibles, utilizados en la generación de energía eléctrica y calorífica, así como la energía equivalente asociada a los mismos y las emisiones anuales totales de PCDD/PCDF hacia la atmósfera y los residuos.

Tipo de combustible utilizado	Consumo de Combustible (t/a) (*)	Equivalente Energético (TJ)	Factor de emisión atmósfera (µg EQT/TJ)	Emisión atmósfera (µg EQT/TJ)
<b>Centrales termoeléctricas y otras unidades de generación de menor capacidad</b>				
Fuel Oil	98 559,22	4 071,48	2,5	0,010
Diesel	1 102,01	49,579	0,5	0,000024
Crudo nacional	175 700,36	7 124,64	2,5	0,0178
Fuel extrapesado	33 205,36	1 360,09	2,5	0,0034
Gas acompañante	421 911	19 247,57	0,5	0,0096
<b>Subtotal</b>		<b>31 853,35</b>		<b>0,041</b>

<b>Motores estacionarios de combustión interna para la generación de energía eléctrica</b>				
Diesel	21 500	967,285	0,5	0,00048
Aceite pesado	20 400	835,584	2,5	0,0021
<b>Subtotal</b>		<b>1802,87</b>		<b>0,0026</b>
<b>Generación de energía calorífica</b>				
Diesel	9 520,58	428,330	0,5	0,00021
Aceite pesado	230 678,75	9448,60	2,5	0,023
<b>Subtotal</b>		<b>9876,93</b>		<b>0,023</b>
<b>Total</b>		<b>43 533,15</b>		<b>0,066</b>

(\*) **Fuentes de información:** Anuario estadístico, Año 2000; Departamento de Estadísticas, Unión Eléctrica. Ministerio de la Industria Básica; Unión de la Goma, Ministerio de la Industria Básica; Unión del Papel, Ministerio de la Industria Básica; Dirección de Economía, Unión del Combustible, CUPET, Ministerio de la Industria Básica; Dirección Técnica, Ministerio de la Industria Alimenticia; Unión del Níquel, Ministerio de la Industria Básica; Unión Química y Farmacéutica, Ministerio de la Industria Básica; Dirección de Servicios Comunales. Ministerio de Economía y Planificación; Grupos Electrógenos, UNECAMOTO, Ministerio de la Industria Sideromecánica.

### VI.3.2. Centrales de Energía de Biomasa

Las centrales de energía de biomasa corresponden a calderas industriales que utilizan diversos tipos de biomasa para la generación de energía eléctrica y calorífica. Las principales contribuciones de biomasa para estos propósitos, se identifican en la industria azucarera, a través de la utilización del bagazo y la paja de la caña de azúcar, los cuales en su conjunto aportan aproximadamente el 99 % de la biomasa utilizada a nivel nacional para la generación de energía.

Los valores calóricos de los diferentes tipo de biomasa utilizadas como combustible, fueron: bagazo: 10,05 MJ/Kg.; paja: 6,28 MJ/Kg ; cáscara de arroz: 14,65 MJ/Kg.; desechos de café: 6,35 MJ/Kg; aserrín de madera: 4.27 MJ/Kg y desechos forestales: 4.27 MJ/Kg.

El siguiente cuadro resume los consumos totales para cada tipo de biomasa utilizada en la generación de energía y las emisiones totales de PCDD/PCDF a la atmósfera y los residuos.

Tipo de Biomasa	Cantidad de biomasa quemada (t/a) (*)	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión (ug EQT/TJ biomasa quemada)		Emisión (g EQT/a)	
			atm.	residuos	atm.	residuos
Bagazo	9 720 600	97692,03	500	-	48,846	-
Paja	1 965 400	12342,71	500	-	6,171	-
Aserrín de madera	4 100	17,507	500	-	0,0087	-
Cáscara de Arroz	2 400	35,16	500	-	0,017	-
Desechos de Café	39 400	250,19	500	-	0,125	-
Otros desechos forestales (**)	83 400	356,118	50	15	0,0178	0,0053
<b>Total</b>	<b>11 815 300</b>	<b>219719,775</b>			<b>55,185</b>	<b>0,0053</b>

(\*) **Fuentes de información:** Anuario Estadístico de Cuba, 2002. Oficina Nacional de Estadísticas, Inventario Nacional de fuentes de Energía Nuevas y Renovables 2000-2001, Dirección de Industrias, Departamento de Energía, Oficina Nacional de Estadísticas, Julio 2002.

(\*\*) No incluye leña

### VI.3.3. Combustión de Biogás

La evaluación de esta subcategoría sólo incluye las liberaciones de PCDD/PCDF provenientes de la combustión de biogás en varias entidades pertenecientes al Ministerio de la Industria Azucarera y el Ministerio de la Agricultura.

El biogás generado en los pocos rellenos sanitarios existentes en el país, no se aprovecha como fuente de energía, con lo cual, resulta extremadamente complejo determinar las cantidades que son objeto de combustión espontánea, debido al carácter eventual y disperso que caracteriza la sucesión de este tipo de eventos.

La producción de biogás se identifica fundamentalmente en los sectores agrícolas y de la industria azucarera, en los cuales se dispone de un conjunto de 45 plantas de biogás de diferente capacidad, que cuentan con 60 digestores.

El volumen de biogás quemado durante el año 2000, se obtuvo a partir de las estadísticas energéticas oficiales, en las cuales se refleja el consumo de este renglón energético en toneladas equivalente de petróleo. Para el cálculo de las emisiones, se consideró un valor calórico del biogás igual a 18.85 MJ/m<sup>3</sup> y que 1 m<sup>3</sup> de biogás es igual a 0,45 toneladas equivalentes de petróleo.

Cantidad de gas quemado (m <sup>3</sup> /a)	Equivalente energético (TJ)	Factor de emisión atmósfera (µg EQT/TJ de gas )	Emisión atmósfera (mg EQT/a)
1099,11	20,718	8	0,165
<b>Emisión total (g EQT/a)</b>	<b>0,00016</b>		

(\*) **Fuente de información:** Inventario Nacional de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables 2000-2001, Dirección de Industrias, Departamento de Energía, Oficina Nacional de Estadísticas, Julio 2002.

### VI.3.4. Calefacción Doméstica y Cocina con Biomasa

Las estimaciones realizadas en el marco de esta subcategoría, solo comprenden la actividad de cocción de alimentos con utilización de biomasa, ya que la calefacción doméstica no es una actividad que se realiza en el ámbito nacional.

Los consumos de biomasa para la cocción de alimentos fueron obtenidos de las informaciones estadísticas oficiales, en las cuales se consideró que todo el consumo de leña identificado en el sector residencial, de comercio, la construcción y el transporte, estaba destinado fundamentalmente a estos propósitos. En todos los casos se consideró la utilización de leña virgen y un valor calórico de la leña igual a 15,50 Mj/m<sup>3</sup>

En el siguiente cuadro se resumen la cantidad total de biomasa quemada por los diferentes sectores involucrados, así como las emisiones anuales totales de PCDD/PCDF a la atmósfera y los residuos, de forma respectiva.

Sector	Cantidad de Biomasa quemada (m <sup>3</sup> ) (*)	Equiv. Energ (TJ)	Factor de Emisión atmósfera (µg EQT/TJ biomasa quemada)	Emisión atmósfera (mg EQT/a)	Conc. residuos (µg EQT/TJ de residuos)	Emisión Residuos (g EQT/a)
Residencial	37 200	0,577	100	0,057	20	0,011
Comercio	12 300	0,190	100	0,019	20	0,0038
Construcción	4 500	0,069	100	0,0069	20	0,0013
Transporte	100	0,0015	100	0,00015	20	0,00003
<b>Total</b>	<b>54 100</b>	<b>0,836</b>		<b>0,083</b>		<b>0,016</b>
<b>Emisión Total (g EQT/a)</b>				<b>0,000083</b>		<b>0,000016</b>

(\*) Fuente de información: Anuario Estadístico de Cuba, 2002, Oficina Nacional de Estadísticas.

### VI.3.5. Calefacción Domestica y Cocina con Combustibles Fósiles

Según datos aportados por la Oficina Nacional de Estadísticas, durante el año 2000 el consumo de combustibles domésticos para la cocción de alimentos fue de: gas licuado del petróleo (90,4 Mt), gas manufacturado (123,7 MMm<sup>3</sup>); carbón vegetal (14,3 Mt) y kerosina (221,7 Mt)

Los valores calóricos utilizados para el cálculo de las emisiones en esta subcategoría fueron: carbón vegetal 31,82 MJ/Kg; Gas licuado de petróleo: 46 MJ/Kg; Gas manufacturado: 45,62 MJ/Kg y kerosina: 46,1MJ/Kg.

Para el cálculo de las emisiones correspondientes a la kerosina, se utilizó un factor de emisión de 10 µg EQT/TJ, por ser este, el que más se ajusta a el tipo de combustible utilizado

Para la determinación de la emisión a los residuos, se asumió que el carbón consumido produce alrededor de un 10 % de cenizas.

En el siguiente cuadro se muestran los consumos anuales para cada tipo de combustible doméstico y las emisiones de PCDD/PCDF asociadas a la utilización de los mismos.

Tipo de Combustible consumido	Consumo de Combustible (t/a) (*)	Equiv. Energ. (TJ)	Factor de Emisión		Emisión (g EQT/a)	
			µg EQT/TJ atmósfera	ng EQT/Kg residuos	atmósfera	Resi- duos
Gas licuado del petróleo	90 400	4158,4	1,5	-	0,0062	-
Gas manufacturado	98 960	4514,55	1,5	-	0,0067	-
Kerosina	221 700	10220,3	10	-	0,102	-
Carbón Vegetal	14 300	455,03	70	5000	0,015	0,715
<b>Total</b>	<b>425 360</b>				<b>0,13</b>	<b>0,715</b>

(\*) Fuente de información: Anuario Estadístico de Cuba, Año 2000, Oficina Nacional de Estadísticas.

### VI.3.6. Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de generación de energía y calefacción. Los resultados alcanzados muestran 55,411 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera y 0,175 g EQT/a como liberaciones a los residuos.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>a</b>	Centrales de energía de combustibles fósiles	0,066	-	-	-	-
<b>b</b>	Centrales de energía de biomasa	55,185	-	-	-	0,0053
<b>c</b>	Combustión de terraplén /biogás	0,00016	-	-	-	-
<b>d</b>	Combustión de biomasa/Uso doméstico	0,000083	-	-	-	0,000016
<b>e</b>	Combustión de combustibles fósiles/Uso doméstico	0,13	-	-	-	0,715
	<b>Total</b>	<b>55,381</b>				<b>0,720</b>

#### **V.4. Categoría 4. Producción de Productos Minerales**

La producción de productos minerales se realiza a partir de procesos de altas temperaturas para la fundición (vidrio, asfalto), la cocción (ladrilleras, cerámicas), o la transformación química inducida térmicamente (cemento, cal). En todos estos procesos, la combustión genera PCDD/PCDF como productos secundarios. Además de la quema de los combustibles en los hornos, las materias primas, especialmente las de alto contenido de materia orgánica, pueden contribuir a estas emisiones.

Las tecnologías instaladas, las formas de operación de los procesos, los combustibles utilizados, la temperatura de las emisiones en los sistemas de control de la contaminación atmosférica y la existencia o no de estos sistemas son, entre otros, factores que influyen en el nivel de las emisiones que se generan.

Todas las subcategorías identificadas en esta categoría principal, se encuentran identificadas en el ámbito nacional. Sus vías de liberación más importantes son hacia la atmósfera y los residuos y de forma marginal en los productos (solamente en el caso de la mezcla de asfalto).

##### **VI.4.1. Producción de Cemento**

La fabricación del cemento se inicia por la calcinación de las materias primas (arcilla y piedra caliza) después de molidas, trituradas y mezcladas. Este proceso produce óxido de calcio (cal) y dióxido de carbono. A continuación esta cal reacciona, a temperaturas entre 1 400 y 1 500 °C, con sílice, alúmina y óxido ferroso para formar el "clinker". El "clinker" después de enfriado se tritura o muele junto al yeso y otros aditivos para producir el cemento.

Este proceso se desarrolla fundamentalmente por las vías seca o húmeda, o variantes intermedias de estas. En la vía seca las materias primas se introducen directamente en el horno después de trituradas y deshidratadas. En el proceso húmedo, las materias primas se trituran en agua para formar un barro que se introduce directamente en el horno.

En este proceso se identifican fundamentalmente liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera y a los residuos. No se esperan liberaciones al agua y se considera que las liberaciones con los productos son de escasa cuantía. No se ha detectado la utilización del polvo de los hornos de cemento, en actividades que puedan generar la liberación de estos compuestos hacia la tierra.

En el ámbito nacional se identifican seis plantas de cemento, cuya producción en el año 2000, alcanzó la cifra de 1 643 100 toneladas de cemento.

Las plantas de producción existentes, disponen de catorce hornos de trabajo, cuatro de los cuales, utilizan el proceso seco y tuvieron asociada una producción de 812 100 toneladas, mientras que los otros diez hornos, se utilizaron en el proceso húmedo con una producción aproximada de 590 500 toneladas.

En sentido general, no se manifiesta un adecuado control de la contaminación atmosférica, debido a que las plantas en operación, no disponen de electrofiltros ó mantienen estos dispositivos fuera de operación, debido a su deficiente estado técnico.

Con relación con los sistemas de control de la contaminación atmosférica, cuatro de las plantas en operación, poseían electrofiltros, pero en tres de estas, esos dispositivos se encontraban fuera de operación y solo en una, el sistema de control se mantenía operando, pero de forma deficiente. Las otras dos plantas restantes carecían de sistemas para el control de la contaminación atmosférica con lo cual en el ejercicio de estimación se asumió la ausencia de sistemas de control de la contaminación atmosférica

Las emisiones de PCDD/PCDF que se producen durante la producción de cemento, están determinadas fundamentalmente por:

- La quema de los combustibles utilizados para calentar el horno (en dependencia del tipo y calidad del combustible utilizado).
- Calidad de la combustión. Buena combustión y largos tiempos de residencia en los hornos disminuyen la formación de PCDD/PCDF por lo que las emisiones residuales son altamente dependientes de la materia prima y la temperatura del sistema de control de la contaminación atmosférica.
- Composición de la materia prima. Elevados contenidos de materia orgánica, en estas, pueden dar origen a emisiones más elevadas.
- Temperatura con que ingresan los gases de salida de los hornos a los sistemas de control de la contaminación atmosférica.
- Las temperaturas mayores de 300 °C al parecer, se asocian con mayor frecuencia a emisiones elevadas (reformación de PCDD/PCDF).

Adicionalmente, se conoce que se producen emisiones más elevadas en los hornos con proceso húmedo – estos producen mayor volumen de gas de salida - que en los hornos con proceso seco.

Para la selección de los factores de emisión, se tomaron en cuenta las características principales del proceso de producción de cemento, entre las cuales se incluyen:

- La producción de cemento en Cuba estuvo basada en la quema de petróleo crudo nativo.
- La quema de desperdicios peligrosos en las plantas cementeras no fue una práctica extendida en el país, aunque en el año 2000 se quemaron cantidades relativamente pequeñas de aceites usados como combustible alternativo
- Las plantas en operación carecen de sistemas de control de la contaminación atmosférica.
- La producción total de cemento por ambos procesos resultó cercana, aun cuando operaron más plantas de proceso húmedo que de proceso seco.

El análisis de los factores de emisión recomendados por el Instrumental Normalizado del PNUMA, verifico:

- La ausencia de factores de emisión, para el caso de plantas que operan sin sistemas de control de la contaminación atmosférica.
- La no disponibilidad de resultados experimentales de mediciones de PCDD/PCDF, que pudieran asociarse, como analogía, a la quema del petróleo crudo cubano.
- La no aplicabilidad del factor de emisión asociado a las altas temperaturas en el sistema de retención de polvos, incluyendo que no se queman grandes cantidades de desechos peligrosos en las plantas cementeras, y que la materia prima no posee concentraciones elevadas de materia orgánica, lo cual indica una baja probabilidad de que se produzcan las elevadas emisiones reportadas en otros países, asociadas con estas características.

Los elementos referidos anteriormente, motivaron la realización de un análisis de los reportes de factores de emisión existentes en la literatura, con el objetivo de seleccionar aquellos que pudieran ajustarse mas a las características de procesos de producción existentes en el país.

En el siguiente cuadro se exponen rangos de factores de emisión de PCDD/PCDF para la producción de cemento, extraídos de varios inventarios y estudios realizados para estos propósitos.

Inventario/Estudio	Rango ( $\mu\text{g}$ de EQT/t de cemento).	Ponderado/ Media/Típico	Calidad
Instrumental (PNUMA- PQ, 2001)	0,15-5,0		
Reino Unido (HMIP, 1995)	0,02-1,14*		
Nueva Zelanda (Bauckland et al., 2000)	0,21-0,26* 0,02-1,14*		
Europa (LUA, 1997)	0,15-5,0		
Estados Unidos de América (U.S. EPA, 1998)	0,31-25,62*		E
EMEP/CORINAIR, 2001	0,05		D
México (Gutiérrez et al., 2002)	0,28-1,09*	0,2972*	E
Australia (Environment Australia, 2002)	0,0045-0,29		
Alemania	0,12-0,62*		
Estimados de emisiones para países de Europa (Kakareka and Kukharchyk, 2002)		0,2	

\*Para guardar uniformidad en el Cuadro, esos factores que estaban expresados originalmente por toneladas de clinker producido, han sido expresados por toneladas de cemento producido (se asume que el clinker constituye el 95 % del cemento). También se unificaron las emisiones en  $\mu\text{g}$  de EQT.

El análisis realizado, verificó que generalmente las emisiones reportadas son bajas, salvo en el caso de las plantas que queman desechos como combustible alternativo en plantas de antigua tecnología (no modernas). Durante la revisión de la literatura disponible sobre el tema, se mantuvo la ausencia de reportes sobre factores de emisión para el caso de plantas que no poseen o tiene sus sistemas de control de la contaminación atmosférica, fuera de operación.

Dada la incertidumbre existente, en relación con la selección de un factor de emisión aceptable, se determino realizar el cálculo de las emisiones, a partir de intervalos probables de factores de emisión para los procesos húmedo y seco, conformados estos, a partir de los resultados reportados en los estudios citados en el cuadro anterior. Estos intervalos resultaron 0,6-5,0  $\mu\text{g}$  de EQT/t cemento para el proceso húmedo y 0,15-1,14  $\mu\text{g}$  de EQT/t de cemento para el proceso seco.

En el siguiente cuadro se exponen de manera resumida, los resultados obtenidos en la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF a la atmósfera. Como puede apreciarse, durante el año 2000 se emitieron a la atmósfera entre 0,6202 y 5,0807 g EQT/a. De estos, la mayor proporción correspondió al proceso húmedo (0,4985-4,155 g EQT/a), mientras que la menor correspondió al proceso seco (0,1217- 0,9257 g EQT/a)

Instalación	Producción (t/a) (*)	Tipo de proceso	SCCA (**)	Factor de emisión atmósfera (rango) (µg EQT/t cemento)	Emisión atmósfera (rango) (g EQT/a)
Planta 1	240 500	Húmedo	ESF	0,6-5,0	0,1443-1,2025
Planta 2	461 600	Seco	E	0,15-1,14	0,0692-0,5262
Planta 3	350 500	Seco	ESF	0,15-1,14	0,0525-0,3995
Planta 4	213 800	Húmedo	NP	0,6-5,0	0,1282-1,069
Planta 5	214 700	Húmedo	NP	0,6-5,0	0,1288-1,0735
Planta 6	162 000	Húmedo	ESF	0,6-5,0	0,0972-0,81
<b>Total</b>	<b>1 643 100</b>				<b>0,62-5,081</b>

(\*) **Fuente de información:** Unión de Cemento y Vidrio. Ministerio de la Industria Básica.

(\*\*) Sistema de Control de la Contaminación Atmosférica

E = Electrofiltro    ESF = Electrofiltro sin funcionar    NP = No posee

El principal residuo de la producción de cemento, es el polvo procedente de los hornos que queda retenido en los sistemas de control de la contaminación atmosférica o escapa a la atmósfera produciendo, junto a otras fuentes emisoras de este proceso industrial, los conocidos problemas de contaminación en las vecindades de estas plantas.

Los datos de mediciones realizadas en varios estudios, procesos, usos de combustibles etc., verifican la alta variabilidad de las concentraciones de PCDD/PCDF en el polvo de los hornos de cemento. Esta situación y lo limitado de los resultados obtenidos hace que los factores de emisión disponibles tengan una elevada incertidumbre.

En el Instrumental Normalizado del PNUMA se proponen tres clases de factores de emisión para realizar una estimación inicial de estas liberaciones. Al igual que para el caso de las emisiones al aire, se confronta la dificultad de que en el Instrumental no se proponen factores de emisión para el caso de la no existencia u operación de sistemas para el control de la contaminación atmosférica. Debido a esta situación, también en este caso, se determinó realizar el estimado de las emisiones, utilizando un rango de factores de emisión, seleccionados del Instrumental, en base al tipo de proceso (húmedo o seco).

En el siguiente cuadro se expone de manera resumida, los resultados obtenidos en la estimación de las liberaciones de PCDD/PCDF a los residuos. Los resultados de las liberaciones en los residuos representan el peor caso, en el que se asume que no hay reciclado de cenizas en las plantas.

Como puede apreciarse, durante el año 2000, la producción nacional de cemento libero a los residuos, entre 0,0852 y 1,6426 g EQT/a. Al igual que en el caso de las emisiones a la atmósfera, la mayor proporción de las emisiones correspondió al proceso húmedo (0,0829-1,4808 g EQT/a) y la menor proporción al proceso seco (0,0024-0,1618 g EQT/a)

Instalación	Producción (t/a) (*)	Tipo de proceso	SCCA (**)	Factor de emisión residuos (rango) (µg EQT/t cemento)	Liberación residuos (rango) (g EQT/a)
Planta 1	240 500	Húmedo	ESF	0,1-1,0	0,024-0,24
Planta 2	461 600	Seco	E	0,003-1,0	0,0013-0,4616
Planta 3	350 500	Seco	ESF	0,003-1,0	0,0011-0,3505
Planta 4	213 800	Húmedo	NP	0,1-1,0	0,0213-0,2138
Planta 5	214 700	Húmedo	NP	0,1-1,0	0,0214-0,2147
Planta 6	162 000	Húmedo	ESF	0,1-1,0	0,0162-0,1620
<b>Total</b>	<b>1 643 100</b>				<b>0,085-1,643</b>

(\*) **Fuente de información:** Unión de Cemento y Vidrio. Ministerio de la Industria Básica.

(\*\*) Sistema de Control de la Contaminación Atmosférica

E = Electrofiltro    ESF = Electrofiltro sin funcionar    NP = No posee

#### VI.4.2. Producción de Cal

La cal se obtiene quemando carbonato cálcico y/o magnésico a temperatura entre 900 y 1500 °C (superiores incluso para algunos procesos). La cal se produce esencialmente de la misma forma que el cemento descrito en el epígrafe anterior.

La cal viva es óxido cálcico (CaO) producido por la descarbonización de la piedra caliza (CaCO<sub>3</sub>). La cal hidratada, es cal viva con cierto contenido de agua y está constituida fundamentalmente por hidróxido cálcico [Ca(OH)<sub>2</sub>].

En este proceso se producen, fundamentalmente, liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera. No se espera ninguna liberación al agua y no se dispone de información sobre las liberaciones con productos y residuos. En el Instrumental Normalizado del PNUMA, también se precisa que no se dispone de información suficiente para la estimación de las liberaciones a la tierra.

La producción nacional de cal viva se identifica en varios sectores productivos, entre los que se distinguen fundamentalmente, la industria azucarera y la actividad de la construcción. Ambas actividades en su conjunto, poseen alrededor del 76 % de la producción nacional, la cual alcanzó durante el año 2000, la cifra de 86 100 toneladas, según datos obtenidos del anuario estadístico del año 2000.

Durante el proceso de captación de información, también se utilizaron los reportes de producción remitidos por los Ministerios de la Industria Básica y Azucarera. No se dispuso de la información desagregada sobre otras producciones identificadas en otros sectores, con lo cual la diferencia de producción existente con el volumen de producción nacional, fue agrupada bajo la denominación genérica de “otras fuentes”.

En sentido general, las capacidades de producción existentes en el ámbito nacional, no disponen de sistemas para el control de la contaminación atmosférica, o poseen ciclones en estado técnico deficiente

En la calcinación de la cal, se utilizan diferentes combustibles que también interactúan en el proceso. Entre las causas principales de la formación de PCDD/PCDF, durante la combustión, están el contenido de cloruros en los combustibles y también en las materias primas utilizadas. Procesos deficientes de combustión por lo general se asocian con altos niveles de emisiones.

Aunque se dispone de pocos reportes de mediciones de emisiones en los procesos de fabricación de cal, las informaciones disponibles verifican la ocurrencia, con mayor frecuencia, de bajas concentraciones de PCDD/PCDF en las liberaciones.

En el siguiente cuadro, se expone un resumen de los factores de emisión recomendados en el Instrumental del PNUMA y los utilizados en otros estudios y reportes. Debido a que las plantas de producción de cal, del país, operaron una parte con sistema elemental de retención de polvo (ciclón) y otra parte sin sistema de control de la contaminación atmosférica, se seleccionó el valor 10 µg de EQT/t de cal producida, recomendado en el Instrumental para esas condiciones.

Inventario/Estudio	Valor típico	Rango	Calidad
Instrumental Normalizado del PNUMA, 2001	10 <sup>1</sup> 0,07 <sup>2</sup>		
Reino Unido (HMIR, 1995)	0,15	0,02-1,08 <sup>3</sup>	Baja
Nueva Zelanda (Buckland et al., 2000)		0,02-1,08 <sup>3</sup>	Baja
Europa (LUA, 1997)	0,08-19	0,01-29	
Australia (Environment Australia, 2002)		0,02-1,08 <sup>3</sup>	Baja
Estimados de emisiones para países de Europa (Kakareka and Kukharchyk, 2002)	0,08		

1. Se aplica a plantas con combustión deficiente y con sistema elemental (ciclón) de retención de polvo (o ausencia de este). 2. Se aplica a hornos muy eficientes en energía y dotados de limpieza de gas con filtro de tela. 3. Se asume el mismo factor de emisión que el utilizado para la producción de cemento. Los resultados proceden de HMIR, 1995.

El siguiente cuadro muestra un resumen de los resultados obtenidos en la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF a la atmósfera. Como puede apreciarse, se emitieron a la atmósfera 0,861 g EQT/a.

Sector	Producción (t/a) (*)	Factor de emisión atmósfera (µg EQT/t)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
Construcción	19 958 <sup>1</sup>	10	0,199
Industria Azucarera	45 900 <sup>2</sup>	10	0,46
Geominera y Cemento	6 690 <sup>3</sup>	10	0,067
Otras fuentes	13 552 <sup>4</sup>	10	0,135
<b>Total</b>	<b>86 100<sup>5</sup></b>	<b>10</b>	<b>0,861</b>

**(\*) Fuentes de información:**

1. Grupo Empresarial Industrial de la Construcción, Ministerio de la Construcción.
2. Grupo Empresarial de Construcciones Azucareras, Ministerio de la Industria Azucarera.
3. Reporte estadístico anual. Año 2000. Departamento de Estadísticas, Unión Geominera, Ministerio de la Industria Básica. Unión de Cemento y Vidrio, Ministerio de la Industria Básica.
4. No fue posible obtener la producción desagregada de otros sectores asociados fundamentalmente con la actividad constructiva.
5. Anuario Estadístico de Cuba, Edición 2002, Pág. 188, Oficina Nacional de Estadísticas.

#### VI.4.3. Producción de Ladrillos

La fabricación de ladrillos y otros productos relacionados con estos, comprende inicialmente el minado, molienda y mezcla de las materias primas (arcillas) y aditivos tales como caolín y piedra caliza. Posteriormente se procede a dar forma a los ladrillos, su secado y curado y finalmente la cocción en hornos del producto final.

La cocción de los ladrillos en hornos, con el empleo de diferentes tipos de combustibles, constituye la fase fundamental de este tipo de producción relacionada con las emisiones de PCDD/PCDF. Las producciones industriales se realizan mayormente en hornos de túnel donde se alcanzan temperaturas cercanas a los 1 000 °C. También, se utilizan hornos más elementales donde transcurren procesos de combustión de menor calidad. Las emisiones de PCDD/PCDF generadas en estos hornos, varían en dependencia de:

- Tipo de proceso y horno utilizado (intermitentes, continuos, industriales y artesanales)
- Naturaleza de las materias primas (arcillas y aditivos).
- Existencia o no de sistema e control de la contaminación atmosférica (tipo).
- Tipo de combustible utilizado (especialmente si se utilizan desechos).

De acuerdo al anuario estadístico de Cuba, la producción nacional de ladrillos de barro alcanzó un total de 35,6 millones de unidades en el año 2000. Durante el proceso de captación de información, no pudo obtenerse la información desglosada de los diferentes sectores involucrados en la producción, y solamente pudo obtenerse los volúmenes de producción correspondientes a la producción de ladrillos (12,4 millones de unidades) proveniente de los Ministerios de la Construcción y la Industria Azucarera. De acuerdo a las informaciones captadas, se utilizó un peso promedio de 4,15 Kg por unidad, para la conversión a toneladas de estas producciones.

Como se describió anteriormente, las liberaciones a la atmósfera dependen de varios factores. Aunque no pudo captarse la información al nivel de precisión deseado, se asumió que la producción ocurre fundamentalmente en hornos pequeños, con un control limitado de la temperatura y sin disponibilidad de sistemas para el control de la contaminación atmosférica. En base a estas características, se seleccionó un factor de emisión de 0,2 µg de EQT/t de ladrillos producidos.

En el siguiente cuadro, se muestra de manera resumida las cantidades de ladrillos procesados en los diferentes sectores involucrados y las emisiones totales asociadas a la producción nacional de ladrillos durante el año 2000.

Sector	Producción ( Unidades) (*)	Cantidad de ladrillos producida (t/a)	Factor de emisión atmósfera (ug EQT/t )	Emisión atmósfera (g EQT/a)
Construcción	10 203 000 <sup>1</sup>	42 342,45	0,2	0,0084
Industria Azucarera	2 207 700 <sup>2</sup>	9 161, 95	0,2	0,0018
Otros sectores	23 189 300 <sup>3</sup>	96 235,59	0,2	0,019
<b>Total</b>	<b>35 600 000<sup>4</sup></b>	<b>147 740</b>		<b>0,03</b>

**(\*) Fuentes de información:**

- 1- Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON), ministerio de la Construcción.
- 2- Grupo Empresarial de Construcciones Azucareras del Ministerio de la Industria Azucarera
- 3- Deducido a partir de la producción nacional de ladrillos reportada en el Anuario Estadístico, 2002, Oficina Nacional de Estadísticas.
- 4- Anuario Estadístico, 2002, Oficina Nacional de Estadísticas.

#### **VI.4.4. Producción de Vidrio**

La producción de vidrio, comprende también procesos de altas temperaturas para lograr la fundición de las materias primas (arena, piedra caliza, dolomita, carbonato de sodio y otros materiales) y generar una masa fluida viscosa con la cual, en pasos posteriores, se fabrican los productos con las características y forma deseada. Estos procesos transcurren en hornos que pueden funcionar de forma continua o intermitente.

La producción nacional de vidrio, se encuentra identificada en dos fábricas pertenecientes al Ministerio de la Industria Básica. Durante el año 2000, los niveles de producción de ambas entidades, alcanzaron la cifra aproximada de 7 173 toneladas de vidrio.

Debido a que en ambas entidades productivas, no se dispone de sistemas para el control de la contaminación atmosférica, se asumió un factor de emisión a la atmósfera igual a 0,2 µg EQT/t para el cálculo de las emisiones.

En el siguiente cuadro, se expone de manera resumida los resultados obtenidos en la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF, a partir de la producción de vidrio en el año 2000. Como puede apreciarse, se emitieron a la atmósfera 0,001 g EQT/a.

Producción (t/a) (*)	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g EQT/t}$ )	Emisión atmósfera (g EQT/a)
7 173,04	0,2	0,0014

(\*) Fuente de información: Unión de Cemento y Vidrio. Ministerio de la Industria Básica.

#### VI.4.5. Producción de Cerámica

En el Instrumental Normalizado del PNUMA, se precisa que debido a la falta de resultados de medición, la producción de cerámica sería considerada como fuente de PCDD/PCDF. No obstante, se considera posible que ocurran estas liberaciones ya que se trata de un proceso térmico. El Instrumental sugiere la aplicación de los mismos factores de emisión, al igual que en el caso de la producción de ladrillos.

En este proceso se considera que las liberaciones fundamentales son a la atmósfera. No se espera ninguna liberación al agua ni a la tierra, y no se dispone de datos acerca de niveles de PCDD/PCDF en las cerámicas, aunque se espera que estas sean bajas dado que la cocción de estas se efectúa a elevadas temperaturas.

La producción nacional de cerámica, se encuentran identificada fundamentalmente, en siete entidades pertenecientes al Ministerio de la Construcción y dos entidades del Ministerio de la Industria Ligera. En ambos sectores, la producción de cerámica durante el año 2000, alcanzó la cifra aproximada de 100 349 toneladas de cerámica.

En el ámbito nacional, se identifican además, otras pequeñas empresas con bajos niveles de producción, que no suponen una contribución significativa al total de las emisiones alcanzadas por este concepto.

La producción nacional de cerámica incluye varios renglones productivos destinados al uso doméstico, ornamental y técnico. Como regla general, predomina en todas las entidades productivas, la carencia de sistemas de control de la contaminación atmosférica, lo cual determina que para el cálculo de las emisiones, se haya asumido un factor de emisión a la atmósfera, igual a  $0.2 \mu\text{g EQT/t}$ .

En el siguiente cuadro, se resumen los niveles de producción de cerámica que fueron alcanzados por los principales sectores involucrados y las emisiones totales de PCDD/PCDF asociadas a cada uno de ellos.

Sector	Producción de cerámica (t/a) (*)	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/t)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
Construcción	100 000	0,2	0,02
Industria Ligera	348,9	0,2	0,000069
<b>Total</b>	<b>100 348,9</b>		<b>0,020</b>

(\*) **Fuentes de información:** Grupo Empresarial Industrial de la Construcción, Ministerio de la Construcción; Departamento de Estadísticas, Dirección de Contabilidad, Ministerio de la Industria Ligera.

#### VI.4.6. Mezclado de Asfalto

Las superficies asfaltadas de calles y carreteras, están compuestas de agregados compactados –gravilla natural, piedra manufacturada, subproductos de la refinación del petróleo, etc. y un aglutinante asfáltico (por ejemplo cemento asfáltico o asfaltos fluidificados). El cemento asfáltico es semisólido y debe ser calentado antes de mezclarse como agregado en las plantas de mezclado en caliente. En esta mezcla, se utilizan áridos (arena, grava, gravilla, polvo de piedra) así como fuel oil, diferentes tipos de asfaltos y petróleo crudo en dependencia de la disponibilidad y posibilidades. En las plantas también pueden consumirse cantidades importantes del fuel oil, tanto para el calentamiento del asfalto como para el proceso de secado y calentamiento de los áridos.

Las liberaciones fundamentales que se producen son a la atmósfera y con los residuos (estas últimas para las plantas mezcladoras que poseen sistemas de depuración de gases consistentes en filtros de tela o depurador húmedo del polvo). No se espera ninguna liberación al agua. Para el resto de las liberaciones no se dispone de datos suficientes para abordar la estimación.

Las operaciones de mezclado de asfalto, las cuales están destinadas fundamentalmente a la construcción de viales, se identifican fundamentalmente en el sector de la construcción, a través de cincuenta y cinco entidades productivas existentes en el ámbito nacional.

Los niveles nacionales de mezclado de asfalto, alcanzaron la cifra de 750 508 toneladas durante el año 2000. De las treinta y ocho entidades en operación durante ese periodo, solamente once disponían de sistemas de control de la contaminación atmosférica operando de forma eficiente, mientras que veinte y seis de las mismas, carecían de sistemas de control de la contaminación atmosférica o se encontraban funcionando de manera deficiente.

En el siguiente cuadro, se resumen los niveles de mezclado de asfalto alcanzados durante el desarrollo de esta actividad y las emisiones totales de PCDD/PCDF asociadas a esta actividad.

Producción (t/a) (*)	SCCA	Factor de emisión atmósfera (ug EQT/t)	Emisión atmósfera (g EQT/a)
108 013	Con sistema de depuración de gases	0,007	0,00075
642 495	No poseen	0,07	0,0449
<b>750 508</b>			<b>0,045</b>

(\*) Fuente de información: Dirección de Viales. Ministerio de la Construcción.

#### VI.4.7. Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de productos minerales. Los resultados alcanzados muestran 6.038 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera y 1.643 g EQT/a como liberaciones a los residuos.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>a</b>	Producción de cemento <sup>1</sup>	2,850 <sup>1</sup>	-	-	-	0,864 <sup>1</sup>
<b>b</b>	Producción de cal	0,861	-	-	-	-
<b>c</b>	Producción de ladrillos	0,03	-	-	-	-
<b>d</b>	Producción de vidrio	0,0014	-	-	-	-
<b>e</b>	Producción de cerámica	0,020	-	-	-	-
<b>f</b>	Mezclado de asfalto	0,045	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>3,807</b>				<b>0,864</b>

1- Las liberaciones de la producción de cemento son los valores centrales del rango de liberación estimado.

#### VI.5. Categoría 5. Transporte

En esta subcategoría se consideran las emisiones de dioxinas y furanos emitidas por las fuentes equipadas con motores de combustión interna de gasolina, diesel y aceites pesados.

En su mayoría los motores de combustión interna solo producen liberaciones a la atmósfera, aunque se conoce que los motores diesel y de aceite pesado, también pueden producir residuos de hollín y cok que contienen elevadas concentraciones de dioxinas y furanos.

Aunque las emisiones de dioxinas y furanos varían en dependencia de la calidad y tipo de combustible; la calidad de la combustión y el estado técnico de los motores y la presencia de aditivos halogenados en los combustibles, se han establecidos factores de emisión, en base al principio de funcionamiento de los motores (Ciclo Otto, diesel y de aceites pesados), los que permiten estimar con bastante precisión las emisiones a la atmósfera de las fuentes equipadas con estos motores.

En el caso de los motores de gasolina existe una mayor precisión en los factores de emisión, estableciéndose una diferenciación, en base al tipo de motor (2 tiempos y 4 tiempos), al tipo de catalizador antidetonante empleado en el combustible y la utilización de convertidores catalíticos para el tratamiento de los gases de combustión.

Para la estimación de las emisiones de dioxinas y furanos en las fuentes equipadas con estos motores se utilizó la expresión:

$$E = \sum FE \times A$$

Donde:

E = Emisiones totales

FE = Factores de emisión por tipo de fuentes, combustibles y tecnología de control de emisiones

A = Cantidad de combustible consumida por tipo de fuente y tecnología de control de emisiones

Los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones totales de dioxinas y furanos, se resumen en el siguiente cuadro:

Motor de combustión interna		Tipo de combustible	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/t) (*)
Combustible	Características		
Gasolina	2 tiempos	Con plomo	3.5
		Sin plomo y sin catalizador	2.5
	4 tiempos	Con plomo	2.2
		Sin plomo y sin catalizador	0.1
		Sin plomo y con catalizador	0.0
Diesel	-	Sin clasificación	0.5
Aceites pesados	-	Sin clasificación	4

(\*) Instrumental Normalizado del PNUMA para la identificación y cuantificación de liberaciones dioxinas y furanos.

### VI.5.1. Motores de Cuatro Tiempos

Los motores de cuatro tiempos se emplean fundamentalmente en equipos de potencia baja y media, teniendo su máxima utilización en vehículos automotores de carretera (automóviles, camionetas y camiones pequeños), equipos pequeños para uso agrícola y de la construcción; aviones de gasolina y otros equipos industriales.

La captación de la información sobre el nivel de consumo de las fuentes móviles (vehículos automotores de carretera y ferroviarios y equipos de construcción, agrícolas y de uso marítimo), se realizó a partir de las estadísticas oficiales emitidas por la Oficina Nacional de Estadísticas. Las mismas permitieron obtener los consumos anuales desglosados, para cada tipo de fuente y de combustible consumido.

Para los motores de cuatro tiempos que utilizan gasolina, la distribución del consumo de combustible durante el año 2000, se comportó con arreglo a los datos reflejados en el siguiente cuadro.

Fuente móvil	Tipo de combustible utilizado	Consumo anual (t/a) (*)
Automotor de carretera	Gasolina con plomo	22 100
	Gasolina sin plomo y sin catalizador	309 200
Agrícolas	Gasolina sin plomo y sin catalizador	2 400
Construcción	Gasolina sin plomo y sin catalizador	3 400
<b>Total</b>		<b>337 100</b>

(\*) Fuente de información: Oficina Nacional de Estadísticas.

Las emisiones totales de dioxinas y furanos de las diferentes fuentes emisoras, obtenidas sobre la base de los factores de emisión recomendados y los niveles de consumos reflejados anteriormente, se muestran en el cuadro siguiente:

Tipo de fuente	Tipo de Combustible	Consumo anual (t/a) (*)	Emisión total atmósfera (g EQT/a)
Automotor de carretera	Gasolina con plomo	22 100	0,048
	Gasolina sin plomo y sin catalizador	309 200	0,031
Construcción	Gasolina sin plomo y sin catalizador	2 400	0,00024
Agrícolas	Gasolina con plomo y sin catalizador	3 400	0,0075
<b>Total</b>		<b>337 100</b>	<b>0,087</b>

### VI.5.2 Motores de Dos Tiempos

Los motores de gasolina de dos tiempos, se utilizan fundamentalmente en equipos de poca demanda de potencia, tales como pequeñas embarcaciones, motocicletas, triciclos, sierras de cadena y otros equipos motores pequeños.

Al igual que en el caso de los motores de cuatro tiempos, la captación de la información del nivel de consumo de combustible de las fuentes móviles correspondientes a esta subcategoría, se realizó a partir de las estadísticas oficiales proporcionadas por la Oficina Nacional de Estadísticas.

Para los motores de dos tiempos que utilizan gasolina, la distribución del consumo de combustible durante el año 2000, se comportó con arreglo a los datos reflejados en el siguiente cuadro.

Fuente móvil	Tipo de combustible utilizado	Consumo anual (t/a) (*)
Automotor de carretera	Gasolina con plomo	-
	Gasolina sin plomo y sin catalizador	31 500
<b>Total</b>		<b>31 500</b>

(\*) Fuente de información: Oficina Nacional de Estadísticas.

Las emisiones totales de PCDD/PCDF correspondientes a esta subcategoría se estimaron a partir de la utilización del factor de emisión correspondiente y los niveles de consumos reflejados anteriormente. El siguiente cuadro, muestra los resultados alcanzados en el proceso de estimación:

Tipo de fuente	Tipo de Combustible	Consumo anual (t/a)	Emisión total atmósfera (g EQT/a)
Automotor de carretera	Gasolina con plomo	-	-
	Gasolina sin plomo y sin catalizador	31 500	0,079
<b>Total</b>		<b>31 500</b>	<b>0,079</b>

### VI.5.3. Motores Diesel

Los motores diesel son también empleados en equipos de potencia baja y media, aunque tienen su mayor utilización en equipos de alta potencia, como vehículos automotores pesados (camiones y ómnibus); equipos agrícolas (tractores, alzadoras, combinadas y cosechadoras); equipos de construcción (grúas, bulldózers y excavadoras); equipos ferroviarios (locomotoras, coche motores y moto niveladoras), equipos marítimos (barcos, lanchas y botes) y moto generadores eléctricos.

Al igual que en el caso de los motores de dos y de cuatro tiempos, la captación de la información del nivel de consumo de combustible de las fuentes móviles correspondientes a esta subcategoría, se realizó a partir de las estadísticas oficiales proporcionadas por la Oficina Nacional de Estadísticas.

Para los motores que utilizan diesel, la distribución del consumo de combustible durante el año 2000, se comportó con arreglo a los datos reflejados en el siguiente cuadro.

<b>Fuente móvil</b>	<b>Consumo anual (t) (*)</b>
Automotor de carretera	613 800
Ferroviario	58 200
Construcción	81 800
Agrícola	248 200
Marítimos	32 900
<b>Total</b>	<b>1 034 900</b>

(\*) **Fuente de información:** Oficina Nacional de Estadísticas.

Las emisiones totales de PCDD/PCDF correspondientes a esta subcategoría, se estimaron a partir de la utilización del factor de emisión correspondiente y los niveles de consumos reflejados anteriormente.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados alcanzados en el proceso de estimación.

<b>Tipo de fuente</b>	<b>Consumo anual (t/a) (*)</b>	<b>Emisión total atmósfera (g EQT/a)</b>
Automotor de carretera	613 800	0,061
Ferroviario	58 200	0,0058
Construcción	81 800	0,0082
Agrícolas	248 200	0,025
Marítimos	32 900	0,0033
<b>Total</b>	<b>1 034 900</b>	<b>0,103</b>

#### **VI.5.4. Motores de Aceite Pesado**

Los motores de aceite pesado, se utilizan fundamentalmente en equipos motores de alta potencia, que incluyen a barcos, tanques, generadores de energía eléctrica estacionarios y otros equipos de gran tamaño y casi estacionarios.

La captación de información acerca del nivel de consumo de las fuentes móviles que utilizan este tipo de combustibles, se realizó a partir de las estadísticas oficiales proporcionadas por la Oficina Nacional de Estadísticas.

Además del consumo de combustible asociado a las fuentes móviles, durante el proceso de captación de información y partir de la utilización del anuario estadístico, se obtuvo, el consumo de combustible de las fuentes estacionarias y casi estacionarias destinadas a la generación de energía eléctrica.

Sin embargo, en atención a la naturaleza de los procesos vinculados con estos consumos y a que los mismos no corresponden propiamente con la actividad de transporte, se considero procedente transferir el total de las emisiones calculadas por este concepto, hacia la categoría 3, relativa a la generación de energía y calefacción.

Para los motores que utilizan aceite pesado, la distribución del consumo de combustible durante el año 2000, se comportó con arreglo a los datos reflejados en el siguiente cuadro.

<b>Fuente móvil</b>	<b>Consumo anual (t) (*)</b>
Marítimas	38 300
<b>Total</b>	<b>38 300</b>

(\*) **Fuente de información:** Oficina Nacional de Estadísticas.

Las emisiones totales de PCDD/PCDF correspondientes a esta subcategoría, se estimaron a partir de la utilización del factor de emisión correspondiente y los niveles de consumos reflejados anteriormente.

En el siguiente cuadro, se muestran los resultados alcanzados en el proceso de estimación.

<b>Tipo de fuente</b>	<b>Consumo anual (t)</b>	<b>Emisión total atmósfera (g EQT/a)</b>
Marítimas	38 300	0,153
<b>Total</b>	<b>38 300</b>	<b>0,153</b>

### VI.5.5. Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de transportes. Los resultados alcanzados muestran 0,422 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera.

	Subcategoría	Emisiones anuales (g EQT/a)			
		atmósfera	agua	tierra	productos residuos
<b>a</b>	Motores de 4 tiempos	0,087	-	-	-
<b>b</b>	Motores de dos tiempos	0,079	-	-	-
<b>c</b>	Motores Diesel	0,103	-	-	-
<b>d</b>	Motores de aceite pesado	0,153	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>0,422</b>			

## VI.6. Categoría 6. Procesos de Combustión Incontrolada

### VI.6.1. Quema de Biomasa

En esta subcategoría se aborda la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF provenientes de las quemas de biomasa que se realizan a cielo abierto. En la misma se abordan los incendios forestales, los incendios de herbazales y la quema en el campo de residuos agrícolas.

#### Incendios forestales

Los incendios forestales son una importante fuente de emisiones de gases y partículas a la atmósfera, incluyendo las de PCDD/PCDF. Se producen también liberaciones hacia la tierra. Estudios recientes (*Gullet y Touati, 2003*) demuestran que las emisiones de PCDD/PCDF desde estos incendios, se originan fundamentalmente de la combustión de la biomasa y no simplemente en la vaporización de los compuestos de PCDD/PCDF, a los que ha estado expuesta la vegetación. Además se ha encontrado que el tipo de biomasa quemada tiene un efecto significativo sobre la composición de las emisiones resultantes de estos compuestos.

Para la estimación puede utilizarse el procedimiento descrito por *López (2003)* y que proviene de una adaptación, para este objetivo, del método aplicado en la determinación de emisiones de gases de invernadero desde esta categoría de fuente. Un resumen simplificado del mismo es el siguiente:

La estimación simplificada de la emisión directa de PCDD/PCDF puede realizarse mediante la siguiente expresión:

$$E = \sum_1^n A_i \cdot B_i \cdot F_i \cdot FE \cdot 10^{-6} \quad (6.1)$$

Donde:

E = Es la emisión anual directa (en g de EQT/año) procedente de los incendios forestales en el país durante el año del inventario.

$A_i$  = Es el área quemada (hectáreas) en cada incendio forestal ( $i = 1.....n$ )

B = La biomasa combustible disponible (en toneladas de materia seca por hectárea) en el área quemada de cada incendio forestal ( $i = 1.....n$ )

$F_i$  = La fracción de biomasa quemada (la eficiencia de la combustión) en cada incendio forestal ( $i = 1.....n$ )

FE = Es el factor de emisión (en  $\mu\text{g}$  de EQT/t de material quemado)

El primer paso para la estimación, comprende la clasificación de los incendios ocurridos por tipos, precisando el tipo de bosque en que ocurrió este. El equipo de inventario no contó con la información necesaria para acometer esta clasificación detallada, aunque por criterios de expertos se conoció que la mayoría de estos, corresponden a la categoría de fuegos incontrolados en bosques manejados y una proporción menor a fuegos parciales controlados en bosques explotados.

El segundo paso consistió en la determinación o estimación del área quemada (ha). Esta información solo pudo obtenerse de forma agregada para el país y las provincias. De acuerdo a la información del Servicio de Guardabosques del Ministerio del Interior (*ONE, 2002*), en el año 2000 ocurrieron en el país 336 incendios forestales con una superficie dañada de 7 098 ha.

En el tercer paso consistió en la determinación de la biomasa combustible disponible B (en toneladas de materia seca por hectárea). Como resultado del análisis realizado en los diferentes territorios con incidencia significativa de incendios, a partir de criterios de expertos e informaciones disponibles, se asumieron como promedio las relaciones de 25  $\text{m}^3/\text{ha}$  y 600  $\text{kg}/\text{m}^3$  de biomasa quemada. Esos datos, permitieron obtener una relación promedio de 15 t/ha, a partir de la cual fue posible determinar la cantidad de material consumido en los incendios forestales.

Con el cuarto paso se intenta determinar la fracción de biomasa quemada F (la eficiencia de la combustión). Esta es una corrección que se efectúa pues normalmente en los incendios forestales no se quema toda la biomasa disponible. Esta fracción depende, entre otros factores, del tipo de incendio, del tipo de bosque o vegetación y de las condiciones en que transcurre la combustión (especialmente las condiciones de humedad de la biomasa). Debe estimarse en el país para cada incendio ocurrido. Si no hay una estimación cuantitativa, al menos debe intentarse obtener un estimado porcentual sobre la base de criterios cualitativos de expertos acerca de la intensidad del incendio (alta, media, baja) a partir del tipo de incendio ocurrido.

El equipo del inventario no dispuso de información sobre este aspecto. Se dispone de pocas referencias internacionales sobre los valores de F para los tipos de bosques característicos de Cuba. En base a estas limitaciones y de acuerdo a criterios de expertos consultados en el país, se consideró que los incendios ocurridos carbonizaron toda la biomasa correspondiente a los diferentes tipos de bosques, en los que predominaban fundamentalmente especies arbóreas, y arbustivas, entre las que se incluían coníferas y latifolias. Este aspecto, también puede sobrestimar en algo la emisión calculada.

Con el quinto paso, se aplicó el factor por defecto recomendado en el Instrumental Normalizado del PNUMA, el cual corresponde a 5 µg EQT/t de material quemado.

El sexto paso consiste en sumar todas las emisiones calculadas para cada tipo de incendio, con el objetivo de obtener la emisión total, en el año inventario para esta subcategoría.

El factor de emisión utilizado es ligeramente superior al reportado en U.S. EPA (2000) para la determinación de emisiones de PCDD/PCDF desde incendios forestales, el cual es 2 µg EQT/t de material quemado. Este factor de U.S. EPA se considera que puede subestimar grandemente la estimación de las emisiones desde esta categoría de fuente (*Goulet y Touati, 2003*).

Sin embargo, el factor utilizado en las estimaciones para Cuba, es bastante menor al usado, de forma preliminar, por los autores citados anteriormente (20 µg EQT/t de material quemado) para la estimación de las emisiones de PCDD/PCDF en EE.UU. y los factores diferenciados que mencionan para la biomasa de bosques en ese propio país (Oregón: 25 µg EQT/t material quemado; Carolina del Norte: 15 µg EQT/t de material quemado).

Con relación a las liberaciones a la tierra, es de esperar que haya contenidos de PCDD/PCDF en las cenizas residuales de los incendios. Aunque los estudios desarrollados sobre la presencia de estos compuestos en cenizas y hollín de fuegos abiertos han mostrado muy diversas concentraciones, para el cálculo de la emisión a los residuos se determinó seleccionar el factor de emisión inicial de 4 µg de EQT/t de material quemado, recomendado en el Instrumental Normalizado del PNUMA.

En el siguiente cuadro se exponen de manera resumida, los resultados alcanzados en la determinación de las emisiones totales a la atmósfera y a la tierra, las cuales ascendieron durante el año 2000, a 0.532 g EQT/a y 0.43 g EQT/a, de forma respectiva.

Provincias	Cantidad de área quemada (ha/a) (*)	Cantidad de biomasa quemada (t/ a)	Factores de emisión (µg EQT/t de material quemado)		Liberación anual (g EQT/a)	
			atmósfera	tierra	atmósfera	tierra
Pinar del Río	936	14 040	5	4	0,07	0,056
La Habana	912	13 680			0,068	0,055
Ciudad de La Habana	8	120			0,0006	0,0005
Matanzas	48	720			0,004	0,003
Villa Clara	431	6 465			0,032	0,026
Cienfuegos	117	1 755			0,009	0,007
Sancti Spiritus	28	420			0,002	0,0017
Ciego de Ávila	42	630			0,003	0,0025
Camagüey	1 036	15 540			0,078	0,062
Las Tunas	158	2 370			0,012	0,009
Holguín	552	8 280			0,041	0,033
Granma	194	2 910			0,015	0,012
Santiago de Cuba	18	270			0,001	0,001
Guantánamo	1 307	19 605			0,098	0,078
Isla de la Juventud	1 311	19 665			0,098	0,079
<b>Cuba</b>	<b>7 098</b>	<b>106 470</b>			<b>0,53</b>	<b>0,43</b>

(\*) **Fuentes de información:** Anuario Estadístico de Cuba, Año 2002, Oficina Nacional de Estadísticas; Cuerpo de Guardabosques, Ministerio del Interior; Instituto de Investigaciones Forestales, Ministerio de la Agricultura; Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña, Ministerio de la Agricultura.

### Incendios de Praderas y Brezos

Los incendios de sabanas, praderas, herbazales y brezos son una fuente importante de emisiones de gases y partículas a la atmósfera en muchos países, especialmente en aquellos donde estas quemadas forman parte de prácticas agrícolas tradicionales. En Cuba, esta categoría de fuente tiene una menor importancia relativa. Durante el proceso de captación de información no se obtuvieron datos sobre estos tipos de incendios. Por este motivo, estas emisiones se reportan como no estimadas (NE) en el inventario, aunque se considera que las mismas son no tiene una contribución significativa en las emisiones totales asociadas a esta categoría.

### Quema de residuos agrícolas

Las quemadas de residuos agrícolas en el campo, constituyen también una fuente de interés para las emisiones de PCDD/PCDF. En Cuba, las principales quemadas de residuos agrícolas están vinculadas a las labores de cosecha de la caña de azúcar, y en particular, las quemadas de paja

y cogollo que se originan en las quemas de los campos de caña y las quemas de paja que se producen en los centros de acopio.

Las quemas de los campos de caña no son exactamente una quema de residuos, pero por sus analogías pueden abordarse en este epígrafe e incluso en el anterior. En esta sección se excluyen los residuos agrícolas que son quemados para obtener energía. En el país se queman algunos residuos con este fin, aunque en volúmenes muy reducidos.

De acuerdo con la información suministrada por la Sala de Control de Zafra del Ministerio de la Industria Azucarera, en la zafra 1999-2000 se quemaron en el campo 4 296 601 toneladas de caña de azúcar. Asumiendo que la caña de azúcar posee un 25 % de paja y cogollo y que el 40 % de esta biomasa se quemó totalmente, se tiene como resultado que durante la zafra de este año, se quemaron en los campos de caña, un total aproximado de 322 245 toneladas de biomasa asociada a este cultivo.

Por otra parte, se estimo que alrededor del 75 % de la caña molida en esta zafra (27 245 544 toneladas) fue procesada en centros de acopio y que alrededor del 8 % de la paja asociada a esta cantidad (2 179 643 toneladas), fue a parar a estas instalaciones. Luego de las operaciones de limpieza, el 12 % de la paja (261 557 toneladas) se quedo como material residual en estas instalaciones. En base a las prácticas tradicionales, se estima que alrededor de un 50 % de la paja residual que queda en los centros de acopio (130778 toneladas), es objeto de prácticas de quema al aire libre.

Para la estimación de las emisiones, en el Instrumental normalizado del PNUMA, se propone un valor medio para el factor de emisión a la atmósfera de 30 µg de EQT/t de material quemado, el cual proviene de pruebas realizadas en quemas de hojas a cielo abierto en Japón. La incertidumbre del estimado al utilizar este resultado se considera grande.

En el siguiente cuadro, se exponen los resultados obtenidos de las emisiones de PCDD/PCDF provenientes de las quemas de campos de caña de azúcar y las quemas de cogollo y paja en los centros de acopio. Como puede apreciarse, las emisiones totales resultaron en 65,152 g EQT/a a la atmósfera y 21,717 g EQT/a a la tierra.

Cantidad de material quemado (t /a)	Factor de emisión atmósfera (ug EQT/t de material quemado)	Emisión a la atmósfera (g EQT/ a)	Factor de emisión tierra (ug EQT/t de material quemado)	Emisión a la tierra (g EQT/a)
130 778 (Paja quemada en Centros de Acopio)	30	3,923	10	1,307
429 660 (Paja y cogollo en caña quemada en el campo)	30	12,889	10	3,222
<b>Total</b>		<b>16,812</b>		<b>4,529</b>

### **VI.6.2. Quema de Desechos e Incendios Accidentales**

En esta subcategoría, se incluye la combustión deliberada de materiales de desecho para su eliminación sin la utilización de hornos ni otros dispositivos similares y también incendios deliberados y accidentales.

Se dispone en general de pocos resultados cuantificados para algunos de estos tipos de fuentes, lo que se une a las dificultades y limitaciones confrontadas para captar informaciones sobre los datos de actividad necesarios para realizar las estimaciones.

#### **Incendios accidentales de viviendas y fábricas**

Los incendios accidentales son muy variables y las emisiones dependen en gran parte de los materiales que se queman y las características del incendio. Dentro de este grupo tienen gran importancia los incendios en fábricas e instalaciones similares, especialmente aquellas que por las características de sus producciones almacenan sustancias químicas. Estos incendios pueden generar grandes liberaciones de PCDD/PCDF

Según datos proporcionados por la Dirección Nacional de Bomberos, durante el año 2 000 se produjeron 4 906 incendios, en los cuales estuvieron involucrados 4 253 viviendas y 653 fábricas. Sin embargo debido a la elevada variabilidad de las infraestructuras involucradas en estos siniestros, no fue posible determinar la cantidad de material quemado, y con ello, realizar la estimación de las emisiones correspondientes a esta subcategoría

#### **Quema no controlada de desechos domésticos**

Se incluyen en esta subcategoría, las actividades de quema de desechos sin ningún tipo de control de contaminación. Uno de los tipos importantes de quemas en este tipo de fuente, son las quemas a cielo abierto que ocurren en los vertederos de desechos sólidos, especialmente en los países en desarrollo. Aunque no abundan los reportes de mediciones de emisiones desde esta fuente, parece que estas varían considerablemente, según las condiciones de la combustión (también muy variables) y la composición de los desechos.

Para las actividades de quema a cielo abierto, en el Instrumental Normalizado del PNUMA se propone un factor de emisión a la atmósfera de 300 µg de EQT/t, para la gran diversidad de desechos que pueden ser objeto de este tipo de prácticas. No obstante, es importante señalar que el rango de valores de los factores de emisión para esta fuente es amplio, dada la gran variedad de desechos que se queman en los vertederos.

Como regla general, los desechos sólidos municipales que son recolectados en el ámbito nacional, son objeto de prácticas de disposición en numerosos vertederos a cielo abierto que han habilitados para estos propósitos. Durante el periodo sujeto a evaluación, una proporción de los desechos recolectados fue objeto de prácticas de quema a cielo abierto, con el objetivo fundamental de reducir el volumen de los mismos y propiciar una mayor capacidad para la asimilación posterior de nuevos desechos.

De acuerdo con la información suministrada por la Dirección Nacional de Servicios Comunes del Ministerio de Economía y Planificación (MEP), durante el año 2000 se recolectaron 3 419 650 toneladas de desechos sólidos municipales, y de estos, se asumió que el 5% (170

982,5 toneladas), fueron objeto de prácticas de quema a cielo abierto. Para el cálculo de las emisiones a la atmósfera se seleccionó el factor de emisión recomendado por el Instrumental del PNUMA, el cual es de 300 µg de EQT/t de material quemado

Además de las liberaciones a la atmósfera, en esta subcategoría se producen liberaciones con los residuos. Las mismas variarán de acuerdo a las características de los desperdicios y las condiciones en que ocurre el fuego. Para la estimación de la emisión a los residuos, se asumió el factor de emisión recomendado por el Instrumental Normalizado del PNUMA, el cual es de 600 µg de EQT/t de material quemado.

Provincia	Cantidad de desechos recolectados (t/a) (*)	Cantidad de desechos quemados (t/a) (*)	Emisión atmósfera (g EQT/a)	Emisión residuos (g EQT/a)
Pinar del Río	99 950	4 997,5	1,5	2,999
La Habana	232 183,3	11 609,1	0,348	6,965
Ciudad de la Habana	1 122 466,6	56 123,3	16,837	33,674
Matanzas	218 383,3	10 919,1	3,276	6,551
Villa Clara	199 633,3	9 981,6	2,994	5,989
Cienfuegos	110 500	5 525	1,658	0,995
Sancti Spíritus	194 050	9 702,5	2,911	5,822
Ciego de Ávila	133 933,3	6 696,6	2,009	4,018
Camaguey	190 250	9 512,5	2,854	5,708
Las Tunas	121 516,6	6 075,8	1,823	3,645
Holguín	220 350	11 017,5	3,305	6,611
Granma	206 916,6	10 345,8	3,103	6,207
Santiago de Cuba	223 216,6	11 160,8	3,348	6,696
Guantánamo	108 083,3	5 404,1	1,621	3,242
Isla de la Juventud	38 216,6	1 910,8	0,573	1,146
<b>Total</b>	<b>3 419 650</b>	<b>170 982,5</b>	<b>48,16</b>	<b>100,27</b>

(\*) Fuente de Información: Dirección de Servicios Comunales, Ministerio de Economía y Planificación; Anuario Estadístico 2002, Oficina Nacional de Estadísticas.

### Incendios de vehículos

Los incendios de vehículos pueden liberar PCDD/PCDF. Estas emisiones tienen alta variabilidad, dada la amplia variedad de los tipos de vehículos involucrados.

Según informaciones proporcionadas por la Dirección Nacional de Bomberos, durante el año 2000 ocurrieron 278 incendios que involucraron a vehículos de diferentes tipos.

En el siguiente cuadro se muestran las liberaciones de PCDD/PCDF a la atmósfera y los residuos, asociadas a la quema accidental de vehículos.

Cantidad de incendios (u/a) (*)	Factor de emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/t de material quemado)	Emisión a la atmósfera (g EQT/ a)	Factor de emisión residuos ( $\mu\text{g}$ EQT/t de material quemado)	Emisión residuos (g EQT/a)
278	94	0,026	18	0,0050
<b>Total</b>		<b>0,026</b>		<b>0,0050</b>

(\*) Dirección Nacional de Bomberos, Ministerio del Interior

### Quema de Madera a Cielo Abierto (construcción/demoliciones)

En ocasiones se recurre a las actividades de quema, para eliminar desechos de las construcciones y las demoliciones, quemándose maderas y otros materiales de construcción. Estas quemas pueden dar origen a emisiones de PCDD/PCDF. Esta práctica no es frecuente en Cuba y de producirse ocasionalmente su peso es insignificante en las emisiones del inventario. Por este motivo, esta fuente se reporta como NO (no ocurren). Parte de las quemas de estos desperdicios ya están incluidas en las quemas a cielo abierto que se producen en los vertederos de residuos sólidos.

### VI.6.3 Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, obtenidas en la categoría de Procesos de Combustión Incontrolados. Se obtuvieron como liberaciones a la atmósfera 62,93 g EQT/a, como liberaciones a la tierra 5,17 g EQT/a y como liberaciones con los residuos 100,27 g EQT/a.

Subcategorías	Tipo de fuente	Emisión atmósfera (g EQT/a)	Emisión Tierra (g EQT/a)	Emisión residuos (g EQT/a)
Quema de biomasa	Incendios forestales	0,53	0,43	-
	Incendios de praderas, herbazales, etc.	NE	NE	NE
	Quema de residuos agrícolas en el campo	16,812	4,529	-
Quema de desechos e incendios accidentales	Incendios de terraplenes	NO	NO	NO
	Incendios de viviendas y fábricas	NE	NE	NE
	Quemas no controladas de desechos domésticos	48,16	-	100,27
	Incendios accidentales de vehículos	0,026	-	0,0050
	Quemas de madera de construcciones/demoliciones	NO	NO	NO
<b>Total</b>		<b>65,528</b>	<b>4,959</b>	<b>100,27</b>

NE- No estimado por falta de información NO- No ocurre

## VI.7. Categoría 7. Producción y Uso de Sustancias Químicas y Bienes de Consumo

### VI.7.1. Fabricas de Pasta y Papel

Los procesos productivos vinculados a las plantas en operación durante el año 2000, utilizaron solamente combustibles fósiles para el funcionamiento de sus calderas, con lo cual la emisión asociada a estos procesos de combustión, fue incluida dentro de las emisiones totales a la atmósfera, reportadas para la categoría 3 sobre generación de energía eléctrica y calefacción.

Todos los procesos productivos en operación, están vinculados con la utilización de pasta reciclada sin blanqueo, lo cual determino que no se realizara la estimación de emisiones al agua y a los lodos.

Las emisiones totales a los productos, fueron obtenidas a partir del factor de emisión correspondiente a esta clasificación y las cifras oficiales de producción ofrecidas por la Unión del Papel perteneciente al Ministerio de la Industria Básica.

Instalación	Cantidad de producto (t/a)	Factor de emisión productos ( $\mu\text{g}$ EQT/t)	Emisión productos (g EQT/ a)
Planta 1	2 345	10	0,023
Planta 2	9 393	10	0,093
Planta 3	4 936	10	0,049
Planta 4	9 791	10	0,098
Planta 5	8 067	10	0,080
Planta 6	5 827	10	0,058
<b>Total</b>	<b>40 359</b>		<b>0,401</b>

(\*) **Fuente de información:** Unión del Papel, Ministerio de la Industria Básica.

### V.7.2. Industria Química (Producción/Uso)

- **Pentaclorofenol y pentaclorofenato sodico**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional. La importación del PCP está prohibida en el por Resolución Ministerial.

- **Bifenilos policlorados (PCB)**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético, 2,4,5-triclorofenol y otros derivados del clorofenol**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Cloroanilo**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Éter de 2,4,6-triclorofenil-4-nitrofenilo**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Clorobencenos**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Producción de cloro**

En el ámbito nacional se identifica una sola instalación de producción de cloro-sosa, la cual se encuentra ubicada en al región central de país. Esta entidad utiliza una tecnología a base de

celdas electrolíticas con cátodo de mercurio y ánodo de titanio, con lo cuál, la no utilización de ánodos de carbón, determina que está actividad no tenga relevancia de la formación de PCDD/PCDF según el Instrumental del PNUMA.

Como parte de su infraestructura tecnológica, la instalación cuenta con una planta para el tratamiento de los lodos mercuriales, basada en un proceso de desmercurización con la utilización de sulfuro y el posterior confinamiento de los lodos, en nichos habilitados para estos propósitos.

- **Dicloruro de etileno o 1,2 dicloroetano**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Compuestos alifáticos clorados**

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional

- **Industria del petróleo**

En el ámbito nacional, se identifican cuatro refinerías de petróleo, de las cuales, tres se encontraban en funcionamiento durante el año 2000. De las tres refinerías en funcionamiento, dos de ellas son de baja profundización de crudo (Hidroskimming), mientras que una es de profundización media.

Una de las refinerías de profundización baja posee una unidad de vacío; un reformador catalítico de nafta para el aumento del octano en la gasolina y un hidrosulfurizador de destilados medios para la eliminación del azufre. La otra refinería de profundización baja carece de procesos secundarios para mejorar las calidades y solo procesa crudos nacionales de bajos contenidos de azufre.

La refinería de profundización media tiene una unidad de vacío; un reformador catalítico; un hidrosulfurizador de destilados medios y una unidad de craqueo catalítico para convertir productos pesados en productos ligeros.

Las refinerías con reformación catalítica utilizan un catalizador de platino, el cual se regenera de forma continua, adicionando cantidades controladas de dicloropropano junto con la nafta. Una vez que el catalizador es regenerado, el mismo se vende a firmas extranjeras para la recuperación del platino. No se puede cuantificar la emisión de PCDD/PCDF, porque no se dispone de factor de emisión en el Instrumental Normalizado del PNUMA.

### **VI.7.3. Plantas Textiles**

Durante el año 2000, las dos únicas plantas textiles en operación, con utilización de tintes clorados, alcanzaron una producción nacional aproximada de 1 157 toneladas.

En ningún caso, la materia prima utilizada tenía contenido de pentaclorofenol, lo cual está avalado por el requisito previo establecido por las propias entidades productivas, en relación con la ausencia de este producto, en sus solicitudes de compra de materia prima.

En el siguiente cuadro se resumen los niveles de producción alcanzados por las diferentes entidades productivas y las emisiones totales asociadas a los productos

Instalación	Producción anual (t/a) (*)	Factor de emisión productos (µg EQT/t de textil)	Emisión productos (mg EQT/a)
Planta 1	61,8	0,1	0,00618
Planta 2	1 095,0	0,1	0,1095
<b>Total</b>	<b>1156,8</b>		<b>0,115</b>

(\*) **Fuente de Información:** Departamento de Estadística, Dirección de Contabilidad, Ministerio de la Industria Ligera

#### VI.7.4. Industria del Cuero

La emisión de PCDD/PCDF con los productos de cuero está asociada a la utilización de pentaclorofenol.

Bajo esta consideración, no se consideró procedente realizar la estimación de emisiones en esta subcategoría, debido a que en la industria nacional del cuero, no se realizan aplicaciones de pentaclorofenol y las materias primas importadas, están requeridas de la ausencia de este producto.

#### VI.7.5. Resumen General para la Categoría

En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo. Los resultados alcanzados muestran 0.516 g EQT/a como liberaciones a los productos.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos residuos	
<b>a</b>	Fabricas de pasta y papel	-	-	-	0,401	-
<b>b</b>	Industria química	-	-	-	-	-
<b>c</b>	Industria del Petróleo	-	-	-	-	-
<b>d</b>	Plantas textiles	-	-	-	0,115	-
<b>e</b>	Industria del cuero	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>				<b>0,516</b>	

## V.8. Categoría 8. Varios

### VI.8.1. Desechado de Biomasa

El desecado de biomasa constituye una actividad que se encuentra asociada a la producción agrícola de arroz y café. El proceso de secado de la biomasa involucrada, se realiza en 70 entidades del país y el mismo se desarrolla a partir de la circulación de aire caliente generado en un proceso de combustión, con utilización de leña y afrecho.

La estimación de las emisiones se realizó a partir del factor de emisión correspondiente y la obtención de las cifras oficiales de producción, ofrecidas por el Ministerio de la Agricultura.

El siguiente cuadro, muestra los niveles de producción alcanzados para los diferentes renglones productivos y las emisiones totales asociadas a los mismos.

No. de Instalaciones	Cantidad de producto tras el secado (t/a)	Factor de Emisión atmósfera ( $\mu\text{g}$ EQT/ t de producto seco)	Emisión atmósfera (g EQT/a)	Factor de Emisión productos ( $\mu\text{g}$ EQT/t de producto seco)	Emisión productos (g EQT/a)
<b>Arroz</b>					
27	120 498	0,007	0,00082	0,1	0,0117
<b>Subtotal/ Arroz</b>	<b>120 498</b>		<b>0,00082</b>		<b>0,0117</b>
<b>Café</b>					
43	11 403	0,007	0,000080	0,1	0,0011
<b>Subtotal/ Café</b>	<b>11 403</b>		<b>0,000079</b>		<b>0,0011</b>
<b>Total</b>	<b>131 901</b>		<b>0,0009</b>		<b>0,0128</b>

(\*) **Fuentes de información:** Grupo Agroindustrial Pecuario Arrocero (GAIPA), Ministerio de la Agricultura; Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), Ministerio de la Agricultura.

### VI.8.2. Crematorios

Esta actividad no se realiza en el ámbito nacional.

### VI.8.3. Ahumaderos

Esta actividad prácticamente no tiene presencia en el ámbito nacional, con lo cual no posee una contribución significativa a las emisiones totales.

### VI.8.4. Limpieza en Seco

Debido a la carencia de registros sobre las cantidades de solventes utilizados y la ausencia de elementos informativos que indicaran que tipo de textiles habían sido objeto de aplicación con pentaclorofenol, no fue posible estimar las emisiones correspondientes esta subcategoría.

### VI.8.5. Consumo de Tabaco

El consumo anual de cigarrillos durante el año 2000, alcanzo la cifra de 11 566 510 000, unidades, mientras que el de tabacos (puros), fue de 359 843 500 000 unidades.

En base a los factores de emisión recomendados por el Instrumental del PNUMA, el siguiente cuadro resume las emisiones totales a la atmósfera por concepto del consumo de tabaco.

Concepto	Consumo (u/a) (*)	Factor de emisión atmósfera (pg EQT-l/cigarro)	Emisión atmósfera (g EQT-l/a)
Cigarros	11 566 510 000	0,1	0,00115
Tabacos	359 843 500 000	0,3	0,108
<b>Total</b>			<b>0,109</b>

(\*) Fuente de información: Dirección de Comercio, Ministerio de Comercio Interior

### VI.8.6. Resumen general para la Categoría

En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de varios. Los resultados alcanzados muestran 0,1099 g EQT/a como liberaciones a la atmósfera y 0,0128 g EQT/a como liberaciones a los productos

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>a</b>	Desecado de biomasa	0,0009	-	-	0,0128	-
<b>b</b>	Crematorios	-	-	-	-	-
<b>c</b>	Ahumaderos	-	-	-	-	-
<b>d</b>	Limpieza en seco	NE	NE	NE	NE	NE
<b>e</b>	Consumo de tabaco	0,109	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>0,1099</b>			<b>0,0128</b>	

## VI.9. Categoría 9. Evacuación / Manejo de Desechos

### VI.9.1. Terraplenes y Vertederos

El volumen de desechos sólidos municipales que fue dispuesto en vertederos a cielo abierto durante el año 2000, fue de alrededor de 3 419 650 toneladas.

Debido a la ausencia de estudios nacionales y otros elementos informativos que pudieran indicar las cantidades de lixiviado generado, en atención a la naturaleza y composición de los desechos y a las condiciones y particularidades asociadas a las practicas nacionales de disposición, no fue posible estimar las emisiones totales al agua, originadas por esta subcategoría.

### VI.9.2. Aguas de Alcantarilla y su Tratamiento

Para el cálculo de las emisiones correspondientes a esta subcategoría, se tomaron en cuenta los siguientes datos y consideraciones:

- Población total: 11 217 000 habitantes
- Cobertura de alcantarillado: 4 281 700 habitantes (36,1 %)
- Cobertura de fosas y letrinas: 6 225 200 habitantes (36,7 %)
- Volumen de agua suministrada: 1 686 hm<sup>3</sup>
- Residual generado: = 1 348 hm<sup>3</sup> (80 % del agua suministrada)
- Volumen evacuado por el alcantarillado: 577 hm<sup>3</sup>
- Volumen de agua tratada por el alcantarillado: 188 hm<sup>3</sup>
- Volumen de agua sin tratar/Alcantarillado: 389 hm<sup>3</sup>

Quedan 771 hm<sup>3</sup> de los cuales 560 hm<sup>3</sup> (considerando un per cápita general promedio de 80-100 l/hab/d ) tienen como destino fosas y letrinas, mientras que los 211 hm<sup>3</sup> restantes son vertidos en forma directa a la tierra y diferentes cuerpos de aguas superficiales y subterráneas.

Tasa de generación de lodos = 40 m<sup>3</sup> /hab año

Densidad promedio de los lodos = 1.02 kg/m<sup>3</sup>

El 99 % de los efluentes del alcantarillado son tratados en lagunas facultativas, mientras que alrededor del 1 % restante, es tratado en sistemas de tratamiento convencionales (secundarios)

Tomando en cuenta la naturaleza y características predominantes de los residuales domésticos, para la selección del factor de emisión, se asumió medio ambiente urbano (Baja densidad de industrias e insuficiente cobertura de tratamiento de residuales industriales)

En el siguiente cuadro, se muestra la situación de saneamiento existente a nivel nacional y las emisiones totales asociadas a las aguas residuales del alcantarillado.

Situación	Población vinculada. (hab.) (*)	Cantidad de efluentes (l/a)	Factor de emisión agua pg/ de EQT-I/L	Emisión agua (g EQT/a)	Cantidad de lodos secos (t/a)	Factor de emisión prod. = residuos µg/ de EQT/t.m.s	Emisión prod. = residuos (g EQT/a)
Cobertura de alcantarillado con tratamiento	1 395 077	1,88 x 10 <sup>11</sup>	0,5	0,094	6 864	100	0,686
Cobertura de alcantarillado sin tratamiento.	2 886 623	3,89 x 10 <sup>11</sup>	2	0,778	-	-	-
Cobertura de fosas y letrinas	6 225 200	5,6 x 10 <sup>11</sup>	-	-	-	-	-
Sin cobertura de tratamiento/ descarga directa	710 000	2,11 x 10 <sup>11</sup>	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>11217 000</b>	<b>1,348 x 10<sup>12</sup></b>		<b>0,872</b>			<b>0,686</b>

(\*) **Fuentes de información:** Anuario Estadístico Cuba 2000. Oficina Nacional de Estadísticas; Dirección de Acueducto y Alcantarillado. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos

### VI.9.3. Compostado

La producción de compost se identifica fundamentalmente en el Ministerio de la Agricultura y el Ministerio de la Industria Azucarera.

Para la realización de las estimaciones, se asumió el factor de emisión a la atmósfera de 5 µg EQT/t de materia seca, en atención a que en la ejecución de esta práctica, predomina la utilización de materiales verdes provenientes de medios no impactados.

Las cifras oficiales de producción de compost fueron obtenidas de los reportes oficiales emitidos por los Ministerios de la Agricultura y la Industria Azucarera.

El siguiente cuadro muestra los niveles de producción de compost alcanzados para los diferentes sectores durante el año 2000, así como las emisiones totales asociadas a cada uno de los mismos.

Provincia	Producción de compost (t.m.s./a)	Factor de emisión residuos =productos (µg EQT/t.m.s.)	Emisión (g EQT/a) residuos=productos
<b>Ministerio de la Agricultura/MINAGRI</b>			
Pinar del Río	316 120	5	1,580
La Habana	290 000	5	1,450
Matanzas	26 150	5	0,130
Villa Clara	58 750	5	0,293
Cienfuegos	14 590	5	0,073
Sancti Spiritus	20 020	5	0,100
Ciego de Avila	6 700	5	0,033
Camaguey	66 640	5	0,333
Las Tunas	70 000	5	0,350
Holguín	12 720	5	0,063
Santiago de Cuba	90 940	5	0,454
Guantánamo	39 450	5	0,197
I. de la Juventud	500	5	0,0025
<b>Subtotal/MINAGRI</b>	<b>1 012 580</b>		<b>5, 058</b>
<b>Ministerio de la Industria Azucarera//MINAZ</b>			
Nacional	12 000	5	0,06
<b>Subtotal/MINAZ</b>	<b>12 000</b>		<b>0,06</b>
<b>Total</b>	<b>1 024 580</b>		<b>5,118</b>

(\*) **Fuente de información:** Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura.  
t.m.s. toneladas de materia seca

#### VI.9.4. Vertidos al Agua Abierta

Considerando que:

- Se generan 1 348 hm<sup>3</sup> de aguas residuales (80 % del agua suministrada)
- Se evacuan por el alcantarillado: 577 hm<sup>3</sup>

Quedan 771 hm<sup>3</sup>, de los cuales, unos 560 hm<sup>3</sup> (considerando un per cápita general promedio de 80-100 l/hab/d ) son asimilados por fosas y letrinas para su tratamiento. Por tanto, se puede asumir que el volumen vertido directamente es igual a 211 hm<sup>3</sup>.

Para la estimación de las emisiones, se asumió un factor de emisión igual a 2, considerando que la naturaleza de las aguas residuales que se vierten al agua abierta, es similar a la naturaleza de las aguas residuales sin tratamiento, que son descargadas a los sistemas de alcantarillado.

Situación	Cantidad de habitantes (hab) (*)	Cantidad de efluentes (l/a)	Factor de emisión al agua pg/ de EQT/L	Emisión agua (g EQT/l)
Sin cobertura de trat./descarga directa	710 000	2,11 x 10 <sup>11</sup>	2	0,422
<b>Total</b>				<b>0,422</b>

(\*) Fuente de información: Dirección de Acueducto y Alcantarillado. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

#### VI.9.5. Evacuación de Aceites de Desecho (no térmicos)

De acuerdo a la información proporcionada por la Unión del Combustible, del Ministerio de la Industria Básica, durante el año 2000 se comercializaron en el país 82 000 toneladas de aceites lubricantes, de las cuales solo el 1.7 % (1397 t) fue recuperadas y mezcladas con el crudo nacional para su uso como combustible.

Como resultado de la salida de operación de las dos únicas plantas de recuperación de aceites existentes en el país, durante el año 2000 las cantidades de aceites de desecho fueron objeto de múltiples prácticas de manejo, entre las que se incluyen su uso como combustible en diversos procesos industriales; su almacenamiento en capacidades temporales habilitadas para esos propósitos y su vertimiento esporádico en la red de alcantarillado y en diversos cuerpos de aguas superficiales.

Debido a la imposibilidad de cuantificar los volúmenes de aceites de desecho, en función de los de los diferentes destinos, no fue posible realizar la estimación de las emisiones correspondiente a esta subcategoría.

#### VI.9.6. Resumen general para la Categoría

En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las emisiones totales de PCDD/PCDF, correspondientes a la categoría de varios. Los resultados alcanzados muestran 0.1099 g EQT/año como liberaciones a la atmósfera y 0.0128 g EQT/año como liberaciones a los productos.

	Subcategorías	Emisiones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>a</b>	Terraplenes y vertederos					
<b>b</b>	Aguas de alcantarilla y su tratamiento	-	0,872	-	-	0,686
<b>c</b>	Compostado	-	-	-	5,118	-
<b>d</b>	Vertidos al agua abierta	-	0,422	-	-	-
<b>e</b>	Evacuación de aceites de desechos	NE	NE	NE	NE	NE
	<b>Total</b>		<b>1,294</b>		<b>5,118</b>	<b>0,686</b>

## **VI.10. Categoría 10. Puntos Calientes**

Se consideran puntos calientes a cualquier fuente potencial de contaminación por PCDD/PCDF, propiciada como resultado del desarrollo de algún tipo de actividad que se haya practicado con anterioridad o se encuentre actualmente en ejecución.

En el ámbito nacional, se dispone de un nivel de información aceptable sobre los principales puntos calientes definidos en el Instrumental. De ellos, se conoce la localización exacta, el tipo de producción y/o desecho asociado y los años de operación. En algunos casos, no siempre se dispone de la magnitud de la producción.

### **VI.10.1. Lugares de Producción de Sustancias Cloradas**

En el ámbito nacional no se identifican instalaciones de producción de sustancias cloradas.

### **VI.10.2. Lugares de Producción de Cloro.**

Como fue indicado en la evaluación de la categoría 7, en el ámbito nacional se cuenta con una instalación para la producción de cloro-sosa, la cual tiene más de 30 años de explotación. Los sedimentos del río Sagua la Grande, el cual constituye el cuerpo receptor de las descargas directas de los efluentes industriales de la producción de cloro, sosa cáustica y otros productos químicos, puede considerarse un punto caliente de elevada importancia.

### **VI.10.3. Lugares de Formulación de Fenoles Clorados**

En el ámbito nacional, esta actividad se limita exclusivamente a la formulación de los derivados clorados de los ácidos fenoxiacéticos (2,4-D y 2,4,5-T) la cual fue realizada hasta el año 1989. A partir de esa fecha y debido a la prohibición nacional de importación y uso del 2,4,5-T, se continuó formulando solamente el 2,4-D.

La formulación del 2,4 D fue realizada durante 30 años, en una planta que posteriormente fue desactivada, con el objetivo de que sus producciones fueran trasladadas a otra entidad productiva ubicada en otra zona del territorio.

El sedimento de la zanja de drenaje asociada a la planta que actualmente se encuentra desactivada, puede considerarse como un punto caliente de PCDD/PCDF, debido a que estos contaminantes son subproductos de la síntesis del 2, 4-D y sobre todo del 2,4,5-T, en el que la proporción de PCDD/PCDF, es superior en más de 100 veces, a la proporción que puede detectarse en el 2,4-D comercial.

En la actualidad, la formulación del 2,4-D se realiza en la nueva planta en operación. El drenaje de esta planta tiene una importancia relativamente menor, pues la presencia de PCDD/PCDF en el 2, 4-D es extremadamente baja, a lo cual se une el decrecimiento de uso nacional del 2,4-D en la agricultura, debido a la introducción de otros herbicidas más eficientes.

#### **VI.10.4. Lugares de Aplicación de Fenoles Clorados**

Los lugares de aplicación de compuestos clorados, se identifican en las áreas cañeras y de pastoreo, que fueron objeto de practicas de aplicación del 2,4 D y el 2,4,5 T (este ultimo hasta su prohibición). No obstante, a diferencia de otros herbicidas, las aplicaciones de estos productos se realizaron de forma dirigida hacia la maleza, de modo que las dosis de aplicación empleadas, resultaron ser muy pequeñas en todos los casos.

En el ámbito nacional, también se han identificado tres instalaciones vinculadas con la producción de pulpa y papel, en las cuales se utilizó el pentaclorofenol durante algunos años.

#### **VI.10.5. Fabricación de Madera y Lugares de Tratamiento**

Se identifican varias instalaciones pertenecientes al Ministerio de la Agricultura, que fueron objeto de prácticas de aplicación de sustancias cloradas para la preservación de la madera.

#### **VI.10.6 Transformadores y Capacitores Rellenos de PCB**

Como resultado de la ejecución de un inventario preliminar sobre existencias de equipos eléctricos en desuso con contenido de PCBs, en el ámbito nacional han sido identificadas varias ubicaciones- fundamentalmente de carácter industrial- en las cuales se dispone en su conjunto, de 72 transformadores y capacitores eléctricos que contienen aproximadamente toneladas de fluidos eléctricos con contenido de PCBs

Adicionalmente, fue posible identificar la existencia de un sitio contaminado como resultado de los derrames de fluido dieléctrico ocurridos en varios transformadores, así como la existencia de una ubicación, en la cual se dispone de algunos tanques con contenido de aceite con PCBs.

#### **VI.10.7. Vertederos de Residuos de Categoría 1-9**

La ocurrencia de incendios accidentales en vertederos de desechos, origina la liberación de PCDD/PCDF, los cuales pueden quedar retenidos en el lugar, formando parte de las cenizas resultantes del proceso de combustión. Bajo esta consideración los vertederos a cielo abierto existentes en el país, pueden considerarse puntos calientes potenciales.

#### **VI.10.8. Lugares donde se hayan producido Accidentes Importantes**

No se dispone de información al respecto

#### **VI.10.9. Dragado de Sedimentos**

Como practica tradicional, los sedimentos removidos en las operaciones de dragado de los canales de navegación, bahías y otras fuentes fluviales, son dispuestos mar afuera o en áreas de menor importancia que no están destinadas a la producción industrial, agrícola y ganadera. No fue posible obtener información sobre el volumen de sedimentos dragados en el año 2000.

**VII. Resumen de resultados**

No.	Categorías	Liberaciones anuales (g EQT/a)				
		atmósfera	agua	tierra	productos	residuos
<b>1</b>	<b>Incineración de desechos</b>	<b>56,419</b>	-	-	-	<b>0,744</b>
a	Desechos sólidos municipales	0,793	-	-	-	0,372
b	Incineración de desechos peligrosos	0,63	-	-	-	0,162
c	Incineración de desechos médicos	31,506	-	-	-	0,210
g	Combustión de cadáveres de animales	23,49	-	-	-	-
<b>2</b>	<b>Producción de metales ferrosos y no ferrosos</b>	<b>13,645</b>	<b>0,0033</b>	-	-	<b>8,232</b>
b	Producción de cok	0,170	0,0033	-	-	-
c	Producción de hierro y acero	3,453	-	-	-	5,023
d	Producción de cobre	2,378	-	-	-	1,872
e	Producción de aluminio	0,501	-	-	-	1,337
f	Producción de plomo	0,0078	-	-	-	-
h	Producción de bronce	0,0016	-	-	-	-
j	Producción de otros metales no ferrosos	7,134	-	-	-	-
<b>3</b>	<b>Generación de energía y calefacción</b>	<b>55,381</b>	-	-	-	<b>0,720</b>
a	Centrales de energía de combustibles fósiles	0,066	-	-	-	-
b	Centrales de energía de biomasa	55,185	-	-	-	0,0053
c	Combustión de terraplén /biogás	0,00016	-	-	-	-
d	Combustión de biomasa/uso doméstico	0,000083	-	-	-	0,000016
e	Combustión de combustibles fósiles/ uso doméstico	0,13	-	-	-	0,715
<b>4</b>	<b>Producción de productos minerales</b>	<b>3,807</b>	-	-	-	<b>0,864</b>
a	Producción de cemento	2,850	-	-	-	0,864
b	Producción de cal	0,861	-	-	-	-
c	Producción de ladrillos	0,03	-	-	-	-
d	Producción de vidrio	0,0014	-	-	-	-
e	Producción de cerámica	0,020	-	-	-	-
f	Mezclado de asfalto	0,045	-	-	-	-
<b>5</b>	<b>Transporte</b>	<b>0,422</b>	-	-	-	-

<b>a</b>	Motores de 4 tiempos	0,087	-	-	-	-
<b>b</b>	Motores de dos tiempos	0,079	-	-	-	-
<b>c</b>	Motores Diesel	0,103	-	-	-	-
<b>d</b>	Motores de aceite pesado	0,153	-	-	-	-
<b>6</b>	<b>Procesos de combustión incontrolada</b>	<b>65,528</b>	-	<b>4,959</b>	-	<b>100,27</b>
<b>a.1</b>	Incendios forestales	0,53	-	0,43	-	-
<b>a.3</b>	Quema de residuos agrícolas en el campo	16,812	-	4,529	-	-
<b>b.3</b>	Quema no controlada de desechos domésticos	48,16	-	-	-	100,27
<b>b.4</b>	Incendios accidentales de vehículos	0,026	-	-	-	0,0050
<b>7</b>	<b>Prod/Uso de sust. químicas y bienes de consumo</b>	-	-	-	<b>0,516</b>	-
<b>a</b>	Fabricas de pasta y papel	-	-	-	0,401	-
<b>d</b>	Plantas textiles	-	-	-	0,115	-
<b>8</b>	<b>Varios</b>	<b>0,1099</b>	-	-	<b>0,0128</b>	-
<b>a</b>	Desecado de biomasa	0,0009	-	-	0,0128	-
<b>e</b>	Consumo de tabaco	0,109	-	-	-	-
<b>9</b>	<b>Evacuación/Terraplén</b>		<b>1,294</b>		<b>5,118</b>	<b>0,686</b>
<b>b</b>	Aguas de alcantarilla y su tratamiento	-	0,872	-	-	0,686
<b>c</b>	Compostado	-	-	-	5,118	-
<b>d</b>	Vertidos al agua abierta	-	0,422	-	-	-
	<b>TOTAL</b>	<b>195</b>	<b>1,30</b>	<b>5,0</b>	<b>5,6</b>	<b>112</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>319</b>			

## VIII. Conclusiones

1. La metodología utilizada ha demostrado ser válida para la identificación de fuentes potenciales de emisión y para la evaluación en forma dinámica de las liberaciones de dioxinas y furanos provenientes de diversas actividades y/o procesos productivos.
2. La utilización del Instrumental del PNUMA ha propiciado el desarrollo de un importante instrumento de trabajo, que proporciona información fundamentada, para apoyar el proceso de toma de decisiones nacionales orientadas a la formulación de estrategias y programas nacionales de manejo, tales como los Planes de Aplicación Nacional para la implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, así como el desarrollo y establecimiento de indicadores de gestión ambiental, que permitan evaluar las tendencias futuras en los niveles de emisión de dioxinas y furanos y la eficacia y efectividad de los programas de acción ambiental en curso.
3. La metodología empleada para la ejecución del inventario, posee una adecuada relación costo- beneficio ya que la misma permite la obtención de un diagnóstico aproximado de la situación existente, con una gran eficiencia de recursos y tiempo. Bajo este criterio, se ha considerado que la rapidez y facilidad de utilización del Instrumental Normalizado del PNUMA, constituyen elementos de mayor importancia frente a la meta inalcanzable de obtener una precisión de un 100 %.
4. La metodología propuesta, constituye una alternativa viable, cuya aplicación debe ser considerada en el ámbito nacional, en atención a las limitaciones existentes, en términos de recursos materiales y financieros, para la realización de una evaluación inicial, basada en la ejecución de procedimientos de muestreo y análisis, los cuales suponen una elevada erogación financiera para su materialización.
5. Los resultados del inventario nacional muestran una emisión total de dioxinas y furanos de 319.73 g EQT en el año 2000, correspondiendo las mayores contribuciones hacia la atmósfera (61 %) y los residuos (35 %). Una menor proporción de las emisiones, se identifica hacia la tierra y los productos con alrededor de un 2 % y por último, hacia el agua, con menos del 1 %.
6. Los procesos de combustión no controlada representaron el 34 % de las liberaciones de dioxinas y furanos hacia la atmósfera, seguido muy de cerca por la incineración de desechos y la generación de energía con un 29 % y 28 %, respectivamente.
7. La incineración de desechos médicos (56 %) y las centrales de energía de biomasa (99 %) constituyeron las actividades de mayor contribución hacia la atmósfera, dentro de la categoría de incineración de desechos y generación de energía, respectivamente.
8. La quema no controlada de desechos domésticos, constituyó la actividad de mayor contribución a las emisiones totales hacia los residuos (91 %), mientras que la producción de metales ferrosos contribuyó con algo más del 7 % de las emisiones totales hacia este compartimiento ambiental.

9. Las mayores contribuciones hacia los productos, le correspondieron a las categorías de producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo y a la relacionada con la actividad de manejo de residuales, con alrededor de un 91 % del total de las emisiones hacia este compartimiento ambiental.

10. Los resultados del inventario deben ser considerados como una primera aproximación al diagnóstico de la situación nacional relativa a las liberaciones de dioxinas y furanos, ya que los mismos constituyen datos primarios que poseen cierto nivel de incertidumbre, debido fundamentalmente, a la aplicabilidad de los factores de emisión en el contexto de las condiciones, particularidades y patrones tecnológicos y de manejo que predominan en el ámbito nacional, así como la carencia de factores de emisión por defecto en algunos casos y los supuestos y consideraciones que fue necesario realizar durante el ejercicio de estimación en algunas subcategorías.

## **IX. Recomendaciones**

Atendiendo a los resultados y la experiencia alcanzada con la utilización del Instrumental Normalizado del PNUMA, se recomienda:

1. Iniciar estudios orientados a la obtención de factores de emisión por defecto, para algunas actividades que no tienen presencia en el marco de la metodología propuesta.
2. Empezar estudios orientados a la obtención de factores de emisión, que tomen en consideración las condiciones, particularidades, infraestructura tecnológica y patrones de manejo predominantes en los países en desarrollo.
3. Ampliar el alcance de la metodología existente, a partir de la incorporación de nuevas actividades.
4. Efectuar una revisión de los factores de emisión recomendados, en base a las sugerencias y comentarios proporcionados por los diferentes países, en atención a las experiencias nacionales alcanzadas con su aplicación.
5. Considerar la inclusión de un nuevo capítulo dedicado al control y evaluación de la calidad de los datos y el manejo de las incertidumbres.

## **X. Lagunas en el Instrumental**

Algunas de las principales lagunas identificadas con la utilización del Instrumental, incluyen:

- La ausencia de la producción de carbón vegetal, la cual constituye una actividad con una presencia importante en los países en desarrollo.
- La carencia de factores de emisión que contemplen la no disponibilidad de sistemas de control de la contaminación atmosférica, en el caso de la producción de cemento.
- El tratamiento simplificado de la actividad de transporte, en la cual se ha adoptado un factor de emisión por defecto, que no parece ser aplicable a una proporción significativa del parque automotor de nuestro país.
- La inclusión de los procesos de combustión asociados a pequeños generadores de electricidad, bombas y otros motores estacionarios, en el contexto de la categoría de transporte.
- La carencia de elementos informativos que propicien una aproximación a la cantidad real de biomasa quemada, como resultado de la ocurrencia de incendios forestales, bajo nuestras condiciones específicas
- La carencia de elementos informativos que permitan lograr una cuantificación de los niveles de lixiviados que son generados en los vertederos y rellenos sanitarios, de acuerdo a sus características y particularidades específicas.
- La ausencia de la actividad de copra de coco, que aunque no tiene una presencia significativa en el ámbito nacional, debe constituir una fuente potencial de liberaciones de dioxinas y furanos, atendiendo a las características de esta actividad.
- La dificultad práctica para determinar la cantidad de material quemado que se encuentra asociada a la ocurrencia de incendios de viviendas y fábricas, debido a la elevada variabilidad de las infraestructuras involucradas.

## **XI. Medidas para la reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos.**

Considerando la naturaleza y características de estos contaminantes, los cuales se forman involuntariamente como productos secundarios en una gran variedad de actividades y/o procesos industriales, las principales medidas a adoptar para la reducción de sus liberaciones, deben tener un carácter predominantemente preventivo y estar enfocadas como primera opción, a la prevención de la generación en la propia fuente, a partir de la adopción de buenas practicas de manejo, la introducción de mejoras tecnológicas en los procesos productivos y el establecimiento de tecnologías alternativas con mayores niveles de eficiencia.

En adición y como enfoque complementario, las medidas de reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos, deben considerar el establecimiento y/o rehabilitación de sistemas de tratamiento y/o dispositivos de depuración de emisiones gaseosas, todo lo cual, contribuirá a disminuir los niveles de emisión que no haya sido posible alcanzar, por la aplicación de medidas de medidas de carácter preventivo.

El desarrollo de una futura estrategia de trabajo orientada a la reducción de las liberaciones de dioxinas y furanos, debe concentrarse en primer término, en aquellas actividades y/o procesos industriales de mayor contribución al total de las emisiones nacionales. En este contexto, y considerando la situación existente en el ámbito nacional, se recomienda que entre las medidas generales de reducción se consideren:

- Ejecución de acciones orientadas a desalentar la ejecución de prácticas de quema no controlada de residuos agrícolas, desechos domésticos y otros desechos.
- Promover la introducción del concepto de producción mas limpia en el sector de la salud, con el objetivo de garantizar una menor generación de desechos hospitalarios. En este contexto, se recomienda evaluar las capacidades de incineración existentes, a los efectos de establecer las opciones necesarias para mejorar las condiciones de operación y control durante los procesos de incineración de este tipo de desechos.
- Evaluación de los procesos industriales involucrados en la formación y liberación de dioxinas y furanos, con el objetivo de promover el desarrollo de buenas prácticas de manejo y el establecimiento de mejoras tecnológicas en los procesos productivos y en los dispositivos de control de la contaminación.
- Incentivar la eliminación de la producción y el uso de la gasolina con plomo.
- Evaluación de las futuras alternativas tecnológicas de tratamiento de desechos, basadas en la incineración, atendiendo a la notable influencia de esta práctica en el total de las emisiones nacionales.
- Desarrollo de un marco jurídico y normativo destinado a regular las emisiones nacionales de dioxinas y furanos.
- Desarrollo de programas de capacitación y de educación ambiental, que consideren a todos los niveles de la entidad productiva.

## **XII. Referencias bibliograficas**

Brzuzy, L. P. and R. A. Hites, (1996): Global Mass Balance for Polychlorinated Dibenzo-p Dioxins and Dibenzofurans. *Environ Sci. Technol* 30, 1791-1804.

Buckland, S. J., H. K. Ellis and P. Dyke (2000): New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water and Reservoir Sources, New Zealand Ministry for the Environment, Wellington. March 2000, 192 pp.

Dyke, P., M. Wenborn, P. Coleman, K. King, and C. Rose (1997): A review of PCDD/F Releases to Land and Water in the UK, AEA Technology plc, Environment Agency, UK.

EMEP/CORINAIR (2001): Group 3: Combustion in manufacturing industry. Third Edition.

Environment Australia (2002): Sources of dioxins and furans in Australia: Air Emissions. Revised Edition, May 2002. Commonwealth of Australia, 118 pp.

Fernández, P (2003): Metodología para estimar las emisiones de dioxinas y furanos provenientes de las quemas de sabanas, praderas, herbazales y residuos de cosechas. CECONT, Instituto de Meteorología, 16 pp.

Gullet, B. K. and Touati, A. (2003): PCDD/F emissions from forest fires simulations. *Atmospheric Environment*, 37, p 803-13.

Gutiérrez, V., A. García, A. Rosas, H. E. Velasco, J. Gómez, G. G. Ramos (2002): Informe de la Situación y los Conocimientos Actuales sobre las Principales Fuentes y Emisiones de dioxinas en México. Segundo Reporte. Centro Nacional de Investigaciones y Capacitación Ambiental, CENICA, Universidad Autónoma Metropolitana, México, DF, México, 177 pp

Helsinki Commission (2002): Information on Emissions and Environmental Concentrations of PCDD/F in Finland. Monitoring and Assessment Group. Fourth Meeting, Warnemünde, Germany, 21-25 October 2002.

Her Majesty's Inspectorate of Pollution (HMIP), (1995): A Review of Dioxin Emissions in the UK, Report No. DOE/HMIP/RR/95/004, Department of Environment.

IFEU (1998): Ermittlung von Emissionen und Minderungsmaßnahmen für Persistente Organische Schadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland. IFEU-Institut, Heidelberg. Forschungsvorhaben Nr. 104 02 365, Germany.

Inventario Nacional de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables 2000-2001, Dirección de Industrias, Departamento de Energía, Oficina Nacional de Estadísticas, Julio 2002

Kakareka, S., T. Kukharchyk (2002): Expert Estimates of PCDD/F and PCB Emissions for Some European Countries. MSC-E Technical Note 2/June 2002, 44pp.

López, C. (2003): Metodología para estimar las emisiones de dioxinas y furanos provenientes de los incendios forestales. CECONT, Instituto de Meteorología, 10 pp.

LUA (1997): Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe (The European Dioxin Inventory). Report No. 43, North Rhine Westphalia State Environment Agency (LUA), Essen.

ONE, (2002): Anuario Estadístico de Cuba. Edición 2002. Oficina Nacional de Estadísticas, La Habana, 341 pp.

Petitioned Public Health Assesment, County Club Lake Estates, Hattiesburg, Forrest County, Mississippi.

PNUMA (2001): Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos - Borrador. Productos Químicos, Ginebra, Suiza, 196 pp.

RIVM/TNO, 1993): Inventario de las fuentes de dioxinas en Holanda (en holandés). Informe TNO 770501003, April.

UNEP (1999): Dioxin and Furan Inventory. National and Regional Emissions of PCDD/PCDF. United Nations Environment Programme. UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland.

USEPA, (2000): The Inventory of Sources of Dioxin in the United Status. External Review Draft. National Center for Environmental Assessment, U. S. Environment Protection Agency.

USEPA, (1998): The Inventory of Sources of Dioxin in the United States. Exposure Analysis and Risk Characterization Group. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA, (1997): Locating and estimating air emissions from sources of dioxins and furans. Research Triangle Park, NC: Office of Air Quality Planning and Standards, EPA-454/R-97- 003, 318 pp.

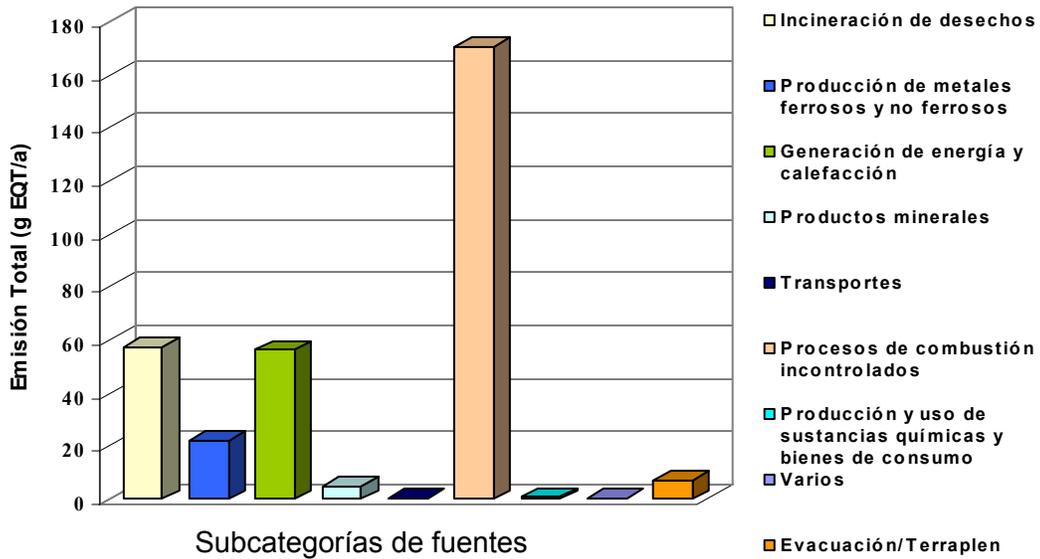
USEPA, (1994): Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds-Volume II: Properties, Sources, Occurrence and Background Exposures. Office of Research and Development, USEPA, Washington DC.

U.S. EPA (2000): Exposure and human health reassessment of 2,3,7,9 – tetrachloro dibenzo –p-dioxin (TCDD) and related compounds (Draft)

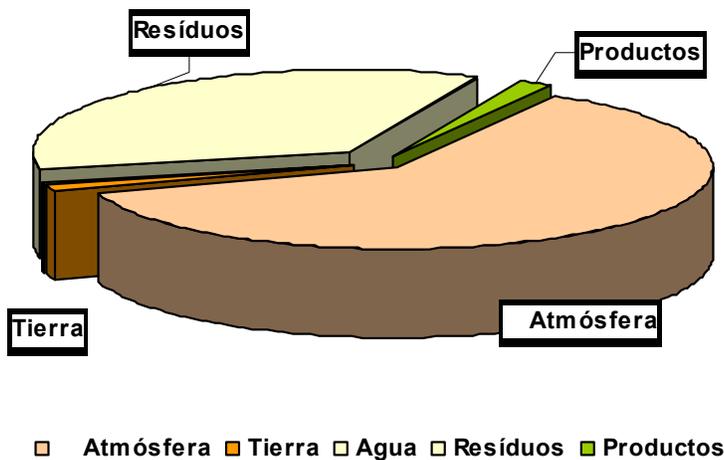
Wenborn, M., K. King, D. Buckley-Golder, J. A. Gascon (1999): Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe. AEA Technology, AEAT- 4703, 149 pp.

**Anexo I: Gráficos**

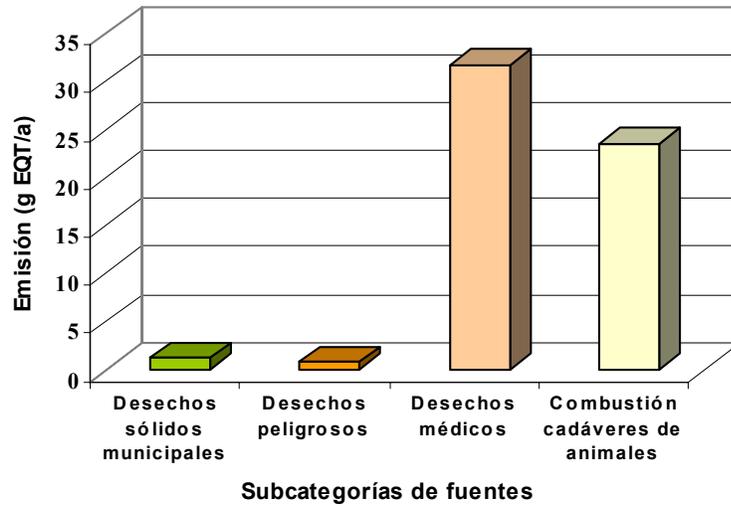
**Gráfico No. 1 Liberaciones totales de dioxinas y furanos por categorías principales de fuentes/Año 2000.**



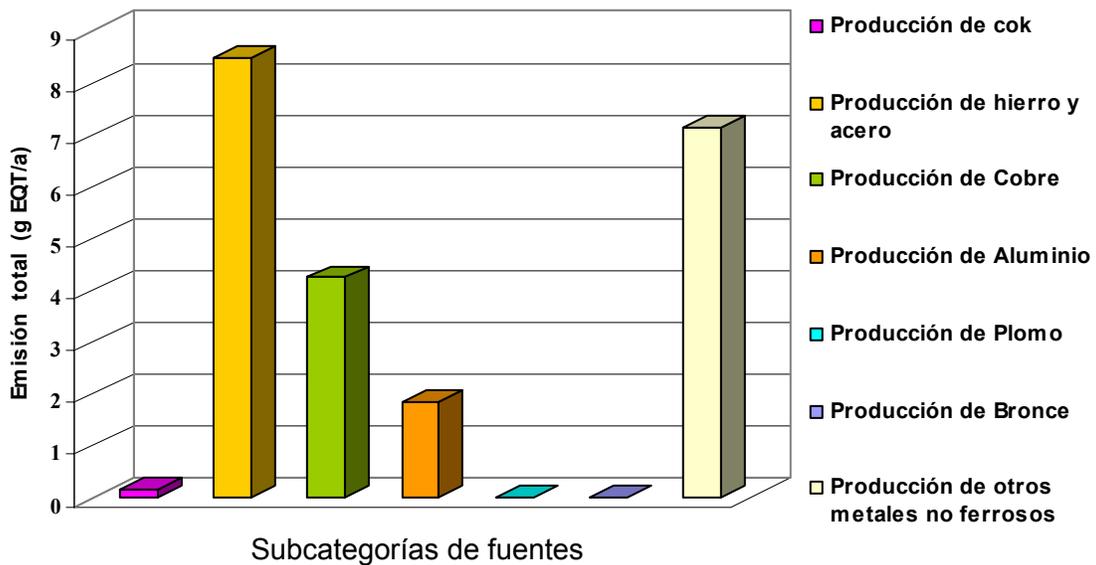
**Gráfico No.2 Liberaciones totales de dioxinas y furanos a los diferentes medios/Año 2000**



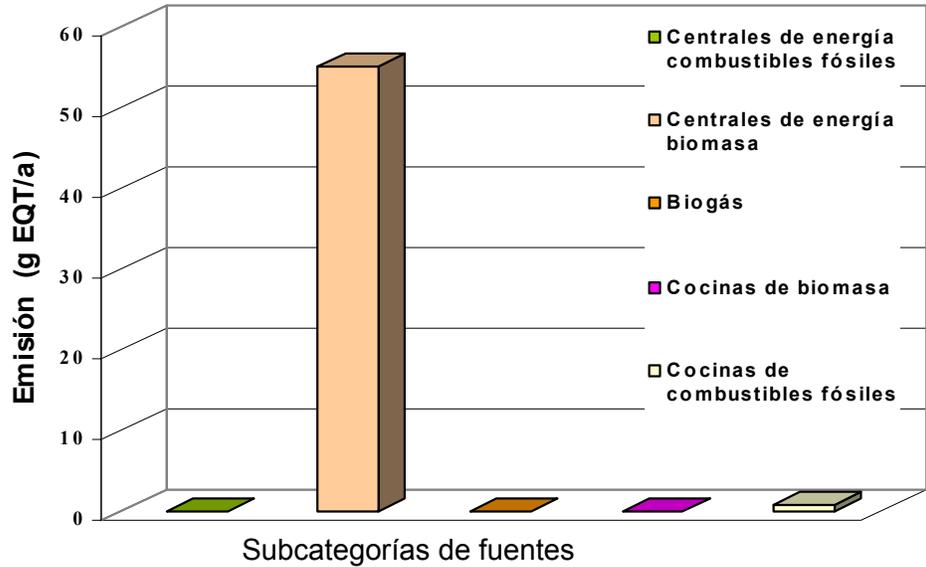
**Gráfico No.3 Liberaciones totales anuales  
Categoría 1 Incineración de desechos**



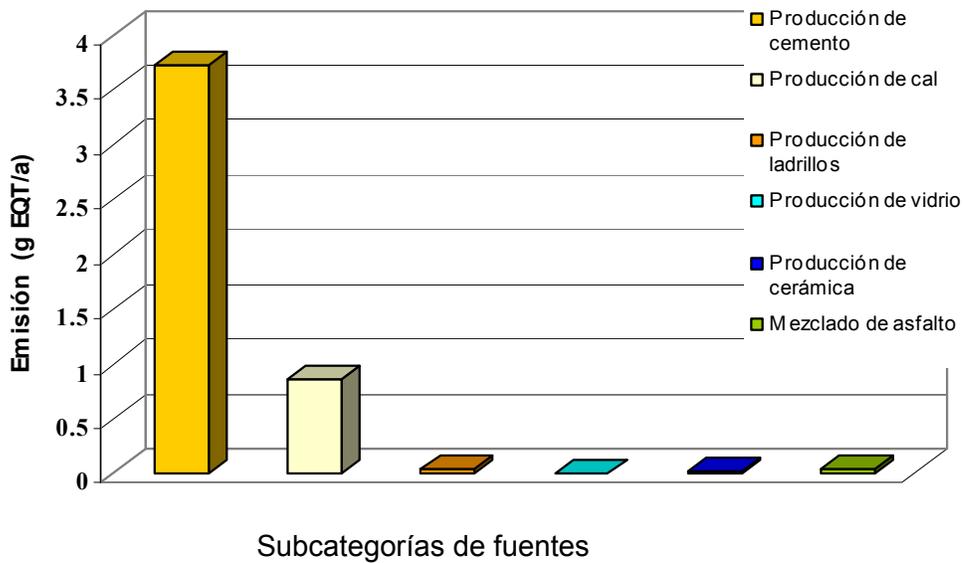
**Gráfico No. 4 Liberaciones totales anuales  
Categoría 2 Producción de metales ferrosos y no ferrosos**



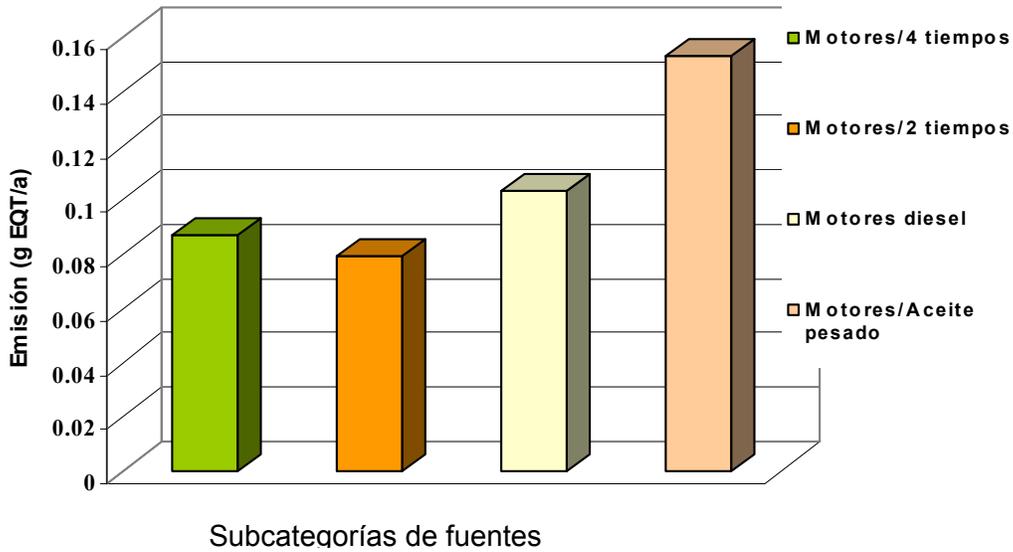
**Gráfico No.5 Liberaciones totales anuales  
Categoría No. 3 Generación de energía y calefacción**



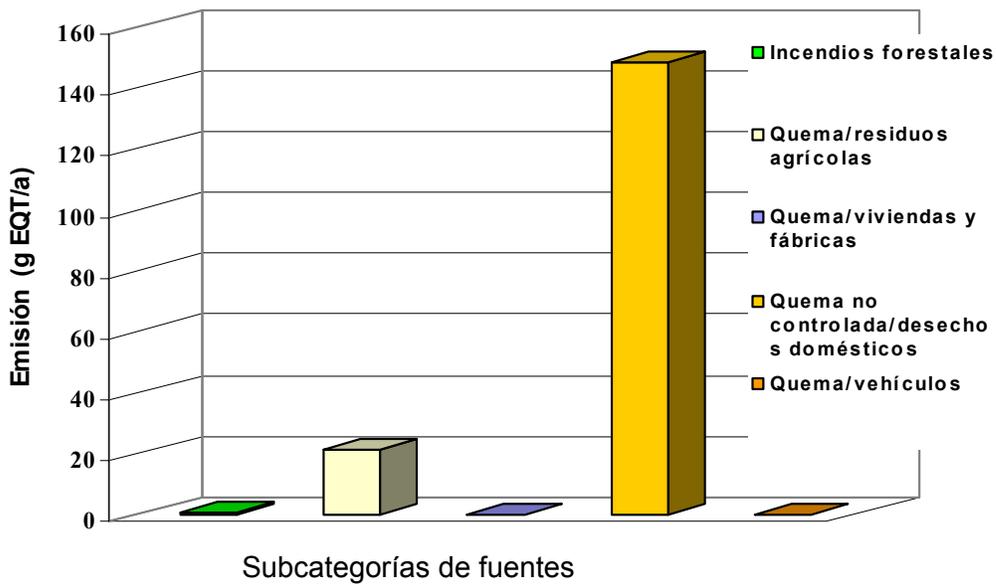
**Gráfico No.6 Liberaciones totales anuales  
Categoría No.4 Productos minerales**



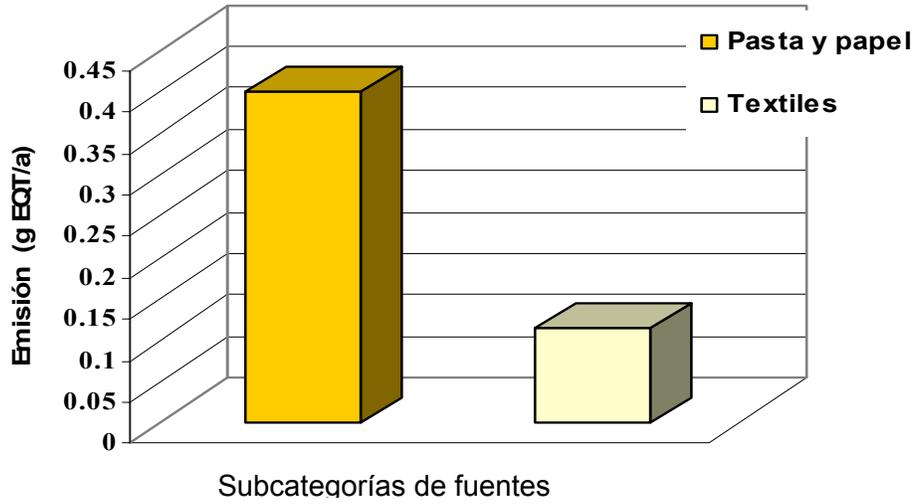
**Gráfico No.7 Liberaciones totales anuales  
Categoría No. 5 Transportes**



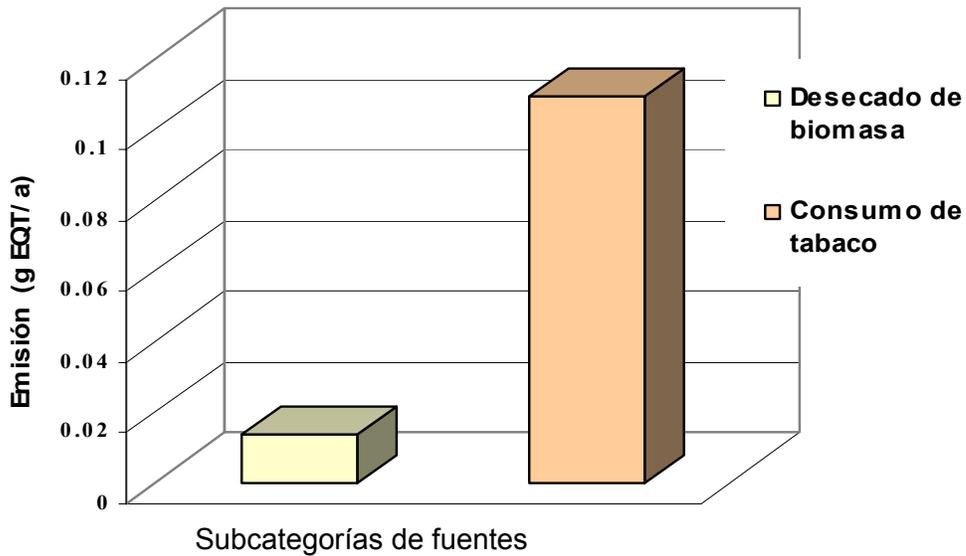
**Gráfico No.8 Liberaciones totales anuales  
Categoría No.6 Procesos de combustión incontrolados**



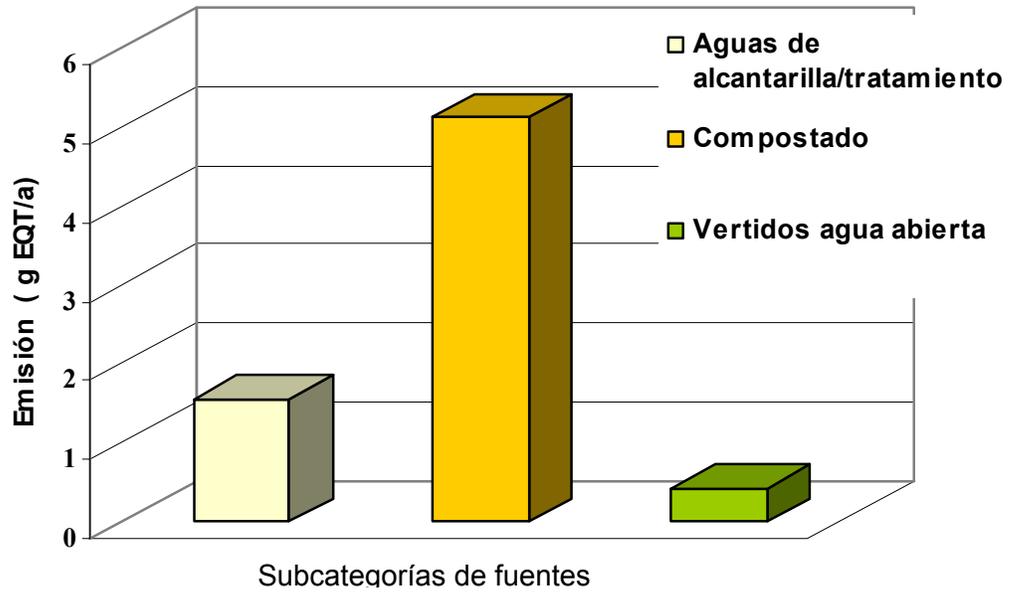
**Gráfico No.9 Liberaciones totales anuales  
Categoría No.7 Producción y uso de  
sustancias químicas y bienes de consumo**



**Gráfico No.10 Liberaciones totales anuales  
Categoría No. 8 Varios**



**Gráfico No. 11 Liberaciones totales anuales  
Categoría No. 9 Evacuación/Terraplén**



<b>Abreviaturas, siglas, unidades</b>
---------------------------------------

2,4,5-T	Acido 2,4,5-triclorofenoxiacético
°C	Grados Celsius
a	Año, 365 días
AL	Acero líquido
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
DP	Desechos peligrosos
EPA	Agencia de Protección Ambiental (Estados Unidos de América)
EQT	Equivalente de Toxicidad
EQT-I	Equivalente de Toxicidad-Internacional
FET	Factor de Equivalencia de Toxicidad
FET-I	Factor de Equivalencia de Toxicidad-Internacional
DSM	Desechos sólidos municipales
hm <sup>3</sup>	Hectómetros cúbicos
m.s.	Materia seca
MT	Miles de toneladas
MMm <sup>3</sup>	Miles de miles de toneladas
NA	No aplicable (no es un vector de liberación importante)
ND	No determinado/no datos ( hasta ahora no se han hecho mediciones)
PCB	Bifenilos policlorados
PCDD	Dibenzo- <i>para</i> -dioxinas policloradas
PCDF	Dibenzofuranos policlorados
PCP	Pentaclorofenol
PCP-Na	Pentaclorofenato de sodio
PES	Precipitador electrostático
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
(S)CCA	(Sistema) de control de la contaminación atmosférica
t	Tonelada (métrica)

### Unidades

t	tonelada	10 <sup>6</sup> g (1.000 kg)
kg	kilogramo	10 <sup>3</sup> g
g	gramo	10 <sup>0</sup> g
mg	miligramo	10 <sup>-3</sup> g
µg	microgramo	10 <sup>-6</sup> g
ng	nanogramo	10 <sup>-9</sup> g
pg	picogramo	10 <sup>-12</sup> g

### Unidades de energía

kJ	Kilojulio	10 <sup>3</sup> julios
MJ	Megajulio	10 <sup>6</sup> julios
GJ	Gigajulio	10 <sup>9</sup> julios
TJ	Terajulio	10 <sup>12</sup> julios