

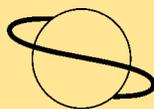


Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia. Línea Base 2002



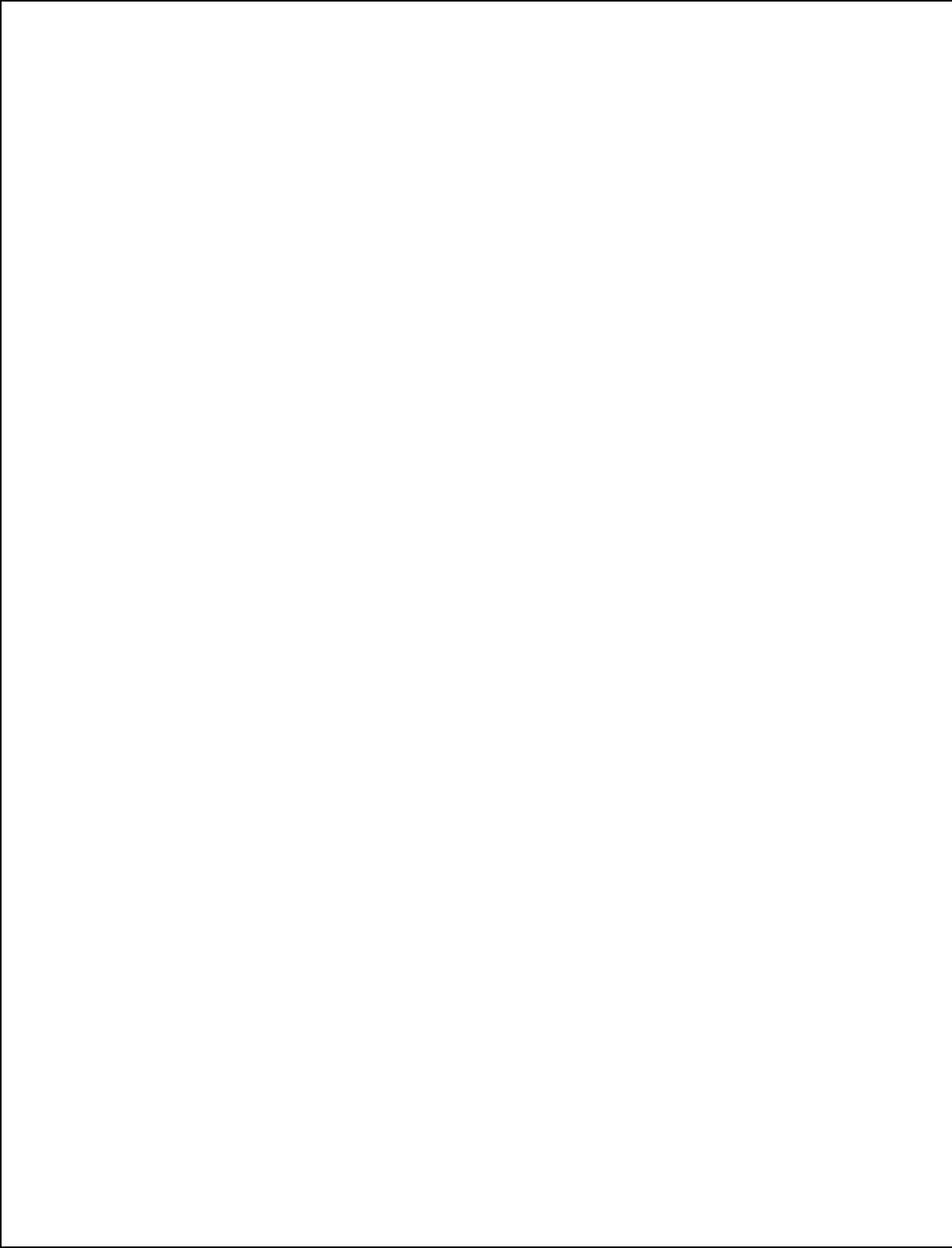
Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia



GEF
Global
Environment
Facility





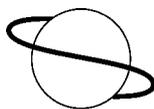


Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia. Línea Base 2002



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia



GEF
Global
Environment
Facility





Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

Álvaro Uribe Vélez
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Juan Lozano Ramírez
MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

Claudia Patricia Mora Pineda
VICEMINISTRA DE AMBIENTE

Luis Felipe Henao Cardona
SECRETARIO GENERAL

César Augusto Buitrago Gómez
DIRECTOR DE DESARROLLO SECTORIAL SOSTENIBLE

ISBN 978-958-97978-5-3

Agencias Implementadoras

BANCO MUNDIAL

Horacio Terraza
Catalina Marulanda

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS

PARA EL DESARROLLO – PNUD –

Luisz Olmedo Martínez

Equipo Técnico Coordinador

DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL

SOSTENIBLE

GRUPO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y RESIDUOS

PELIGROSOS

Leydy María Suárez
Andrea López Arias
José Álvaro Rodríguez Castañeda

Asistente Técnico - Administrativo

Orlando Quintero Montoya

Corrección de estilo

Susana Ortíz

Diseño e Impresión

Sanmartín Obregón & Cía
Impreso en Colombia
Mayo de 2007

El Equipo Técnico Coordinador y Consultor agradece a las instituciones, empresas y organizaciones que prestaron su apoyo para la elaboración del presente trabajo.

Contenido

Prefacio	11
Resumen ejecutivo	13
Introducción	15
1. Ubicación geográfica y contexto situacional colombiano	17
1.1. Ubicación	17
1.2. Población	17
1.3. Superficie	17
1.4. Regiones de Colombia	18
Regiones económicas	18
Regiones naturales.	18
Principales corredores industriales	19
2. Formación y liberación de dioxinas y furanos	21
2.1 Formación de dioxinas y furanos	22
Procesos térmicos	22
Procesos químicos industriales.	23
2.2. Liberaciones de PCDD/PCDF	23
Liberaciones al vector aire.	23
Liberaciones al vector agua	24
Liberaciones al vector suelo	24
Liberaciones al vector productos.	24
Liberaciones al vector residuos.	24
3. Protocolo para la preparación del inventario	25
3.1 Matriz de Selección – Principales categorías de fuentes	26
3.2 Identificación de subcategorías	27
Subcategorías – Categoría principal 1	27
Subcategorías – Categoría principal 2	28
Subcategorías – Categoría principal 3	28
Subcategorías – Categoría principal 4	28
Subcategorías – Categoría principal 5	29
Subcategorías – Categoría principal 6	29
Subcategorías – Categoría principal 7	29
Subcategorías – Categoría principal 8	30
Subcategorías – Categoría principal 9	30
Subcategorías – Categoría principal 10	31
3.3. Acopio de información	31
3.4. Cuantificación de liberaciones.	32
4. Identificación y cuantificación de liberaciones anuales de PCDD/PCDF para cada categoría con sus subcategorías – año 2002	33
4.1. Categoría 1 - Incineración de desechos	33
Condiciones y características generales de los procesos de incineración en Colombia.	34
Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de incineración	36

4.2	Categoría 2 - Producción de metales ferrosos y no ferrosos	42
	Características de la producción de metales en Colombia	42
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción de metales ferrosos y no ferrosos.	42
4.3	Categoría 3 – Transformación de energía	51
	Características de esta categoría en Colombia	51
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de transformación de energía	51
4.4	Categoría 4 – Producción de minerales	62
	Características de la producción de minerales en Colombia.	62
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción de minerales	62
4.5	Categoría 5 - Transporte	66
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de transporte	66
4.6	Categoría 6 – Combustión Incontrolada.	69
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de combustión incontrolada	69
4.7	Categoría 7 – Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo.	74
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	74
4.8	Categoría 8 – Varios	89
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de varios	89
4.9	Categoría 9 – Evacuación / Terraplenes	96
	Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de evacuación / terraplenes	96
4.10	Categoría 10 - Puntos calientes	101
	Lugares de producción de sustancias orgánicas cloradas.	101
	Lugares de producción de cloro (Cl ₂).	101
	Lugares de formulación de fenoles clorados / plaguicidas	101
	Lugares de aplicación de plaguicidas contaminados con dioxinas/furanos.	101
	Lugares de fabricación y tratamiento de madera	102
	Transformadores y condensadores con contenido de PCB	102
	Rellenos Sanitarios y botaderos de desechos / residuos de las categorías 1-9	102
	Lugares de accidentes relevantes.	102
	Dragado de sedimentos	103
	Sitios de arcilla caolínica o arcilla plástica	103
	5. Liberaciones Consolidadas	104
	6. Análisis de Resultados	105
6.1.	Vacios de información	109
	7. Recomendaciones	111
	8. Referencias	112

Tablas

Tabla 1	Matriz de Selección - Principales categorías de fuentes	27
Tabla 2	Subcategorías - Categoría principal 1	27
Tabla 3	Subcategorías - Categoría principal 2	28
Tabla 4	Subcategorías - Categoría principal 3	28
Tabla 5	Subcategorías - Categoría principal 4	29
Tabla 6	Subcategorías - Categoría principal 5	29
Tabla 7	Subcategorías - Categoría principal 6	29
Tabla 8	Subcategorías - Categoría principal 7	30
Tabla 9	Subcategorías - Categoría principal 8	30
Tabla 10	Subcategorías - Categoría principal 9	30
Tabla 11	Subcategorías - Categoría principal 10.	31
Tabla 12	Cantidad de incineradores por distribución de capacidades. Año 2002	34
Tabla 13	Capacidad horaria de incineración en Colombia. Año 2002.	34
Tabla 14	Porcentaje de Residuos Incinerados según visitas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) e información recolectada durante el inventario.	35
Tabla 15	Cantidad Anual Incinerada en función del tipo de residuo	35
Tabla 16	Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos sólidos municipales . . .	36
Tabla 17	Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos peligrosos	37
Tabla 18	Liberaciones de la subcategoría incineración de lodos de alcantarilla	38
Tabla 19	Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos sólidos municipales . . .	38
Tabla 20	Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos de madera y biomasa. . .	39
Tabla 21	Liberaciones de la subcategoría incineración de cadáveres de animales	39
Tabla 22	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de incineración de desechos.	40
Tabla 23	Liberaciones de la subcategoría sinterización de hierro	42
Tabla 24	Liberaciones de la subcategoría producción de coque.	43
Tabla 25	Liberaciones de la subcategoría Producción de acero y funderías de hierro.	44
Tabla 26	Liberaciones de la subcategoría producción de cobre	45
Tabla 27	Liberaciones de la subcategoría producción de aluminio	46
Tabla 28	Liberaciones de la subcategoría producción de plomo	47
Tabla 29	Liberaciones de la subcategoría producción de zinc	47
Tabla 30	Liberaciones de la subcategoría producción de bronce y latón	48
Tabla 31	Liberaciones de la subcategoría producción de magnesio	49
Tabla 32	Liberaciones de la subcategoría producción de otros metales no ferrosos	50
Tabla 33	Liberaciones de la subcategoría desguazadoras	51
Tabla 34	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de producción de metales ferrosos y no ferrosos.	52
Tabla 35	Consumo de energía en el sector centrales térmicas, año 2002	56
Tabla 36	Consumo de energía en el sector industrial, año 2002	57
Tabla 37	Consumos de combustibles y biomasa para generación de energía y para el sector industrial	57

Tabla 38	Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de combustibles fósiles	58
Tabla 39	Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de biomasa	58
Tabla 40	Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de biomasa rellenos sanitarios, combustión de biogás.	59
Tabla 41	Consumo de energía en el sector residencial, año 2002	59
Tabla 42	Liberaciones de la subcategoría de combustión de biomasa para uso doméstico (calefacción, cocina).	60
Tabla 43	Liberaciones de la subcategoría de la combustión de combustibles fósiles para uso doméstico (calefacción, cocina)	60
Tabla 44	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de transformación de energía	61
Tabla 45	Liberaciones de la subcategoría hornos de cemento.	62
Tabla 46	Liberaciones de la subcategoría producción de cal.	63
Tabla 47	Liberaciones de la subcategoría producción de ladrillo	63
Tabla 48	Liberaciones de la subcategoría producción de vidrio	64
Tabla 49	Liberaciones de la subcategoría producción de cerámica	64
Tabla 50	Liberaciones de la subcategoría mezclado de asfalto	64
Tabla 51	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de producción de minerales	65
Tabla 52	Consumo de combustibles en Colombia durante el año 2002 en barriles por día calendario.	66
Tabla 53	Cantidad de vehículos existentes en Colombia en el año 2002	67
Tabla 54	Consumos de combustible por tipo de vehículo. Año 2002.	67
Tabla 55	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de transporte	68
Tabla 56	Liberaciones de la subcategoría de quema de biomasa Virgen (Incendios forestales y de praderas y brezos).	70
Tabla 57	Cálculo de la biomasa quemada por residuos agrícolas en el año 2002.	70
Tabla 58	Liberaciones de la subcategoría quema de biomasa (residuos agrícolas)	71
Tabla 59	Liberaciones de la subcategoría quema de desechos e incendios accidentales.	72
Tabla 60	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de combustión incontrolada	73
Tabla 61	Producción de papel en Colombia para el año 2002	74
Tabla 62	Liberaciones de la subcategoría fábricas de pasta y papel.	75
Tabla 63	liberaciones de la subcategoría industrial química	78
Tabla 64	Liberaciones de la subcategoría plantas textiles	79
Tabla 65	Liberaciones de la subcategoría plantas de cuero	80
Tabla 66	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	81
Tabla 67	Liberaciones de la subcategoría desecado de biomasa	84
Tabla 68	Liberaciones de la subcategoría crematorios	85
Tabla 69	Liberaciones de la subcategoría ahumados.	86
Tabla 70	Liberaciones de la subcategoría limpieza en seco	86
Tabla 71	Liberaciones de la subcategoría consumo de tabaco	87
Tabla 72	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de varios	88

Tabla 73	Liberaciones de la subcategoría lixiviado de rellenos	90
Tabla 74	Liberaciones de la subcategoría de aguas negras y su tratamiento	90
Tabla 75	Liberaciones de la subcategoría vertido al agua	91
Tabla 76	Liberaciones de la subcategoría compostado.	91
Tabla 77	Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de evacuación/terraplenes	92
Tabla 78	Relación de los principales accidentes ocurridos durante el año 2002.	94
Tabla 79	Liberaciones totales de dioxinas y furanos de Colombia para el año 2002.	95

Figuras

Figura 1	Liberaciones nacionales por categoría.	14
Figura 2	Mapa de la República de Colombia	20
Figura 3	Estructura química de las dioxinas y furanos	21
Figura 4	Fórmula estructural del 2,3,7,8-TCDD	22
Figura 5	Planta de incineración.	36
Figura 6	Incineradores de centros de salud en municipios pequeños	37
Figura 7	Horno para fundición de hierro.	44
Figura 8	Planta industria siderúrgica	44
Figura 9	Horno crisol para fundición de zinc	47
Figura 10	Proceso de producción de ferroníquel.	49
Figura 11	Planta de producción de ferroníquel.	50
Figura 12	Planta termoeléctrica que opera con gas natural.	56
Figura 13	Planta producción de cemento.	62
Figura 14	Quema de desechos en botaderos a cielo abierto	71
Figura 15	Planta productora de papel en Colombia	74
Figura 16	Planta de dosificación de ácido 2,4-D	76
Figura 17	Planta de producción de PVC.	77
Figura 18	Planta de producción de textiles	79
Figura 19	Planta de producción de cuero.	80
Figura 20	Horno de secado de madera	84
Figura 21	Horno crematorio	85
Figura 22	Horno de ahumado de carnes	85
Figura 23	Relleno sanitario doña Juana en la ciudad de Bogotá, D.C.	89
Figura 24	Liberaciones totales por vector en porcentaje	96
Figura 25	Liberaciones totales por categoría en porcentaje.	97
Figura 26	Liberaciones vector aire	97
Figura 27	Liberaciones al vector agua	98
Figura 28	Liberaciones al vector suelo.	98
Figura 29	Liberaciones al vector productos	98
Figura 30	Liberaciones al vector residuos.	99
Figura 32	Vista general de un horno utilizado para el tostado de cascarilla de arroz.	100

Siglas, abreviaturas y acrónimos

ACCI	Agencia Colombiana de Cooperación Internacional
AH	Alto horno
APCS	Air Pollution Control System
ASIMET	Asociación de Industrias Metalúrgicas
Asocolflores	Asociación Colombiana de Exportadores de Flores
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar
BOH - HBO	Horno Básico de Oxígeno
CINSET	Organismo Técnico de la Asociación Colombiana de Pequeños Industriales
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
Ecopetrol	Empresa Colombiana de Petróleos
Fedearroz	Federación Nacional de Arroceros
Fenalce	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
GLP	Gas licuado de petróleo
HAE	Horno de Arco Eléctrico
HC	Horno de Cubilote
HI	Horno de Inducción
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
Ingeominas	Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
PCB	Bifenilos policlorados.
PCDD	Dibenzo-p-dioxinas policlorados
PCDF	Dibenzofuranos policlorados
PNA	Plan Nacional de Aplicación
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PCP	Pentaclorofenol
PVC	Cloruro de polivinilo
Quencher	Sistema de enfriamiento rápido por choque.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SCCA	Sistema de control de contaminación atmosférica
Scrubber	Lavador de gases
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
VCM	Monómero de cloruro de vinilo

Unidades de Medida

µg EQT/L	Microgramo de Equivalencia Tóxica por litro
µg EQT/t sludge	Microgramo de Equivalencia Tóxica por tonelada de lodo
µg EQT/tSA	Microgramo de Equivalencia Tóxica por tonelada de materia seca
µg EQT/t	Microgramo de Equivalencia Tóxica por tonelada (métrica)
EQT	Equivalente de Toxicidad
EQT-I	Equivalente de Toxicidad - Internacional
FET	Factor de Equivalencia de Toxicidad
FET-I	Factor de Equivalencia de Toxicidad - Internacional
g EQT	Gramo de Equivalencia de Toxicidad
g EQT/a	Gramo de Equivalencia de Toxicidad por año
ha / has	hectárea / hectáreas
kg	Kilogramo
kg/h	Kilogramos por hora
KT	Kilotoneladas (miles de toneladas)
l	Litro
lb/h	Libras por hora
MJ	Megajulio (106 julios)
MJ/t	Megajulio por tonelada
ms	Materia seca
t/a	Toneladas por año
TJ	Terajulio (1012 Julios)
TJ/a	Terajulios por año
t	Tonelada (métrica)
t/h	Toneladas (métricas) por hora
t/ha	Toneladas (métricas) por hectárea
tSA	Toneladas de materia seca

Prefacio

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) requiere a los países firmantes la adopción de medidas para reducir las liberaciones de COP derivadas de la producción no intencional como es el caso de las Dibenzoparadioxinas y Dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF), fijando la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y, en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente. Para lograrlo, los países necesitan realizar inventarios de fuentes y estimaciones de dioxinas y furanos, y mantenerlos actualizados.

Para tal fin, PNUMA Productos Químicos elaboró en mayo de 2003 el documento guía "Instrumental Normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos" que orienta la realización de inventarios de estas sustancias. El Instrumental Normalizado constituye una herramienta importante para los países en vía de desarrollo ya que permite elaborar inventarios nacionales de dioxinas y furanos con base en el levantamiento de información de fuentes de estas sustancias y la aplicación a las mismas de factores de emisión por defecto, sin afrontar el costo de realizarlos con base en determinaciones analíticas.

El presente documento recoge los resultados alcanzados durante la ejecución del primer Inventario Nacional de Identificación de Fuentes y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos para Colombia, tomando como referencia el año 2002. Para la realización del inventario, se conformó un grupo de trabajo especializado integrado por profesionales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y por un equipo consultor externo que siguió la guía técnica del mencionado Instrumental Normalizado. Esta metodología incluyó la aplicación de los factores de emisión por defecto propuestos en la guía, para lo cual fue necesario recopilar y analizar una gran cantidad de información proveniente de diversas fuentes tanto del sector público como del sector privado, mediante la realización de visitas y encuestas especializadas a través de formatos diseñados para tal fin; y revisión de bases de datos, documentos técnicos y otras publicaciones en general.

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, debido a las dificultades encontradas para el levantamiento de información en algunas categorías y a la aplicación de ciertos factores de emisión que requieren ser revisados y ajustados progresivamente para países en vía de desarrollo; así como los supuestos y consideraciones que fue necesario realizar durante el ejercicio de estimación en algunas subcategorías.

La elaboración del primer Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos adquiere gran relevancia en sí mismo, independientemente del grado de incertidumbre de la información existente; en especial, por el trabajo realizado para identificar en forma rápida los problemas que se perfilan como de mayor envergadura en el país y sobre los cuales se deberán priorizar acciones en el Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo.

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 posteriores del Inventario Nacional, orientadas a proporcionar una evaluación de las tendencias futuras en los niveles de liberación de dioxinas y furanos.

Por último debe expresarse el más sincero agradecimiento al Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y a la Agencia Colombiana de Cooperación Internacional (ACCI), sin cuyo respaldo y apoyo financiero la elaboración del presente documento hubiera resultado muy difícil de lograr.

EQUIPO DE TRABAJO TÉCNICO

Resumen ejecutivo

Este documento constituye el primer Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos de Colombia para el año 2002. Fue realizado con base en la metodología propuesta en el "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos", desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Primera edición, Ginebra: Mayo 2003).

El objetivo principal de este ejercicio fue la identificación de fuentes generadoras de dioxinas y furanos del país y la cuantificación de sus liberaciones partiendo de información secundaria disponible para cada uno de los procesos y utilizando los factores de emisión por defecto propuestos en el Instrumental Normalizado.

El desarrollo de este inventario se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Identificación de las categorías y subcategorías planteadas en el Instrumental Normalizado que se llevan a cabo en el país mediante la revisión de bases de datos de entidades gubernamentales, agremiaciones industriales y entidades de control ambiental.
- Búsqueda de información consolidada acerca de la actividad o producción de cada una de estas categorías en el país para el año 2002 en entidades gubernamentales y agremiaciones industriales.
- Elaboración de una base de datos de las industrias o actividades en cada categoría, con el fin de enviar cuestionarios que permitieran evaluar el nivel tecnológico de cada una de ellas.
- Recolección y análisis de la información entregada por las industrias o actividades encuestadas.
- Realización de cálculos preliminares.
- Realización de visitas a una muestra de industrias o actividades con el fin de corroborar o aclarar la información entregada a través de los cuestionarios.
- Realización de cálculos definitivos con base en la información obtenida a través de cuestionarios y visitas.

Durante la recolección de información se evidenciaron algunos vacíos importantes, sobre todo datos consolidados y confiables para todo el país; principalmente registros oficiales sobre producción de metales, minerales y productos químicos, cantidades de biomasa quemada tanto en incendios forestales como de residuos agrícolas y vertederos, además de datos veraces sobre la impregnación de biomasa con plaguicidas. Por esta razón fue necesario en algunos casos, extrapolar la información disponible a todo el país. A pesar de estos vacíos, se considera que la herramienta propuesta por el PNUMA permite a un costo razonable obtener un diagnóstico muy ajustado a la realidad del país y generar herramientas de gestión para la reducción en la liberación de estos contaminantes.

El inventario consolidado de liberaciones de dioxinas y furanos para Colombia año de referencia 2002, arrojó valores de liberación muy importantes; un total de 790,17 g EQT/a, distribuidos de la siguiente forma: 479,43 g EQT/a en atmósfera, 20,01 g EQT/a en agua, 18,40 g EQT/a en suelo, 32,80 g EQT/a en productos y 239,53 g EQT/a en residuos.

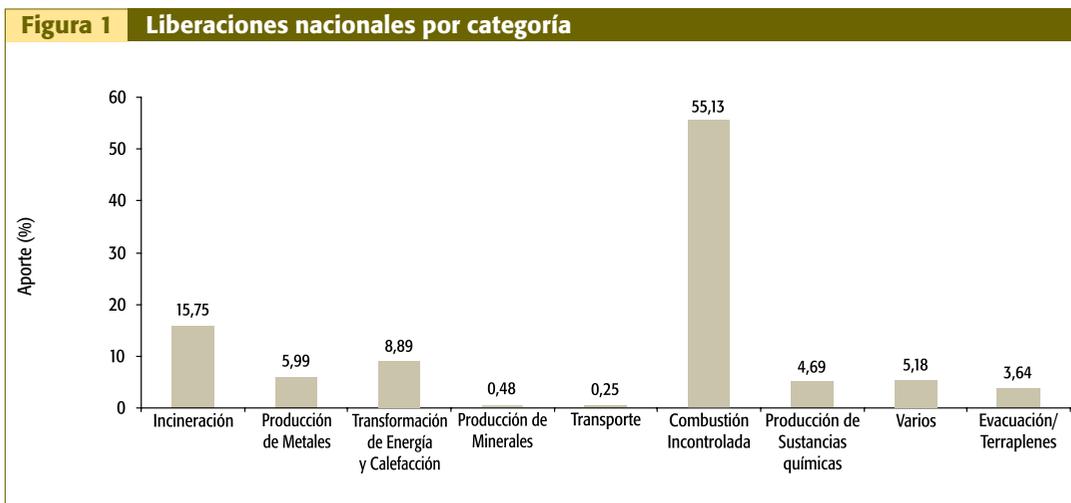
En la Figura 1 (página siguiente) se puede apreciar el peso de las diferentes categorías en la liberación, lo que indica, hacia dónde se deben orientar los controles y las acciones de minimización de las liberaciones.

De los resultados obtenidos, es notable el peso de los procesos de combustión incontrolados (incendios forestales, quema de desechos agrícolas, quema de desechos domésticos, etc.) como las mayores fuentes de liberación, seguidas por la incineración de desechos. Así mismo, el mayor porcentaje de liberaciones se realiza a la atmósfera y en segundo lugar a los residuos.

Como estrategia futura de trabajo, se recomienda que las principales líneas de acción a desarrollar en el ámbito nacional se concentren en aquellas actividades y/o procesos productivos de mayor liberación, a través de la ejecución de actividades que tengan un carácter predominantemente preventivo y que estén orientadas, en primera instancia, a evitar la generación de estos compuestos en la propia fuente a partir de la adopción de buenas prácticas de manejo y la implementación de mejoras tecnológicas en los procesos productivos.

Finalmente, y como trabajo complementario, se deben mejorar los mecanismos de captura y recolección de información en actividades o procesos que se estiman de liberación impor-

tante, con el objetivo de ir obteniendo en cada actualización del inventario, datos más confiables que sustenten las estrategias de política a implementar.



Introducción

A finales del año 2003, se dio inicio al proyecto "Actividades Habilitadoras sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en Colombia", que contempla el desarrollo de actividades destinadas a elaborar la línea base de los doce COP en el país y a elaborar el Plan Nacional de Aplicación (PNA) para la implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Colombia hace parte de este Convenio, firmado el 23 de mayo de 2001, y que actualmente se encuentra en vías de ratificación. El PNA se constituirá en un instrumento estratégico de planificación para el país, con el fin de cumplir de la manera más costo-efectiva las obligaciones del Convenio de Estocolmo sobre COP para proteger la salud humana y el ambiente.

El proyecto consideró dentro de sus actividades, la realización del "Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos". Éste fue realizado bajo la coordinación técnica de la Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y tuvo como objetivo llevar a cabo una evaluación preliminar de las fuentes y cantidades liberadas de dioxinas y furanos a todos los medios (aire, agua, suelo, residuos, productos) en el país, con base en la metodología propuesta por el PNUMA en el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Su proceso de implementación fue de aproximadamente doce meses, desde la definición de los términos de referencia hasta el procesamiento de la información y redacción del informe final.

El desarrollo de este inventario, además de proporcionar información sobre las fuentes y cantidades liberadas de dioxinas y furanos en el ámbito nacional, servirá de insumo técnico en la elaboración del Plan de Acción que hará parte del PNA para reducir o eliminar las liberaciones derivadas de la generación no intencional de dioxinas y furanos, de conformidad con el Artículo 5 y el Anexo C del Convenio de Estocolmo.

La estructura del documento consta de ocho (9) secciones, en las cuales se incluye:

1. Introducción: se expone la estructura general del documento.
2. Ubicación geográfica y contexto situacional colombiano: Se refleja de manera resumida, información general sobre las regiones económicas y naturales del país.
3. 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 vectores.
4. Protocolo para la preparación del Inventario Nacional: se describe la base metodológica empleada para la elaboración del Inventario Nacional.
5. Identificación y cuantificación de las liberaciones anuales para cada categoría y subcategoría: se exponen los resultados alcanzados para cada una de las actividades y/o procesos sujetos a evaluación.
6. Resumen de resultados: se reflejan las liberaciones totales por categorías a los diferentes vectores.
7. Análisis de resultados: se presenta un breve análisis de los resultados obtenidos en las diferentes categorías.
8. Medidas para la reducción de las liberaciones: se presentan algunas recomendaciones de carácter general para reducir la liberación de dioxinas y furanos.
9. Referencias bibliográficas.

1

Ubicación geográfica y contexto situacional colombiano

El territorio colombiano está integrado por un área continental, que ocupa la mayor extensión, y un área insular. Esta última incluye el archipiélago de San Andrés y Providencia y una serie de pequeñas islas en ambos océanos.

1.1. Ubicación

Colombia se ubica en el extremo noroeste de América del Sur, entre los 4° 13' de latitud sur y entre los 17° 50' de latitud norte, y entre los 66° 50' de longitud oeste y los 84° 46' de longitud al oeste de Greenwich, incluidos sus territorios marítimos.

Su ubicación le permite tener costas sobre los océanos Atlántico y Pacífico y vecindad con países como Venezuela, Brasil, Perú, Ecuador y Panamá.

1.2. Población

De acuerdo con el DANE¹, la población proyectada de Colombia para el año 2002 es de 43.984.000 habitantes, de los cuales aproximadamente el 49,21% son hombres y el 50,78% son mujeres (Censo, 1993).

1.3. Superficie

La superficie total del país, teniendo en cuenta tanto las áreas continentales como insulares, es la siguiente:

Superficie continental	1.141.656	km ²
Superficie insular (San Andrés y Providencia)	44	km ²
Malpelo	2	km ²
Áreas marinas	928.660	km ²
TOTAL	2.070.408	km²

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.

A partir de la Constitución de 1991, el territorio colombiano se divide en treinta y dos (32) departamentos, un (1) Distrito Capital (Bogotá D.C.) y tres (3) Distritos Especiales (Santa Marta como Distrito Turístico, Cultural e Histórico, Cartagena de Indias como Distrito Turístico y Cultural, y Barranquilla como Distrito Especial, Industrial y Portuario). Así mismo cuenta con territorios indígenas, que disponen de una legislación especial para su administración.

¹ Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Censos y Demografía; Grupo de Proyecciones. 1993.

Para el año 2002, el producto interno bruto del país fue de 76.522.077 millones de pesos (US\$ 26.711 millones)², con una participación del sector industrial del 30.2%, el sector agrícola participó con el 13.9% y el sector de servicios con el 55.9%³.

1.4. Regiones de Colombia

Con el fin de tener una visión global sobre las características de Colombia tanto a nivel físico como económico, se presenta a continuación una clasificación de las diferentes regiones de acuerdo con criterios de tipo geográfico, natural y económico⁴:

Regiones económicas

Las regiones económicas son el resultado de clasificar al país de acuerdo con el tipo de actividad productiva que lleva a cabo cada una. De acuerdo con este criterio, Colombia se divide en:

- Departamentos industrializados: aquellos que cuentan con una estructura industrial sólida, como Cundinamarca, Antioquia, Atlántico, Valle del Cauca y Bogotá.
- Departamentos con economías en crecimiento: su progreso se deriva de actividades relacionadas con el cultivo del café o la explotación del petróleo. Hacen parte de esta categoría departamentos como Risaralda, Caldas, Bolívar y Santander.
- Departamentos con economías basadas en el sector primario: Sus esfuerzos se concentran en la agricultura, la ganadería y la agroindustria. Es el caso de Tolima, Huila, Cesar, Quindío, Córdoba, Norte de Santander, Boyacá y Nariño.
- Departamentos de economías fundamentadas en el agro y la minería: La Guajira, Magdalena, Sucre, Meta, Cauca, Arauca, Casanare y Caquetá, entran en esta categoría. La agricultura y la minería superan el 50 por ciento de su actividad económica total.
- Departamentos con bajo nivel de desarrollo económico: su economía se basa en la explotación forestal, la caza y la pesca. Chocó, Vichada, Guainía, Vaupés, Putumayo, Guaviare y Amazonas, son los departamentos colombianos menos desarrollados desde el punto de vista económico.

Regiones naturales

Son áreas del país que presentan rasgos similares en sus características físicas y bióticas. La combinación particular de factores como el relieve, el clima, la vegetación y la fauna definen y caracterizan una región natural y la diferencian de otras. De acuerdo con este criterio, tenemos las siguientes áreas:

- Región Insular: posee ecosistemas únicos que dan lugar a santuarios naturales como el de Gorgona. En el caso de San Andrés, el comercio y el turismo presentan gran desarrollo.
- Región Caribe: se caracteriza por su diversidad geográfica. La fertilidad de sus tierras y la variedad de sus climas la hace especialmente apta para la agricultura y la ganadería. El carbón y la sal marina son intensamente explotados.
- Región de la Orinoquia: líder en la producción agropecuaria y explotación de petróleo. Sus grandes extensiones de pastos favorecen la ganadería. El llano aporta el 50% de la carne que se consume en Bogotá. Su suelo es rico en petróleo, carbón y sal.
- Región del Pacífico: su rasgo más sobresaliente son sus grandes extensiones de bosques. La costa se dedica a la minería: oro, plata y platino son los minerales más explotados.
- Región Andina: es la más poblada y urbanizada. En ella se concentran las principales industrias. Es rica en flora y fauna y posee importantes yacimientos minerales.

2 Fuente: Superintendencia de Sociedades. 2002.

3 Fuente: Departamento Nacional de Estadística DANE.

4 Fuente: "Colombia Viva". Editorial El Tiempo. 2000.

- Región de la Amazonia: la menos poblada, habitada por tribus indígenas aisladas. Su riqueza natural no tiene parangón en el mundo.

Principales corredores industriales

En el país se pueden identificar los siguientes corredores industriales:

- **Zona industrial de Cundinamarca**
Comprende a Bogotá D.C., Soacha, Madrid, Mosquera, Sopó, La Calera y Zipaquirá. Produce principalmente textiles, cueros, electrodomésticos, productos químicos y farmacéuticos, bebidas, papel, automotores, llantas, vidrios, loza y lácteos; además cuenta con plantas de energía hidroeléctrica. Su numerosa población proporciona mano de obra a las plantas fabriles, al tiempo que es gran consumidora de los elementos que produce.
- **Zona industrial de Antioquia**
Incluye el área de Medellín, Bello, Envigado, La Estrella y Copacabana. Sobresale en esta zona la producción de textiles, pinturas, plásticos y confecciones. Es la región que cuenta con más centrales hidroeléctricas, debido a su geografía. Además, dispone de áreas circundantes para actividades agrícolas y de pastoreo.
- **Zona del Valle del Cauca**
Comprende a Cali, Palmira, Yumbo y Buga. Se caracteriza básicamente por sus cultivos de caña y su industria azucarera, pero cuenta además con industria química farmacéutica, papel, calzado y confecciones. Dispone de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas y tiene un puerto marítimo importante (Buenaventura) a 140 Km.
- **Zona del Atlántico**
Situada cerca del mar. Comprende las factorías de Barranquilla cuyos principales productos son grasas, pinturas, plásticos y enlatados. Debido a su geografía, sus fuentes de energía eléctrica son termoeléctricas.
- **Zona de Boyacá**
Comprende el área de Sogamoso, que dispone de depósitos de mineral de hierro, carbón y piedra caliza y además, cuenta con gran disponibilidad de mano de obra.

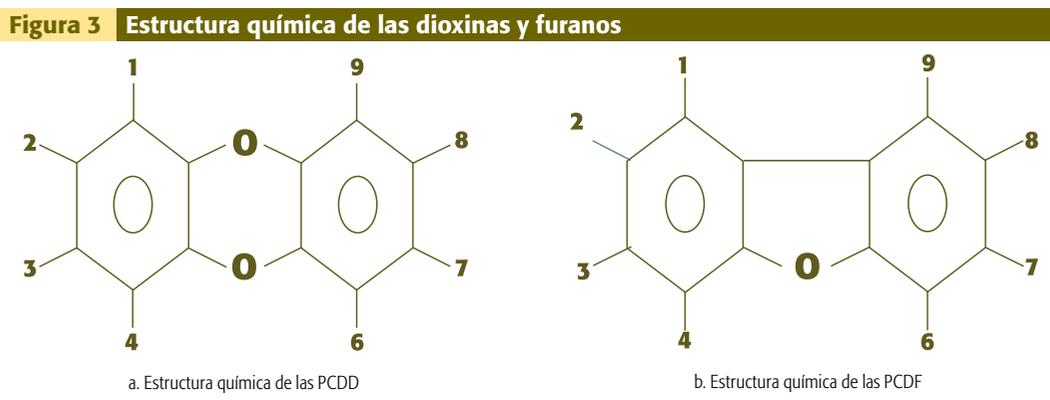
Otros sitios en donde se localizan centros industriales importantes en Colombia son las ciudades de Bucaramanga, Barrancabermeja, Pasto, Neiva, Cartagena y los departamentos de Risaralda y Caldas.

Figura 2 Mapa de la República de Colombia



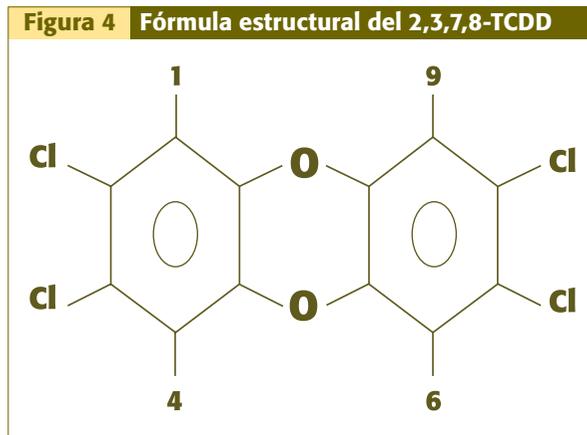
2 Formación y liberación de dioxinas y furanos

Las dioxinas y furanos constituyen dos grupos de éteres aromáticos que incluyen policlorados, poli-bromados y mezclas policlorobromados; de estructura y propiedades similares que engloban un total de 5.020 compuestos. Los más estudiados han sido las policlorodibenzo-p-dioxinas y los policlorodibenzo-furanos, identificadas como PCDD y PCDF respectivamente, que agrupan 210 congéneres repartidos entre 75 PCDD y 135 PCDF. La estructura básica de estas sustancias está constituida por dos anillos bencénicos unidos entre sí. En el caso de los PCDD, la unión de estos anillos tiene lugar a través de dos átomos de oxígeno, mientras que en los PCDF se realiza por medio de un átomo de oxígeno y un enlace carbono-carbono. Ver Figura 3.



En los dos casos estas uniones confieren a la molécula una configuración bastante plana. Ambos anillos bencénicos pueden presentar diferentes grados de sustitución de carbono por cloro, de manera que el número de átomos de estos elementos unidos a cada molécula puede variar entre 1 y 8, según el número de átomos sustituidos, lo cual da lugar a diferentes congéneres u homólogos. Esto es: mono, di, tri, tetra, penta, hexa, hepta y octaclorados. Al mismo tiempo, para un mismo grado de cloración o grupo de homólogos, los átomos de cloro pueden encontrarse unidos a diferentes átomos de carbono dando lugar a un buen número de combinaciones no equivalentes, cada una de las cuales corresponderá a un isómero.

Las dioxinas y furanos son integrantes de la familia de Compuestos Orgánicos Persistentes (COP). Son muy estables químicamente y presentan diferentes grados de toxicidad. Específicamente el compuesto 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD) es reconocido como cancerígeno, mutagénico y teratogénico. Su toxicidad es casi cinco millones de veces mayor que el cianuro de potasio y quinientas veces más peligrosa que los PCB. En la Figura 4 se representa la estructura de este compuesto.



2.1 Formación de dioxinas y furanos ⁵

Las PCDD/PCDF se generan de forma no intencional en procesos químicos industriales, tales como la manufactura de sustancias químicas y en procesos térmicos, como la incineración de desechos. La formación de PCDD/PCDF ha sido ampliamente estudiada en el caso de los procesos de combustión y, en menor grado, en procesos químicos que no son de combustión. No obstante, los mecanismos y las condiciones exactas de formación no han sido resueltos completamente.

Procesos térmicos

Se necesita carbono, oxígeno, hidrógeno y cloro, ya sea en forma elemental, orgánica o inorgánica. En algún punto del proceso de síntesis, ya sea por presencia en un precursor o generado por una reacción química, el carbono debe asumir una estructura aromática.

Existen dos vías principales mediante las cuales se pueden sintetizar estos compuestos a partir de precursores como los fenoles clorados o por síntesis de novo a partir de estructuras carbonáceas en cenizas volantes, carbón activado, hollín o pequeñas moléculas producto de combustiones incompletas. Bajo condiciones de combustión deficiente pueden formarse PCDD/PCDF en el proceso mismo de quemado.

Las variables conocidas que impactan la formación térmica de PCDD/PCDF incluyen:

- Tecnología: la formación de PCDD/PCDF puede ocurrir ya sea bajo condiciones de combustión deficientes o en cámaras de post-combustión y dispositivos de control de contaminación atmosférica operados incorrectamente. Las técnicas de combustión varían desde las más simples y pobres, como es el caso de quemas a cielo abierto; hasta las muy complejas y sofisticadas, como los procesos de incineración que emplean las mejores técnicas disponibles.
- Temperatura: se ha documentado en la literatura que la formación de PCDD/PCDF en la zona de post-combustión o en los dispositivos de control de la contaminación atmosférica oscila entre los 200°C y los 650°C. Se acepta generalmente que en el rango de 200°C – 450°C se realiza la mayor formación, con un máximo alrededor de los 300°C.
- Metales: se sabe que el cobre, hierro, zinc, aluminio, cromo y manganeso catalizan la formación.
- El cloro: debe estar presente en forma elemental, orgánica o inorgánica.

⁵ Directrices sobre Mejores Técnicas Disponibles y orientación provisoria sobre Mejores Prácticas Ambientales según el Artículo 5 y el Anexo C del Convenio de Estocolmo. PNUMA, 2004.

Procesos químicos industriales

Como en el caso de los procesos térmicos, se necesita carbono, hidrógeno, oxígeno y cloro. Se considera que la formación de PCDD/PCDF en los procesos químicos puede ser favorecida por una o más de las siguientes condiciones:

- Temperaturas superiores a 150 °C
- Condiciones alcalinas
- Catalizadores metálicos
- Radiación ultravioleta (UV) u otros radicales iniciadores

La formación de PCDD y PCDF procede de cuatro tipos distintos de fuentes:

- Procesos de producción química. Por ejemplo, la producción de fenoles clorados, la producción de pasta y papel. En general, se pueden tratar o controlar mediante modificaciones del proceso o sustitución del producto.
- Procesos térmicos. Incluida la incineración de desechos, la utilización de combustibles sólidos y líquidos, y el procesamiento térmico de metales.
- Procesos biológicos. Pueden formarse PCDD/PCDF a partir de precursores. Existen pruebas de que esto puede suceder en el compostaje.
- Fuentes de reservorios. Como antiguos botaderos de desechos contaminados, suelos y sedimentos, que pueden haber acumulado PCDD/PCDF durante largos periodos de tiempo.

2.2. Liberaciones de PCDD/PCDF

Existen cinco vectores o medios ambientales donde se pueden llevar a cabo liberaciones de dioxinas y furanos:

- Aire
- Agua (dulce, océanos, estuarios, etc.)
- Tierra (suelos)
- Productos (como preparaciones químicas o bienes de consumo como papel, textiles, etc.)
- Residuos (incluidos líquidos, lodos y residuos sólidos que se manejan como desechos o también productos reciclados)

Liberaciones al vector aire

Proviene de fuentes fijas, especialmente todas las relacionadas con procesos industriales, donde se haga combustión o donde se haga uso y aplicación de productos que contengan dioxinas y furanos. Las liberaciones pueden transferirse a largas distancias, pudiéndose detectar PCDD/PCDF en el vector aire en sitios muy lejanos de donde fueron liberados originalmente.

Los procesos generadores de PCDD/PCDF al vector aire son:

- Combustión
- Producción y fundición de metales
- Secado, calentamiento y cocción
- Plantas térmicas industriales

La formación y liberación depende de las condiciones actuales del proceso y el sistema de control de contaminación del aire (SCCA), conocido en inglés como Air Pollution Control System (APCS).

Liberaciones al vector agua

Estas liberaciones pueden producirse mediante la descarga de aguas residuales, el paso de lixiviados producidos en botaderos o rellenos sanitarios, a través de sitios contaminados, o la aplicación no controlada de productos químicos contaminados con PCDD/PCDF como los pesticidas. Es posible encontrar PCDD/PCDF que se hayan formado en vertimientos líquidos de origen industrial por causa de materias primas con algún grado de contaminación o por causa de lixiviación.

Criterios utilizados para identificar posibles liberaciones de PCDD/PCDF al vector agua:

- Descarga de aguas residuales de producción de pasta y papel; procesos de elaboración de productos químicos, especialmente en los que interviene el cloro, uso de preservantes y colorantes para textiles, cuero y madera, y otros contaminados con PCDD/PCDF; procesos térmicos de combustión e incineración donde se utilicen lavadores o sistemas húmedos como "scrubbers" para el control de la emisión de contaminantes.
- Uso de pesticidas contaminados con PCDD/PCDF, especialmente PCP y 2,4,5-T y otras sustancias químicas como los PCB.
- Lixiviados que se forman a partir de sitios de almacenamiento o vertidos de materiales contaminados con PCDD/PCDF.

Liberaciones al vector suelo

Las posibles fuentes para este vector se dividen en: productos contaminados con PCDD/PCDF aplicados directamente al suelo, residuos procedentes de procesos químicos que han sido abandonados o aplicados al suelo y PCDD/PCDF depositados en el suelo por procesos medioambientales. En todos los casos, el suelo funciona como sumidero para los PCDD/PCDF y cuando son captados por plantas o animales pueden ser introducidos en la cadena alimenticia.

Liberaciones al vector productos

Históricamente, las principales fuentes de contaminación ambiental por PCDD/PCDF han estado asociadas con la producción y el uso de productos químicos orgánicos clorados y de cloro elemental; y con la industria de la pasta y el papel.

Los fenoles clorados y sus derivados, como el pentaclorofenol (PCP) y su sal sódica, el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T) contienen altas concentraciones de PCDD/PCDF. De otra parte, los bifenilos policlorados (PCB) contienen altas concentraciones de PCDF mas no de PCDD. Los desechos y residuos procedentes de su producción y de la elaboración de otras sustancias químicas cloradas también pueden estar contaminados con PCDD/PCDF.

Liberaciones al vector residuos

El número de procesos que pueden transferir PCDD/PCDF a desechos o residuos en su mayoría sólidos, es casi infinito. Sin embargo los tipos de desechos en su mayoría se pueden clasificar según su origen de la siguiente manera:

- Materiales de entrada para incineradores y vertederos tales como desechos municipales, industriales, peligrosos, hospitalarios, etc.
- Desechos secundarios procedentes de procesos térmicos y de combustión (Ceniza volante proveniente de los gases de salida de los procesos de combustión que son atrapadas en los equipos de control de contaminación, escoria, hollín, etc.).
- Lodos y residuos de producción química, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, plaguicidas obsoletos, aceite usado de transformadores y otros.

3

Protocolo para la preparación del inventario

Para la realización del Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia, tomando como base el año 2002, se siguió la metodología establecida en el "Instrumental Normalizado para la Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos" (Primera Edición, Mayo de 2003), elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Para aplicar el Instrumental y compilar el inventario no se realizaron pruebas de emisiones, sino que se utilizaron factores de emisión por defecto.

Esta metodología ha sido utilizada para realizar los inventarios de Asia, Argentina, Uruguay, Paraguay, Chile, Bolivia, Ecuador, Cuba y algunos países centroamericanos, en el marco del Convenio de Estocolmo; con el fin de que los inventarios sean comprensibles y comparables. Estos resultados se pueden ir actualizando y mejorando anualmente a medida que se actualicen y perfeccionen las estadísticas de actividad y los factores de emisión. Cuando se disponga de datos medidos experimentalmente o se hayan hecho cálculos nacionales, el Instrumental y su base de datos está diseñado de forma que permite su inclusión junto a las estimaciones obtenidas a partir de los factores de emisión por defecto.

El objetivo de este Instrumental Normalizado es el de posibilitar una ponderación de liberación anual promedio en cada uno de los vectores (aire, agua, suelo, productos, residuos) para cada proceso identificado. Las diez (10) categorías con sus subcategorías contienen las actividades que generan PCDD/PCDF.

Para evaluar la toxicidad de las dioxinas y furanos se utiliza el concepto de Factor de Equivalencia Tóxica (FET). Cada congénere tiene un FET basado en su capacidad tóxica específica. Al congénere 2,3,7,8-tetracloro dibenzo p-dioxina, que es el más tóxico, se le asigna un FET de 1. Los otros congéneres tienen un FET de fracciones de 1 y el Equivalente de Toxicidad (EQT) es la sumatoria de los productos de concentraciones de masa multiplicadas por su FET para cada congénere de los 17 PCDD y PCDF.

La estimación de la liberación anual para cada fuente se puede calcular a partir de la ecuación básica siguiente:

$$\text{Liberaciones de dioxinas g EQT/a} = \text{Factor de emisión por defecto } \mu\text{g EQT/tonelada} * \text{tasa de actividad [t/a]}$$

La liberación anual de PCDD/PCDF se expresa en gramos de Equivalentes de Toxicidad (g EQT); el factor de emisión en microgramos de Equivalentes de Toxicidad por tonelada ($\mu\text{g EQT/t}$) y la tasa de actividad en toneladas por año (t/a).

El Instrumental Normalizado está diseñado para preparar los datos de actividad necesarios y proveer una ayuda para clasificar procesos y actividades en las categorías y sus subcategorías con factores de emisión por defecto, según las clases.

El Instrumental Normalizado presenta un procedimiento estandarizado de cinco (5) pasos, que busca el desarrollo de inventarios consistentes y comparables de fuentes de PCDD/PCDF. Inicialmente, se parte de una matriz general para identificar las categorías principales de fuentes de PCDD/PCDF en el país. Como segundo paso, se detallan estas categorías en subcategorías para identificar actividades

individuales que generan PCDD/PCDF. El tercer paso consiste en la recopilación de información específica de los procesos o actividades a caracterizar, con el fin de clasificar las fuentes identificadas de liberaciones de PCDD/PCDF en un país. Se proveen los cuestionarios estandarizados para levantar la información necesaria. En el cuarto paso se calculan las liberaciones de PCDD/PCDF con base en la información recogida a través de la ecuación dada arriba, y como último paso se tiene la compilación del inventario estandarizado de PCDD/PCDF. Para esto, el instrumental provee un formato estandarizado para asegurar que todas las fuentes son consideradas, aun cuando no se puedan cuantificar. De esta manera los inventarios generados con base en esta metodología, son documentos transparentes y comparables.

Para el caso de Colombia, estos pasos se aplicaron de la siguiente manera:

1. Aplicación de la matriz de selección a la identificación de las principales categorías de fuentes presentes en el país. Se revisaron las actividades desarrolladas en el país, con el fin de establecer qué categorías se desarrollaban localmente y enfocar la búsqueda de información en esas áreas.
2. Revisión de las subcategorías para identificar los procesos o actividades y fuentes existentes en el país. Dentro de las categorías principales, se revisó cuáles subcategorías aplicaban para el país y con base en ello se seleccionaron las empresas que se encuestarían con los cuestionarios normalizados.
3. Obtención de información detallada sobre procesos y clasificación de los mismos en grupos similares aplicando el cuestionario normalizado. Se enviaron cuestionarios aproximadamente a 600 empresas que se ubicaban en una o varias de las subcategorías del Instrumental Normalizado.
4. Cuantificación de las liberaciones de PCDD/PCDF a través de las fuentes identificadas aplicando factores de emisión por defecto. De acuerdo con la información recogida a través de encuestas y a través de organismos gubernamentales y de tipo gremial, se generó la base de información con la cual se realizaron los cálculos de liberaciones utilizando los factores de emisión suministrados por el Instrumental Normalizado.
5. Compilación del inventario nacional completo. Una vez obtenida la información a través de encuestas, se realizaron visitas a los procesos de interés, con el fin de reconfirmar la información enviada por ellos y obtener un registro fotográfico. Una vez verificada la información, se ajustaron los cálculos realizados y se compiló la información del Inventario Nacional.

3.1 **Matriz de Selección – Principales categorías de fuentes**

El primer paso para desarrollar un inventario estandarizado de fuentes de PCDD/PCDF es identificar las diez categorías principales con sus respectivos vectores. Las categorías principales son muy amplias con el fin de acomodar la variedad de industrias, procesos y actividades que pueden liberar potencialmente PCDD/PCDF. Estas diez categorías se han diseñado para tener características comunes y una complejidad manejable. La tabla 1 contiene el listado de las categorías principales y las tablas 2 a 11, las subcategorías. De acuerdo con el Instrumental Normalizado, una "X" (mayúscula) indica las principales vías de liberación de cada categoría y una "x" (minúscula) identifica vías de liberación de menor importancia.

Tabla 1 Matriz de Selección - Principales categorías de fuentes

No.	Principales Categorías de Fuentes	Posibles vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	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	Producción de minerales	X				X
5	Transporte	X				
6	Procesos de combustión incontrolados	X	X	X		X
7	Producción y uso de sustancias químicas y productos de consumo	X	X		X	X
8	Varios	X	X	X	X	X
9	Evacuación/Terraplenes	X	X	X		X
10	Identificación de puntos calientes	Solo se realizó la identificación de los sitios calientes. No fue posible la cuantificación.				

Así mismo, se seleccionaron las fuentes de información adicionales a los cuestionarios que se requerían para cada categoría.

3.2 Identificación de subcategorías

Una vez obtenida la clasificación de fuentes de acuerdo con la matriz de selección de categorías, se procedió a identificar dentro de cada una las diferentes subcategorías, según la información presentada en las tablas 2 a 11. Igualmente, se establecieron los requisitos de información y posibles fuentes para cada una de las subcategorías.

Subcategorías – Categoría principal 1

Se entiende por incineración de desechos, el proceso de oxidación térmica mediante combustión controlada de residuos en estado líquido, sólido o gaseoso en cualquier tipo de horno. Los factores de emisión van a diferir en función de las características de estos desechos y de la tecnología de los incineradores utilizados. En esta categoría no se incluye la quema a cielo abierto, la quema en barriles o cajas, ni la quema para producción de energía, estos procesos se contemplan en otras categorías.

Tabla 2 Subcategorías - Categoría principal 1

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
1	Incineración de desechos	X				X
	a Incineración de desechos sólidos municipales	X	x			X
	b Incineración de desechos peligrosos	X	x			X
	c Incineración de desechos 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

Subcategorías – Categoría principal 2

Esta categoría comprende procesos distintos y gran variedad de puntos de liberación. El mayor aporte en estos procesos se producen al aire a través de gases de salida y en residuos a través de la limpieza de estos gases.

Tabla 3 Subcategorías - Categoría principal 2

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	X				X
	a Sinterización de metal de hierro	X				x
	b Producción de coque	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 latón y bronce	X				X
	i Producción de magnesio	x	x			X
	j Producción de otros metales no ferrosos	x	x			X
	k Desguazadoras	X				X
	l Recuperación térmica de cables	X	x	x		X

Subcategorías – Categoría principal 3

Integran esta categoría los procesos de combustión que utilizan combustibles fósiles así como otros materiales tales como biomasa. No se contemplan otras fuentes de transformación de energía (hidráulica, solar, eólica, etc.), ya que no se ha identificado liberación de dioxinas y furanos en ellos.

Tabla 4 Subcategorías - Categoría principal 3

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
3	Transformación de energía	X		X		X
	a Plantas de generación de energía por combustibles fósiles	x		x		x
	b Plantas de generación de energía por biomasa	x				x
	c Combustión de biogás en rellenos sanitarios	x				x
	d Cocinas y calefacción doméstica (biomasa)	x		x		x
	e Calefacción doméstica (combustibles fósiles)	x		x		x

Subcategorías – Categoría principal 4

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

Tabla 5 Subcategorías - Categoría principal 4

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
4	Producción de minerales	X				X
	a Producción de cemento	X				x
	b Producción de cal	X				x
	c Producción de ladrillos	X				x
	d Producción de vidrio	X				x
	e Producción de cerámica	X				x
	f Mezcla de asfalto	X			x	x

Subcategorías – Categoría principal 5

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

Tabla 6 Subcategorías - Categoría principal 5

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
5	Transporte	X				
	a Motores de 4 tiempos	X				
	b Motores de 2 tiempos	X				
	c Motores diesel	X				x
	d Motores de aceite pesado	X				x

Subcategorías – Categoría principal 6

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

Tabla 7 Subcategorías - Categoría principal 6

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
6	Procesos de combustión incontrolados	X	X	X		X
	a Quema de biomasa	X	x	X		x
	b Quema de desechos e incendios accidentales	X	x	X		X

Subcategorías – Categoría principal 7

Las liberaciones de dioxinas y furanos resultantes de la producción de sustancias químicas y bienes de consumo pueden deberse a la entrada de PCDD/PCDF junto con las propias materias primas o a su formación durante los procesos productivos. Algunos indicadores de alta probabilidad de formación de PCDD/PCDF en los procesos de fabricación química son: altas temperaturas, medios alcalinos, presencia de luz ultravioleta como fuente de energía y presencia de radicales en el proceso.

Tabla 8 Subcategorías - Categoría principal 7

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	X	X		X	X
a	Fábricas de pasta y papel	x	X		x	X
b	Industria química	x	x	x	X	X
c	Industria del petróleo	x				x
d	Fábricas de textiles		x		x	
e	Fábricas de productos de cuero		x		x	

Subcategorías – Categoría principal 8

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

Tabla 9 Subcategorías - Categoría principal 8

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
8	Varios	X	X	X	X	X
a	Desecado de biomasa	x			x	
b	Crematorios	x				X
c	Ahumaderos	x			x	X
d	Limpieza en seco		x		x	X
e	Humo de tabaco	x				

Subcategorías – Categoría principal 9

En esta categoría se incluyen varias prácticas de tratamiento no térmico de desechos, que tienen una importancia considerable y pueden dar lugar a liberaciones de PCDD/PCDF sobre todo al agua y el suelo.

Tabla 10 Subcategorías - Categoría principal 9

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
9	Evacuación/Terraplenes		X	X		
a	Terraplenes y vertederos de desecho		x			
b	Aguas negras y tratamiento de aguas negras	x	x	x	x	X
c	Vertidos a aguas de superficie		x			
d	Compostado			x	x	
d	Evacuación de aceite de desecho (no térmica)	x	x	x	x	X

Subcategorías – Categoría principal 10

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

Tabla 11 Subcategorías - Categoría principal 10

No.	Categoría / Subcategoría	Vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
10	Identificación de posibles puntos calientes					
a	Lugares de producción de sustancias orgánicas cloradas			X		
b	Lugares de producción de cloro			X		
c	Lugares de formulación de fenoles clorados/plaguicidas			X		
d	Lugares de aplicación de plaguicidas contaminados con dioxinas/furanos	X	X	X	X	
e	Lugares de fabricación y tratamiento de madera		X	X	X	X
f	Transformadores y condensadores llenos de PCB				X	X
g	Vertederos de desechos y 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		

3.3. Acopio de información

Una vez clasificada la base de datos de acuerdo con las subcategorías enumeradas anteriormente y de identificarse, para cada una, las fuentes probables de información, se procedió a:

- Elaborar y enviar los cuestionarios normalizados a las fuentes identificadas para las siguientes categorías y subcategorías:
 - Categoría 1 – Incineración de desechos. Todas las subcategorías.
 - Categoría 2 – Producción de metales ferrosos y no ferrosos. Todas las subcategorías.
 - Categoría 3 – Generación de energía y calefacción. Sólo se encuestaron las subcategorías a y b, debido a que la información restante fue obtenida de una entidad gubernamental.
 - Categoría 4 – Producción de minerales. Se encuestaron las subcategorías a, b, d y e; debido a que para las subcategorías c y f, las condiciones de operación son muy homogéneas y no ameritaban mayor búsqueda de información.
 - Categorías 5 y 6. No fueron encuestadas, debido a que la información se obtuvo de manera consolidada de entidades gubernamentales.
 - Categoría 7 – Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo. Todas las subcategorías identificadas en el país.
 - Categoría 8 – Varios. Se encuestaron las subcategorías a, b y c; ya que la información restante se obtuvo de manera consolidada para todo el país.
 - Categoría 9 – Evacuación. No se encuestó debido a que la información se obtuvo de manera consolidada de entidades gubernamentales.
 - Categoría 10 – Puntos Calientes. La mayor parte de la información para esta categoría provino de las encuestas enviadas para las categorías 1 – 9, y la información restante se obtuvo de manera consolidada de entidades gubernamentales.

- Buscar información consolidada del país para cada una de las subcategorías, a través de las siguientes fuentes:
 - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
 - Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
 - Ministerio de Transporte.
 - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
 - Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).
 - Departamento Nacional de Estadística (DANE).
 - Superintendencia de Sociedades
 - Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
 - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
 - Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear (Ingeominas).
 - Confederación Colombiana de Bomberos.
 - Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC).
 - Asociaciones Gremiales como:
 - Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI)
 - Asociación de Pequeños Industriales (ACOPI).
 - Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz).
 - Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (fedepalma).
 - Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar (Asocaña).
 - Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce).
 - Confederación de algodoneros (Conalgodón).

3.4. **Cuantificación de liberaciones**

Para la cuantificación de liberaciones, se siguió la metodología establecida en el Instrumental, la cual se detalla para cada categoría y subcategoría en el capítulo 4.

4

Identificación y cuantificación de liberaciones anuales de PCDD/PCDF para cada categoría con sus subcategorías – año 2002

4.1. Categoría 1 - Incineración de desechos

La incineración de desechos se clasifica de acuerdo con el tipo de desechos incinerados. En este contexto se entiende por incineración “la destrucción de materiales en cualquier tipo de horno”. Los factores de emisión varían en función de la naturaleza y características de los desechos 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.

Para la estimación de liberaciones de este sector para el año de referencia del Inventario (2002), se partió de la siguiente información:

- Información recolectada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en el año 2000, suministrada por los fabricantes de incineradores en el país⁶. Con esta información, se estableció el tipo de incineradores existentes para ese momento y se realizó una proyección aproximada de la cantidad de incineradores que operaban en el país, cuyo número se estimó en 330 equipos aproximadamente.
- Información recolectada durante el inventario para el año 2004 a través de encuestas enviadas a los incineradores identificados. Con lo cual se evidenció una reducción importante del número de equipos que estaban operando (se identificaron aproximadamente 191 equipos) debido probablemente a la dificultad que encontraron para adaptarse a los requerimientos ambientales establecidos en la Resolución 058 de 2002 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Para los cálculos correspondientes a este Inventario, se estimó que para el año 2002 la situación no había cambiado de manera significativa en cuanto a número y tipo de incineradores en operación, ya que la normativa fue expedida en ese año y se consideró que seguían operando los mismos 330 incineradores estimados para el año 2000.
- Adicionalmente se utilizó información recolectada por el MAVDT durante el año 2004, a través de visitas y requerimientos a las Corporaciones Autónomas Regionales sobre aproximadamente 70 incineradores, que fue complementada con la información recolectada en las encuestas enviadas a la totalidad de los incineradores identificados. Esta información permitió conocer el tipo de residuos incinerados y la tecnología utilizada por estos hornos, con el fin de proyectar esta información al total de hornos existentes en el país y poder obtener un panorama nacional para cada una de las subcategorías.

6 “Proyecto de Norma para Límites Máximos Permisibles de Emisión para Incineradores de Residuos Sólidos y Líquidos”. Ministerio del Medio Ambiente. Año 2000.

Condiciones y características generales de los procesos de incineración en Colombia

El sector de la incineración en Colombia inicia sus actividades en la década de 1980, principalmente como respuesta a la necesidad del sector farmacéutico de destruir medicamentos vencidos y controlar el comercio ilegal de este tipo de productos en el mercado. Paralelamente, con el establecimiento de la legislación ambiental colombiana el mercado para el sector de la incineración aumentó, ya que se establecía la necesidad de realizar una disposición final adecuada para los denominados residuos peligrosos generados por actividades industriales, hospitalarias y productivas distintas a las del sector farmacéutico.

Históricamente, los procesos de incineración en el país se han concentrado en las ciudades más importantes (Bogotá y la Sabana de Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali y Bucaramanga, principalmente).

La tecnología asociada a la incineración en el país corresponde a la ingeniería desarrollada por las principales firmas constructoras de hornos en el país, como son TKF, ubicada en Cali, PROINDUL, ubicada en Bogotá y PREMAC ubicada en Medellín, quienes representan más del 85% del mercado de ventas de incineradores en el país. Básicamente la tecnología corresponde a hornos horizontales y verticales con dos cámaras (combustión y post combustión) y equipos de control de la contaminación atmosférica tales como ciclones, precipitadores electrostáticos, filtros de mangas, lavadores de gases, etc.

El número estimado de incineradores en el país, de acuerdo con su capacidad de fábrica que operaban en el año 2002, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 12 Cantidad de incineradores por distribución de capacidades. Año 2002

Capacidad del incinerador (lb/h*)	Cantidad	Porcentaje
20 – 80 (Pequeña)	140	42,5
100 (Media)	120	36,3
200 – 500 (Grande)	70	21,2
TOTAL	330	100

* Se utiliza esta unidad, que no está contemplada en el sistema internacional, ya que aparece en las especificaciones técnicas de los incineradores comercializados en Colombia.

El análisis de esta información, indica que la mayoría de incineradores existentes en el país para el año 2002, tienen una baja capacidad de incineración (menos de 80 lb/h).

En la siguiente tabla se presentan las capacidades de incineración horaria manejadas en Colombia, llevándolos a kilogramos por hora y un estimado de la capacidad total de incineración del país en toneladas por hora.

Tabla 13 Capacidad horaria de incineración en Colombia. Año 2002

Capacidad del incinerador	Capacidad de los equipos instalados		No. de Incineradores	Capacidad total promedio (kg/h)
	lb/h	kg/h *		
Pequeña	20 – 80	9.09 – 36.36	140	3.182
Media	100	45.45	120	5.455
Grande	200 - 500	90.91 – 227.27	70	11.136,5
TOTAL				19.773,5 kg/h 19,77 t/h

* Para realizar la conversión, se divide el valor en lb por 2.2 para llevarlo a kg.

De acuerdo con la información recolectada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la información recolectada en las encuestas y visitas realizadas durante el inventario, se encontró la siguiente clasificación de los residuos procesados por los incineradores en el país.

Tabla 14 Porcentaje de Residuos Incinerados según visitas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) e información recolectada durante el inventario

Subcategoría	Tipo de residuo incinerado	Porcentaje (%)
1-a	Sólidos Municipales	3,04
1-b	Peligrosos	38,08
1-c	Hospitalarios	49,41
1-d	Fragmentación, fracción ligera	0,00
1-e	Lodos de Alcantarilla	8,55
1-f	Maderas y Biomasa	0,29
1-g	Cadáveres de Animales	0,63

De igual manera, la información obtenida por el MAVDT permite establecer que los incineradores operan a una tasa de trabajo promedio de 10 horas/día, durante 6 días/semana y 50 semanas/año, para un total de 3.000 horas/año.

Con base en la información de las tablas 13 y 14, podemos estimar la cantidad de material incinerado al año, de la siguiente manera:

Capacidad de incineración por hora	19,77 t/h
Número de horas trabajadas al año	3.000
Cantidad total de residuos incinerados al año	59.310,0 t/a

A partir de esta estimación, se calcularon las cantidades de material incinerado para cada subcategoría, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 15 Cantidad Anual Incinerada en función del tipo de residuo

Tipo de residuo incinerado	Cantidad anual incinerada (t)
Sólidos Municipales	1.803
Peligrosos	22.585
Hospitalarios	29.305
Lodos de Alcantarilla	5.071
Madera y Biomasa	172
Cadáveres de Animales	374
TOTAL	59.310

Para poder seleccionar el factor de emisión a aplicar en cada caso, se establecieron los siguientes criterios de decisión:

- La combustión de los residuos se considera de baja tecnología, cuando: a) el incinerador cuenta solamente con cámara de combustión (cámara inferior); b) no tiene control de temperatura; c) la carga de los residuos se realiza por lotes; y d) no importa si tiene ciclón o no.
- El sistema de control de contaminación atmosférica se considera nulo ó mínimo cuando solamente dispone de ciclón.
- La combustión de los residuos se considera controlada, cuando: a) el incinerador cuenta con cámara de combustión y cámara de post combustión (cámaras inferior y superior); y b) no importa si tiene ciclón o no.

- El sistema de control de contaminación atmosférica (SCCA) se considera bueno cuando cuenta con "quencher" (enfriador de choque) de gases en combinación con filtro de mangas ó precipitador electrostático (cold type con temperatura < 150°C).
- Se considera que en Colombia no existe un sistema de incineración de alta tecnología, con combustión continua y controlada y sistema de SCCA sofisticado (por ej. Quencher / Dry Scrubber / Semi-Dry-Scrubber en combinación con filtro de mangas ó precipitador electrostático - cold type con temperatura < 150°C e inyección de carbón activado), ya que se indica claramente que este tipo de instalaciones solamente existe en Europa y Estados Unidos (Instrumental Normalizado, 2003).



Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de incineración

Incineración de desechos sólidos municipales

En términos generales, en Colombia no se acostumbra a incinerar desechos sólidos municipales. La mayor parte de estos desechos son recolectados y llevados a rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto para su disposición final.

Las circunstancias en donde se presenta este tipo de incineración, son por ejemplo: bases militares en la selva, empresas que operan en sitios donde no existe servicio de disposición de desechos domésticos, etc. De acuerdo con la proyección de cantidades de residuos incinerados, presentada en la tabla 14, estos constituyen el 3,04% del total de los desechos incinerados en el país y se estima que para el año 2002, estaban operando aproximadamente 4 hornos para este tipo de residuos.

Las características de los hornos que procesan este tipo de residuos son las siguientes: tienen combustión controlada (cuentan con cámara de combustión y cámara de postcombustión), realizan alimentación manual por lotes y no cuentan con ningún sistema de tratamiento de gases de salida, por lo cual se utilizaron los factores de emisión clase 1, como se muestra a continuación:

Tabla 16 Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos sólidos municipales

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo
1	Incineración de desechos									
	a	Incineración de desechos sólidos municipales								
		1	Tecnología simple de combustión, sin sistema SCCA	3.500	0	75	1.803	6,311	0,000	0,135
		2	Combustión controlada, mínimo SCCA	350	500	15		0,000	0,000	0,000
		3	Combustión controlada, buen SCCA	30	200	7		0,000	0,000	0,000
		4	Alta tecnología combustión, SCCA perfeccionado	0,5	15	1,5		0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								6,311	0,000	0,135

Incineración de desechos peligrosos

En Colombia constituyen aproximadamente el 38,08% de los desechos incinerados. Los principales tipos de estos desechos que se incineran en el país son: desechos plásticos y de industria química en general. Se estima que en el año 2002 operaban aproximadamente 130 hornos para este tipo de residuos, de los cuales un 75% se encontraban ubicados en empresas para su uso exclusivo y 25% eran incineradores comerciales que procesaban residuos de diferentes empresas.

Los hornos que realizan esta operación se ubican en la clase 2 de tecnología, ya que cuentan con cámaras de combustión y postcombustión y un sistema mínimo de control de emisiones atmosféricas.

Los resultados de las liberaciones para esta subcategoría se muestran a continuación:

Tabla 17 Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos peligrosos

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo
1	Incineración de desechos									
	b	Incineración de desechos peligrosos								
		1	Combustión de baja tecnología sin sistema de SCCA	35.000	9.000			0,000	0,000	0,000
		2	Combustión controlada, SCCA mínimo.	350	900		22.585	7,905	20,327	0,000
		3	Combustión controlada, buen SCCA	10	450			0,000	0,000	0,000
		4	Combustión de alta tecnología, sistema de SCCA perfeccionado	0,75	30			0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								7,905	20,327	0,000

Incineración de desechos hospitalarios

Es el mayor porcentaje de residuos que se incinera en Colombia, constituyendo el 49.41% del total, de acuerdo con la información recolectada. La incineración de este tipo de residuos se hace de manera muy dispersa ya que un buen número de hospitales cuenta con un pequeño incinerador que utiliza sólo para sus propios residuos sin llegar a cubrir la capacidad instalada del equipo que opera. La mayoría de estos equipos se ubican en la clase 2 ya que, según reportaron, disponen de cámara de combustión y de postcombustión; y un pequeño porcentaje que sólo reportó cámara de combustión, se ubicó en la clase 1. Se estimó que para el año 2002 se encontraban operando 171 hornos en esta subcategoría.

Figura 6 Incineradores de centros de salud en municipios pequeños



Los resultados de las liberaciones de esta subcategoría se reportan a continuación:

Tabla 18 Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos sólidos municipales

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo
1			Incineración de desechos							
	c		Incineración de desechos hospitalarios							
		1	Tecnología de combustión por lotes, sin SCCA	40.000		200	14	0,560	0,000	0,003
		2	Combustión controlada por lotes, mínimo SCCA	3.000		20	29.291	87,873	0,000	0,586
		3	Combustión controlada por lotes, buen SCCA	525	920			0,000	0,000	0,000
		4	Alta tecnología combustión, SCCA perfeccionado	1	150			0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								88,433	0,000	0,589

Incineración de agregados ligeros

Los agregados ligeros se refieren a la fracción ligera que se obtiene de la fragmentación de viejos vehículos, electrodomésticos, contenedores de graneros, etc. Esta actividad no se lleva a cabo en el país.

Incineración de lodos de alcantarilla

Este tipo de residuos corresponden a residuos de limpieza de alcantarillas y se incineran de manera muy marginal en el país. Constituyen un 8.55% del total de residuos incinerados y se aplicaron los factores de emisión de la clase 1, debido a que no reportaron cámara de postcombustión. Para el año 2002, se estima que operaban 3 hornos en esta subcategoría.

Tabla 19 Liberaciones de la subcategoría incineración de lodos de alcantarilla

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo
1			Incineración de desechos							
	e		Incineración de lodos de alcantarilla							
		1	Hornos antiguos por lotes, sin SCCA o mínimo SCCA	50	23		5.071	0,254	0,117	0,000
		2	Combustión moderna y continua, algún SCCA	4	0,5			0,000	0,000	0,000
		3	Operación moderna, SCCA completo	0,4	0,5			0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,254	0,117	0,000

Incineración de desechos de madera y biomasa

En esta subcategoría se incluyó la incineración que se lleva a cabo principalmente en los aeropuertos del país, en donde se destruyen materiales que no cumplen con los requisitos fitosanitarios exigidos para su entrada a Colombia. La cantidad de este tipo de desechos se estimó en 172 toneladas anuales. Para el año 2002 operaban aproximadamente 15 hornos en esta subcategoría, ubicados en Aeropuertos y Seccionales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), los cuales procesan residuos de vuelos y decomisos por falta de requisitos fitosanitarios, principalmente. Se utilizó el factor clase 1 para esta subcategoría, ya que de acuerdo con la información reportada y las visitas realizadas, la mayoría de estos hornos no cuentan con cámaras de postcombustión.

Tabla 20 Liberaciones de la subcategoría incineración de desechos de madera y biomasa.

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza volante	Ceniza fondo
1			Incineración de desechos							
	f		Incineración de desechos de madera y biomasa							
		1	Hornos antiguos por lotes, sin SCCA o mínimo SCCA	100	1.000		172	0,017	0,172	0,000
		2	Combustión moderna y continua, algún SCCA	10	10			0,000	0,000	0,000
		3	Operación moderna, SCCA completo	1	0,2			0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,017	0,172	0,000

Incineración de cadáveres de animales

Corresponde básicamente a equipos que operan en mataderos o centros veterinarios y se reportó una cantidad de 374 t/a para este tipo de residuos. Se consideraron estos hornos en la clase 1 puesto que no disponen de cámara de postcombustión. Se estima que para el año 2002 operaban 15 hornos que procesaban este tipo de residuos.

Tabla 21 Liberaciones de la subcategoría incineración de cadáveres de animales

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Activ t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Ceniza Volante	Ceniza fondo		Aire	Ceniza Volante	Ceniza fondo
1			Incineración de desechos							
	g		Incineración de cadáveres de animales							
		1	Hornos antiguos por lotes, sin SCCA o mínimo SCCA	500			374	0,187	0,000	0,000
		2	Combustión moderna y continua, algún SCCA	50				0,000	0,000	0,000
		3	Operación moderna, SCCA completo	5				0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,187	0,000	0,000

La tabla siguiente muestra todos los cálculos consolidados de liberaciones de PCDD/PCDF para la Categoría 1.

Tabla 22 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de incineración de desechos.

Cat	Sub	Cla	Subcategorías de fuentes	Vía posible de liberaciones (µg EQT/t)				Actividad t/a	Liberación anual (g EQT/a)									
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos Ceniza Volante Ceniza Fondo	Aire	Agua	Suelo	Productos	Ceniza Volante	Ceniza Fondo			
1			Incineración de desechos															
	a		Incineración de desechos sólidos municipales					1.803	6,311	0	0	0	0	0,000	0,135			
		1	Tecnología simple de combustión, sin sistema ACP	3.500	NA.	NA.	NA.	0	75	6,311				0,000	0,135			
		2	Combustión controlada, mínimo ACP	350	NA.	NA.	NA.	500	15	0	0,000			0,000	0,000			
		3	Combustión controlada, buen SCCA	30	NA	NA	NA	200	7	0	0,000			0,000	0,000			
		4	Alta tecnología combustión, SCCA perfeccionada	0,5	NA	NA	NA	15	1,5	0	0,000			0,000	0,000			
	b		Incineración de Desechos Peligrosos					22.585	7,905	0	0	0	0	20,327	0,000			
		1	Tecnología simple de combustión, sin sistema ACP	35.000	NA	NA	NA	9.000		0	0,000			0,000	0,000			
		2	Combustión controlada, mínimo ACP	350	NA	NA	NA	900		22.585	7,905			20,327	0,000			
		3	Combustión controlada, buen SCCA	10	NA	NA	NA	450		0	0,000			0,000	0,000			
		4	Alta tecnología combustión, SCCA perfeccionada	0,75	NA	NA	NA	30		0	0,000			0,000	0,000			
	c		Incineración de Desechos Médicos/Hospitalarios					29.305	88,433	0	0	0	0	0,000	0,589			
		1	Tecnología simple de combustión, por lotes, sin SCCA	40.000	NA	NA	NA	200		14	0,560			0,000	0,003			
		2	Combustión controlada por lotes, mínimo SCCA	3.000	NA	NA	NA	20		29.291	87,873			0,000	0,586			
		3	Combustión controlada, buen SCCA	525	NA	NA	NA	920		0	0,000			0,000	0,000			
		4	Alta tecnología combustión, SCCA perfeccionada	1	NA	NA	NA	150		0	0,000			0,000	0,000			

4.2 Categoría 2 - Producción de metales ferrosos y no ferrosos

La industria del hierro y del acero, así como la de metales no ferrosos constituyen sectores industriales altamente intensivos en materiales y energía. Cantidades considerables de la masa de entrada salen del proceso en forma de gases de salida y residuos.

Características de la producción de metales en Colombia

De acuerdo con los registros del DANE, en Colombia se producen metales como: hierro, acero, coque, plomo, zinc, aluminio, estaño, oro, cobre, bronce, latón y ferroníquel. Tomando como base la información reportada por las empresas a través de los cuestionarios y visitas de campo, en términos generales, la producción se hace con hornos que no disponen de sistemas de control de polvo o de dioxinas y furanos. La estimación de liberaciones para cada subcategoría se hace a continuación.

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción de metales ferrosos y no ferrosos.

Sinterización de hierro

En el proceso de sinterización se convierten finas partículas de metal en un producto aglomerado de un tamaño adecuado para su posterior tratamiento.

El material de entrada se combina con agua con el fin de obtener una mezcla continua llamada sinterizado, la cual se alimenta a un horno cuyas temperaturas de operación oscilan entre 1300 y 1480 °C, con lo cual se funde la superficie del material y se forma un aglomerado que, al salir del horno es enfriado al aire libre, molido y llevado a hornos con inyección de aire.

La formación de dioxinas y furanos para esta subcategoría se produce principalmente en el interior del propio lecho de sinterizado, en el que se encuentra el mineral de hierro o chatarra, coque como combustible y aditivos como piedra caliza, inmediatamente antes del frente de llama en el punto en que los gases calientes son forzados a través del lecho.

De acuerdo con la única empresa que realiza este proceso en el país, la producción en esta subcategoría fue de 449.400 toneladas durante el año 2002. Este proceso se realiza en un horno de ignición, cuyo combustible es coque y el cual dispone de un precipitador electrostático como sistema de control de contaminación atmosférica.

Tabla 23 Liberaciones de la subcategoría sinterización de hierro

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	a	Sinterización de hierro								
		1	Alto reciclado de desechos, incluyendo materiales contaminados con aceite	20		0,003		0,000	0,000	0,000
		2	Escasa utilización de desechos, planta bien controlada	5		0,003		0,000	0,000	0,000
		3	Alta tecnología, reducción de emisiones	0,3		0,003	449.400	0,135	0,000	0,001
Total Subcategoría								0,135	0,000	0,001

Producción de coque

Las liberaciones de PCDD/PCDF se asocian a la presencia de algún contenido de cloro en el carbón mineral.

De acuerdo con CINSET (Organismo técnico de la Asociación Colombiana de Pequeños Industriales), durante el año 2002 la producción de coque fue de 336.000 toneladas.

El tipo de hornos utilizados para este proceso son hornos tipo colmena que no cuentan con ningún control de emisiones al aire. Recientemente se están realizando cambios tendientes a incrementar la producción, pero aún no contemplan la instalación de sistemas de control de contaminación atmosférica.

Las zonas del país donde se lleva a cabo esta actividad son principalmente los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, donde se produce cerca del 70% del total nacional; y en los departamentos de Valle, Santander, Norte de Santander y Antioquia, donde se produce el 30% restante.

La empresa en el país que produce acero primario, también produce el coque que requiere su proceso. Esta actividad la lleva a cabo en una batería de hornos verticales que cuentan con un sistema de limpieza del gas efluente. Su producción durante el año 2002 fue de 272.060 toneladas.

Teniendo en cuenta el tipo de tecnología utilizada en la producción realizada en los hornos colmena, se aplicó el factor clase 1 para la estimación de sus liberaciones. Para la producción realizada en la batería de hornos verticales, se aplicó el factor clase 2.

Tabla 24 Liberaciones de la subcategoría producción de coque

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2			Producción de metales ferrosos y no ferrosos							
	b		Producción de coque							
		1	Sin limpieza del gas	3	0,06		336.000	1,008	0,020	0,000
		2	SCCA con postcombustión / retención del polvo	0,3	0,06		272.060	0,082	0,016	0,000
Total Subcategoría								1,090	0,036	0,000

Producción hierro y acero

La liberación de PCDD/PCDF se produce por el calentamiento del metal junto con el combustible (coque) y se incrementa con la utilización de chatarra contaminada con grasas y aceites.

De acuerdo con la información suministrada por la única empresa del país que produce acero primario, durante el año 2002 se produjeron 305.670 toneladas y de acuerdo con ASIMET (Asociación de Industrias Metalúrgicas), la producción de acero secundario fue de 494.330 toneladas, para un total nacional de 800.000 toneladas.

Se utilizó el factor clase 4 para la producción de acero primario, teniendo en cuenta que esta se realiza en un alto horno que dispone de sistemas de control de emisiones atmosféricas. Para la producción de acero secundario se utilizó el factor clase 1, ya que la mayoría de los hornos no cuentan con sistemas de limpieza de chatarra y/o control de emisiones atmosféricas.

La producción de hierro en el país durante el año 2002, de acuerdo con ASIMET fue de 637.000 toneladas. En la mayoría de los casos no se realiza limpieza de la chatarra y los hornos no cuentan con sistemas de control de emisiones atmosféricas. Se utilizan principalmente hornos de arco eléctrico, hornos de cubilote, hornos de inducción, hornos de cuchara y hornos Bendotty.

Figura 7 Horno para fundición de hierro



Figura 8 Planta industria siderúrgica



Tabla 25 Liberaciones de la subcategoría Producción de acero y funderías de hierro

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	c	Producción de acero								
		1	Chatarra sucia (antes de corte, contaminación general), precalentamiento de la chatarra, controles limitados	10		15	494.330	4,943	0,000	7,415
		2	Chatarra limpia / hierro virgen, postcombustión y filtro de mangas	3		15		0,000	0,000	0,000
		3	Chatarra limpia / hierro virgen, HAE diseñados para bajas emisiones de PCDD/PCDF, hornos HBO	0,1		1,5		0,000	0,000	0,000
		4	Altos hornos con SCCA.	0,01			305.670	0,003	0,000	0,000
Total Subcategoría								4,946	0,000	7,415
		Funderías de hierro								
		1	Cubilote de aire frío o tambor rotatorio y depuración de gas	10			637.000	6,370	0,000	0,000
		2	Tambor rotatorio, filtro de mangas	4,3		0,2		0,000	0,000	0,000
		3	Cubilote frío, filtro de mangas	1		8		0,000	0,000	0,000
		4	Cubilote de aire caliente u horno de inducción, filtro de mangas (fundería)	0,03		0,5		0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								6,370	0,000	0,000

Producción de cobre

El cobre es el metal más eficiente para catalizar la formación de PCDD/PCDF, especialmente en la producción de cobre secundario, ya que se utilizan materias primas oxidadas o metálicas.

De acuerdo con la información suministrada por el Departamento Nacional de Estadística (DANE), la producción de este metal durante el año 2002 fue de 3.090 toneladas.

De acuerdo con la información recibida en los Formularios enviados, se utilizan principalmente hornos de cubilote, crisol y hornos de inducción que en su mayoría no cuentan con sistemas de control de contaminación atmosférica; razón por la cual, se utilizaron los factores de la clase 1 para la estimación de liberaciones de esta subcategoría.

Tabla 26 Liberaciones de la subcategoría producción de cobre

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2			Producción de metales ferrosos y no ferrosos							
	d		Producción de cobre							
		1	Sec. Cu – tecnología básica	800		630	3.090	2,472	0,000	1,947
		2	Sec. Cu – bien controlada	50		630		0,000	0,000	0,000
		3	Sec. Cu – Control óptimo de PCDD/PCDF	5		300		0,000	0,000	0,000
		4	Fundición de Cu / aleaciones de Cu	0,03				0,000	0,000	0,000
		5	Cu primario, todos los tipos	0,01				0,000	0,000	0,000
			Total Subcategoría					2,472	0,000	1,947

Producción de aluminio

Esta subcategoría tiene especial importancia si la producción de aluminio se realiza a partir de chatarra, que puede encontrarse contaminada.

De acuerdo con la información suministrada por las industrias encuestadas, la producción de este metal durante el año 2002 fue de 27.370 toneladas de aluminio secundario, aproximadamente. En el país no existe producción de aluminio primario debido al gran consumo energético que requiere el proceso, por lo cual el aluminio que se procesa en el país es importado principalmente de Venezuela. Para el cálculo de liberaciones se utilizaron los factores de la clase 3 para la producción de aluminio secundario a partir del aluminio primario importado y los de la clase 1 para la producción de aluminio secundario a partir de chatarra, cifras que corresponden a un 92% y 8%, respectivamente, de la producción anual.

Por lo general, se utilizan hornos de inducción, fusión, cubilote y crisol, que en su mayoría no cuentan con sistemas de limpieza de gases.

Tabla 27 Liberaciones de la subcategoría producción de aluminio

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	e	Producción de aluminio								
		1	Procesamiento térmico de chatarra de Al, tratamiento mínimo de material de entrada y simple retención de polvo	150		400	2.190	0,329	0,000	0,876
		2	Procesamiento térmico de Al, tratamiento de la chatarra bien controlado, filtros de mangas con inyección de cal	35		400		0,000	0,000	0,000
		3	Desecado de raspaduras / viruta	5			25.180	0,252	0,000	0,000
		4	Procesamiento térmico de Al, pre-tratamiento de chatarra, buen control, filtros de tela con inyección de cal	4		400		0,000	0,000	0,000
		5	Proceso y SCCA óptimo	0,5		400		0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,580	0,000	0,876

Producción de plomo

Igual que para la subcategoría anterior, la formación de PCDD/PCDF en el sector de la producción de plomo secundario, se genera principalmente cuando se parte de chatarra que contiene materia orgánica y cloro (residuos de PVC).

La característica más sobresaliente al analizar la industria de producción de plomo secundario en Colombia a partir del reciclaje de baterías usadas, es su heterogeneidad. En la industria del aprovechamiento de baterías usadas, se aprecian tres clases de agentes que si bien se dedican a la misma actividad, difieren en cuanto a la tecnología utilizada.

En primer lugar, está el recuperador de baja tecnología que se caracteriza por la preponderancia de actividades manuales y ninguna o baja utilización de equipo mecanizado, que improvisa el horno en tambores metálicos de 55 galones que recubre internamente con refractario y provee el soporte para montar el crisol y el quemador. Este quemador puede utilizar gas natural o gas licuado de petróleo (GLP), dependiendo de la disponibilidad del combustible.

Un segundo agente, son los fundidores que procesan cantidades más o menos importantes de baterías y pueden tener uno o varios hornos como los anteriormente descritos, o disponer de hornos tipo crisol o cubilote, en los cuales la carga se mezcla con coque para su procesamiento.

El aprovechamiento tecnificado, que sólo lo realiza una empresa en el país, se hace con un alto nivel tecnológico para el procesamiento de los materiales de plomo, utilizando procesos debidamente estandarizados y equipos de control de emisiones del proceso productivo. Para este caso se cuenta con tecnología de horno rotatorio con temperaturas que oscilan entre 1.500 y 2.000 °C, utilizando gas natural como combustible.

De acuerdo con la información suministrada por las Industrias encuestadas, la producción de este metal durante el año 2002 fue de 9.500 toneladas.

Para la estimación de liberaciones en esta subcategoría, se tomó la producción nacional y se aplicó el factor clase 1 al 50% de la producción, correspondiente a tecnologías baja e intermedia, que no cuentan con sistemas de control de contaminación y en las que no siempre se realiza separación de PVC. Para el otro 50% de la producción se utilizó el factor clase 3, ya que se realiza en plantas más tecnificadas que cuentan con algún sistema de control de contaminación atmosférica.

Tabla 28 Liberaciones de la subcategoría producción de plomo

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	f	Producción de plomo								
		1	Producción de Pb a partir de chatarra que contiene tabiques de batería de PVC	80			4.750	0,380	0,000	0,000
		2	Producción de Pb a partir de chatarra libre de PVC/Cl ₂ en altos hornos con filtro de mangas	8				0,000	0,000	0,000
		3	Producción de Pb a partir de chatarra libre de PVC/Cl ₂ en hornos distintos de los altos hornos con scrubber	0,5			4.750	0,002	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,382	0,000	0,000

Producción de zinc

La producción de este metal puede producir liberaciones de PCDD/PCDF, principalmente cuando se realiza a partir de chatarra impura.

De acuerdo con la información suministrada por las empresas encuestadas, la producción de este metal durante el año 2002 fue de 2.126 toneladas, en su totalidad de zinc secundario. Se utilizan en su mayoría hornos tipo crisol sin sistemas de control de contaminación atmosférica. Por esta razón se aplicó el factor clase 1 para el cálculo de liberaciones.

Figura 9 Horno crisol para fundición de zinc**Tabla 29 Liberaciones de la subcategoría producción de zinc**

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	g	Producción de zinc								
		1	Horno sin ningún control de polvo	1.000			2.126	2,126	0,000	0,000
		2	Hornos de briquetado en caliente / rotatorios, control básico de polvo, p.e. filtro de mangas / ESP	100				0,000	0,000	0,000
		3	Controles de contaminación completos, p.e. filtros de mangas con carbón activo / tecnología DeDiox	5				0,000	0,000	0,000
		4	Fusión del zinc	0,3				0,000	0,000	0,000
Total Subcategoría								2,126	0,000	0,000

Producción de bronce y latón

En esta subcategoría las liberaciones pueden proceder principalmente del proceso de fusión y fundición de chatarra mixta.

De acuerdo con la información suministrada por las empresas encuestadas, la producción de este metal durante el año 2002 fue de 4.031 toneladas, de las cuales el 57% corresponde a producción primaria y el 43% a producción secundaria. Se utilizan en su mayoría hornos tipo crisol y de inducción eléctrica. Estos últimos disponen de sistemas de control de contaminación atmosférica (filtros de mangas).

La producción que se realiza en hornos de inducción eléctrica con filtros de mangas es de 3.818 toneladas y se le aplicó el factor clase 2; mientras que la producción que se hace en hornos crisol sin sistemas de control de contaminación atmosférica es de 213 toneladas y se le aplicó el factor clase 1. En la siguiente tabla se presenta el cálculo de liberaciones.

Tabla 30 Liberaciones de la subcategoría producción de bronce y latón

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2			Producción de metales ferrosos y no ferrosos							
	h		Producción de bronce y latón							
		1	Hornos de fusión sencillos	10			213	0,0021	0,000	0,000
		2	Equipos más complejos, como hornos de inducción con sistemas SCCA	0,1			3.818	0,0004	0,000	0,000
Total Subcategoría								0,0025	0,000	0,000

Producción de magnesio

De acuerdo con la información suministrada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y las empresas encuestadas, en Colombia se produce óxido de magnesio a partir de carbonato de magnesio, el cual es calcinado a temperaturas entre 900 y 1200 °C y utilizado en agricultura para elaboración de fertilizantes y en actividades de construcción. El país cuenta con minas de carbonato de magnesio en el municipio de Bolívar (Valle) y en Santa Marta (Magdalena). En Colombia también existen minas de dolomita, la cual es extraída y pulverizada para aplicar directamente a los suelos como fertilizante sin ningún proceso de calcinación; esto debido a que este material no tiene una concentración mínima de magnesio que permita ser utilizada para la producción de óxido de magnesio.

La producción de óxido de magnesio en Colombia para el año 2002 fue de 2.000 toneladas y la gran mayoría del óxido de magnesio requerido en el país es importado principalmente de China.

Se utilizaron los factores de la clase 1 para la estimación de liberaciones de esta subcategoría, ya que los hornos utilizados en este proceso no disponen de sistema de control de contaminación atmosférica.

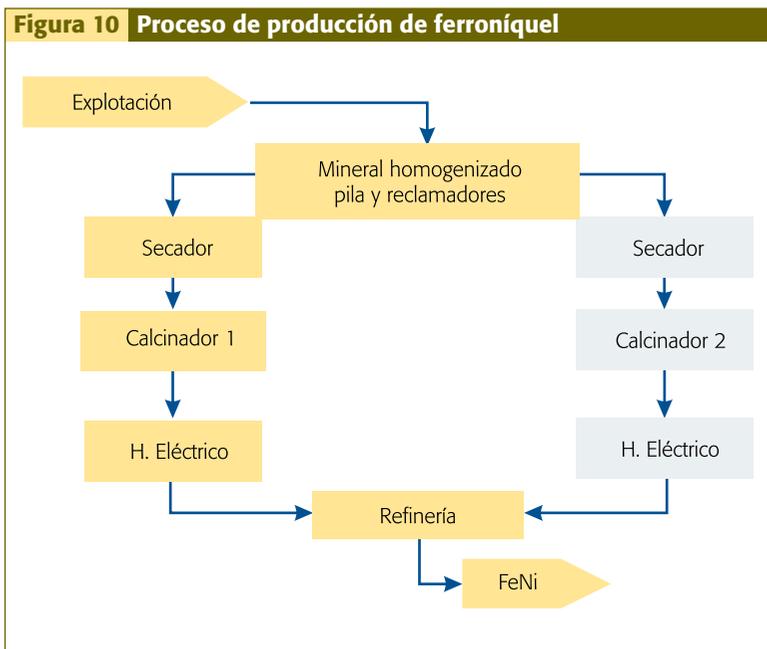
Tabla 31 Liberaciones de la subcategoría producción de magnesio

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2			Producción de metales ferrosos y no ferrosos							
	i		Producción de magnesio							
		1	Producción mediante termotratamiento de MgO/C en Cl ₂ sin tratamiento del efluente y tratamiento limitado del gas	250	9.000		2.000	0,500	18.000	0,000
		2	Producción mediante MgO/C en Cl ₂ con control completo de contaminación	50	24	9.000		0,000	0.000	0,000
Total Subcategoría								0,500	18.000	0,000

Producción de otros metales no ferrosos

De acuerdo con los registros del DANE, la producción de otros metales no ferrosos como bario, estaño, oro y plata fue de 1.333 toneladas durante el año 2002 y de acuerdo con la información enviada por la única empresa productora de ferróniquel en el país, su producción durante ese año fue de 135.432 toneladas.

El proceso de producción de ferróniquel consiste en la extracción del mineral en la mina, de donde se toman muestras de material para analizar su composición química; luego el material es pulverizado a un diámetro aproximado de 65 milímetros y llevado a un secador que retira la humedad de un 22% a un 11%. El material seco es llevado a un horno rotatorio junto con carbón para pasar por un proceso de calcinación (800-900 °C) y luego a un proceso de fundición (1.480 °C), del que se obtiene metal y escoria. El metal es refinado para retirar impurezas y granulado con el fin de ser empacado y despachado.



Las liberaciones de PDCC/PDCF en estas actividades, pueden provenir de los procesos térmicos realizados, del grado de contaminación de los materiales de entrada y de los sistemas de depuración de los gases de salida.

Dentro de esta subcategoría, los procesos de producción no reportan sistemas de control de contaminación atmosférica -con excepción de la producción de ferróníquel-, por lo cual se utilizarán para estos metales los factores clase 1, ya que su impacto sobre el total de liberaciones es muy bajo. Para el caso de la producción de ferróníquel, se utilizarán los factores clase 2, ya que los hornos de la planta cuentan con filtros de mangas y lavadores de gases.



Tabla 32 Liberaciones de la subcategoría producción de otros metales no ferrosos

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	j	Producción de otros metales no ferrosos								
		1	Procesos térmicos de metales no ferrosos, chatarra contaminada, control sencillo o nulo del polvo	100			1.333	0,133	0,000	0,000
		2	Procesos térmicos de metales no ferrosos, chatarra limpia, filtros de mangas / inyección de cal / postcombustión	2			135.432	0,271	0.000	0,000
Total Subcategoría								0,404	0,000	0,000

Desguazadoras

En Colombia se realiza desguace de chatarra proveniente, en su mayoría, de la renovación del parque automotor. Las liberaciones de esta subcategoría dependen principalmente de la contaminación de los materiales de entrada y de la existencia de puntos de alta temperatura en el sistema.

De acuerdo con la información reportada por las empresas que realizan esta actividad en el país, la cantidad de material procesado (chatarra de hierro y acero) fue de 152.243 toneladas en el año 2002.

Tabla 33 Liberaciones de la subcategoría desguazadoras

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)			Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Agua	Residuos		Aire	Agua	Residuos
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos									
	k	Desguazadoras								
		1	Plantas de desguace de metales	0,2			152.243	0,030	0,000	0,000
	Total Subcategoría							0,030	0,000	0,000

Recuperación térmica de cables

La formación de PCDD/PCDF en esta subcategoría, se produce principalmente por la presencia de carbón (en las vainas), cloro en el PVC que se calienta y un catalizador como el cobre dentro del proceso. En el país, la recuperación térmica de cable se encuentra prohibida, sin embargo, se tiene conocimiento de que se hace de manera ilegal, mediante quemas a cielo abierto en lugares donde no existe control por parte de las autoridades ambientales.

No fue posible disponer de un dato consolidado de la cantidad de material que se procesa de esta manera en el país.

En la tabla 34 (página siguiente), se presentan las liberaciones de dioxinas y furanos para la categoría 2, producción de metales ferrosos y no ferrosos.

4.3 Categoría 3 – Transformación de energía

Las subcategorías incluidas en la generación de energía y calefacción son:

- Centrales térmicas de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas, etc.)
- Centrales eléctricas de biomasa (madera, otras biomásas, etc.)
- Combustión de biogás en rellenos sanitarios controlados
- Cocina y calefacción doméstica con biomasa
- Calefacción doméstica y cocina con combustibles fósiles

Características de esta categoría en Colombia

En Colombia, los consumos de combustible para generación de energía son recopilados y presentados en el documento "Balance Energético Nacional", elaborado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). Para este inventario se tomaron los datos reportados para el año 2002.

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de transformación de energía

Centrales eléctricas y combustibles fósiles

En nuestro país, la generación de energía eléctrica se hace principalmente a través de hidroeléctricas. La generación de energía mediante centrales eléctricas a base de combustibles fósiles se hace en ciertas regiones del país como la costa atlántica debido a que su geografía no permite la construcción de hidroeléctricas, o también y de manera ocasional, durante periodos en los cuales la cantidad de lluvias no alcanza el nivel adecuado para el funcionamiento de las hidroeléctricas.

En esta subcategoría, los PCDD/PCDF se producen asociados a las cenizas volantes que se generan, debido a los fragmentos orgánicos y el cloro contenido en el carbón. Para otros combustibles, la

Tabla 34 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de producción de metales ferrosos y no ferrosos

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)				
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos
2	a	1	Sinterización de hierro	20	ND	ND	ND	0	0,135	0	0	0	0,001
	2	Escasa utilización de desechos, planta bien controlada	5	ND	ND	ND	ND	0	0,000	0	0	0	0,000
	3	Alta tecnología, reducción de emisiones	0,3	ND	ND	ND	ND	449.400	0,135	0	0	0	0,001
	b	1	Sin limpieza de gas	3	0,06	ND	ND	336.000	1,090	0,036	0	0	0
	2	SCCA con postcombustión / retención de polvo	0,3	0,06	ND	ND	ND	272.060	0,082	0,016	0	0	0
c	1	Chatarra sucia (aceites de corte, contaminación general), precalentamiento de la chatarra, controles limitados	10	ND	ND	ND	494.330	4,943	0	0	0	0	
													11
2	Chatarra limpia / hierro virgen, postcombustión y filtro de mangas	3	ND	ND	ND	NA	0	0,000	0	0	0	0,000	
													NA
3	Chatarra limpia / hierro virgen, HAE diseñados para bajas emisiones de PCDD/PCDF, hornos HBO	0,1	ND	ND	ND	NA	0	0,000	0	0	0	0,000	
													NA
4	Altos hornos con SCCA	0,01	ND	ND	ND	NA	305.670	0,003	0	0	0	0,000	
													NA
1	Fundiciones de hierro	10	ND	ND	ND	ND	637.000	6,370	0	0	0	0,000	
													ND
2	Cubilote de aire frío o tambor rotatorio y depuración de gas	4,3	ND	ND	ND	ND	0	0,000	0	0	0	0,000	
													ND
3	Tambor rotatorio, filtro de mangas	1	ND	ND	ND	ND	0	0,000	0	0	0	0,000	
													ND
4	Cubilote de aire frío, filtro de mangas	0,03	ND	ND	ND	ND	0	0,000	0	0	0	0,000	
													ND
4	Cubilote de aire caliente u horno de inducción, filtro de mangas (fundiería)	0,03	ND	ND	ND	ND	0	0,000	0	0	0	0,000	
													ND

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)					Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)										
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos						
2	d		Producción de metales ferrosos y no ferrosos																	
			Producción de cobre																	
		1	Sec. Cu – tecnología básica	800	ND	ND	ND	630	3.090	2,472	0	0	0	0	0	0	0	1,947	1,947	
		2	Sec. Cu – bien controlada	50	ND	ND	ND	630	0	0,000									0,000	0,000
		3	Sec. Cu – control óptimo de PCDD/PCDF	5	ND	ND	ND	300	0	0,000									0,000	0,000
		4	Fundición de Cu / aleaciones de Cu	0,03	ND	NA	NA	ND	0	0,000								0,000	0,000	
		5	Cu primario, todos los tipos	0,01	ND	ND	ND	ND	0	0,000								0,000	0,000	
			Producción de aluminio						27.370	0,580	0	0	0	0	0	0	0	0,876	0,876	
		1	Procesamiento térmico de chatarra de Al, tratamiento mínimo de material de entrada y simple retención de polvo	150	ND	ND	ND	400	2.190	0,329								0,876	0,876	
		2	Procesamiento térmico de Al, tratamiento de la chatarra bien controlado, filtros de mangas con inyección de cal	35	ND	ND	ND	400	0	0,000								0,000	0,000	
		3	Desecado de raspaduras / viruta	10	ND	ND	ND	NA	25.180	0,252								0,000	0,000	
		4	Procesamiento térmico de Al, pre-tratamiento de chatarra, buen control, filtros de tela con inyección de cal.	0,5	ND	ND	ND	400	0	0,000								0,000	0,000	
			Producción de plomo						9.500	0,382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1	Producción de Pb a partir de chatarra que contiene tabiques de batería de PVC	80	ND	ND	ND	ND	4.750	0,380										
		2	Producción de Plomo a partir de chatarra libre de PVC/Cl2 en altos hornos con filtro de mangas	8	ND	ND	ND	ND	0	0,000										
		3	Producción de Pb a partir de chatarra libre de PVC/Cl2 en hornos distintos de los altos hornos con scrubber	0,5	ND	ND	ND	ND	4.750	0,002										

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)					Liberación anual (g EQT/a)					
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	Producción t/a	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos
2	g	1	Horno sin ningún control de polvo	1.000	ND	ND	ND	ND	2.126	0	0	0	0	
				100	ND	ND	ND	ND	2.126					
				5	ND	ND	ND	ND	0	0,000				
				0,3	ND	ND	ND	ND	0	0,000				
	h	1	Hornos de fusión sencillos	1	ND	ND	ND	ND	4.031	0	0	0	0	
				0,1	ND	ND	ND	ND	213	0,0021				
	i	2	Hornos más complejos como hornos de inducción con sistemas de SCCA	0,1	ND	ND	ND	ND	3.818					
									2.000	0,500	18,000	0	0	0
	j	1	Producción mediante termostratamiento de MgO/C en Cl2 sin tratamiento del efluente, tratamiento limitado del gas	250	9.000	NA	ND	0	2.000	0,500	18,000			
				50	24	NA	ND	9.000	0					
	1	Procesos térmicos de metales no ferrosos, chatarra contaminada, control sencillo o nulo del polvo	100	ND	ND	ND	ND	136.765	0,404	0	0	0		
			2	ND	ND	ND	ND	1.333	0,133					
	2	Procesos térmicos de metales no ferrosos, chatarra limpia, filtros de mangas / inyección de cal / postcombustión	2	ND	ND	ND	ND	135.432	0,271					

Cat	Sub	Cía	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)					Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)					
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	
2	k	1	Desguazadoras (p.e. automóbiles)	Producción de metales ferrosos y no ferrosos											
				Plantas de desguace de metales	0,2	NA	NA	ND	ND	152,243	0,030	0	0	0	0
				Recuperación térmica de cobre de cables						152,243	0,030				
				Quema de cables a cielo abierto	5,000	ND	ND	ND	ND	0	0	0	0	0	0
		2	Horno básico con postcombustión y scrubber	40	ND	NA	ND	ND	0						
				Quema de motores eléctricos y zapatas de freno, etc, dotado de postcombustión	3,3	ND	NA	ND	ND	0					
	2		Producción de metales ferrosos y no ferrosos						19,039	18,036	0,000	0,000	10,239		

liberación esperada es relativamente baja.

Para el cálculo de liberaciones de esta subcategoría, se tomó como fuente la información sobre consumos de combustibles fósiles tanto para generación de energía como para el sector industrial, suministrada por la UPME en el Balance Energético Nacional del año 2002. Estos datos se presentan en las tablas 35 y 36.

Figura 12 Planta termoeléctrica que opera con gas natural



Tabla 35 Consumo de energía en el sector centrales térmicas, año 2002

Tipo de combustible		Consumo	Consumo	Consumo	
		Unidad original	(Tcal)	(TJ)	
Fósiles líquidos	Combustibles primarios	Petróleo crudo (KBL)	0	0,0	0,0
		Líquidos de gas natural	0	0,0	0,0
	Combustibles secundarios	Gasolina (KBL)	0	0,0	0,0
		Kerosene jet	0	0,0	0,0
		Otros kerosenes (KBL)	0	0,0	0,0
		Gas/Diesel oil (KBL)	0	0,0	0,0
		Fuel oil residual (KBL)	87,0	128,8	539,1
		LPG (KBL)	0	0,0	0,0
		Etano	0	0,0	0,0
		Nafta	0	0,0	0,0
		Asfalto	0	0,0	0,0
		Lubricantes	0	0,0	0,0
		Coque de petróleo	0	0,0	0,0
		Materia primas de refineries	0	0,0	0,0
		Otros aceites	0	0,0	0,0
		Fósiles sólidos	Combustibles primarios	Antracita	0
Carbón de coque	0			0,0	0,0
Otros bituminosos (carbón mineral) (KTON)	720,0			4.680	19.594,2
Carbón subbituminoso	0			0,0	0,0
Lignito	0			0,0	0,0
Combustibles secundarios	Turba		0	0,0	0,0
	BKB y briquetas		0	0,0	0,0
	Carbón vegetal		0	0,0	0,0
Fósiles gaseosos	Gas Natural (seco) (MPC)	0	0,0	0,0	
		80.118,0	18.747,6	78.492,5	
Total			23.556,4	98.625,8	
Total biomasa			0,0	0,0	
		Biomasa sólida (KTON)	0	0,0	0,0
		Biomasa líquida (TCAL)	0	0,0	0,0
		Biomasa gaseosa	0	0,0	0,0

Fuente: Balance Energético de la UPME elaborado en el Año 2003.

Tabla 36 Consumo de energía en el sector centrales térmicas, año 2002

Tipo de combustible		Consumo	Consumo	Consumo	
		Unidad original	(Tcal)	(TJ)	
Fósiles líquidos	Combustibles primarios	Petróleo crudo (KBL)	91	125,6	525,8
		Líquidos de gas natural	0	0,0	0,0
	Combustibles secundarios	Gasolina (KBL)	0	0,0	0,0
		Kerosene jet	0	0,0	0,0
		Otros kerosenes (KBL)	574,0	763,4	3.196,3
		Gas/Diesel oil (KBL)	2.841,0	3.920,6	16.414,7
		Fuel oil residual (KBL)	2.674,0	3.957,5	16.569,3
		LPG (KBL)	669,0	635,6	2.660,9
		Etano		680,0	2.847,0
		Nafta	0	0,0	0,0
		Asfalto	0	0,0	0,0
		Lubricantes	0	0,0	0,0
		Coque de petróleo	0	0,0	0,0
		Materia primas de refinerías	0	0,0	0,0
		Otros aceites	0	0,0	0,0
Fósiles sólidos	Combustibles primarios	Antracita	0	0,0	0,0
		Carbón de coque	0	0,0	0,0
		Otros bituminosos (carbón mineral) (KTON)	2.585,0	16.802,5	70.348,7
		Carbón subbituminoso	0	0,0	0,0
	Combustibles secundarios	Lignito	0	0,0	0,0
		Turba	0	0,0	0,0
		BKB y briquetas	0	0,0	0,0
Fósiles gaseosos	Combustibles secundarios	Carbón vegetal	0	0,0	0,0
		Coque (KTON)	43,0	206,4	864,2
		Gas Natural (seco) (MPC)	72.051,0	16.859,9	70.589,2
Total			43.951,5	184.016,1	
Total biomasa			18.848,1	78.913,1	
	Biomasa sólida (KTON)	0	16.782,1	70.263,2	
	Biomasa líquida (TCAL)	0	2.066,0	8.649,9	
	Biomasa gaseosa	0	0,0	0,0	

Los datos de las tablas anteriores, utilizados para el cálculo de liberaciones son los siguientes:

Tabla 37 Consumos de combustibles y biomasa para generación de energía y para el sector industrial

Combustible	Consumos en Terajulios (TJ)		
	Centrales Térmicas	Sector Industrial	Total
Carbón: bituminoso y coque	19.594,2	44.479,8 ⁽¹⁾	64.074
Aceite pesado: fuel oil residual y petróleo crudo	539,1	17.095,1	17.634,2
Aceite ligero y gas natural: gas natural, otros kerosenes, diesel, gas licuado y gases industriales	78.492,5	95.708	174.200,5

(1) Para el cálculo del dato de consumo de energía en el sector industrial, se descontó la cifra correspondiente al combustible utilizado en la producción de clinker (subcategoría 4-a), ya que las liberaciones generadas por este concepto son contabilizadas en esta subcategoría. Los cálculos realizados para este ajuste son los siguientes:

Proceso	Producción Año 2002 (t)	Consumo energía		
		MJ/t *	MJ	TJ
Húmedo	2.812.578	6.000	16.875.468.000	16.877,5
Seco	2.986.553	3.300	9.855.624.900	9.855,6
Consumo Total			26.733,1	

* Primera Comunicación Nacional ante el marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. 2001. Colombia

En la siguiente tabla se presenta la cuantificación de liberaciones con base en estos datos.

Tabla 38 Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de combustibles fósiles

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/tj)		Actividad TJ/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
3	Generación de Energía y Calefacción							
	a	Centrales eléctricas de combustibles fósiles						
		1	Calderas de energía que queman conjuntamente combustible fósil	35			0,000	0,000
		2	Calderas de energía que queman carbón	10	14	64.074	0,641	0,897
		3	Calderas de energía que queman aceite pesado	2,5		17.634,2	0,044	0,000
		4	Calderas de energía que queman aceite ligero / gas natural	0,5		174.200,5	0,087	0,000
Total Subcategoría							0,772	0,897

Centrales eléctricas de biomasa

Las liberaciones de PCDD/PCDF en esta subcategoría siguen las mismas reglas generales de las plantas con combustibles fósiles (fracciones orgánicas y cloro presentes en la biomasa), además de la posibilidad de contaminación previa de la biomasa.

Para el cálculo de liberaciones en esta subcategoría se tomó el dato de la tabla 36, sobre consumo de biomasa⁷ para generación de energía en el sector industrial y se consideró esta biomasa como no impactada, debido a que no se cuenta con evidencia de ello. La cantidad de biomasa utilizada para este sector es de 78.913 Terajulios (TJ).

Tabla 39 Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de biomasa

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/tj)		Actividad	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
3	Generación de Energía y Calefacción							
	b	Centrales eléctricas de biomasa						
		1	Calderas alimentadas por biomasa mezclada	500			0,000	0,000
		2	Calderas alimentadas por madera limpia	50	15	78.913	3,946	1,183
Total Subcategoría							3,946	1,183

Rellenos sanitarios, combustión de biogás

Hasta la fecha de realización del presente Inventario no se tiene reporte de la realización de esta actividad en el país para generación de energía eléctrica. Se dispone de información sobre el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá, que para el año 2002 estuvo quemando biogás en teas, en una cantidad aproximada de 80 metros cúbicos por minuto, para una cantidad al año de 42.048.000 metros cúbicos, que corresponden a 42.252.800 kg (densidad de 1.1). Teniendo en cuenta que cada kilogramo de gas tiene un poder calorífico de 0,000015 TJ, la cantidad de TJ generada en el 2002 fue de 693,8 TJ.

Tabla 40 Liberaciones de la subcategoría centrales eléctricas de biomasa rellenos sanitarios, combustión de biogás

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/TJ)		Actividad TJ/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
3	Generación de Energía y Calefacción							
	c	Rellenos Sanitarios, combustión de biogás						
		1	Calderas, con biogás, motores / turbinas y teas.	8		693	0,006	0,000
Total Subcategoría							0,006	0,000

Combustión de biomasa para uso doméstico (calefacción, cocina)**Tabla 41 Consumo de energía en el sector residencial, año 2002**

Tipo de combustible			Consumo	Consumo	Consumo
			Unidad original	(Tcal)	(TJ)
Fósiles líquidos	Combustibles primarios	Petróleo crudo (KBL)	91	125,6	525,8
		Líquidos de gas natural	0	0,0	0,0
		Gasolina (KBL)	0	0,0	0,0
	Combustibles secundarios	Kerosene jet	0	0,0	0,0
		Otros kerosenes (KBL)	574,0	763,4	3.196,3
		Gas/Diesel oil (KBL)	2.841,0	3.920,6	16.414,7
		Fuel oil residual (KBL)	2.674,0	3.957,5	16.569,3
		LPG (KBL)	669,0	635,0	2.660,9
		Etano		680,0	2847,0
		Nafta	0	0,0	0,0
		Asfalto	0	0,0	0,0
		Lubricantes	0	0,0	0,0
		Coque de petróleo	0	0,0	0,0
		Materia primas de refinerías	0	0,0	0,0
Otros aceites	0	0,0	0,0		
Fósiles sólidos	Combustibles primarios	Antracita	0	0,0	0,0
		Carbón de coque	0	0,0	0,0
		Otros bituminosos (carbón mineral) (KTON)	2.585,0	16.802,5	70.348,7
		Carbón subbituminoso	0	0,0	0,0
		Lignito	0	0,0	0,0
		Turba	0	0,0	0,0
	Combustibles secundarios	BKB y briquetas	0	0,0	0,0
		Carbón vegetal	0	0,0	0,0
		Coque (KTON)	43,0	206,4	864,2
Fósiles gaseosos	Gas Natural (seco) (MPC)	72.051,0	16.859,9	70.589,2	
Total				43.951,5	184.016,1
Total biomasa				18.848,1	78.913,1
	Biomasa sólida (KTON)	0	16.782,1	70.263,2	
	Biomasa líquida (TCAL)	0	2.066,0	8.649,9	
	Biomasa gaseosa	0	0,0		

Fuente: Balance Energético de la UPME elaborado en el Año 2003.

Para esta subcategoría se tomó el consumo de 71.621,9 TJ de biomasa para uso doméstico. Se consideró esta biomasa como no contaminada, debido a que su origen son cultivos de la misma finca en donde se utilizan para cocina.

En esta actividad, las PCDD/PCDF se forman como resultado de la combustión incompleta, típica de pequeños dispositivos que carecen de controles de combustión o que son muy precarios, y por la posible contaminación de la biomasa.

Tabla 42 Liberaciones de la subcategoría de combustión de biomasa para uso doméstico (calefacción, cocina)

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Actividad TJ/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
3	Generación de Energía y Calefacción							
	d	Combustión de biomasa para uso doméstico (calefacción, cocina)						
		1	Estufas alimentadas por madera contaminada / biomasa	1.500	2.000		0,000	0,000
		2	Estufas alimentadas por madera virgen / biomasa	100	20	71.622	7,162	1,400
Total Subcategoría							7,162	1,400

Combustión de combustibles fósiles para uso doméstico (calefacción, cocina)

En Colombia se utilizan diferentes combustibles fósiles principalmente para la cocina como: carbón, gas natural, gas licuado y algunos aceites ligeros.

Para esta subcategoría se tomó la información de la tabla 41, en la cual se reportan los datos de consumo de combustibles fósiles para uso doméstico.

Se reportan los siguientes consumos:

Carbón:		96.000t
Petróleo:		2.233 TJ
Gas natural:	27.143 TJ	
Gas licuado:	27.957 TJ	55.101 TJ

Para el cálculo de las liberaciones en residuos, debido a la imposibilidad de obtener la cifra de cenizas producidas en la combustión de carbón para uso doméstico, se tomó la información presentada en el inventario de Cuba, en la que se establece que aproximadamente el 10% del carbón consumido se convierte en ceniza.

Tabla 43 Liberaciones de la subcategoría de la combustión de combustibles fósiles para uso doméstico (calefacción, cocina)

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Actividad TJ/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos (µgEQT/t ceniza *)		Aire	Residuos
3	Generación de Energía y Calefacción							
	e	Combustión de combustibles fósiles para uso doméstico (calefacción, cocina)						
		1	Estufas de carbón (t)	70	5.000	96.000	6,720	48,000
		2	Estufas de petróleo (TJ)	10		2.233	0,022	0,000
		3	Estufas de gas natural (TJ)	1,5		55.101	0,083	0,000
Total Subcategoría							6,825	48,000

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

En la siguiente tabla, se presentan las liberaciones consolidadas para esta categoría.

[Empty table area]

Tabla 44 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de transformación de energía

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Liberación anual (g EQT/a)									
				Aire	Agua	Suelo	Residuos	Productos	Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos			
3	a	1	Centrales eléctricas de combustibles fósiles					255.909	0	0	0	0	0,897				
				Calderas de energía que queman conjuntamente combustible fósil	35	NA	NA							NA	ND	0,000	0,000
				Calderas de energía que queman carbón	10	NA	NA							NA	14	64.074	0,641
				Calderas de energía que queman aceite pesado	2,5	NA	NA							NA	ND	17.634	0,044
	b	4	Calderas de energía que queman aceite ligero / gas natural	0,5	NA	NA	NA	ND	174.201	0,087	0,000	0,000					
				Centrales eléctricas de biomasa					78.913	3,946	0	0	1,183				
	c	1	Calderas alimentadas por biomasa (ex madera)	500	NA	NA	NA	ND	0,000	0,000	0,000						
				Calderas alimentadas por madera limpia	50	NA	NA	NA	15	78.913	3,946	1,183					
	d	1	Rellenos Sanitarios, combustión de biogás					693	0,006	0,006	0,000						
				Calderas, motores/turbinas, fuego	8	NA	NA	9	NA	0,006	0,006	0,000					
	e	1	Combustión de biomasa para uso doméstico (calefacción, cocina)					71.622	0	0	0	1,432					
				Estufas alimentadas por madera contaminada / biomasa	1.500	NA	NA	NA	2.000	0	0,000	0,000					
	e	2	Estufas alimentadas por madera virgen / biomasa	100	NA	NA	NA	20	71.622	7,162	1,432						
				Combustión de combustibles fósiles para uso doméstico (calefacción, cocina)					6.825	0	0	0	48.000				
3	1	Estufas de carbón (t)	70	NA	NA	NA	NA	µgEQT/t ceniza 5.000	96.000	6,720	48.000						
			Estufas de petróleo	10	NA	NA	NA	NA	ND	2.233	0,022	0,000					
			Estufas de gas natural	1,5	NA	NA	NA	NA	ND	55.101	0,083	0,000					
Generación de energía y calefacción							18.710	0	0	0	51,513						

4.4 Categoría 4 – Producción de minerales

Las subcategorías existentes en producción de minerales son:

- Producción de cemento
- Producción de cal
- Producción de ladrillos
- Producción de vidrio
- Producción de cerámica
- Mezcla de asfalto

Características de la producción de minerales en Colombia

Según la información recolectada para esta categoría, en Colombia se producen todos los minerales contemplados en el Instrumental Normalizado.

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción de minerales

Producción de cemento

Las liberaciones en este proceso se asocian principalmente a los elevados niveles de materia orgánica en las materias primas.

En Colombia existen 3 grandes grupos económicos que manejan la producción nacional de cemento y operan aproximadamente diez plantas de producción de clinker en el país.

De acuerdo con la información entregada por el Instituto Colombiano de Productores de Cemento, la producción de clinker para el año 2002 fue de 5.799.131 toneladas.

Según la información recibida en las encuestas enviadas a las empresas productoras, el 51.5% de la producción de clinker se realiza mediante proceso seco y el 48.5% mediante proceso húmedo con temperaturas entre 200 y 300°C, por lo cual se aplicaron las clases 2 y 3 para esta subcategoría. No se consideraron liberaciones en residuos, ya que las empresas los vuelven a introducir al proceso.



Tabla 45 Liberaciones de la subcategoría hornos de cemento

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t) de clinker		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	a	Hornos de cemento						
		1	Hornos húmedos, temperatura ESP >300°C	5	1		0,000	0,000
		2	Hornos húmedos, temperatura ESP/FF 200-300°C	0,6	0,1	2.812.578	1,688	0,000
		3	Hornos húmedos, temperatura ESP/FF <200°C y todos los tipos de hornos secos	0,05	0,003	2.986.553	0,149	0,000
Total Subcategoría							1,837	0,000

Producción de cal

En esta subcategoría las liberaciones de PCDD/PCDF se producen principalmente por los cloruros presentes en la materia prima y los combustibles.

De acuerdo con el DANE⁸, en el año 2002 la producción de cal viva fue de 153.800 toneladas. La gran mayoría de la producción se realiza en hornos tipo colmena y algunos rotatorios, utilizando carbón como combustible y en menor proporción fuel oil o leña. La mayoría de estos hornos no cuentan con ningún sistema de control de emisiones atmosféricas, por lo que se aplicó el factor clase 1 a toda la producción nacional.

Tabla 46 Liberaciones de la subcategoría producción de cal

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	b	Producción de cal						
		1	Ciclón sin control de polvo	10		153.800	1,538	0,000
		2	Buena retención de polvo	0,07			0,000	0,000
Total Subcategoría							1,538	0,000

Producción de ladrillos

Para el caso de la producción de ladrillos, las liberaciones de PCDD/PCDF se producen por la materia orgánica presente en las arcillas y cloruros presentes en los combustibles.

La producción de ladrillos en el país durante el año 2002 fue de 1.764.151 toneladas, de acuerdo con la información reportada por el DANE.

La producción de ladrillo se realiza mayoritariamente en hornos tipo Hoffman y colmena; en menor proporción se utilizan hornos túnel, árabe y chircales. Las empresas productoras de ladrillo en su mayoría no cuentan con sistemas de control de emisiones atmosféricas, por lo cual se aplicó el factor más crítico a toda la producción nacional.

Tabla 47 Liberaciones de la subcategoría producción de ladrillo

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	c	Producción de ladrillo						
		1	Ciclón sin control de polvo	0,2		1.764.151	0,353	0,000
		2	Buena retención de polvo	0,02			0,000	0,000
Total Subcategoría							0,353	0,000

Producción de vidrio

Las liberaciones en esta subcategoría son muy bajas y dependen igualmente de los contenidos de materia orgánica en las materias primas y los componentes de los combustibles fósiles utilizados en el proceso.

Según el DANE, la producción de vidrio en el país durante el año 2002 fue de 2.687 toneladas y de acuerdo con la información reportada por la única empresa productora de vidrio del país, los hornos

utilizados cuentan con control de polvo a través de ciclones; por lo cual se aplicó el factor de clase 1 a la producción nacional.

Tabla 48 Liberaciones de la subcategoría producción de vidrio

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	d	Producción de vidrio						
		1	Ciclón sin control de polvo	0,2		2.687	0,001	0,000
		2	Buena retención de polvo	0,015			0,000	0,000
Total Subcategoría							0,001	0,000

Producción de cerámica

Se considera este proceso dentro del inventario por tratarse de un proceso térmico y por el uso de material orgánico.

La producción de cerámica en el país durante el año 2002 fue de 382.476 toneladas, de acuerdo con la información reportada por el DANE.

Para esta actividad se utilizan, principalmente, hornos tipo colmena, de cuba, de rodillos de rejilla y de tipo invertido. En su mayoría, estos hornos no cuentan con sistemas de control de emisiones atmosféricas, por lo cual se aplicó el factor clase 1 a la producción nacional.

Tabla 49 Liberaciones de la subcategoría producción de cerámica

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	e	Producción de cerámica						
		1	Ciclón sin control de polvo	0,2		382.476	0,066	0,000
		2	Buena retención de polvo	0,02			0,000	0,000
Total Subcategoría							0,066	0,000

Mezclado de asfalto

Esta actividad utiliza materias primas con un alto contenido de materia orgánica y puede contener cenizas volantes procedentes de incineración o de centrales de energía.

La producción de asfalto en el país durante el año 2002 fue de 338.947 toneladas, de acuerdo con la información reportada por el DANE.

Se determinó aplicar el factor más restrictivo al total de la producción, teniendo en cuenta que la gran mayoría de las plantas del país no incluye sistemas de limpieza de gases.

Tabla 50 Liberaciones de la subcategoría mezclado de asfalto

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
4	Producción de productos minerales							
	f	Mezclado de Asfalto						
		1	Planta de mezclado sin limpieza de gases	0,07		338.947	0,024	0,000
		2	Planta de mezclado con filtro de mangas, scrubber	0,007			0,000	0,000
Total Subcategoría							0,024	0,000

Tabla 51 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de producción de minerales

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)						Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)			
				Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	Aire		Agua	Suelo	Productos	Residuos
4	a	1w	Hornos húmedos, temperatura ESP > 300 °C	5	NA	ND	ND	1	5.799.131	1,837	0	0	0	0
				0,6	NA	ND	ND	0,1	2.812.578	1,688				0
				0,05	NA	ND	ND	0,003	2.986.553	0,149				0
	b	1	Ciclón / Sin control de polvo	10	ND	ND	ND	ND	153.800	1,538	0	0	0	0
				0,07	ND	ND	ND	ND	153.800	1,538				
	c	1	Ciclón / Sin control de polvo	0,2	NA	ND	ND	ND	1.764.151	0,353	0	0	0	0
				0,02	NA	ND	2,02	ND	1.764.151	0,353				
	d	1	Ciclón / Sin control de polvo	0,2	ND	ND	ND	ND	2.687	0,001	0	0	0	0
				0,015	ND	ND	ND	ND	2.687	0,001				
	e	1	Ciclón / Sin control de polvo	0,2	NA	ND	ND	ND	382.476	0,066	0	0	0	0
				0,02	NA	ND	ND	ND	382.476	0,066				
	f	1	Planta de mezclado sin limpieza de gases	0,07	NA	ND	ND	ND	338.947	0,024	0	0	0	0
				0,007	NA	ND	ND	ND	338.947	0,024				
	4		2	Producción de minerales	3,818	0	0	0	0	3,818	0	0	0	0

4.5 Categoría 5 - Transporte

Esta categoría evalúa el aporte de dioxinas y furanos que se da a través del consumo de combustibles para el transporte. Los combustibles más utilizados son la gasolina, el aceite diesel y el gas licuado de petróleo (GLP).

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de transporte

En esta categoría se contemplan las liberaciones generadas por el transporte terrestre, marítimo y fluvial: automóviles, camiones, buses, motos, trenes, barcos, lanchas, etc.

Para la cuantificación de estas liberaciones se utilizó la información sobre consumo de combustibles para el año 2002, registrado en el Balance Energético Nacional generado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME); y el reporte del Ministerio de Transporte sobre el número de vehículos que circularon por el país en el año 2002 (ver Tabla No. 54), que se utilizó para establecer el porcentaje de gasolina consumida por motores de 4 tiempos.

Tabla 52 Consumo de combustibles en Colombia durante el año 2002 en barriles por día calendario

Producto	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003*
Gasolina regular	120.117	117.012	105.488	97.278	87.192	83.619	85.292
Gasolina extra	10.913	12.524	9.678	5.447	5.057	6.840	7.034
Subtotal gasolina motor	131.031	129.535	115.166	10.725	92.248	90.459	92.323
Bencina y cocinol	611	418	382	583	288	268	269
Subtotal gasolina	131.641	129.953	115.548	103.308	92.536	90.727	92594
Diesel (ACPM)	60.308	60.026	53.581	60.494	59.915	56.069	63.714
Diesel Marino						3.874	3.611
Queroseno	15.212	2.510	2.631	2.257	2.057	1.878	1.036
JP-A	2.99.	15.247	14.872	13.606	14.433	14.068	14.391
Subtotal destilado medios	78.510	77.783	71.085	76.358	76.405	75.889	82.753
Avigas	384	397	401	376	349	339	309
Propano	21.812	22.984	23.322	24.198	24.474	22.872	21.490
Subtotal blanco	232.347	231.118	210.358	204.240	193.764	189.827	197.146
Fuel oil	3.610	3.238	1.971	6.363	6.988	6.369	3.921
Crudo castilla	17.639	15.524	11263	5.044	80	85	0
Subtotal negros	21.249	18.761	13.234	11.408	7.068	6.453	3.921
Total	253.597	249.879	223.590	215.648	200.833	196.280	201.066

Fuente: Ministerio de Minas y Energía. Año 2003.

De acuerdo con la información generada por Ecopetrol, para el año 2002 no se reportaron contenidos de plomo en la gasolina; es decir, no se realizó adición de plomo. Por esta razón, para la estimación de liberaciones se utilizan los factores de la clase 2.

En la siguiente tabla se presenta el número de vehículos existentes en Colombia para el año 2002 y, con la información presentada, se obtiene la distribución porcentual por número de vehículos.

Tabla 53 Cantidad de vehículos existentes en Colombia en el año 2002

Vehículos particulares	Autos particulares	1.061.042
	Camperos	303.446
	Camionetas	244.636
	Motocicletas	567.930
	Otros	39.566
Trasporte público	Taxis	117.894
	Micros	42.669
	Busetas	35.001
	Buses	67.677
Vehículos de carga	Camiones	119.415
	Volquetas	18.729
	Tractocamiones	20.393

Fuente: Ministerio de Transporte.

Con base en la información presentada en la tabla 52, tenemos los siguientes consumos para cada tipo de combustible en toneladas al año:

Tabla 54 Consumos de combustible por tipo de vehículo. Año 2002

Combustible	Consumo en Barriles/día	Consumo en Barriles/año	Consumo en litros/año	Conversión lt a t	Consumo en toneladas al año t/a
Gasolina Motor	90.459	33.017.535	5.249.788.065	0,00074	3.884.843
Diesel	56.069	20.465.185	3.253.964.415	0,00085	2.765.870
Diesel Marino	3.874	1.414.010	224.827.590	0,00085	191.103

1 barril = 159 litros

De acuerdo con los datos de la tabla 53 acerca del número de motocicletas (vehículos de dos tiempos) existentes en el país en el 2002, y teniendo en cuenta que el rendimiento de su motor en términos de consumo es de aproximadamente 150 kilómetros por galón, se estima que el porcentaje del consumo del total de gasolina del país utilizado por este tipo de vehículos es del 6 %.

La aplicación de los consumos de combustible, permite establecer el cálculo de las liberaciones de dioxinas y furanos, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 55 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de transporte

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Consumo t/a	Liberación anual (g EQT/a)										
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos					
5	a		Transportes																
			Motores de 4 tiempos					3.651.752	0,365	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	Combustible con plomo	2,2	NA	NA	NA	0	0,000										
		2	Combustible sin plomo, sin catalizador	0,1	NA	NA	NA	3.651.752	0,365										
		3	Combustible sin plomo, con catalizador	0,00	NA	NA	NA	0	0,000										
	b		Motores de 2 tiempos					233.091	0,583	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	Combustible con plomo	3,5	NA	NA	NA	0	0,000										
		2	Combustible sin plomo, sin catalizador	2,5	NA	NA	NA	233.091	0,583										
	c		Motores diesel					2.765.870	0,277	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	Motores diesel	0,1	NA	NA	NA	2.765.870	0,277										
	d		Motores de aceite pesado					191.103	0,764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	Todos los tipos	4	NA	NA	NA	191.103	0,764										
	5		Transportes						1,989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.6 Categoría 6 – Combustión Incontrolada

Las subcategorías existentes en esta categoría son:

- Quema de biomasa
- Quema de desechos e incendios accidentales

Dentro de la subcategoría de quema de biomasa, se incluyen incendios forestales, incendios de praderas y brezos y quema de residuos agrícolas impactados y limpios.

De otra parte, la subcategoría de quema de desechos e incendios accidentales, incluye incendios en rellenos sanitarios o botaderos de basura, incendios accidentales de viviendas o fábricas, quema no controlada de desechos domésticos, incendios accidentales de vehículos y quema de madera a cielo abierto.

La liberación de PCDD/PCDF en esta categoría se produce porque la combustión se desarrolla en condiciones en las que los combustibles no se encuentran uniformemente mezclados (a diferencia de los procesos de combustión controlada), presenta deficiencia de oxígeno, presencia de precursores clorados y metales catalíticamente activos.

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de combustión incontrolada

Quema de biomasa

Incendios forestales, de páramo y pastizal

Para la evaluación de esta categoría se utilizaron como fuente de información los registros de incendios de cobertura vegetal del año 2002 suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Según los datos estadísticos extraídos de dichos registros, se tiene la siguiente información:

Tipo de cobertura	Hectáreas
Bosques naturales y cultivados	2.775,65
Rastrojos y Páramos	4.196,06
Pastos	56.131,12

El Instrumental Normalizado presenta dos clases en esta subcategoría: incendios forestales e incendios de praderas y brezos. Se tomará como incendios forestales la cifra correspondiente a incendios de bosques, rastrojos y páramos, o sea 6.971,71 Has; y como incendios de praderas y brezos, la cifra correspondiente a incendios de pastos, o sea 56.131,12 Has.

Para la estimación de la cantidad de biomasa quemada se utilizaron los valores suministrados en el Instrumental Normalizado correspondientes a las cifras de Nueva Zelanda. De esta manera, se aplicó el valor de biomasa quemada de 10 t/ha para incendios forestales, 20 t/ha para incendios de matorral y 2,5 t/ha para incendios de praderas, llegando a las siguientes cantidades: 27.757 t/a en incendios de bosques y 83.921 t/a en incendios de rastrojos y páramos, para un total de 111.678 t/a en incendios forestales; y 140.328 t/a en incendios de praderas.

Tabla 56 Liberaciones de la subcategoría de quema de biomasa Virgen (Incendios forestales y de praderas y brezos)

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Biomasa quemada t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Suelo		Aire	Suelo
6	Procesos de combustión incontrolada							
	a	Quema de biomasa virgen						
		1	Incendios forestales	5	4	111.678	0,558	0,447
		2	Incendios de praderas y brezos	5	4	140.328	0,702	0,561
Total						1,260	1,008	

Quema de residuos agrícolas

La quema de residuos agrícolas en áreas rurales es una práctica que se realiza en el país sobre todo para la preparación del suelo en actividades agrícolas, como el descapote de terrenos, la recolección de cosechas, disposición de rastrojos, etc. En Colombia las principales quemadas de residuos agrícolas están vinculadas a las labores de cosecha de la caña de azúcar, trigo, maíz, sorgo y arroz.

Para la evaluación de esta subcategoría se tomó como fuente de información el Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Colombia (Año 1994) elaborado por el IDEAM y, con los gremios agrícolas involucrados, se actualizó la información para el año 2002 sobre producción, generación de residuos y fracción del residuo que se quema.

Tabla 57 Cálculo de la biomasa quemada por residuos agrícolas en el año 2002

Cultivo	Producción anual KT cultivo ¹	Tasa residuo cultivo ¹	Cantidad residuo KT biomasa C = A* B	Contenido de materia seca ²	Cantidad residuo KT ms E = C* D	Fracción quemada ¹	Fracción oxigenada ³	Total de biomasa quemada KT ms H= E-F*G
Trigo	58,34	1,50	87,50	—	87,50	0,20	0,90	15,75
Maíz	1.092,50	1,50	1.638,75	0,90	1.478,88	0,20	0,90	265,48
Arroz	1.880,73	1,57	2.952,75	0,88	2.598,42	0,34	0,90	795,12
Caña de azúcar	20.505,45	0,32	6.561,74	0,31	1.968,52	0,40	0,74	582,68
Sorgo	240,33	1,86	447,01	—	447,01	0,20	0,90	80,46
Total	23.777,34		11.687,75		6576,33			1.739,49

¹ Asociaciones gremiales: Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce), Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) y Asociación de Cultivadores de Caña (Asocaña).

² Cárdenas H., Devia J.R. "Residuos Agrícolas". "Situación Energética de la Costa Atlántica". Tomo X, Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENCA). Barranquilla, 1989.

³ Índice de eficiencia de combustión. IPCC Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories, Work Book, Vol 2. Pág. 4-30.

* Se incluye en esta tabla la quema de cascarilla de arroz, que aunque en nuestro país es considerado un residuo industrial, se dispone mediante quema a cielo abierto.

De acuerdo con la tabla anterior, el cálculo del total de residuos agrícolas quemados durante el año 2002, es de 1.739.490 t. Dicha quema se ubicó en la clase 4, teniendo en cuenta que generalmente esta biomasa es tratada con productos químicos (plaguicidas) que contienen precursores y catalizadores para la formación de PCDD/PCDF.

Tabla 58 Liberaciones de la subcategoría quema de biomasa (residuos agrícolas)

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Biomasa quemada t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Suelo		Aire	Suelo
6	Procesos de combustión incontrolada							
	a	Quema de biomasa virgen						
		3	Quema de residuos agrícolas (en el campo) no impactados	0,5	10		0,000	0,000
		4	Quema de residuos agrícolas en el campo, impactados, condiciones deficientes.	30	10	1.739.490	52,185	17,395
Total							52,185	17,395

Es de suponer que estas liberaciones variarán considerablemente según las condiciones en que se queman los materiales, la naturaleza del cultivo o del residuo, su composición, humedad y/o la posible presencia de contaminantes. Es muy posible que restos de agua salada o de plaguicida proveniente de un tratamiento previo puedan alterar las liberaciones.

Por lo anterior, es necesario llevar a cabo más experimentos para reflejar mejor la quema de residuos de cosecha, tales como la caña de azúcar, la cascarilla de arroz, etc., en los países tropicales.

Quema de desechos e incendios accidentales

En Colombia, la quema de desechos o residuos domésticos es una práctica habitual en muchos municipios donde no se cuenta con un sistema de recolección y disposición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o la disposición se efectúa en botaderos a cielo abierto.

Para la evaluación de la subcategoría relacionada con incendios en vertederos o botaderos de basura, se tomó como fuente de información la suministrada por el MAVDT, a través de la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Ambiental. De acuerdo con los registros disponibles, en los botaderos del país en los que se reportan quemas se dispone una cantidad de 710.023,6 t/a. Aunque no se tiene un valor preciso sobre el porcentaje de basuras que se puede llegar a quemar en estos sitios, se tiene conocimiento de que los residuos dispuestos en esta forma son susceptibles de hacer ignición por causa de radiación solar y la confluencia de factores que favorecen la combustión, como la formación de metano o la presencia de material que acumula calor y/o irradia luz solar.

Se puede asumir que la cantidad de basura que se llega a quemar por esta causa es cercana al 20%. Una fracción restante de los residuos llega a descomponerse por procesos aerobios y/o anaerobios; y una última proporción como vidrio, metal, cerámica y algunos plásticos no llegan a descomponerse. Con este porcentaje estimado, se tiene que la cantidad de residuos quemados para el año 2002 fue de 142.005 t.

Para los incendios accidentales de viviendas y fábricas, se toma la información sobre la ocurrencia de eventos durante el año 2002, suministrada por la Confederación Nacional de Bomberos, que reporta un total de 1.839 incendios estructurales -construcciones- y 650 incendios de vehículos. Se tomó como base de cálculo el índice de resistencia con que se diseña una vivienda⁹, entre 1 y 1.2 t/m², y

Figura 14 Quema de desechos en botaderos a cielo abierto

9 Merrit Frederick. Manual del Ingeniero Civil. 1984

asumiendo un área promedio de construcción de 100 m², se puede calcular un peso promedio por estructura de 100 toneladas.

Para el caso de quema no controlada de desechos domésticos, por carencia de información específica, se estimó la cantidad de desechos domésticos quemados en forma no controlada en el 1%¹⁰ del total de desechos municipales sólidos producidos; es decir 82.240 toneladas/año.

No se logró conseguir el dato consolidado a nivel de país de la cantidad de madera quemada a cielo abierto, por lo tanto esta subcategoría no se evaluó.

Tabla 59 Liberaciones de la subcategoría quema de desechos e incendios accidentales

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Actividad t/a	Liberación Anual g EQT/a		
				Aire	Residuos		Aire	Residuos	
6 Procesos de combustión incontrolada									
	b	Quema de desechos e incendios accidentales							
		1	Incendios de vertederos / rellenos sanitarios	1.000		142.005	142,005	0,000	
		2	Incendios accidentales de viviendas, fábricas	400	400	183.900	73,560	73,560	
		3	Quema no controlada de desechos domésticos	300	600	82.840	24,852	49,704	
		4	Incendios accidentales de vehículos (por incidente)	94	18	650	0,061	0,012	
		5	Quema de madera a cielo abierto (construcción / derribo)	60	10		0,000	0,000	
Total							240,478	123,264	

La siguiente tabla muestra todos los resultados del cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos para esta categoría.

Tabla 60 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de combustión incontrolada

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Actividad t/a	Liberación anual (g EQT/a)						
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	
6	a		Procesos de combustión incontrolada												
			Quema de biomasa virgen					1,991,496	53,445	0	18,403	0	0	0	0
		1	Incendios forestales	5	ND	4	NA	ND	ND	ND	0,558	0,447			
		2	Incendios de praderas y brezos	5	ND	4	NA	ND	ND	140,328	0,702	0,561			
	3	Quema de residuos agrícolas no tratados (en el campo)	0,5	NA	10	NA	ND	ND							
	4	Quema de residuos agrícolas tratados con plaguicidas (en el campo)	30	ND	10	NA	ND	ND	1,739,490	52,185	17,395				
	b		Quema de desechos e incendios accidentales					266,740	240,478	0	0	0	0	123,264	
	1		Incendios de vertederos	1,000	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND	142,005			
	2		Incendios accidentales de viviendas, fábricas	400	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND	73,560		73,560	
	3		Quema no controlada de desechos domésticos	300	NA	NA	NA	ND	ND	ND	ND	24,852		49,704	
	4		Incendios accidentales de vehículos (por incidente)	94	ND	NA	98	ND	ND	ND	ND	0,061		0,012	
	5		Quema de madera a cielo abierto (construcción / derribo)	60	ND	NA	NA	ND	ND	ND	ND	0,000		0,000	
	6		Procesos de combustión incontrolada					293,923	0	18,403	0	0	0	123,276	

4.7 Categoría 7 – Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo

Esta categoría se encuentra representada en nuestro país, fundamentalmente, por la industria de pasta y papel; y dentro de la industria química, por la producción de cloro y policloruro de vinilo.

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo

Producción de pasta y papel

Las liberaciones de PCDD/PCDF en esta subcategoría se producen en su mayoría por la quema de lignito, licor negro, madera y/o corteza para generar vapor; e igualmente, por los productos empleados para el blanqueo de la pulpa como cloro, hipoclorito, oxígeno, etc., que pueden producir diferentes cantidades de PCDD/PCDF para cada uno.

La información sobre producción de pasta y papel, generada por el DANE para el año 2002, se presenta en la siguiente tabla que muestra la producción de Papel Kraft (Sulfato) y Papel Sulfito.

Tabla 61 Producción de papel en Colombia para el año 2002

Tipo	Producción
Papel Kraft	160.519.616 kg
Papel Sulfito	386.760 kg

Fuente: DANE. Encuesta Anual Manufacturera. Año 2002.

Para la estimación de las cantidades de licor negro y cortezas utilizadas como combustible, se incluyen las cantidades reportadas en las encuestas enviadas a las empresas productoras de papel del país (343.000 t/a), lo mismo que las cantidades de lodo producido (25.745 t/a).

El licor negro se concentra a través de la evaporación hasta llegar a un contenido de sólidos de alrededor del 65%¹¹; por lo tanto la cantidad reportada de licor negro de 343.000 t/a, se convierte en 222.950 tSA/a. De acuerdo con la información reportada por las empresas encuestadas, la ceniza de fondo que se genera es recuperada químicamente para producir soda cáustica, sin embargo, no suministraron información sobre generación de Ceniza volante, la cual puede estimarse en un 5%¹², para un total de 11.147,5 t/a.

Figura 15 Planta productora de papel en Colombia



Para la estimación de liberaciones sobre producción de papel en Colombia, se utilizaron los factores de la clase 1, ya que de acuerdo con la información enviada a través de las encuestas, se emplea la tecnología de Cl₂, principalmente.

¹¹ Inventario de Liberaciones de EEUU. 1990.

¹² Inventario de Liberaciones de Argentina. 2001.

Tabla 62 Liberaciones de la subcategoría fábricas de pasta y papel

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)					Produc t/a	Liberación anual g-EQT/a							
				Aire	Agua	Suelo	Prod	Res		Aire	Agua	Suelo	Prod	Res			
7			Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo														
a			Fábricas de pasta y papel														
			*														
		1	Calderas de licor negro, quema de lodos y madera	0,07					1.000	222.950	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	11,148
		2	Calderas de cortezas solamente	0,4					1.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Lodos	(1)	(2)	(1)		(3)									
		1	Proceso kraft antigua tecnología (Cl2)	4,5	70 ng/EQT/m3	4,5		100		25.745	0,000	0,0018	0,000	0,000	0,000	2,574	
		2	Proceso kraft tecnología moderna (ClO2)	0,06	2	0,2		10			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
		3	Pasta PPM								0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
		4	Pasta reciclada					4			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
			Pasta y papel														
		1	Pasta / papel kraft de fibras primarias (Cl2)					8		160.519	0,000	0,000	0,000	0,000	1,284	0,000	
		2	Papel sulfito antigua tecnología (Cl2)					1		387	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	
		3	Papel kraft nueva tecnología (ClO2/TCF), no blanqueado					0,5			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
		4	Papel sulfito nueva tecnología (ClO2/TCF)					0,1			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
		5	Papel reciclado					10			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
			Total Subcategoría								0,016	0,0018	0,000	1,285	0,000	13,722	

(1) µg EQT/tSA (2) µg EQT/L (3) µg EQT/t sludge

Industria química

Las liberaciones de PCDD/PCDF se producen sobre todo durante el proceso de fabricación de estas sustancias, ya que en su mayoría interviene el cloro.

En Colombia no se produce casi ninguna de las sustancias de interés en esta subcategoría, con excepción de PVC y cloro.

Pentaclorofenol (PCP) y pentaclorofenato sódico (PCP-Na)

En nuestro país no se produce pentaclorofenol ni sus derivados y su uso está prohibido desde 1993 (Resolución 10.255 de 1993 del Ministerio de Salud). Durante el año 2002, se registró la importación de un total aproximado de 10 t de estas sustancias¹³ y de acuerdo con algunas de las empresas encuestadas, el pentaclorofenol que se importa es utilizado para tratamiento de maderas y como tratamiento contra algas en torres de enfriamiento.

Bifenilos policlorados

Actualmente el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial está desarrollando el inventario de PCB, con el fin de determinar las existencias de desechos de estos COP.

Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), 2,4,5-triclorofenol y otros derivados del clorofenol

En Colombia no se produce ni se está utilizando este tipo de plaguicidas, ya que fueron prohibidos desde 1979 (Resolución 749 de 1979 del ICA). Sin embargo, sí se están importando y utilizando de manera más o menos generalizada plaguicidas formulados con base en el Ácido 2,4-D, el cual se aplica para control de maleza de hoja ancha en cultivos y pastos. En el año 2002 se importaron 1.469 t, de acuerdo con la información reportada por las empresas encuestadas.

Figura 16 Planta de dosificación de ácido 2,4-D



Cloranilo

No se identificó ninguna empresa que utilizara esta sustancia dentro de sus procesos, sin embargo, se importaron 2 t durante el año 2002¹⁴.

Éter de 2,4,6-triclorofenil-4'-nitrofenilo (CNP)

De acuerdo con la información reportada por el ICA, no se elaboran plaguicidas con base en este compuesto en el país.

Clorobencenos

No se identificó ninguna empresa que utilizara esta sustancia dentro de sus procesos, sin embargo, se importaron 2 t durante el año 2002.

Producción de cloro

En Colombia las empresas productoras de cloro se encuentran ubicadas en los departamentos de Cundinamarca y Valle, y de acuerdo con la información suministrada por ellas, siempre han utilizado la tecnología de ánodos de titanio. La producción de cloro para el año 2002 fue de 20.670 t, de acuerdo con el DANE.

Dicloruro de etileno o 1,2-dicloroetano

En Colombia no se produce dicloruro de etileno ni monómero de cloruro de vinilo (VCM). Este último es importado de Estados Unidos para la producción de Policloruro de Vinilo (PVC), cuya producción para el año 2002 i, fue de 230.979 t.

De acuerdo con esta información, se presentan las liberaciones para esta subcategoría en la tabla 63 (página siguiente).

Industria de petróleo

La ubicación de las refinerías existentes en el país es la siguiente:

- **Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol):**
 - Refinería de Barrancabermeja – Barrancabermeja (Santander)
 - Refinería de Cartagena – Cartagena (Bolívar)
 - Refinería de Apiay – Villavicencio (Meta)
 - Refinería de Orito – Putumayo (Caquetá)

- **Refinería del Nare S.A. – Antioquia.**

Ecopetrol informa que en Colombia no se hace recuperación del catalizador de Renio; el catalizador viejo es entregado al proveedor como parte de pago del catalizador nuevo.

Para esta subcategoría no se estiman liberaciones ya que no existen factores de emisión en el Instrumental Normalizado.

Figura 17 Planta de producción de PVC



Tabla 63 liberaciones de la subcategoría industrial química

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)				Produc t/a	Liberación anual g-EQT/a						
				Aire	Agua	Suelo	Prod		Res	Aire	Agua	Suelo	Prod	Res	
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo														
	b		Industria Química												
			Pentaclorofenol (PCP)												
		1	Producción europea / americana (cloración de fenol con Cl ₂)				2*10 ⁶		0,000	0,000	0,000	20,000	0,000	0,000	0,000
		2	Producción china (termólisis de HCH)				8*10 ⁵		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		3	PCP-Na				500		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Bifenilos policlorados (PCP)												
		1	Poco clorado como Clophen A30, Aroclor 1242				15.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		2	Clorado medio como Clophen A40, Aroclor 1248				70.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		3	Clorado medio como Clophen A50, Aroclor 1254				300.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		4	Muy clorado como Clophen A60, Aroclor 1260				1,5*10 ⁶		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Plaguicidas clorados												
		1	Acido 2,4,5-tricloro fenoxiacético (2,4,5 -T), puro				7.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		2	2,4,6- triclorofenol (2,4,6-PCPh)				700		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		3	Dichlorprop				1.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		4	Acético, 2,4-dicloro fenoxiacético (2,4-D)				700	1.469	0,000	0,000	0,000	1,029	0,000	0,000	0,000
		5	Eter, 2,4,6-triclorofenil-4'-nitrofenilo (CNP = cloronitrofen)						0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Antigua tecnología				3*10 ⁵		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Nueva tecnología				400		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		6	Clorobenceno				ND	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		7	Producción de cloro con ánodos de grafito				NA	ND	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			Cloranilo												
		1	p-cloranilo por cloración de fenol				4*10 ⁵	2	0,000	0,000	0,000	0,800	0,000	0,000	0,000
		2	p-cloranilo por hidroquinona				100		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		3	Colorantes a base de cloranilo (antiguo proceso clase 1)				1.200		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		4	o-cloranilo por cloración de fenol				60.000		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			EDC/VCM/PVC												
		1	Antigua tecnología, EDC/VCM/PVC	1					0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		2	Plantas modernas												
			EDC/VCM y/o EDC/VCM/PVC	0,95	0,015		0,03	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
			PVC solamente	3*10 ⁴	0,03		0,1	0,2	0,000069	0,0069	0,000	0,023	0,0069	0,046	0,046
			Total Subcategoría					230.979	0,000069	0,0069	0,000	21,852	0,000	21,852	0,046

Plantas textiles

La producción de textiles en Colombia para el año 2002 fue de 49.263 t, de acuerdo con la Encuesta Anual Manufacturera del DANE. Según el Instrumental Normalizado, los materiales (fibras) procesados en estas plantas pueden venir contaminados con sustancias de interés como plaguicidas y colorantes. Sin embargo, para el caso colombiano no se reporta el uso de estas sustancias en estos materiales, por lo cual toda la producción se ubica en el límite inferior (materias primas no contaminadas).

Tabla 64 Liberaciones de la subcategoría plantas textiles

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (μg EQT/t)	Producción t/a	Liberación Anual g EQT/a
				Productos		Productos
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo					
	d	Plantas Textiles				
		1	Límite superior	100		0,000
		2	Límite inferior	0,1	49.263	0,005
					Total	0,005

Figura 18 Planta de producción de textiles



Plantas de cuero

La presencia de PCDD/PCDF se ha encontrado en los productos finales, principalmente por contaminación de las materias primas con alguna de las sustancias químicas de interés.

La producción de cuero en Colombia para el año 2002 fue de 15.882 toneladas, de acuerdo con el DANE. No se reporta el uso de pentaclorofenol o cloranilo dentro de esta actividad, por lo cual toda la producción se ubica en el límite inferior (no contaminada).



Tabla 65 Liberaciones de la subcategoría plantas de cuero

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)	Producción t/a	Liberación Anual g EQT/a
				Productos		Productos
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo					
	e	Plantas de Cuero				
		1	Límite superior	1.000		0,000
		2	Límite inferior	10	15.882	0,159
Total						0,159

La Tabla 66 muestra el cálculo de las liberaciones correspondientes a la categoría 7.

Tabla 66 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)					
				Aire	Agua	Suelo	Residuos		Aire	Agua	Suelo	Residuos		
7	a		Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo											
			Fábricas de pasta y papel											
			Calderas (por tonelada de pulpa tSA)											
			1	Calderas de licor negro, quema de lodos y madera	0,07			1.000		0,016	0	0	0	11,148
			2	Calderas de cortezas solamente	0,4			1.000		0,016				11,148
				Lodos		Agua		Residuos						
					µg EQT/tSA	ng EQT/m ³	µg EQT/tSA	µg EQT/ t sludge			0,0018	0	0	2,574
			1	Proceso kraft, antigua tecnología (Cl ₂)	4,5	70	4,5	100	25,745		0,0018			2,574
			2	Proceso kraft, tecnología moderna (ClO ₂)	0,06	2	0,2	10	0		0,000			0,000
			3	Pasta PPM					0		0,000			0,000
			4	Pasta reciclada				4	0		0,000			0,000
				Pasta y papel		Agua	Suelo	Residuos	160.906	0	0	0	1,285	0
			1	Pasta / papel kraft de fibras primarias (Cl ₂)				8	160.519				1,284	
			2	Papel sulfito de antigua tecnología (Cl ₂)				1	387				0,001	0
			3	Papel kraft, nueva tecnología (ClO ₂ /TCF), no blanqueado				0,5	0				0,000	
4	Papel sulfito, nueva tecnología				0,1	0				0,000				
5	Papel reciclado				10	0				0,000				
	Industria química													
	Pentaclorofenol (PCP)		Aire	Agua	Suelo	Residuos	10	0	0	0	20,000	0		
1	Producción europea/americana (cloración del fenol con Cl ₂)				2.000.000	10					20,000			
2	Producción china (termólisis de HCH)				800.000	0					0,000			
3	PCP-Na				500	0					0,000			

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción t/a		Liberación anual (g EQT/a)						
				Aire	Agua	Suelo	Residuos	Residuos	t/a	Aire	Agua	Suelo	Residuos			
7			Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo													
			Bifenilos policlorados (PCB)	Aire	Agua	Suelo	Residuos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1		Poco clorado, como clophen A30, aroclor 1242				Productos	15.000								
	2		Clorado medio como clophen A40, Aroclor 1248				Productos	70.000								
	3		Clorado medio, como clophen A50, Aroclor 1254				Productos	300.000								
	4		Muy clorado, como clophen A60, Aroclor 1260				Productos	1.500.000								
			Plaguicidas clorados	Aire	Agua	Suelo	Residuos	1.471	0	0	0	0	0	0	0	0
	1		Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), puro				Productos	7.000								
	2		2,4,6-triclorofenol (2,4,6-PCPh)				Productos	700								
	3		Dichlorprop				Productos	1.000								
	4		Acético, 2-4-diclorofenoxiacético (2,4-D)				Productos	700	1.469					1,029		
	5		Eter 2,4,6-triclorofenil-4'- nitrofenilo (CNP = doronitrofen)				Productos		0	0	0	0	0	0	0	0
			Antigua tecnología				Productos	300.000								
			Nueva tecnología				Productos	400								
6		Clorobenceno				Residuos	ND	2								
7		Producción de cloro con ánodos de grafito				Residuos	NA									
		Cloranilo	Aire	Agua	Suelo	Residuos	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
1		p-cloranilo por cloración de fenol				Productos	400.000	2					0,800			
2		p-cloranilo por hidroquinona				Productos	100	0					0,000			
3		Colorantes a base de cloranilo (antiguo proceso, clase 1)				Productos	1.200	0					0,000			
4		o-cloranilo por cloración de fenol				Productos	60.000	0					0,000			

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)					
				Aire	Agua	Suelo	Residuos		Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	
7			Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo											
			EDC / VCM / PVC	Aire	Agua	Suelo	Residuos	230.979	0,000069	0,0069	0	0,023	0,046	
		1	Antigua tecnología		1				0,000					
		2	Plantas modernas					230.979	0,000069	0,0069		0,023	0,046	
			EDC/VCM y/o EDC/VCM/PVC	0,95	0,015		2	0						
			PVC solamente	0,0003	0,03		0,2	230.979	0,000069	0,0069		0,023	0,046	
		c	Industria de petróleo					0	0	0	0	0	0	
		1	Todos los tipos	ND	NA	NA	NA							
		d	Plantas textiles	Aire	Agua	Suelo	Residuos	49.263	0	0	0	0,005	0	
		1	Límite superior	NA	ND	NA	ND					0,000		
	2	Límite inferior	NA	ND	NA	ND	49.263				0,005			
	e	Plantas de cuero	Aire	Agua	Suelo	Residuos	15.882	0	0	0	0,159	0		
	1	Límite superior	NA	ND	NA	ND					0,000			
	2	Límite inferior	NA	ND	NA	ND	15.882				0,159			
	7		Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo					0,016	0,009	0	23,300	13,768		

4.8 Categoría 8 – Varios

Las subcategorías contempladas en esta categoría son:

- Desecado de biomasa
- Crematorios
- Ahumaderos
- Residuos de la limpieza en seco
- Consumo de tabaco

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de varios

Desecado de biomasa

El desecado de biomasa, consiste en la eliminación de un gran porcentaje de humedad de los materiales para un uso posterior. Las liberaciones de PCDD/PCDF pueden ocurrir por el calentamiento de biomasa contaminada con alguna sustancia de interés (plaguicidas principalmente) o por el uso de combustibles contaminados con las mismas sustancias.

Para esta categoría se estimó la cantidad de madera desecada en 2.000.000 t/a, de acuerdo con la información suministrada por las empresas encuestadas en esta subcategoría y se incluyó la cantidad de arroz desecado en hornos, que utilizan cascarilla de arroz como combustible, la cual es de 1.880.730 t/a¹⁵. Se utilizaron los factores de la clase 3, debido a la alta probabilidad de que la cascarilla de arroz utilizada como combustible esté contaminada, teniendo en cuenta el uso generalizado de plaguicidas en esta actividad.

En nuestro país, también se realiza secado artificial de café, actividad que ha venido incrementándose desde 1997. Esta operación se realiza en dispositivos que operan en su mayoría a base de gas natural como combustible. La cantidad de café secado artificialmente en el país durante el año 2002 fue de 348.420 t¹⁶.

Figura 20 Horno de secado de madera



Tabla 67 Liberaciones de la subcategoría desecado de biomasa

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Productos		Aire	Residuos
8	Varios							
	a		Desecado de Biomasa					
		1	Madera Limpia	0,007	0,1	348.420	0,002	0,035
		2	Forraje Verde	0,1	0,1		0,000	0,000
		3	PCP o biomasa tratada de otra manera	10	0,5	3.880.730	38,808	1,940
Total Subcategoría							38,810	1,975

¹⁵ Fedearroz.

¹⁶ Cenicafé – Federación Nacional de Cafeteros.

Crematorios

Para el caso de crematorios, se reportó una cifra de 1.357 cadáveres humanos cremados en el país en el año 2002 y la existencia de 40 hornos aproximadamente, según la información reportada por las empresas encuestadas. De acuerdo con la información suministrada en los cuestionarios, estos hornos cuentan con cámara de postcombustión y los cadáveres son cremados sin ataúd, por lo que toda la actividad fue estimada con el factor clase 2.

Figura 21 Horno crematorio



Tabla 68 Liberaciones de la subcategoría

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Activ Cadáveres/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
8	Varios							
	b		Crematorios					
		1	Sin control	90	2,5		0,000	0,000
		2	Control intermedio	10	2,5	1.357	0,014	0,003
		3	Control óptimo	0,4	2,5		0,000	0,000
Total Subcategoría							0,014	0,003

Ahumaderos

De manera similar al desecado de biomasa, las liberaciones de PCDD/PCDF en esta subcategoría dependen del grado de contaminación del combustible utilizado para el proceso de ahumado.

De acuerdo con las cifras reportadas por el DANE, la producción de carnes ahumadas fue de 603.1 t durante el año 2002. Según la información recibida a través de las encuestas, las empresas reportan que utilizan madera limpia, pero no cuentan con cámaras de postcombustión en sus hornos, por lo cual se utilizará el factor de la clase 2 para la estimación de estas liberaciones.

Figura 22 Horno de ahumado de carnes



Tabla 69 Liberaciones de la subcategoría ahumados

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
8	Varios							
	c	Ahumaderos						
		1	Combustión de madera tratada, combustión de desechos	50	2.000		0,000	0,000
		2	Combustible limpio sin postcombustión	6	200	603	0,004	0,121
		3	Combustible limpio con postcombustión	0,6	20		0,000	0,000
Total Subcategoría							0,004	0,121

Residuos de limpieza en seco

Los textiles se producen normalmente utilizando algodón, lana y fibras de poliéster. En algunas oportunidades, pueden utilizarse colorantes para textiles con base en clorano; así mismo, para el blanqueado y procesos de acabado pueden utilizarse químicos policlorados.

La importación de percloroetileno para el país durante el año 2002 fue de 1.333 t¹⁷. Tomando las cifras citadas en el inventario de PCDD/PCDF del año 2000 de Jordania se estima también una pérdida alrededor del 10% del total de percloroetileno durante el proceso de limpieza en seco y una generación del 1% de residuos que pertenecen a textiles. Asumiendo que el total del percloroetileno importado en Colombia fue destilado, se llega a una cifra de producción de residuo de destilado de 1,33 t/año.

Total de percloroetileno utilizado en el año 2002	Pérdida por destilación	Generación de Residuo
1.333 t	133,3 t	1,33 t

De acuerdo con información reportada por una muestra de lavanderías, se obtuvo que la distribución entre textiles pesados o de uso industrial que pueden estar contaminados con sustancias químicas de interés como plaguicidas, colorantes, etc.; y textiles normales o de uso doméstico, cuya posibilidad de contaminación es baja, es del 50% para cada uno, en términos del uso de percloroetileno para su limpieza.

Tabla 70 Liberaciones de la subcategoría limpieza en seco

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (µg EQT/t)		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
8	Varios							
	d	Residuos de limpieza en seco						
		1	Textiles pesados tratados con PCP, etc.		3.000	0,67	0,000	0,002
		2	Textiles normales		50	0,67	0,000	0,00003
Total Subcategoría							0,000	0,00203

17 Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Consumo de tabaco

Las cifras entregadas por el DANE sobre producción de cigarrillos, indica que en el año 2002 se elaboraron 450.000 cigarros y 22.649.430.000 cigarrillos; y de acuerdo con información de las empresas productoras e importadoras consultadas, toda la producción nacional se destina a consumo local.

Tabla 71 Liberaciones de la subcategoría consumo de tabaco

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación (pg/EQT/unidad)		Prod unidad	Liberación Anual g EQT/a	
				Aire	Residuos		Aire	Residuos
8	Varios							
	e	Consumo de tabaco						
		1	Cigarros puros (por unidad)	0,3		450.000	0,00000014	0,000
		2	Cigarrillos (por unidad)	0,1		22.649.430.000	0,0023	0,000
Total Subcategoría							0,00230014	0,000

La tabla siguiente muestra todos los resultados de las liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de varios.

Tabla 72 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de varios

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción t/a	Liberación anual (g EQT/a)						
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos	
8	a	1	Secado de biomasa	Varios											
				Madera limpia	0,007	NA	ND	0,1	ND	4.229,150	38,810	0	0	1,975	0
					Forraje verde	0,1	NA	ND	0,1	ND	348,420	0,002			0,035
	PCP – o biomasa tratada de otra manera	10	NA		ND	0,5	ND	3.880,730	38,808			1,940			
	b	1	Sin control	Varios											
				90	NA	ND	NA	2,5	0	0,000	0	0	0	0,003	
				Control intermedio	10	NA	ND	NA	2,5	1.357	0,014			0,003	
	c	1	Ahumaderos	Varios											
				0,4	NA	ND	NA	2,5	0	0,000	0	0	0	0,000	
				Combustión de madera tratada, combustión de desechos	50	NA	ND	51	2.000	603	0,004	0	0	0	0,121
	d	1	Residuos de limpieza en seco	Varios											
				6	NA	ND	ND	200	0	0,004			0,121		
				Combustible limpio, sin postcombustión	0,6	NA	ND	ND	20	0	0,000			0,000	
	e	1	Textiles pesados tratados con PCP, etc.	Varios											
				NA	NA	NA	NA	3.000	1.333	0	0	0	0	0,00203	
Textiles normales				NA	NA	NA	NA	50	0,67				0,002		
8	1	Cigarrillos (por unidad)	Varios												
			0,3 pgEQT/un	NA	NA	NA	NA	22.649,880.000	0,0023	0	0	0	0		
			Cigarrillos (por unidad)	0,1 pgEQT/un	NA	NA	NA	NA	450.000	0,000					
8	2	Varios	Varios												
			0,1 pgEQT/un	NA	NA	NA	NA	22.649,430.000	0,0023	0	0	1,975	0,126		

4.9 Categoría 9 – Evacuación / Terraplenes

Las subcategorías incluidas en esta categoría, son:

- Rellenos sanitarios controlados y botaderos
- Alcantarillado y tratamiento de aguas de alcantarillas
- Vertido al agua abierta
- Compostado
- Tratamiento de aceites de desecho

Cálculo de liberaciones de PCDD/PCDF en la categoría de evacuación / terraplenes

Para la evaluación de esta categoría se tuvo en cuenta la información suministrada por la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Ambiental del MAVDT, la cual dispone de un listado de todos los rellenos sanitarios y botaderos del país con información sobre población servida, cantidades de basura dispuesta, presencia o no de quemas, etc. Esta información aunque no es del todo exhaustiva, sí permite disponer de un panorama general del país para esta categoría. Adicionalmente, se obtuvo información sobre el Relleno Sanitario de Doña Juana en la ciudad de Bogotá.

Rellenos sanitarios y botaderos de basura.

Casi la totalidad de los desechos municipales sólidos generados en Colombia se dispone en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto. De acuerdo con la información suministrada por la Dirección de Agua Potable del MAVDT, existen aproximadamente 357 rellenos sanitarios y 490 botaderos a cielo abierto, que cubren 847 municipios aproximadamente de los 1.088 que tiene el país. Los restantes realizan enterramientos o disposición en cuerpos de agua.

La información indica que en Colombia se disponen aproximadamente 22.510 t/d de basura, lo que equivale a una disposición anual de 8.216.150 t. Utilizando como valor de referencia 157 l/t de desecho, que es la cantidad de lixiviados reportada por el Relleno Sanitario Doña Juana en Bogotá -el centro de disposición más importante del país-, se puede llegar a estimar la generación nacional en 1.289.936 m³ de lixiviado al año.

Figura 23 Relleno sanitario doña Juana en la ciudad de Bogotá, D.C.



Es importante mencionar que, en Colombia, llegan a los rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto tanto residuos peligrosos como no peligrosos en una proporción aproximada de 80% para residuos no peligrosos y 20% para residuos peligrosos, de acuerdo con cifras suministradas por el Relleno Sanitario de Doña Juana.

A continuación se presentan las liberaciones para esta categoría.

Tabla 73 Liberaciones de la subcategoría lixiviado de rellenos

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación		Prod m ³ /a	Liberación Anual g EQT/a	
				Agua ngEQT/m ³	Residuos µgEQT/t		Agua	Residuos
9	Evacuación/Terraplenes							
	a	Lixiviado de rellenos						
		1	Desechos peligrosos	200		257.987	0,052	0,000
		2	Desechos no peligrosos	30		1.031.949	0,031	0,000
Total Subcategoría							0,083	0,000

Aguas negras y su tratamiento

De acuerdo con la información reportada sobre la operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales del país¹⁸, la generación de vertimientos al agua sin importar la existencia o no de tratamiento es de 949.462.226 m³/a y la cantidad total de agua tratada en Colombia es de 458.763.444 m³/a, por lo que se genera una diferencia de 490.698.782 m³/a que corresponde al agua vertida a cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento.

En Colombia, el tratamiento de aguas negras involucra tanto aguas domésticas como aguas industriales, las cuales llegan mezcladas a las líneas de alcantarillado. Por lo anterior, para la evaluación de esta subcategoría, se asumirá un 20% del total de aguas negras como aguas industriales y un 80%¹⁹ como aguas domésticas con posibilidad de mezclado con cloro. Así mismo, se asumirá que no hay evacuación de lodo en ninguno de los casos, debido a la imposibilidad de definir cifras representativas.

Tabla 74 Liberaciones de la subcategoría de aguas negras y su tratamiento

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación		Prod m ³ /a	Liberación Anual g EQT/a	
				Agua ngEQT/m ³	Residuos µgEQT/t		Agua	Residuos
9	Evacuación/Terraplenes							
	b	Aguas negras y su tratamiento						
		1	Industriales, domésticas mezcladas con posibilidad de cloro					
			Sin evacuación de lodo	5	1.000	91.752.689	0,459	13,763 *
			Con evacuación de lodo	0,5	1.000		0,000	0,000
		2	Ambiente urbano					
			Sin evacuación de lodo	2	100	367.010.755	0,734	5,505 *
			Con evacuación de lodo	0,5	100		0,000	0,000
		3	Lugares remotos o plantas de tratamiento	0,1	10		0,000	0,000
Total Subcategoría							1,193	19,268

* Fuente: Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal & Reuse", 1980: 1.000 m³ de aguas negras genera 0,15 t de lodos como masa seca. Factor utilizado en el Inventario de PCDD/PCDF de Jordania, Año 2000.

18 Dirección de Agua Potable del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

19 Contaminación Industrial en Colombia. DNP. 1996.

Vertido al agua

De acuerdo con la información relacionada en el numeral anterior, se obtuvo un total de 490.698.782 m³/a correspondiente a aguas vertidas sin tratamiento. Se asume, igualmente, que el 20% corresponde a aguas industriales y el 80% a aguas domésticas (medio ambiente urbano).

Tabla 75 Liberaciones de la subcategoría vertido al agua

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación		Prod m ³ /a	Liberación Anual g EQT/a	
				Agua ngEQT/m ³	Residuos µgEQT/t		Agua	Residuos
9			Evacuación/Terraplenes					
	c		Vertido al agua					
		1	Industriales, domésticas mezcladas con posibilidad de cloro	5		98.139.756	0,491	0,000
		2	Ambiente urbano	0,5		392.559.026	0,196	0,000
		3	Lugares remotos o plantas de tratamiento	0,1			0,000	0,000
Total Subcategoría							0,687	0,000

Compostado

Para el cálculo de la cantidad de material compostado en el país, se tomó en cuenta la información disponible en el MAVDT sobre la cantidad de residuos de cocina y jardín que se compostan en el país que es de 189.836 t/a²⁰. A esta cantidad se le sumó la cantidad de residuos compostados por parte de los floricultores de 312.000 t/a²¹; para un total de 501.836 toneladas.

Tabla 76 Liberaciones de la subcategoría compostado

Cat	Sub	Cla	Subcategoría de Fuentes	Vía posible de liberación		Prod t/a	Liberación Anual g EQT/a	
				Agua	Productos (µg EQT/t)		Agua	Productos
9			Evacuación/Terraplenes					
	d		Compostado					
		1	Todas las fracciones orgánicas		100		0,000	0,000
		2	Desechos de jardín, cocina		15	501.836	0,000	7,528
		3	Materiales verdes, ambientes no impactados		5		0,000	0,000
Total Subcategoría							0,000	7,528

Gestión de aceites usados

De acuerdo con un Informe de la UPME²², para el año 2002 se produjeron en Colombia 1.2 millones de barriles de aceite usado, de los cuales el 46% fue utilizado como combustible y el 54% restante como desmoldante (5%), temple de metales (3%), control de polvo (8%), inmunización (10%), comercio ilegal (20%) y otros usos (8%). Esta categoría no se evalúa ya que no existen factores de emisión en el Instrumental Normalizado.

La siguiente Tabla muestra todos los resultados de las liberaciones de dioxinas y furanos de esta categoría.

20 Fuente: MAVDT. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible.

21 Fuente: Asocolflores.

22 Unidad de Planeación Minero Energética.

Tabla 77 Cálculo de liberaciones de dioxinas y furanos de la categoría de evacuación/terraplenes

Cat	Sub	Cía	Subcategoría de Fuentes	Vía Posible de liberación (µg EQT/t)				Producción m³/a	Liberación anual (g EQT/a)															
				Aire	Agua	Suelo	Productos		Residuos	Aire	Agua	Suelo	Productos	Residuos										
9	a	1	Evacuación/Terraplenes	ng/EQT/m³	NA	200	NA	1.289,936	0	0,083	0	0	0	0										
															Desechos peligrosos	NA	NA	257,987	0,052					
																Desechos no peligrosos	NA	30	NA	NA	1.031,949	0,031		
	b	1	Industriales, domésticas mezcladas, con posibilidad de cloro			5	NA	NA	91.752,689		0,459	0	0	0	19,268									
																Sin evacuación de lodo			1.000	0,459			13,763	
																Con evacuación de lodo		0,5	NA	NA	0	0,000		
	c	2	Ambiente urbano			2	NA	NA	367.010,755		0,734	0	0	0	5,505									
																Sin evacuación de lodo			100	0,734			5,505	
																Con evacuación de lodo		0,5	NA	0,0005	0	0,000		
	d	3	Lugares remotos o plantas de tratamiento			0,1	NA	NA	490.698,782		0,000	0	0	0	0									
																Vertido al agua			10	0,687			0	
																Industriales domésticas, mezcladas con posibilidad de cloro	NA	0,005		98.139,756	0,491			
	e	1	Ambiente urbano			NA	0,0005	NA	392.559,026		0,196													
																Lugares remotos o plantas de tratamiento	NA	0,0001	NA	NA	0,000			
																Compostado				501.836 t/a	0	0	0	7,528
e	1	Gestión de aceites usados			NA	ND	NA	0		0	0	0	0	0										
															Todas las fracciones orgánicas			100	NA					
															Desechos de jardín y cocina	NA	ND	NA	15	NA	501.836	7,528		
e	1	Todas las fracciones			NA	ND	NA	0		0	0	0	0	0										
															Materiales verdes, ambientes no impactados	NA	ND	NA	5	NA				
															Evacuación/Terraplenes	ND	ND	ND	ND	ND	0	1,962	0	7,528

4.10 Categoría 10 - Puntos calientes

Los puntos calientes son actividades que pudieron haber generado contaminación en suelo o sedimentos con PCDD/PCDF, debido a que las propiedades fisicoquímicas de estos compuestos hacen que las dioxinas y furanos permanezcan adsorbidas al carbono orgánico de los suelos ó a otras partículas. Por otra parte, en presencia de solventes orgánicos lipofílicos, puede producirse movilización (lixiviación a capas más profundas del suelo y/o a aguas subterráneas). También en casos de erosión del suelo ó escorrentía por la lluvia a partir de la capa superficial del suelo puede darse una transferencia a zonas vecinas.

El Instrumental Normalizado no presenta criterios cuantitativos para establecer magnitudes de contaminación, pero supone que en estos sitios los órdenes de magnitud de las concentraciones de PCDD/PCDF son muy superiores a las concentraciones ambientales de fondo. La experiencia ha demostrado que el transporte de PCDD/PCDF por erosión del suelo y escorrentía no desempeña un papel importante en la contaminación ambiental y la exposición humana (Fiedler H. 1995).

Lugares de producción de sustancias orgánicas cloradas

En el país no se producen compuestos orgánicos clorados.

Lugares de producción de cloro (Cl₂)

Como se señaló en el numeral 5.7.1.2.7 de este informe, la cantidad producida de cloro es de 20.670 t/a; y de acuerdo con la información suministrada por las empresas productoras, la producción siempre se ha realizado con ánodos de titanio. Estos sitios pueden tomarse como posibles puntos calientes, sujetos a una mayor verificación en futuros inventarios.

Lugares de formulación de fenoles clorados / plaguicidas

Existen algunas empresas que realizan formulación de plaguicidas, utilizando principalmente ácido 2,4-D. Las plantas se encuentran en los departamentos de Antioquia, Bolívar y Cundinamarca. Normalmente, la contaminación se encuentra en las instalaciones donde se almacenan o formulan estas sustancias. Por consiguiente, existe alta posibilidad de contaminación del suelo en estas zonas.

Lugares de aplicación de plaguicidas contaminados con dioxinas/ furanos

Se trata, por ejemplo, de los lugares donde se han aplicado sustancias químicas como plaguicidas. No es fácil establecer las cantidades de plaguicidas contaminados con PCDD/PCDF, que se utilizan en el país; sin embargo, se conoce que plaguicidas que contienen principalmente ácido 2,4-D son aplicados de manera generalizada para control de maleza de hoja ancha, principalmente en pastos.

Otro tipo de sustancias como pentaclorofenol, han sido prohibidas en el país desde el año 1993; sin embargo, se conoce de importaciones de este tipo de sustancias para tratamiento de maderas y para control de algas en torres de enfriamiento.

Lugares de fabricación y tratamiento de madera

Se conoce sobre impregnaciones de madera en Colombia. Aunque el pentaclorofenol está prohibido como plaguicida desde 1993, se importa en cantidades aproximadas de 10 t/año para tratamiento de madera.

Transformadores y condensadores con contenido de PCB

Para ampliar la información sobre esta subcategoría, se puede consultar el "Inventario preliminar de compuestos bifenilos policlorados (PCB) existentes en Colombia" elaborado por el MAVDT.

Rellenos Sanitarios y botaderos de desechos / residuos de las categorías 1-9

Se tiene la ubicación e información sobre cantidades de basura dispuesta de los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto del país, en donde se disponen los residuos de las categorías 1-9.

Lugares de accidentes relevantes

En la siguiente tabla se adjunta una relación de los principales accidentes ocurridos durante el año 2002, reportados por el Consejo Colombiano de Seguridad:

Tabla 78 Relación de los principales accidentes ocurridos durante el año 2002

Fecha	Tipo de accidente	Descripción	Lugar
17 de enero	Incendio	Fábrica de betunes	Palmira, Valle
25 de junio	Quema a cielo abierto	Quema de un apilamiento de thinner, pintura, grasas y aceites por un grupo de indigentes en un lote baldío.	Pereira, Risaralda
17 de julio	Incendio	Incendio de una empresa con techo de asfalto.	Bogotá D.C.
13 de agosto	Incendio	Incendio de una fábrica de parafina.	Bogotá D.C.
23 de agosto	Incendio	Un cable de transmisión eléctrica cayó sobre un tanque de Xileno y lo calentó	Buenaventura, Valle del Cauca.
10 de octubre	Explosión	Una tractomula que transportaba etanol se accidentó y explotó en la vía Venadillo-Lérida.	Ibagué, Tolima
24 de diciembre	Incendio	Un carrotanque que transportaba ACPM se estrelló con un automóvil y se incendió.	Medellín, Antioquia.

Dragado de sedimentos

Los sedimentos depositados en puertos o debajo de los conductos de las descargas industriales correspondientes a las actividades mencionadas en este inventario, pueden estar contaminados con PCDD/PCDF. Es frecuente que para facilitar la navegación, estos sedimentos sean removidos, lo cual sólo modifica la ubicación del contaminante; por lo que es importante ubicar los sitios de disposición de estos sedimentos.

De acuerdo con la información suministrada por el Ministerio de Transporte, durante el año 2002 se dragaron aproximadamente 1.544.000 m³ de sedimentos, los cuales fueron dispuestos en áreas autorizadas en mar abierto.

Sitios de arcilla caolinítica o arcilla plástica

Se han encontrado altas concentraciones, especialmente de PCDD en minas de arcilla plástica en Estados Unidos y en minas de arcilla caolinítica en Alemania, lo cual indica que estos compuestos han estado presentes mucho antes que la propia industria del cloro, y además, que también pueden tener un origen no antropogénico. No se han encontrado liberaciones de PCDF en estos sitios.

El Ministerio de Minas a través de Ingeominas, reporta que las minas de arcilla caolinítica que se explotan en el país se encuentran ubicadas en los departamentos de Cauca, Antioquia y Boyacá.

5

Liberaciones Consolidadas

Como producto de la aplicación de la metodología establecida en el Instrumental Normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos, se obtuvieron los resultados consolidados de estas liberaciones para Colombia, teniendo como referencia el año 2002. En la Tabla No. 79 se presentan estos resultados por cada categoría y cada uno de los vectores de interés.

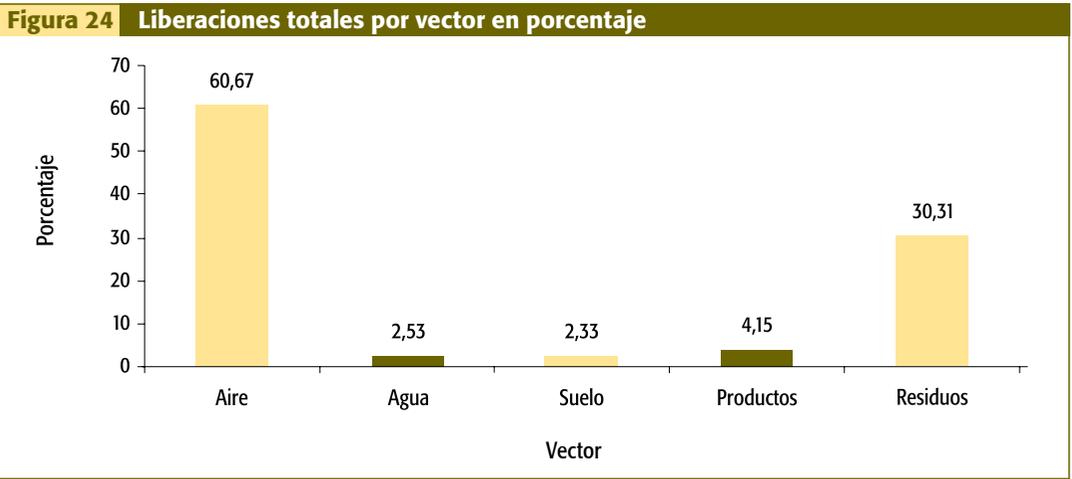
Tabla 79 Liberaciones totales de dioxinas y furanos de Colombia para el año 2002

Cat	Categorías	Liberaciones anuales (g ETQ/a)					Total
		Aire	Agua	Suelo	Prods	Resid	
1	Incineración de desechos	103,11	0,00	0,00	0,00	21,34	124,45
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	19,04	18,04	0,00	0,00	10,24	47,31
3	Generación de energía y calefacción, cocina	18,71	0,00	0,00	0,00	51,51	70,22
4	Producción de productos minerales	3,82	0,00	0,00	0,00	0,00	3,82
5	Transportes	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99
6	Procesos de combustión no controlados	293,92	0,00	18,40	0,00		435,60
7	Producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo	0,02	0,01	0,00	23,30	13,77	37,09
8	Varios	38,83	0,00	0,00	1,98	0,13	40,93
9	Evacuación/Terraplenes	0,00	1,96	0,00	7,53	19,27	28,76
10	Identificación de posibles puntos peligrosos						
1-9	Total	479,43	20,01	18,40	32,80		790,17

6

Análisis de Resultados

El inventario arroja un valor de generación total de dioxinas y furanos de 790,17 g(EQT)/a en el año 2002. Los mayores porcentajes corresponden a la liberación al aire (60,67 %) y en los residuos (30,32 %). En menor proporción tenemos la liberación al suelo (2,32%), al agua (2,53%) y en los productos (4,15%).



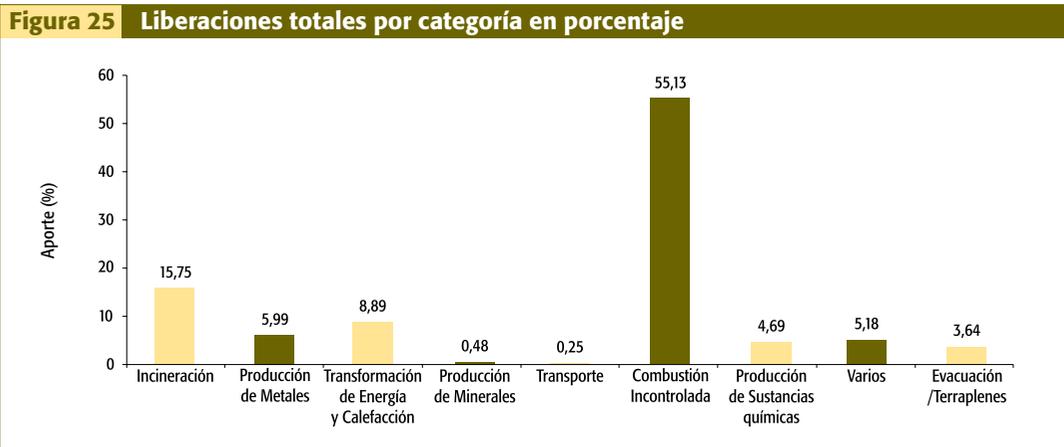
Con base en la población, superficie y producto bruto interno se pueden obtener los siguientes índices de liberación de dioxinas y furanos para Colombia:

Índices de emisión para el año 2002			
Emisión por habitante al año.	43'984.000 habitantes	790,06 g EQT/a	17,96 µg EQT
Emisión por km² al año.	2'070.408 km²	790,06 g EQT/a	381,58 µg EQT
Emisión por ingreso PIB por habitante.	US\$ 26'711.000	790,06 g EQT/a	1.300,91 µg EQT

Las categorías que participan con un mayor aporte a la liberación total del país son: Procesos de combustión no controlados que genera el 55,13% del total de las liberaciones, Incineración de desechos con el 15,75%, Transformación de energía y calefacción con el 8,89%, Producción de metales ferrosos y no ferrosos con el 5,99% y Varios con el 5,18%.

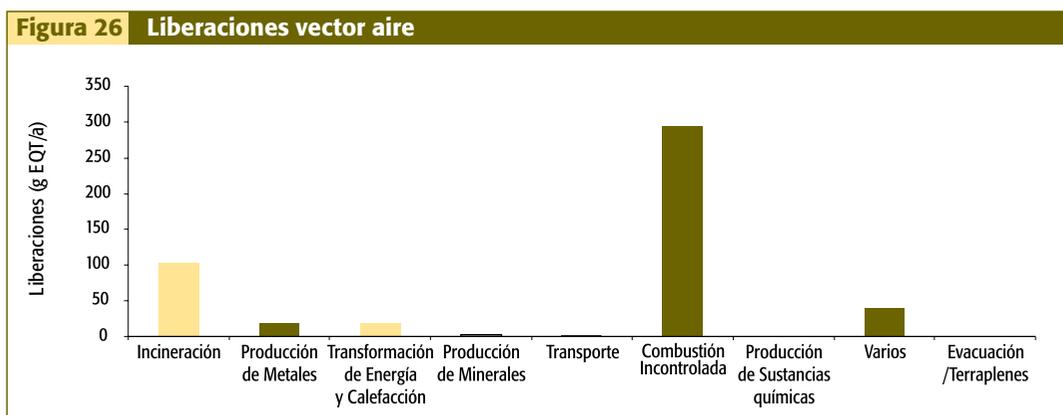
Dentro de la categoría de **Procesos de combustión no controlados**, la subcategoría correspondiente a **quema de desechos e incendios**, tiene un aporte del 83,53% del total de la categoría y dentro de esta subcategoría los mayores aportes los realizan las actividades de **incendios de vertederos e incendios de viviendas y fábricas**. La subcategoría de **quema de biomasa** aporta el 16,47% de las liberaciones y dentro de ella la actividad que realiza prácticamente la totalidad de los aportes es **quema de residuos agrícolas**.

Con respecto a la categoría de **Incineración de desechos**, la subcategoría que realiza el mayor aporte a las liberaciones es la **incineración de desechos médicos y hospitalarios**, con una participación del 71,53% y en segundo lugar la **incineración de desechos peligrosos** con una participación del 22,69% del total de los aportes de esta categoría.



Las liberaciones realizadas por las actividades contempladas en estas dos categorías representan el 70,87% del total de las liberaciones del país.

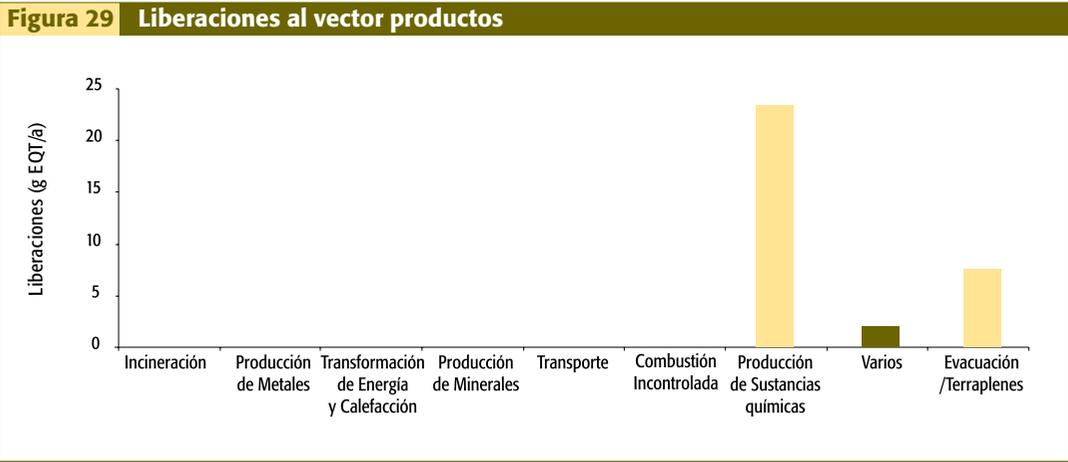
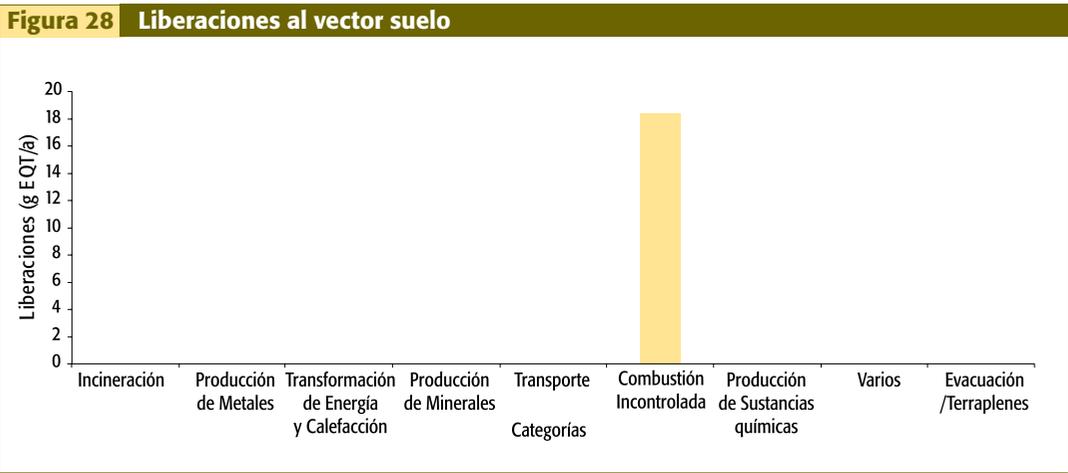
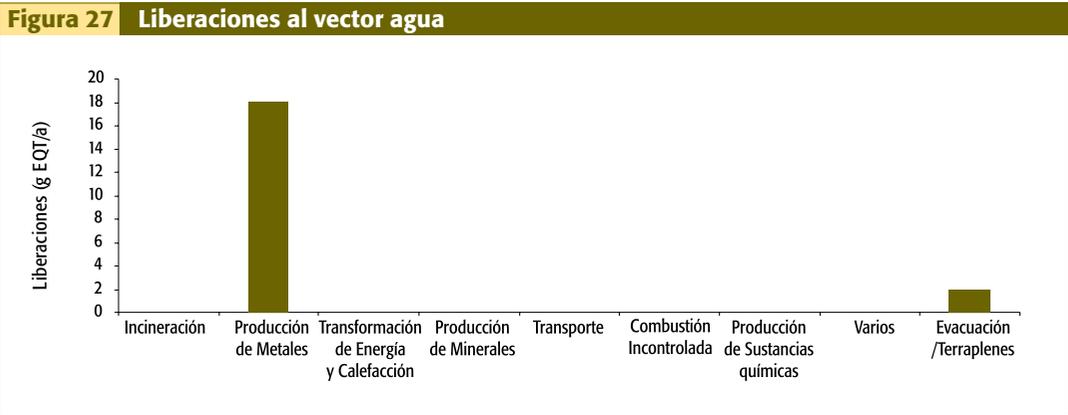
Las liberaciones totales al vector aire fueron de 479,43 g (EQT)/a que corresponden al 60,67% de la liberación total del país, destacándose los **procesos de combustión no controlada**, que representaron el 61,3% de las liberaciones al aire; y dentro de esta categoría, la quema de residuos agrícolas, los incendios forestales, los incendios accidentales y los incendios de botaderos son las principales fuentes. En segundo lugar, tenemos la categoría de **incineración de desechos**, que aporta el 21,51% de las liberaciones a este vector y dentro de ella, el mayor aporte lo realiza la incineración de desechos hospitalarios.



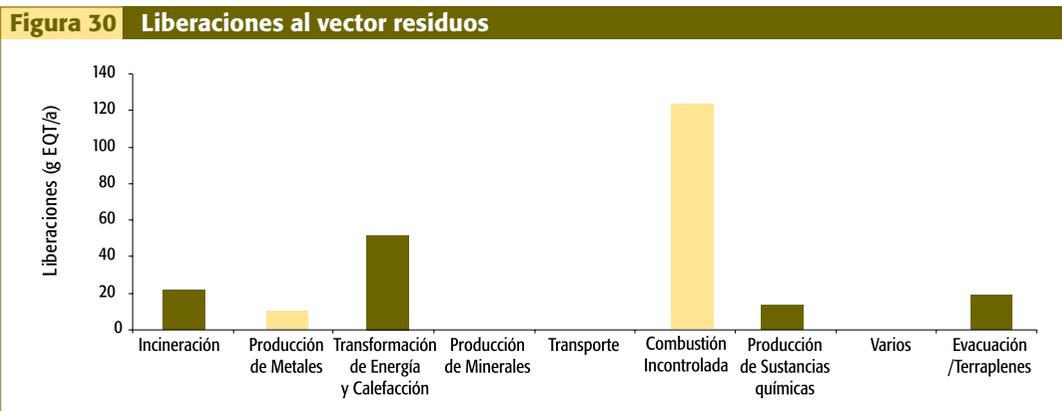
Las liberaciones totales al agua fueron de 20,01 g (EQT)/a, que representan el 2,53% de las liberaciones totales del país. Las principales fuentes fueron la producción de metales ferrosos y no ferrosos, específicamente, la producción de óxido de magnesio.

Las liberaciones totales al suelo fueron de 18,40 g (EQT)/a, que representan el 2,32% de las liberaciones totales. En ella contribuyen principalmente las actividades de quema de biomasa virgen.

Para el caso de liberaciones en productos, el valor fue de 32,80 g (EQT)/a que corresponde al 4,15% de las liberaciones totales. La categoría que realiza el mayor aporte es la **producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo**, específicamente la utilización de pentaclorofenol



Las liberaciones en residuos fueron de 239,53 g (EQT)/a, que corresponden al 30,32% de las liberaciones totales del país y las subcategorías que aportan principalmente a esta emisión son: la **quema no controlada de biomasa**, específicamente la quema de desechos e incendios, en la categoría de **Combustión incontrolada**; y en la categoría de **transformación de energía y calefacción**, específicamente la **combustión de carbón para uso doméstico**.



6.1 Vacíos de información

Los vacíos de información que se presentan en este primer inventario, obedecen a que no existe en el país un registro de datos confiable para algunas de las categorías y subcategorías y se hace necesario realizar extrapolaciones a partir de la información disponible.

Por otra parte, en algunas subcategorías como por ejemplo, producción de plomo y algunos procesos de secado de biomasa, entre otros, la clasificación de los factores no representaba exactamente la condición real de los procesos desarrollados en el país, y se optó por escoger la que más se ajustaba a las condiciones observadas; en otros casos, se optó incluso por aplicar el factor de emisión más crítico.

Las categorías y subcategorías que presentaron mayor incertidumbre en la información disponible fueron:

- Cantidad de producción de metales, minerales y productos químicos. Debido a que la información oficial es suministrada por el DANE y éste, a su vez, no posee información completa para algunos productos; se tuvo que recurrir a agremiaciones y algunos organismos consultores de ellas, para obtener registros más confiables de la actividad en el país. A través de las encuestas enviadas se pudo obtener con alguna dificultad, información sobre la tecnología utilizada.
- Quema de biomasa en incendios forestales, quema de residuos agrícolas, incendios en vertederos, quema de residuos e incendios accidentales. No se cuenta con información muy cierta sobre áreas, densidad de biomasa por área, cantidad de biomasa efectivamente consumida, etc. De otra parte, es difícil estimar la cantidad de biomasa que ha sido impactada por plaguicidas y fertilizantes organoclorados.
- Cantidad de residuos quemados en rellenos y botaderos a cielo abierto, cantidad de madera desecada, cantidad de incendios de estructuras y/o vehículos y otros. Esto debido a que muchas actividades de interés para este inventario no cuentan con estadísticas confiables por parte de alguna entidad gubernamental o gremial.
- También existen muchos vacíos de información debido a la carencia de factores de emisión para algunas de las actividades que se desarrollan en el país y que no están contempladas dentro de las subcategorías del Instrumental Normalizado. por ejemplo, la actividad de tostado de cascarilla de arroz en hornos rudimentarios que manejan temperaturas hasta de 700 °C sin mayores equipos de control de emisiones, cuyo objetivo es la transformación parcial de esta cascarilla (hasta en un 80% de tostado) para posteriormente ser utilizada como sustrato en cultivos de flores. Durante el año 2002 se procesaron 143.500 t en cerca de 15 hornos en el país, instalados principalmente en los departamentos de Tolima, Huila y Meta. Teniendo en cuenta el tipo de hornos utilizados, las condiciones del proceso de combustión en estos equipos y que la biomasa alimentada en estos hornos posiblemente ha sido impactada con agentes químicos precursores de PCDD/PCDF durante

el proceso de cosecha del arroz, esta actividad podría llegar a convertirse en una fuente potencial de PCDD/PCDF, la cual requiere ser estudiada detenidamente con el fin de precisar la posible liberación de estos contaminantes.

Con el fin de ilustrar esta actividad, en la figura 32 se presenta el tipo de horno que se utiliza para llevar a cabo este proceso.

Figura 32 Vista general de un horno utilizado para el tostado de cascarilla de arroz



7 Recomendaciones

Para una próxima actualización del presente Inventario se recomienda:

1. Trabajar en colaboración con el DANE para mantener actualizados los datos que alimentan el inventario de manera que el seguimiento de las liberaciones de dioxinas y furanos se pueda realizar anual o bienalmente.
2. Las autoridades ambientales regionales y locales deberán mejorar sus sistemas de captura y almacenamiento de información, con el fin de que sirvan de insumo para próximas actualizaciones del Inventario, ya que muchas de las subcategorías identificadas como fuentes potenciales de dioxinas y furanos son actividades bajo el control de las Corporaciones Autónomas, bien sea a través de licencias ambientales y/o permisos o autorizaciones.
3. Realizar mediciones directas de dioxinas y furanos en aquellas categorías que resultan ser de más alta generación, con el fin de corroborar los factores de emisión por defecto (por Ej. sector de incineración).
4. En lo que respecta a la categoría de quemas incontroladas, es necesario ampliar la información correspondiente a hectáreas quemadas, tipo y cantidad de biomasa en estas áreas, frecuencia de quemado, cantidad quemada de dicha biomasa y liberaciones de dioxinas y furanos. En cuanto a la quema de desechos, se requiere un seguimiento más exhaustivo por parte de los municipios y autoridades ambientales para poder estimar de forma más certera la cantidad de residuos quemados de forma natural o intencional.
5. Realizar estudios de campo orientados al establecimiento de factores de emisión, para algunas actividades que no están presentes en el marco de la metodología propuesta por el PNUMA, como es el caso del tostado de cascarilla de arroz.
6. Es recomendable divulgar información de interés relacionada con las actividades generadoras de dioxinas y furanos y con la metodología del inventario, al interior de las entidades encargadas de la captura de estos datos.

8 Referencias

- Cárdenas, H. y Devia, J.R. (1989). Residuos Agrícolas. en Situación energética de la costa Atlántica, Tomo X. Barranquilla: Programa Especial de Energía de la Costa Atlántica (PESENCA).
- Casa Editorial El Tiempo. (2000). Colombia Viva. Bogotá: Autor.
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (1999). Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de baterías usadas generadas por el mantenimiento del parque automotor de Santafé de Bogotá. Bogotá: Autor.
- Fiedler, H, (1995). EPA Dioxin-Reassessment: Implications for Germany. Organohalogen compd. 22, 209-228. Bayreuth, Germany: Eco Informa Press.
- Inventario de PCDD/PCDF del año de referencia 2000 de Jordania. (2002).
- Memorias del taller subregional de sensibilización sobre contaminantes orgánicos persistentes. (1998). Cartagena, Colombia.
- Metcalf & Eddy. (1980). Wastewater engineering, treatment, disposal & reuse.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2003). Inventario nacional de fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos: Cuba, Año 2000, Informe final. La Habana, Cuba: Autor.
- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética. (2003). Balance energético nacional año 2002. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planeación Minero-Energética. (2003). Memorias al Congreso de la República. Periodo 2002-2003. Anexo hidrocarburos. Bogotá: Autor.
- Ministerio de Salud, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Dirección Nacional de Gestión Ambiental. (2002). Inventario nacional de liberaciones de dioxinas y furanos Argentina 2001. Buenos Aires, Argentina: Autor.
- Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Dirección Nacional de Medio Ambiente, División Evaluación de la Calidad Ambiental. (2002). Inventario nacional de liberaciones de dioxinas y furanos Uruguay 2000, Informe final. Asunción, Uruguay: Autor.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2000). proyecto de norma para límites máximos permisibles de emisión para incineradores de residuos sólidos y líquidos. Bogotá: Autor.
- Primera comunicación nacional ante el marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. (2001). Colombia.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2004). Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisoria sobre mejores prácticas ambientales según el artículo 5 y el anexo C del Convenio de Estocolmo.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Productos Químicos. (1999). Inventarios de dioxinas y furanos - Emisiones nacionales y regionales de PCDD/PCDF. Ginebra, Suiza: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Productos Químicos. (2003). Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos. Ginebra, Suiza: Autor.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2003). Inventario nacional de liberaciones de dioxinas y furanos. Paraguay 2002. Asunción, Paraguay: Autor.
- United Nations Environment Programme - Chemicals. (2003). Asia toolkit project on inventories of dioxin and furan releases – National PCDD/PCDF inventories. Ginebra, Suiza: Autor.
- U.S. Environmental Protection Agency (1998). The inventory of sources of dioxin in the United States. External review draft. (EPA/600/P-98/002Aa). Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Exposure Analysis and Risk Characterization Group.

Diseño e Impresión
SANMARTÍN OBREGÓN & CIA. LTDA.
Cra. 28B No. 71 - 54 PBX: 650 0589
sanmartin_o@etb.net.co
Bogotá, D.C. - Colombia

Catalogación en la fuente:

Cítese como:

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible / Ingeniería Ambiental de Colombia -INAMCO.

Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos de Colombia. Línea base año 2002. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / GEF / ACCI, 2007

104 p.

ISBN : 978-958-97978-5-3

1. Inventarios
2. Contaminantes Orgánicos Persistentes
3. Dioxinas
4. Furanos
5. Fuentes de contaminación
6. Convenio de Estocolmo



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial**
República de Colombia