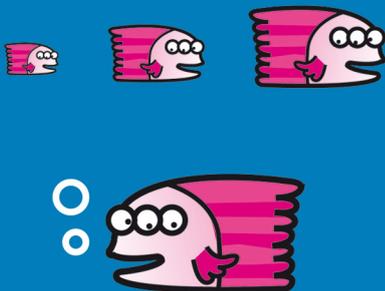


COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES EN LA REGIÓN DE MURCIA (1)

- Pesticidas organoclorados
- PCB's
- Dioxinas y Furanos



EDITA:



**CALIDAD
AMBIENTAL**



Región de Murcia



DOCUMENTACIÓN Y REDACCIÓN:

Juan Ignacio Sánchez Gelabert
Jefe de Servicio de Calidad Ambiental

Elvira Núñez Navarro
Inspectora Ambiental

Ignacio Valor Herencia
Labaqua S.A.
Pedro Navalón Madrigal
Labaqua S.A.

EDITA:



**CALIDAD
AMBIENTAL**

DOCUMENTACIÓN Y REDACCIÓN:

Juan Ignacio Sánchez Gelabert
Jefe de Servicio de Calidad Ambiental

Elvira Núñez Navarro
Inspectora Ambiental

Pedro Navalón Madrigal
(Labaqua, S.L.)

Ignacio Valor Herencia
(Labaqua, S.L.)

Producción:
Contraste Publicaciones, S.L.

Dep. Legal:
MU-2.208-2008

I.S.B.N.:
978-84-691-6378-8

Índice

1. Introducción general sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes y el Convenio de Estocolmo	5
1.1. Problemática ambiental de los compuestos orgánicos persistentes.....	5
1.2. Situación Internacional ante los COPs. Convenio de Estocolmo.....	5
1.3. Propiedades de los compuestos objeto de estudio	8
1.3.1. Comportamiento y destino en el medio ambiente	8
1.3.2. Química	8
1.3.3. Toxicología.....	9
1.3.3.1. Medio ambiente	9
1.3.3.2. Salud humana.....	10
1.4. Descripción de los diversos contaminantes orgánicos persistentes.....	11
1.4.1. Plaguicidas organoclorados.....	11
1.4.2. Bifenilos policlorados (PCBs).....	22
1.4.3. Dioxinas y furanos (PCDD y PCDF).....	25
2. Inventario regional de actividades que usan y/o generan los contaminantes orgánicos persistentes del Convenio de Estocolmo. Identificación de los compartimentos afectados .	28
2.1. Plaguicidas organoclorados (Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Mirex, Toxafeno y Hexaclorobenceno)	28
2.1.1. Producción Nacional y en la Región de Murcia	28
2.1.2. Situación general en los Países Mediterráneos. Producción actual y almacenamiento	29
2.1.3. Información obtenida del “Documento de información sobre la situación en España de los inventarios de compuestos orgánicos persistentes”	30
2.1.3.1. Inventarios nacionales	30
2.1.4. Registro EPER. Hexaclorobenceno (HCB)	31
2.1.5. Empleo en la Región de Murcia. Almacenamiento	32
2.1.5.1. Puntos de almacenamiento en la Región de Murcia	32
2.2. Bifenilos policlorados (PCBs).....	34
2.2.1. Empleo de los PCBs y situación legal actual en España.....	34
2.2.1.1. Situación general en los Países Mediterráneos. Producción actual y almacenamiento.....	34
2.2.2. Información obtenida del “Documento de información sobre la situación en España de los inventarios de compuestos orgánicos persistentes”	34
2.2.3. Inventario de detalle de equipos en la Región de Murcia. Cartografía digital GIS.....	36
2.2.3.1. Estimación del contenido total de PCBs existentes en la Región de Murcia.....	36
2.2.3.2. Inventario de detalle de equipos eléctricos (transformadores) de la Región de Murcia. Cartografía digital GIS	38
2.2.3.3. Empresas autorizadas en la Región de Murcia para descontaminación de equipos con PCBs.....	40
2.3. Dioxinas y furanos	41
2.3.1. Inventarios internacionales de dioxinas y furanos	41
2.3.1.1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) – Programa de Control Global de Compuestos Orgánicos Persistentes.....	41

2.3.1.2. Protocolo sobre el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes – UNECE	41
2.3.1.3. Programa de Cooperación para el Seguimiento y la Evaluación de la Transmisión a larga distancia de contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP)	41
2.3.1.4. CORINAIR	42
2.3.1.5. Inventario Europeo de Emisión de Dioxinas	42
2.3.1.6. Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER)	43
2.3.1.7. Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Norte-Este – OSPAR.....	43
2.3.1.8. Plan de Acción del Mediterráneo (PAM): Baseline Budget para la implementación del Protocolo LBS.....	43
2.3.1.9. Síntesis de los programas internacionales.....	44
2.3.2. Inventario Nacional de dioxinas (CIEMAT)	44
2.3.2.1. Incineración de residuos sólidos urbanos	45
2.3.2.2. Galvanización de zinc.....	47
2.3.2.3. Sector cementero.....	51
2.3.3. Datos EPER de dioxinas europeos y nacionales.....	54
2.3.3.1. EPER Europa.....	54
2.3.3.2. EPER España.....	55
2.3.4. Inventario de detalle de la Región de Murcia en base al “Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de dioxinas y furanos” 2ª edición de febrero de 2005	56
2.3.4.1. Sectores identificativos en la Región de Murcia	58
2.3.4.2. Sectores evaluados cuantitativamente en la Región de Murcia	63
2.3.4.3. Discusión de los resultados.....	72
2.3.4.4. Conclusiones del inventario de dioxinas de la Región de Murcia.....	77
3. Referencias bibliográficas	80
Anexos	83
Anexo 1. Plantas potencialmente emisoras de dioxinas y furanos en la Región de Murcia y su principal vector de descarga	83
Anexo 2. Inventario de crematorios de la Región de Murcia	85
Anexo 3. Listado de tintorerías pertenecientes a la Asociación de Tintorerías y Lavanderías de la Región de Murcia, y que utilizan PCE para la limpieza en seco	86
Anexo 4. Municipios de la Región de Murcia que disponen de planta depuradora de aguas residuales, y municipios con instalaciones en fase de proyecto o construcción. Municipios con reglamentos y ordenanzas municipales e vertido a la red de saneamiento (Actualizada a fecha de 20039)	87

1. INTRODUCCIÓN GENERAL SOBRE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES Y EL CONVENIO DE ESTOCOLMO.

1.1. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES.

Los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) son compuestos orgánicos que, en diversa medida, resisten la degradación fotolítica, biológica y química. Se trata con frecuencia de productos halogenados que se caracterizan por una hidrosolubilidad baja y una liposolubilidad elevada, que da lugar a su bioacumulación en el tejido adiposo. Son también semivolátiles, rasgo que les permite recorrer largas distancias en la atmósfera antes de su deposición.

Aunque pueden existir muchas formas diferentes de COPs, tanto naturales como antropogénicas, los que se destacan por sus características de persistencia y bioacumulación incluyen muchos de los insecticidas organoclorados de la primera generación, como el dieldrin, el DDT, el toxafeno y el clordano, y varios productos químicos, entre ellos los bifenilos policlorados (PCBs), o productos secundarios industriales como las policloro-dibenzo-dioxinas (dioxinas) y los policloro-dibenzo-furanos (furanos). Muchos de estos compuestos se han utilizado o se siguen empleando en grandes cantidades y, debido a su persistencia en el medio ambiente, tienen capacidad de bioacumulación y bioamplificación. Algunos de ellos, como los PCBs, pueden persistir en el medio ambiente durante años y bioconcentrarse hasta 70.000 veces.

Los COPs se distinguen también por su semivolatilidad; esta propiedad les permite presentarse en la fase de vapor o adsorbidos sobre partículas atmosféricas, facilitando de esta manera su transporte a largas distancias a través de la atmósfera.

Estas propiedades de persistencia y semivolatilidad insólitas, junto con otras características, han dado lugar a que productos como los PCBs estén presentes en todo el planeta, incluso en regiones donde jamás se han utilizado. Los COPs son ubicuos. Tanto es así que han sido detectados en todos los continentes, en lugares representativos de todas las zonas climáticas principales y de sectores geográficos de todo el mundo, incluso en regiones remotas como en alta mar, en los desiertos, el Ártico y el Antártico, donde no existen fuentes locales significativas, siendo la única explicación razonable de su presencia el transporte a larga distancia desde otras zonas de la Tierra. Asimismo, se ha detectado la presencia de PCBs en el aire de todas las zonas del mundo, en concentraciones de hasta 15 ng/m³; en las zonas industrializadas las concentraciones pueden alcanzar varios órdenes de magnitud mayores. Han llegado a detectarse incluso en la lluvia y la nieve.

Los COPs están representados por dos subgrupos importantes, que comprenden tanto hidrocarburos aromáti-

cos policíclicos como algunos hidrocarburos halogenados. Este último grupo está formado por varios productos organoclorados que, tradicionalmente, han demostrado ser los más resistentes a la degradación y que se han caracterizado por una producción, empleo y liberación amplios. Estos derivados clorados suelen ser los más persistentes de todos los hidrocarburos halogenados. En general, se sabe que los bifenilos más clorados tienden a acumularse en mayor grado que los que tienen una concentración menor de cloro; de la misma manera, el metabolismo y la excreción son también más rápidos para los bifenilos menos clorados que para los más clorados.

La exposición del ser humano a los COPs puede producirse a través de los alimentos, accidentes de trabajo y el medio ambiente (incluidos los espacios cerrados). La exposición, tanto aguda como crónica, puede estar asociada a una amplia variedad de efectos perjudiciales para la salud, enfermedades, e incluso, la muerte.

En investigaciones de laboratorio y estudios sobre sus efectos en la naturaleza silvestre se ha puesto de manifiesto su intervención en trastornos endocrinos, disfunciones reproductoras e inmunitarias, alteraciones del neurocomportamiento y desarrollo, y cáncer. Más recientemente se han atribuido también a algunos COPs la reducción de la inmunidad de lactantes y niños pequeños y el aumento correspondiente de las infecciones, incluso con anomalías en el crecimiento, trastornos del neurocomportamiento e inducción o estímulo de diversos tipos de cáncer y tumores. Algunos autores consideran asimismo que ciertos COPs representan un factor de riesgo potencialmente importante en la etiología del cáncer de mama humano.

1.2. SITUACIÓN INTERNACIONAL ANTE LOS COPs. CONVENIO DE ESTOCOLMO

El Consejo de Administración del Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), en su noveno período de sesiones, celebrado en mayo de 1995, aprobó la Decisión 18/32 relativa a los contaminantes orgánicos persistentes. En ella se invita al Programa Interinstitucional para la Gestión Racional de las Sustancias Químicas (IOMC) a que, en colaboración con el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (IPCS) y el Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química (IFCS), lleve a cabo un proceso de evaluación relativo a los contaminantes orgánicos persistentes. Este proceso comenzó con **12 compuestos específicos (conocidos como la "docena sucia", objeto del presente estudio)** y debería refundir la información existente sobre la química y la toxicología pertinentes, el trans-

porte y la eliminación, así como la disponibilidad y los costos de los productos sustitutivos de estas sustancias. En él se evaluarían también estrategias para una respuesta realista, políticas y mecanismos para reducir o eliminar las emisiones, los vertidos y otras pérdidas de estas sustancias. Esta información serviría de base al IFCS a la hora de formular recomendaciones sobre posibles medidas internacionales que se examinarían en el período de sesiones del Consejo de Administración del PNUMA y en la Asamblea Mundial de la Salud de 1997. En febrero de 1997, el PNUMA pidió que se convocase un Comité Intergubernamental de Negociación con el mandato de elaborar un instrumento internacional, jurídicamente vinculante, para la aplicación de medidas internacionales respecto de ciertos contaminantes orgánicos persistentes. Los primeros COPs que debían eliminarse era los conocidos como la docena sucia. Se han celebrado desde entonces cinco Comités Intergubernamentales de negociación: En Montreal (1998), Nairobi (1999), Ginebra (1999), Bonn (2000) y Johannesburgo (2000). Como resultado de estas sesiones se logró acordar un texto de Convenio que se firmó oficialmente el 23 de mayo de 2001, en Estocolmo.

Sin embargo, dicho Convenio no "entró en vigor" hasta el 17 de mayo de 2004, cuando 50 de los países firmantes lo ratificaron. España lo ratifica el 23 de junio de 2004 (BOE nº 151, de 23/06/04).

El Convenio de Estocolmo es hasta el momento la única herramienta legal, global, capaz de proteger tanto al medio ambiente como a los ciudadanos frente a la amenaza de unos compuestos que se caracterizan por su elevada toxicidad, y por su capacidad de perdurar en el tiempo sin degradarse. Los principales objetivos enmarcados dentro de dicho Convenio son:

- Eliminar en lo posible la producción, emisión y presencia de los compuestos orgánicos volátiles que generan mayores problemas para la salud y el medio ambiente, así como reducir de modo progresivo pero constante, la generación de aquellos generados de modo no intencional (dioxinas, furanos, PCBs y hexaclorobenceno) hasta lograr su eliminación.
- Conseguir la sustitución de sustancias con características de estos COPs por otras con menores efectos ambientales
- Eliminar o reducir los residuos que contengan COPs, identificar y recuperar los lugares contaminados por éstos.
- Ampliar la lista de COPs a medida que el desarrollo científico así lo requiera
- Intercambiar información, promover la sensibilización y educación de los ciudadanos frente a estas sustancias

Las sustancias indicadas en la Decisión del Consejo de Administración del PNUMA sobre los contaminantes orgánicos persistentes son: **bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas y furanos, aldrin, dieldrin, DDT, endrin, clordano,**

hexaclorobenceno, mirex, toxafeno y heptaclor (otros términos usados: aldrina, dieldrina, endrina, heptacloro).

Este Convenio que será conocido como el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, representa la culminación de una lucha ambiental que ha durado más de medio siglo. Supone el reconocimiento de las propiedades tóxicas, persistentes y bioacumulativas de los COPs y su capacidad de transporte a larga distancia. A continuación resumimos brevemente los contenidos del Convenio.

Eliminación

El *Anexo A* del Tratado establece la eliminación de la producción y el uso de las siguientes sustancias químicas: aldrin, clordano, dieldrin, endrin, heptaclor, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno y PCBs.

El *Anexo B* establece la restricción en la producción y uso del DDT, con el objetivo último de la eliminación permitiéndose, entre tanto, únicamente para el control de vectores de enfermedades infecciosas (p.e. malaria). Se insta al desarrollo de investigación, desarrollo e implementación de alternativas al DDT que sean seguras, efectivas y accesibles económicamente.

Además, cada parte debe tomar medidas para regular con el objetivo de prevenir la producción y uso de nuevos COPs.

Subproductos

Se deberán tomar medidas para reducir las emisiones totales de las fuentes antropogénicas de los subproductos no intencionados del *Anexo C*: dioxinas, furanos, hexaclorobenceno y PCBs, con el objetivo de su minimización continua y, donde sea viable, su eliminación final.

Para alcanzar este objetivo se adoptarán medidas de reducción y eliminación, de promoción del uso de materiales, productos y procesos sustitutivos, y la adopción de las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales.

Exenciones

Existe un número de exenciones a dichas prohibiciones y restricciones. Hay dos tipos de exenciones: generales y específicas para países.

Las únicas *exenciones generales* que existen se refieren a cantidades de una sustancia química utilizada en investigación a escala de laboratorio o como estándar de referencia, así como en cantidades como contaminantes traza no intencionados en productos y artículos. Por otro lado, se establece un proceso de exención general que requiere notificación para los COPs que formen parte de artículos fabricados o en uso antes o en la fecha de entrada en vigor del Convenio, o que se utilizan como intermediarios en sis-

temas cerrados y limitados a un emplazamiento. Estas notificaciones serán públicas.

El resto son *exenciones específicas para países*. En los anexos se recogen los tipos de exenciones específicas disponibles (por ejemplo, la aldrina como insecticida; el clordano como termiticida en edificios y presas o como aditivo para adhesivos de contrachapado; o el heptaclor en el tratamiento de la madera). Los países que escojan alguna de las exenciones tipificadas se incluirán en un registro, que tendrá un carácter público e incluirá además los tipos de exenciones y las fechas de expiración (cinco años tras la entrada en vigor del Convenio). La Conferencia de las Partes revisará cada caso y, a petición, puede conceder una prórroga como máximo de cinco años.

Gestión de residuos de COPs

Las Partes firmantes deberán identificar las existencias, productos, artículos en uso y residuos que contengan o estén contaminados con COPs para gestionarlas de manera ambientalmente racional. Se deberán eliminar de tal forma que el contenido de COPs sea destruido o transformado irreversiblemente, de manera que no se exhiban características de COPs, o eliminado de forma ambientalmente racional cuando la destrucción o transformación irreversible no representa la opción medioambiental preferible o su contenido de COPs sea bajo.

La Conferencia de las Partes trabajará en estrecha cooperación con los organismos relevantes de la Convención de Basilea para determinar los aspectos comunes que aún no están definidos, como son los "niveles de destrucción" de COPs que se consideran suficientes, los métodos que garanticen la "eliminación ambientalmente racional", así como la definición del "nivel bajo" a que se refería el párrafo anterior.

Proceso para añadir nuevos COPs al Convenio

Cualquier Parte puede proponer una nueva sustancia para ser añadida al Convenio, pero ha de reunir los siguientes requisitos: **persistencia** (semivida en agua superior a dos meses, en tierra o en sedimentos más de seis meses, o alguna otra forma de persistencia); **bioacumulación** (factor de más de 5000 en especies acuáticas o Kow superior a 5, u otros indicadores que apunten a su elevada bioacumulación); **potencial** de transporte a larga distancia (a través de niveles medidos, datos de vigilancia o propiedades del destino); **efectos adversos** (pruebas de efectos sobre la salud o el medio ambiente, o datos de toxicidad o ecotoxicidad).

Tras la evaluación y recomendación por un Comité de Examen y la Conferencia de las Partes, se añadiría a los anexos oportunos, y la eliminación o restricción será de obligado cumplimiento para todas las Partes.

Planes de aplicación

Cada Parte firmante deberá elaborar un Plan de puesta en práctica del Convenio, para cuya elaboración se consultará a las partes interesadas incluyendo, por ejemplo, al colectivo de mujeres.

Información, sensibilización, educación y participación

Se promoverá y facilitarán campañas de sensibilización dirigidas al público en general y, a mujeres, niños y personas menos instruidas sobre los COPs, sus efectos sobre la salud y el medio ambiente y sobre sus alternativas.

Se promoverá la capacitación de los trabajadores y del personal científico, docente, técnico y directivo.

Asimismo, se facilitará la participación pública en el tratamiento del tema y en la elaboración de respuestas adecuadas, incluyendo la posibilidad de hacer aportaciones en el plano nacional acerca de la aplicación del Convenio.

Se velará porque el público tenga acceso a la información pública y que ésta se mantenga actualizada, y se considera que toda información que tenga relación con la salud humana y el medio ambiente no será confidencial.

Cada Parte designará un Centro nacional de coordinación para el intercambio de información respecto a la reducción o eliminación de COPs y de sus alternativas.

Comercio

El Convenio permite el comercio de COPs sólo bajo condiciones limitadas: principalmente, cuando una Parte aún tiene una exención específica de país se permite exportar a no-partes, pero sólo para ser eliminados de forma respetuosa con el medio ambiente o cuando el importador certifica que incluye compromisos ambientales y de salud pública y que cumple los requisitos establecidos en el Convenio para la gestión de residuos.

Principio de precaución

Se adopta en el Convenio la definición del Principio de Precaución de la Declaración de Río de Janeiro: "Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente". No sólo se enuncia en el preámbulo y en el objetivo general, sino que se hace operativo en el cuerpo principal del texto: en la incorporación de nuevos COPs, por ejemplo, la falta de una completa evidencia científica no obstaculizará que una sustancia sea considerada.

Mecanismos de financiación

Se establece que cada Parte, además de comprometerse a financiar y ofrecer incentivos para la realización de las actividades nacionales que den cumplimiento al Convenio, debe proveer recursos financieros nuevos y adicionales para ayudar a los países en desarrollo y con economías en transición a cumplir con sus obligaciones. En la Conferencia de las Partes se definirá ese mecanismo o conjunto de mecanismos, como mínimo garantizará ser adecuado, predecible y fluido en el tiempo. La Conferencia de las Partes revisará regularmente el nivel y efectividad del mecanismo de financiación.

Hasta que se identifique tal mecanismo, el cumplimiento del Convenio se apoyará en el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (en inglés, Global Environmental Fund, GEF).

Ratificación y entrada en vigor

El Convenio entrará en vigor 90 días después de que el quincuagésimo país lo haya ratificado, aceptado, aprobado o adherido. Se estima que pasarán 3 ó 4 años, al menos, antes de que 50 países lo hayan adoptado formalmente.

Conferencia de las Partes

El Director Ejecutivo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) convocará la primera Conferencia de las Partes un año después de la entrada en vigor del Convenio

1.3. PROPIEDADES DE LOS COMPUESTOS OBJETO DE ESTUDIO

1.3.1. Comportamiento y destino en el medio ambiente

El comportamiento y el destino en el medio ambiente de las sustancias químicas dependen de sus propiedades físicas y químicas y de las características del medio. Los compuestos pueden ser de una persistencia muy baja, de toxicidad escasa e inmóviles. No es probable que este tipo de compuestos representen un riesgo para el medio ambiente o para la salud. En el otro extremo están los que son persistentes, móviles y tóxicos, y es en esta gama de la distribución donde se encuentran los COPs tóxicos y lipofílicos. El comportamiento y la exposición en el medio ambiente están muy relacionados entre sí. Así pues, el riesgo de exposición a una sustancia será mucho menor si ésta no es persistente, y el riesgo, si lo hay, estará localizado, a menos que la sustancia tenga propiedades que permitan su desplazamiento a distancias largas. Hay que reconocer que son relativamente pocas las sustancias que poseen las propiedades necesarias para que se las pueda considerar COPs.

Algunas sustancias pueden ser muy persistentes en el medio ambiente (es decir, con semivida ($t_{1/2}$) superior a seis meses). Es necesario aclarar la naturaleza de esta persistencia, es decir, el tiempo que el compuesto permanece en el medio ambiente antes de que se descomponga o degrade a otras sustancias menos peligrosas. La disipación es la desaparición de una sustancia y es una combinación de dos procesos por lo menos: degradación y movilidad. No es una medida adecuada de la persistencia, puesto que la movilidad puede dar como resultado simplemente el transporte a otros lugares, donde, si se alcanzan concentraciones críticas, se pueden producir efectos peligrosos.

Una propiedad importante de los COPs, que ya hemos indicado, es su semivolatilidad, que les confiere un grado de movilidad a través de la atmósfera, suficiente como para permitir que se incorporen a ella cantidades relativamente grandes y se desplacen a largas distancias. Esta volatilidad moderada no significa que la sustancia vaya a permanecer indefinidamente en la atmósfera, donde presentaría un riesgo directo, escaso para el ser humano y los organismos del medio ambiente. Así pues, estas sustancias pueden volatilizarse en las regiones cálidas, pero se condensarán y tenderán a mantenerse en las regiones más frías. Las sustancias con esta propiedad suelen ser muy halogenadas y tienen un peso molecular de 200 a 500 uma y una presión de vapor inferior a 1000 Pa.

Para concentrarse en los organismos del medio ambiente, los COPs deben poseer también una propiedad que determine su entrada en los organismos. Esta propiedad es la lipofilia, es decir, la tendencia a disolverse preferentemente en grasas y lípidos, más que en el agua. Una lipofilia elevada da lugar a una bioconcentración de la sustancia del medio circundante en el organismo. Combinada con la persistencia en el medio ambiente y una resistencia a la degradación biológica, la lipofilia produce asimismo fenómenos de bioamplificación a través de la cadena alimentaria. De la bioamplificación se derivan exposiciones mucho más grandes de los organismos de la parte superior de la cadena alimentaria.

1.3.2. Química

Los COPs son, por definición, compuestos orgánicos muy resistentes a la degradación por medios biológicos, fotolíticos o químicos. Suelen ser compuestos halogenados y, la mayor parte de las veces, clorados. El enlace cloro-carbono es muy estable frente a la hidrólisis y, cuanto mayor es el número de sustituciones de cloro y/o grupos funcionales, más elevada es la resistencia a la degradación biológica y fotolítica. El cloro, unido a un anillo aromático (benceno), es más estable a la hidrólisis que el de las estructuras alifáticas. En consecuencia, los COPs clorados suelen ser estructuras en anillo con una cadena sencilla o ramificada. Debido a su



alto grado de halogenación, tienen una solubilidad muy baja en agua y alta en lípidos, lo que les confiere la propiedad de pasar fácilmente a través de la estructura fosfolípica de las membranas biológicas y acumularse en los depósitos de grasa.

Los hidrocarburos halogenados son un grupo importante de COPs y, de éstos, los organoclorados son con diferencia el grupo principal. En esta clase de productos organohalogenados están los siguientes: dioxinas y furanos, PCBs, hexaclorobenceno, mirex, toxafeno, heptacloro, clordano y DDT. Estas sustancias se caracterizan por su baja hidrosolubilidad y su elevada liposolubilidad y, como muchos COPs, son conocidas por su persistencia en el medio ambiente, una semivida prolongada y potencial para dar lugar, una vez dispersas en el medio ambiente, a fenómenos de bioacumulación y bioamplificación en los organismos.

Aunque se sabe que existen algunas fuentes naturales de hidrocarburos organoclorados, la mayor parte de los COPs deben su origen casi completamente a fuentes antropogénicas, asociadas sobre todo con la fabricación, uso y eliminación de determinados productos químicos orgánicos. En cambio, el hexaclorobenceno, las dioxinas y los furanos se forman de manera involuntaria en el curso de una amplia gama de procesos de fabricación y combustión.

Los compuestos halogenados, y sobre todo los organoclorados, se han incorporado a la sociedad contemporánea, debido a su uso por la industria química en la obtención de una gran variedad de productos, desde cloruro de polivinilo (millones de toneladas al año) hasta disolventes (varios cientos de miles de toneladas), plaguicidas (decenas de miles de toneladas) y diversas especialidades químicas y farmacéuticas (en cantidades que van desde miles de toneladas hasta kilogramos).

Los hidrocarburos clorados aromáticos cíclicos del tipo del ciclodieno y del ciclobornano, como algunos plaguicidas clorados, con un peso molecular superior a 236 g/mol, se han distinguido por su capacidad para acumularse en los tejidos biológicos y, en particular, para concentrarse en los organismos que se encuentran en los niveles tróficos superiores; no es de extrañar, por consiguiente, que sean conocidos también por su persistencia en el medio ambiente. Los compuestos incluidos en esta clase comparten con frecuencia muchas características fisicoquímicas y comprenden algunos de los primeros plaguicidas, como el DDT, el clordano, el lindano, el heptaclor, el dieldrin, el aldrin, el toxafeno y el mirex. Por el contrario, los hidrocarburos clorados de peso molecular más bajo (inferior a 236 g/mol) pueden incluir varios alcanos y alquenos (diclorometano, cloropicrina, cloroformo) y a menudo están relacionados con una toxicidad aguda escasa, efectos toxicológicos reversibles y semivida biológica y medioambiental relativamente corta. La biodisponibilidad, que es la proporción de la concentración total de una sustancia química que está disponible para su absorción por un organismo determi-

nado, depende de una combinación de propiedades químicas del compuesto, entre ellas el medio ambiente natural y las características morfológicas, bioquímicas y fisiológicas del propio organismo.

En general, la excreción de contaminantes orgánicos se ve facilitada por su conversión metabólica en formas más polares. Debido a su resistencia a la degradación y la descomposición, los COPs no se excretan fácilmente, y estos contaminantes (por ejemplo, el toxafeno, los PCBs, etc.) más resistentes al metabolismo y la eliminación, tienden a acumularse en los organismos y a lo largo de la cadena alimentaria. Curiosamente, algunos contaminantes orgánicos pueden convertirse también en metabolitos más persistentes que el compuesto primario, como ocurre con la conversión metabólica del DDT en DDE. Igualmente, merece la pena señalar la rápida conversión metabólica de la aldrina en dieldrina, metabolito extremadamente persistente en el medio ambiente.

1.3.3. Toxicología

1.3.3.1. Medio ambiente

Como ocurre con muchos contaminantes del medio ambiente, es muy difícil establecer la causalidad de la afección o la enfermedad que es directamente atribuible a la exposición a un contaminante orgánico persistente específico o a un grupo de COPs. Esta dificultad es todavía mayor por el hecho de que raramente se encuentran COPs como compuestos aislados, y los diversos estudios sobre el terreno son con frecuencia insuficientes por sí solos para proporcionar una prueba contundente de causa-efecto. Sin embargo, lo más importante es el hecho de que la elevada lipofilia de estos compuestos determina que probablemente los COPs se acumulen, persistan y se bioconcentren, y puedan de esta manera alcanzar niveles toxicológicamente importantes aun cuando la exposición discreta pueda parecer limitada.

Desde el punto de vista experimental, los COPs se han relacionado con efectos significativos para el medio ambiente en una gran variedad de especies y prácticamente en todos los niveles tróficos. Aunque la intoxicación aguda por COPs está bien documentada, preocupan en particular los efectos perjudiciales asociados con la exposición crónica a concentraciones bajas en el medio ambiente. Es importante señalar en este contexto la larga semivida biológica de los COPs en los organismos, facilitando de esta manera la acumulación de concentraciones unitarias, aparentemente pequeñas, durante períodos prolongados de tiempo. Para varios COPs, hay algunas pruebas experimentales de que tal exposición acumulativa a un nivel bajo puede estar asociada con efectos no letales crónicos, entre ellos, una posible inmunotoxicidad, efectos cutáneos, alteración del rendimiento reproductor y carcinogenicidad patente.

Diversos autores han notificado inmunotoxicidad asociada a la exposición a diferentes COPs. Los investigadores han demostrado que puede ser una disfunción inmunitaria la causa del aumento de la mortalidad entre los mamíferos marinos, y han puesto de manifiesto asimismo que el consumo de alimentos que contienen contaminantes orgánicos persistentes puede producir, en las focas, avitaminosis e insuficiencia de la tiroides, así como una susceptibilidad concomitante a infecciones microbianas y trastornos de la reproducción. Los investigadores han señalado asimismo que varios COPs prevalentes, como los TCDD, los PCBs, el clordano, el heptaclorobenceno, el toxafeno y el DDT han inducido inmunodeficiencia en diversas especies silvestres.

La exposición a los COPs se ha correlacionado con la disminución de la población de varias especies de mamíferos marinos, como la foca común, la marsopa común, el tursón y la ballena blanca del río San Lorenzo. Lo más importante es que se ha establecido una relación clara de causa-efecto entre el fracaso de la reproducción en el visón y la exposición a algunos COPs.

La bibliografía científica ha demostrado una relación directa de causa-efecto en el visón y el hurón entre la exposición a los PCBs y la aparición de disfunciones inmunitarias, fracaso de la reproducción, aumento de la mortalidad de las crías, deformaciones y mortalidad de adultos. De la misma forma, los investigadores han demostrado asimismo una correlación convincente entre las concentraciones de PCBs y dioxinas en el medio ambiente y la reducción de la viabilidad de las larvas de varias especies de peces. También es digno de mención un informe en el que se indicaba una disminución importante de la reproducción en varias especies de los Grandes Lagos, descritas como depredadoras del nivel más alto, dependientes de la cadena alimentaria acuática. Confirma este hecho la observación de que la fauna silvestre, incluidas las ballenas blancas encontradas muertas, encalladas en el río San Lorenzo, con una alta incidencia de tumores, contenía concentraciones significativamente elevadas de PCBs, mirex, clordano y toxafeno. Asimismo, una incidencia del 100% de lesiones tiroideas en el salmón plateado, el salmón rosado y el salmón real, muestreados en los Grandes Lagos durante los dos últimos decenios, se ha asociado con un aumento de la acumulación corporal de COPs.

1.3.3.2. Salud humana

Como se señaló para los efectos en el medio ambiente, es también muy difícil establecer en el ser humano una relación de causa-efecto entre la exposición a COPs y la aparición de una enfermedad. Como sucede con las especies de la fauna silvestre, el ser humano se ve expuesto con frecuencia, y de formas muy variadas, a combinaciones de varias sustancias químicas al mismo tiempo. Queda todavía mucho por hacer en el estudio de los efectos en la salud

humana de la exposición a los COPs, particularmente en vista de la amplia gama de exposiciones simultáneas que soporta el ser humano.

Hay pruebas científicas sólidas que indican que algunos COPs pueden causar efectos perjudiciales significativos para la salud humana a nivel local, así como a nivel regional y mundial mediante el transporte a larga distancia.

Para algunos COPs, la exposición ocupacional y accidental elevada es preocupante para los trabajadores sometidos tanto a una exposición aguda como crónica. El riesgo es máximo en los países en desarrollo, donde el uso de COPs en la agricultura tropical ha dado lugar a un gran número de muertes y lesiones. Además de otras vías de exposición a los COPs, la que experimentan los trabajadores durante el manejo de residuos es una fuente importante de riesgo ocupacional en muchos países. Se ha demostrado que la exposición breve a concentraciones elevadas de determinados COPs produce enfermedades y la muerte. Por ejemplo, en un estudio realizado en Filipinas se puso de manifiesto que en 1990 el endosulfán se convirtió en la primera causa de intoxicación aguda por plaguicidas entre los agricultores de subsistencia que cultivaban arroz y los rociadores de las plantaciones de mango. En los países en desarrollo con frecuencia es difícil reducir al mínimo la exposición de los trabajadores, de las personas próximas y de los campos vecinos a las sustancias químicas tóxicas. Las dificultades para controlar la exposición ocupacional se deben en parte a una capacitación deficiente o nula, la falta de equipo de seguridad y las deficientes condiciones de trabajo. Por otra parte, son difíciles de identificar las consecuencias derivadas de la exposición en los campos vecinos y de las personas próximas debido a una vigilancia deficiente del medio ambiente y a una falta de coordinación en la vigilancia, el diagnóstico, la notificación y el tratamiento médicos. Estos factores contribuyen a la ausencia de datos epidemiológicos. Los primeros informes de la exposición a los COPs relativos a sus efectos en la salud humana incluían un episodio de intoxicación por HCB en los alimentos en la región sudoriental de Turquía, que provocó la muerte del 90% de las personas afectadas, y otros casos de cirrosis hepática, porfiria y trastornos urinarios, artríticos y neurológicos relacionados con la exposición. En otro accidente de intoxicación aguda que se produjo en Italia en 1976, la liberación de 2,3,7,8-TCDD en el medio ambiente provocó un aumento de la cloracné. La EPA de los Estados Unidos está examinando actualmente los efectos de la dioxina en la salud, especialmente los efectos finales no carcinógenos, como inmunotoxicidad, trastornos de la reproducción y neurotoxicidad.

No se suelen encontrar manifestaciones tan claras de los efectos en el caso de la exposición a concentraciones más bajas en el medio ambiente y en la cadena alimentaria. Las observaciones de laboratorio y sobre el terreno de animales, así como los estudios clínicos y epidemiológicos en el ser

humano, y los estudios con cultivos de células, demuestran en conjunto que la sobreexposición a determinados COPs puede estar asociada a una amplia gama de efectos biológicos. Estos efectos perjudiciales pueden ser disfunciones inmunitarias, insuficiencias neurológicas, anomalías en la reproducción, trastorno del comportamiento y carcinogénesis. Es muy difícil demostrar científicamente la existencia de un vínculo entre la exposición crónica a concentraciones subletales de COPs (por ejemplo, la que podría producirse como consecuencia del transporte a larga distancia) y los efectos en la salud humana, pero es motivo de seria preocupación. En investigaciones realizadas en Suecia se ha informado que la ingesta de PCBs, dioxinas y furanos, con los alimentos, puede estar relacionada con una reducción importante de la población de células asesinas naturales (linfocitos). En otros informes se ha indicado que los niños con una ingesta elevada de productos organoclorados, con los alimentos, pueden sufrir tasas de infección 10-15 veces superiores a las de niños comparables con una ingesta mucho más baja. Los fetos en fase de desarrollo y los neonatos son particularmente vulnerables a la exposición a COPs, debido a la transferencia de la carga materna a través de la placenta y de la leche, en períodos decisivos del desarrollo. Se ha notificado, asimismo, que los residentes en el Ártico canadiense, que ocupan el nivel trófico más alto de la cadena alimentaria acuática del Ártico, tienen unos niveles de ingesta de PCBs superiores a la ingesta diaria admisible, lo que expone a esta población a un riesgo especial en cuanto a los efectos en la reproducción y el desarrollo. Según otro informe, los niños de la región septentrional de Quebec (Canadá) con una exposición importante a PCBs, dioxinas y furanos, a través de la leche materna, presentaban también una incidencia de infecciones del oído medio superior a la de los niños que habían sido alimentados con biberón. La mayor parte de los autores, sin embargo, llegan a la conclusión de que las ventajas de la alimentación natural son superiores a los riesgos.

Los estudios de carcinogénesis asociada con la exposición ocupacional al 2,3,7,8-TCDD también parecen indicar que la exposición extremadamente alta de poblaciones humanas determina una elevación de la incidencia general de cáncer. Los estudios de laboratorio proporcionan pruebas convincentes de que determinados productos químicos organoclorados (dioxinas y furanos) pueden tener efectos carcinogénicos y actuar como inductores eficaces de tumores.

Más recientemente se han multiplicado las publicaciones en las que los investigadores han señalado una posible relación entre la exposición a algunos COPs, y enfermedades humanas y disfunciones en la reproducción. Algunos investigadores han indicado que la mayor incidencia de anomalías en la reproducción en los varones puede estar relacionada con una exposición *in vitro* más elevada a compuestos estrogénicos (o de tipo estrogénico), y añaden

además que una exposición única de la madre a cantidades insignificantes de TCDD durante la gestación puede producir un aumento de la frecuencia de criptorquidismo en la descendencia masculina, sin signos aparentes de intoxicación en la madre. Se han establecido conexiones entre la exposición humana a determinados contaminantes orgánicos clorados y la aparición de cáncer en poblaciones humanas. Hay pruebas preliminares de una posible asociación entre el cáncer de mama y la exposición a concentraciones elevadas de DDE. Si bien la función de los fitoestrógenos y las alteraciones en el estilo de vida no se pueden descartar como factores de riesgo importantes en el fuerte aumento de la incidencia de cáncer de mama dependiente de los estrógenos, siguen aumentando las pruebas correlativas que asignan una función a los COPs. Esta última teoría se ha defendido en un informe en el que se señalaba que las concentraciones de DDE y PCBs eran más altas en las pacientes con cáncer de mama que en el grupo testigo, indicando que sólo se alcanzaba una significación estadística para el DDE. Aunque dista mucho de estar demostrada una relación causal entre la exposición a compuestos organoclorados y el tumor maligno de mama, la posibilidad de que la exposición crónica a un nivel bajo, combinada con las propiedades bioacumulativas conocidas de los COPs, pueda incluso contribuir en pequeña medida al riesgo general de cáncer de mama, tiene consecuencias extraordinarias para la reducción y la prevención de esta enfermedad de enorme importancia.

1.4. DESCRIPCIÓN DE LOS DIVERSOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

1.4.1. Plaguicidas organoclorados

ALDRIN (o ALDRINA)

Nombre químico:

1,2,3,4,10,10-hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4:5,8-dimetanonaftaleno.

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Aldrec, Aldrex, Aldrex 30, Aldrite, Aldrosol, Altox, Compuesto 118, Drinox, Octalene, Seedrin.

CAS: 309-00-2; fórmula molecular: $C_{12}H_8Cl_6$; peso molecular: 362 g/mol

Aspecto: En estado puro, cristales blancos inodoros; las calidades técnicas tienen un color de tostado a marrón oscuro, con un ligero olor químico.

Propiedades: Punto de fusión: 104°C (pura), 49-60°C (técnica); punto de ebullición: 145°C; K_H : $4,96 \times 10^{-4}$ atm.m³/mol a 25°C; log K_{oc}: 2,61-4,69; log K_{ow}: 5,17-7,4; solubilidad en agua: 17-180 µg/L a 25°C; presión de vapor: $2,31 \times 10^{-5}$ mm Hg a 20°C.

El aldrin es un plaguicida que se ha utilizado en la lucha contra los insectos del suelo, como los termites, el gusano de la raíz del maíz, las doradillas, el gorgojo acuático del arroz y los saltamontes. Se ha utilizado con profusión para proteger cultivos como el maíz y la papa, y ha sido eficaz para proteger las estructuras de madera de los termites. El aldrin se metaboliza fácilmente a dieldrin tanto en las plantas como en los animales. En consecuencia, raramente se encuentran residuos de aldrin en los alimentos y los animales, y sólo en pequeñas cantidades. Se une fuertemente a las partículas del suelo y es muy resistente a la lixiviación hacia el agua freática. La volatilización es un mecanismo importante de eliminación del suelo. Debido a su carácter persistente y a su hidrofobia, se sabe que la aldrin se bioconcentra, fundamentalmente como sus productos de conversión. Está prohibido en numerosos países, entre ellos Bulgaria, Ecuador, Finlandia, Hungría, Israel, Singapur, Suiza y Turquía. Su uso está rigurosamente limitado en muchos países, por ejemplo Argentina, Austria, Canadá, Chile, Estados Unidos, Filipinas, Japón, Nueva Zelanda, la Unión Europea y Venezuela.

El aldrin es tóxico para el ser humano; la dosis letal para un hombre adulto se ha estimado en unos 5 g, equivalentes a 83 mg/kg de peso corporal. Los signos y síntomas de la intoxicación por aldrin son dolor de cabeza, mareos, náuseas, malestar general y vómitos, seguidos de contracciones musculares, espasmos crónicos y convulsiones. La exposición ocupacional al aldrin, junto con el dieldrin y el endrin, se ha relacionado con un aumento significativo del cáncer hepático y biliar, aunque el estudio tuvo algunas limitaciones, entre ellas la falta de información sobre la exposición cuantitativa. Hay una información limitada en el sentido de que los ciclodienos, como el aldrin, pueden afectar a la respuesta inmunitaria.

La DL50 aguda por vía oral para el aldrin, en animales de laboratorio, oscila entre 33 mg/kg de peso corporal en los cobayas y 320 mg/kg de peso corporal en los hámsters. Se observaron efectos en la reproducción cuando a ratas preñadas se les administró una dosis de 1,0 mg/kg de aldrin por vía subcutánea. La descendencia experimentó una disminución del tiempo efectivo medio de aparición de los dientes incisivos y una reducción del tiempo efectivo medio de descenso de los testículos. No hay pruebas hasta ahora de una posible acción teratogénica del aldrin. El CIIC ha llegado a la conclusión de que las pruebas de carcinogenicidad del aldrin en el ser humano son insuficientes, y en los animales de experimentación son sólo limitadas. Por consiguiente, no se puede clasificar la aldrina en relación con su carcinogenicidad para el ser humano (CIIC, grupo 3).

La fitotoxicidad del aldrin es baja, afectando a las plantas sólo cuando se utilizan tasas de aplicación enormemente altas. Su toxicidad para los organismos acuáticos es bastante variable; los insectos acuáticos son el grupo de invertebrados más sensible. La CL50 a las 96h oscila entre 1-200 µg/l para los insectos y 2,2-53 µg/l para los peces. En los estudios

prolongados y de bioconcentración se utiliza fundamentalmente el dieldrin, producto de conversión primario del aldrin. En un estudio con un modelo de ecosistema, se observó que sólo el 0,5% del aldrin radiactivo original se almacenaba como tal en la gambusia (*Gambusia affinis*), organismo del nivel más alto del modelo de cadena alimentaria.

La toxicidad aguda del aldrin para las distintas especies de aves varía entre 6,6 mg/kg para una codorniz (*Colinus virginianus*) y 520 mg/kg para el pato real. Se considera que el arroz tratado con aldrina ha sido la causa de la muerte de aves acuáticas, costeras a lo largo de la costa del Golfo de Texas, tanto por intoxicación directa, debida a la ingestión de arroz tratado con aldrin, como de manera indirecta, al consumir organismos contaminados con ese producto. Se detectaron residuos de aldrin en todas las muestras de las aves muertas, huevos, aves carroñeras, depredadores, peces, ranas, invertebrados y en el suelo.

Habida cuenta de que el aldrin se convierte fácil y rápidamente en dieldrin en el medio ambiente, su destino está estrechamente vinculado al de ella. El aldrin se metaboliza fácilmente a dieldrin tanto en los animales como en las plantas y, por consiguiente, raramente se encuentran residuos de aldrin en los animales y sólo en cantidades muy pequeñas. Se han detectado residuos de aldrin en peces en Egipto, con una concentración media de 8,8 µg/kg y una concentración máxima de 54,27 µg/kg.

Se calculó una ingesta diaria media de aldrin y dieldrin en la India de 19 µg/persona y en Vietnam de 0,55 µg/persona. Los productos lácteos, como la leche y la mantequilla, y la carne, son las fuentes primarias de exposición.

CLORDANO

Nombre químico:

1,2,4,5,6,7,8,8-octacloro-,2,3,3a,4,7,7a-hexahidro-,4,7-metano-1 H-indeno.

Nombres comerciales: (lista parcial): Aspon, Belt, Chlориandin, Chlorkil, Chiordane, Corodan, Cortilan-neu, Dowchlor, HCS 3260, Kipchlor, M140, Niran, Octachlor, Octaterr, Ortho-Klor, Sinklor, Tatchlor 4, Topichlor, Toxichlor, Veliscol-1068.

Nº CAS: 57-74-9; fórmula molecular: C₁₀H₆Cl₈; peso fórmula: 406.

Aspecto: Líquido viscoso entre incoloro y pardo amarillento con olor aromático acre, semejante al cloro.

Propiedades: Punto de fusión: < 25°C; punto de ebullición: 165°C; KH: 4,8 x 10⁻⁵ atm.m³/mol a 25°C; log Koc: 4,58-5,57; log Kow: 6,00; solubilidad en agua: 56 ppb a 25°C; presión de vapor: 10⁻⁶ mm Hg a 20°C.

El clordano es un insecticida por contacto, de amplio espectro, que se ha utilizado en cultivos agrícolas como hortalizas, cereales de grano pequeño, maíz, otras semillas ole-



aginosas, papas, caña de azúcar, remolacha azucarera, frutas, nueces, algodón y yute. También se ha utilizado con profusión en la lucha contra los termes. El clordano es una sustancia muy insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Es semivolátil, por lo que cabe esperar que una parte pase a la atmósfera. Se une fácilmente a los sedimentos acuáticos y se bioconcentra en la grasa de los organismos, debido a su elevado coeficiente de reparto (log Kow = 6,00). Se han adoptado medidas para prohibir el uso de clordano en Austria, Bélgica, Bolivia, el Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Dinamarca, la República Dominicana, Corea, España, Filipinas, el Líbano, Kenya, Liechtenstein, Mozambique, los Países Bajos, Noruega, Panamá, el Paraguay, Polonia, Portugal, el Reino Unido, Santa Lucía, Singapur, Suecia, Suiza, Tonga, Turquía, la Unión Europea, el Yemen y Yugoslavia. Su uso está severamente restringido o limitado a usos no agrícolas en la Argentina, Belice, Bulgaria, el Canadá, China, Chipre, Dominica, Egipto, los Estados Unidos, Honduras, Indonesia, Israel, México, Nueva Zelanda, Sri Lanka, Sudáfrica y Venezuela.

En los primeros estudios realizados sobre la exposición ocupacional no se observaron efectos tóxicos en las personas que intervenían en la producción de clordano con un período de exposición de hasta 15 años. En una encuesta realizada con 1105 trabajadores relacionados con la lucha contra las plagas, la mayoría de los cuales utilizaban clordano, sólo se encontraron en tres de ellos, sin embargo, trastornos atribuibles a este producto (mareos ligeros, dolor de cabeza, debilidad). La exposición al clordano no se ha relacionado con un aumento del riesgo de mortalidad por cáncer. Se ha informado de cambios significativos en el sistema inmunitario de personas que se lamentaban de efectos en la salud que relacionaban con la exposición al clordano.

La toxicidad aguda por vía oral del clordano en los animales de laboratorio oscila entre 83 mg/kg para el cis-clordano puro en ratas y 1720 mg/kg en hámsteres. La exposición subcrónica por inhalación (90 días) de ratas y monos a dosis de hasta 10 mg/m³ produjo un aumento de la concentración de citocromo P-450 y de proteínas microsomales en ratas. Los resultados de este estudio dan una concentración sin efectos de alrededor de 0,1 mg/m³ en la rata y superior a 10 mg/m³ en el mono.

Se administraron a ratones alimentos con clordano durante seis generaciones. La concentración de 100 mg/kg redujo la viabilidad en la primera y segunda generaciones, y no se obtuvo descendencia en la tercera generación. Con 50 mg/kg, la viabilidad disminuyó en la tercera y la cuarta generaciones, y con 25 mg/kg no se observaron efectos estadísticamente significativos después de seis generaciones. No se detectaron cambios en el comportamiento, el aspecto o el peso corporal, ni se notificaron efectos teratogénicos en la descendencia de conejos que recibieron clordano por vía oral en los días 5-18 de la gestación. El CIIC llegó a la conclusión de que, si bien las pruebas de la carcinogenicidad

del clordano en el ser humano eran insuficientes, sí eran claras en animales experimentales. El CIIC ha clasificado el clordano como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

La toxicidad aguda del clordano para los organismos acuáticos es bastante variable, con valores de la CL50 a las 96 horas de sólo 0,4 µg/l para el camarón boreal. La DL50 aguda por vía oral para patos reales de 4-5 meses de edad fue de 1200 mg/kg de peso corporal. La CL50 para codornices (*Colinus virginianus*) que recibieron clordano en los alimentos durante 10 semanas fue de 10 mg/kg de alimentos.

Se ha notificado una semivida del clordano en el suelo de aproximadamente un año. Esta persistencia, combinada con un alto coeficiente de reparto, proporciona las condiciones necesarias que determinan la bioconcentración del clordano en los organismos. Se han descrito factores de bioconcentración de 37800 para *Pimephales promelas* y 16000 para *Cyprinodon variegatus*. Los datos parecen indicar que el clordano se bioconcentra (absorbido directamente del agua), en contraposición a la bioacumulación (absorbido por el agua y en los alimentos). Las propiedades químicas del clordano (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado en el aire, el agua y los organismos del Ártico.

Se puede producir exposición al clordano a través de los alimentos, pero debido a la rigurosa limitación de su uso no parece que esta vía constituya una forma importante de exposición. El isómero y-clordano se detectó sólo en dos (8,00 y 36,17 µg/kg de peso fresco) de 92 muestras de peces de Egipto y en dos de nueve muestras (2,70 y 0,48 ppb) de alimentos importados a Hawaii desde países del Pacífico occidental. Se ha detectado clordano en espacios cerrados de residencias tanto del Japón como de los Estados Unidos. La presencia del clordano en el aire puede ser una fuente importante de exposición para la población de los Estados Unidos. Las concentraciones medias detectadas en el espacio habitado de 12 viviendas de Nueva Jersey, antes y después de un tratamiento contra los termes, oscilaron entre 0,14 y 0,22 µg/m³, respectivamente. Las concentraciones medias en las zonas no habitadas (espacios reducidos y sótanos sin terminar) fueron superiores: 0,97 µg/m³ antes del tratamiento y 0,91 µg/m³ después del mismo. Las concentraciones detectadas en viviendas de Nueva Jersey antes y después de la normativa que restringía el uso del clordano disminuyeron de 2,6 a 0,9 µg/m³.

DDT

Nombre químico:

1,1'-(2,2,2-tricloroetilideno)bis(4-clorobenceno)

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Agritan, Anofex, Arkotine, Azotox, Bosan Supra, Bovidermol,



Chlorophenothan, Chloropenothane, Clorophenotoxum, Citox, Clofenotane, Dedelo, Deoval, Detox, Detoxan, Dibovan, Dicophane, Didigam, Didimac, Dodat, Dykol, Estonate, Genitox, Gesafid, Gesapon, Gesarex, Gesarol, Guesapon, Gyron, Haver-extra, (votan, Ixodex, Kopsol, Mutoxin, Neocid, Parachlorocidum, Pentachlorin, Pentech, PPzeidan, Rudseam, Santobane, Zeidane, Zerdane.

Nº de CAS: 50-29-3; fórmula molecular: $C_{14}H_9Cl_5$; peso molecular: 352 g/mol. Aspecto: Cristales incoloros o polvo blanco, inodoros o ligeramente fragantes.

Propiedades: Punto de fusión: 108,5°C; punto de ebullición: 185°C; KH: $1,29 \times 10^{-5}$ atm.m³/mol a 23°C; log Koc: 5,15-6,26; log Kow: 4,89-6,914; solubilidad en agua: 1,2-5,5 µg/l a 25°C.

El DDT se utilizó ampliamente durante la Segunda Guerra Mundial para proteger a las tropas y los civiles de la propagación del paludismo, el tifus y otras enfermedades transmitidas por vectores. Después de la guerra, el DDT se utilizó con profusión en diversos cultivos agrícolas y también en la lucha contra los vectores de enfermedades. Todavía se sigue produciendo y utilizando en la lucha antivectorial. La preocupación creciente acerca de los efectos perjudiciales en el medio ambiente, especialmente en las aves silvestres, dio lugar a rigurosas restricciones y prohibiciones en numerosos países desarrollados, a comienzo de los años setenta. La aplicación agrícola más importante del DDT ha sido en el algodón, que representaba más del 80% del uso en los Estados Unidos antes de su prohibición en 1972. Se sigue utilizando todavía en numerosos países en la lucha contra los mosquitos, vectores del paludismo.

El DDT es muy insoluble en agua y soluble en la mayor parte de los disolventes orgánicos. Como resultado de su volatilidad, cabe esperar que en parte pase a la atmósfera. Está presente en todos los compartimentos del medio ambiente y se han detectado residuos incluso en el Ártico. Es lipofílico y se incorpora fácilmente a la grasa de todos los organismos vivos, habiéndose demostrado su bioconcentración y bioamplificación. Los productos de degradación del DDT, el 1, 1-dicloro-2,2-bis (4clorofenil)etano (DDD o TDE) y el 1,1-dicloro-2,2bis (4-clorofenil)etileno (DDE), también están presentes prácticamente en todas partes en el medio ambiente y son más persistentes que el compuesto original.

El uso del DDT está prohibido en 34 países y rigurosamente limitado en otros 34. Entre los países que lo han prohibido figuran la Argentina, Australia, Bulgaria, el Canadá, Colombia, Chipre, los Estados Unidos, Etiopía, Finlandia, Hong Kong, el Japón, el Líbano, Mozambique, Noruega y Suiza. Han restringido rigurosamente su empleo, entre otros, Belice, el Ecuador, la India, Israel, Kenya, México, Panamá, Tailandia y la Unión Europea.

El DDT se ha utilizado ampliamente en un gran número de personas a las que se rociaba directamente en programas para combatir el tifus y en países tropicales para luchar

contra el paludismo. En varios estudios realizados sobre la exposición cutánea al DDT no se ha observado relación con la aparición de enfermedades o irritación. En estudios realizados con la participación de voluntarios que ingirieron DDT durante un período máximo de 21 meses, se concluyó que ninguno de ellos demostró efectos perjudiciales observables. En trabajadores que intervinieron en la producción de DDT se observó un aumento no significativo de la mortalidad debida a cáncer hepático y biliar, y un aumento significativo de la mortalidad por enfermedades cerebrovasculares. Hay algunas pruebas que indican que el DDT puede tener un efecto inmunosupresor, posiblemente por la depresión de la respuesta inmunitaria humoral. La administración perinatal de plaguicidas débilmente estrogénicos, como el DDT, produce alteraciones semejantes a las de los estrógenos en el desarrollo de la reproducción, y existen también datos limitados que indican una posible relación entre los compuestos organoclorados, del tipo del DDT y su metabolito DDE, y el riesgo de cáncer de mama.

La toxicidad aguda del DDT para los animales de laboratorio no es muy elevada, con valores de la DL50 por vía oral comprendidos entre 100 mg/kg de peso corporal para las ratas y 1770 mg/kg para los conejos. En un estudio de reproducción de seis generaciones de ratones, no se observaron efectos en la fecundidad, la gestación, la viabilidad, la lactación y la supervivencia con una concentración en los alimentos de 25 ppm. Con 100 ppm se produjo una ligera reducción de la lactación y la supervivencia en algunas generaciones, pero no en todas, y el efecto no fue progresivo. El nivel de 250 ppm produjo efectos perjudiciales manifiestos en la reproducción. Tanto en éstos como en otros estudios, no se observaron pruebas de teratogenicidad.

El CIIC ha llegado a la conclusión de que, si bien no hay pruebas suficientes de carcinogenicidad del DDT en el ser humano, sí las hay en animales experimentales. El CIIC ha clasificado el DDT como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

El DDT es muy tóxico para los peces, con valores de la CL50 en 96 horas que oscilan entre 0,4 µg/l en el camarón y 42 µg/l en la trucha irisada. Afecta asimismo al comportamiento de los peces. Los salmones del Atlántico nacidos de huevo expuesta al DDT experimentaron trastornos del equilibrio y un retraso en la aparición de las pautas normales de comportamiento. El DDT afecta también a la selección de la temperatura en los peces. El DDT tiene toxicidad aguda para las aves con valores de la DL50, por vía oral del orden de 595 mg/kg de peso corporal en la codorniz y de 1334 mg/kg en el faisán, pero los efectos perjudiciales mejor conocidos son los de la reproducción, especialmente del DDE, que determina la formación de huevos con el cascarón más fino, con los consiguientes efectos adversos en el rendimiento de la reproducción. La sensibilidad de las distintas especies de aves a estos efectos es bastante variable, siendo las aves de presa las más susceptibles, con un adel-



gazamiento importante del cascarón del huevo en las silvestres. Se alimentó a cernícalos americanos con pollitos de un día inyectados con DDE. Se encontró una estrecha correlación entre los residuos de DDE en los huevos y la concentración de este producto en los alimentos y se observó que había una relación lineal entre el grado de adelgazamiento del cascarón del huevo y el logaritmo de la concentración de residuos de DDE en el huevo. Los datos recopilados sobre el terreno han confirmado esta tendencia. Se ha vinculado el DDT (junto con otros hidrocarburos aromáticos halogenados) con la feminización y la alteración de la razón de sexos en las poblaciones de gaviotas occidentales de la costa meridional de California y de gaviotas argéneas de los Grandes Lagos.

El DDT y los compuestos afines son muy persistentes en el medio ambiente, pudiendo permanecer en el suelo hasta el 50% durante 10-15 años después de la aplicación. Esta persistencia, junto con un elevado coeficiente de reparto ($\log K_{ow}=4,89-6,91$), confiere al DDT las condiciones necesarias para su bioconcentración en los organismos. Se han registrado factores de bioconcentración de 154100 y 51335 para *Pimephales promelas* y la trucha irisada, respectivamente. Se ha indicado que la mayor acumulación de DDT en los niveles tróficos más altos de los sistemas acuáticos se debe a la tendencia de los organismos a acumular más DDT, absorbiéndolo directamente del agua, que a un proceso de bioamplificación. Las propiedades químicas del DDT (solubilidad baja en agua, estabilidad alta y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado DDT y sus metabolitos en el aire, el agua y los organismos del Ártico. También se ha observado la presencia de DDT prácticamente en todos los programas de vigilancia de sustancias organocloradas y, en general, se lo considera omnipresente en el medio ambiente de todo el planeta.

Se ha detectado la presencia de DDT y sus metabolitos en los alimentos de todo el mundo, probablemente, ésta sea la fuente más importante de exposición de la población general. El DDT fue el segundo residuo más frecuentemente encontrado (21 %) en un estudio reciente de la grasa y los huevos de animales domésticos realizado en Ontario (Canadá), con una concentración máxima de 0,410 mg/kg. Sin embargo, la concentración de residuos en los animales domésticos se ha ido reduciendo progresivamente a lo largo de los 20 últimos años. **En un estudio de la carne y sus productos en España, el 83% de las muestras de cordero analizadas contenían por lo menos uno de los metabolitos del DDT investigados, con una concentración media de 25 ppb.** En muestras de peces procedentes de Egipto se detectó una concentración media de 76,25 ppb de p,p'-DDE. El DDT fue el compuesto organoclorado más comúnmente detectado en los productos alimenticios de Vietnam, con concentraciones medias de residuos de 3,2 y 2,0 $\mu\text{g/g}$ de grasa en la carne y el pescado,

respectivamente. La ingesta diaria estimada de DDT y sus metabolitos en Vietnam fue de 19 $\mu\text{g/persona/día}$. La concentración media de residuos detectados en la carne y el pescado en la India fue de 1,0 y 1,1 $\mu\text{g/g}$ de grasa, respectivamente, con una ingesta diaria estimada de DDT y sus metabolitos de 48 $\mu\text{g/persona al día}$.

Se ha detectado asimismo DDT en la leche materna humana. En un estudio general de 16 compuestos diferentes en la leche de madres lactantes de cuatro aldeas remotas de Papua Nueva Guinea, se detectó DDT en el 100% de las muestras (41), y éste fue uno de los dos únicos compuestos organoclorados que se detectaron. También se ha observado su presencia en la leche materna de mujeres egipcias, con un promedio total de 57,59 ppb y una ingesta diaria estimada total para los niños lactantes amamantados de 6,90 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal al día. Si bien ésta es más baja que la ingesta diaria aceptable de 20,0 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal, recomendada por la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR), su presencia continua es motivo de seria preocupación con respecto a sus posibles efectos en el crecimiento de los lactantes.

DIELDRIN (o DIELDRINA)

Nombre químico:

3,4,5,6,9,9-hexacloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahidro 2, 7: 3, 6-d; metanonaf [2, 3-b] oxireno.

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Alvit, Dieldrite, Dieldrix, Illoxol, Panoram D-31, Quintox.

Nº CAS: 60-57-1; fórmula molecular: $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{Cl}_6\text{O}$; peso molecular: 378 g/mol.

Aspecto: Estereoisómero del endrin, el dieldrin puede estar presente en forma de cristales blancos o escamas de color tostado pálido, inodoros o de un suave olor químico.

Propiedades: Punto de fusión: 175-176°C; punto de ebullición: se descompone; KH: $5,8 \times 10^{-5} \text{ atm}\cdot\text{m}^3/\text{mol}$ a 25°C; $\log K_{oc}$: 4,08-4,55; $\log K_{ow}$: 3,7-6,2; solubilidad en agua: 140 $\mu\text{g/l}$ a 20°C; presión de vapor: $1,78 \times 10^{-7} \text{ mm Hg}$ a 20°C.

El dieldrin se ha utilizado en la agricultura en la lucha contra los insectos del suelo y contra varios insectos, vectores de enfermedades, pero este último uso se ha prohibido en diversos países debido a problemas ecológicos y de salud humana. En la actualidad, las aplicaciones principales se limitan a la lucha contra los termites y los barrenillos de la madera, así como las plagas de los tejidos (OMS, 1989). El dieldrin se une firmemente a las partículas del suelo y, por consiguiente, es muy resistente a la lixiviación hacia el agua freática. La volatilización es un mecanismo importante de eliminación del suelo y, habida cuenta de su carácter persistente y su hidrofobia, se sabe que se bioconcentra.

Numerosos países han adoptado medidas para prohibir



la dieldrin, entre ellos Bulgaria, Ecuador, Hungría, Israel, Portugal, Singapur, Suecia, Turquía y la Unión Europea. Su empleo está rigurosamente limitado en otros muchos, como Argentina, Austria, Canadá, Colombia, Chipre, Estados Unidos, India, Japón, Nueva Zelanda, Pakistán y Venezuela.

En un estudio se administró dieldrin diariamente a voluntarios humanos durante dos años. Todos ellos siguieron gozando de una excelente salud y los resultados clínicos, fisiológicos y de laboratorio se mantuvieron básicamente inalterados a lo largo de todo el período de exposición y del seguimiento de ocho meses. En un estudio realizado con trabajadores de una fábrica de aldrin, dieldrin y endrina, se observó un aumento estadísticamente significativo en la aparición de cáncer de hígado y del tracto biliar, aunque el estudio tenía algunas limitaciones, entre ellas falta de información cuantitativa sobre la exposición.

En estudios de laboratorio, se han determinado para el dieldrin valores de la DL50 aguda por vía oral que oscilan entre 37 mg/kg de peso corporal en ratas y 330 mg/kg en el hámster. Como en otros compuestos organoclorados, el hígado es el órgano destinatario más importante en las ratas, con efectos como un aumento de la razón peso del hígado/peso corporal, hipertrofia y cambios histopatológicos. La concentración sin efectos adversos observados (NOAEL) en ratas es de 0,5 mg/kg, equivalente a 0,025 mg/kg de peso corporal/día. Cuando se administró a ratas dieldrin en los alimentos durante tres generaciones, no se observaron cambios en la capacidad de reproducción con ninguna de las concentraciones utilizadas. Se ha establecido para la reproducción en ratas una NOAEL de 2 mg de dieldrin/kg de alimentos. No se encontraron pruebas de potencial teratogénico en estudios realizados en ratas, ratones y conejos, utilizando dosis orales de hasta 6 mg/kg de peso corporal. En hámsters y ratones se observó un desarrollo anómalo y fetotoxicidad, aunque estos resultados probablemente no son significativos, dada la toxicidad materna obtenida con las concentraciones más elevadas. Hay pruebas limitadas de que los ciclodienos, como el dieldrin, pueden afectar a la respuesta inmunitaria. El CIIC ha llegado a la conclusión de que no hay pruebas suficientes de carcinogenicidad del dieldrin en el ser humano y son limitadas en los animales de experimentación, por lo que se la ha clasificado en el grupo 3.

El dieldrin tiene una fitotoxicidad baja. Las plantas sólo se ven afectadas por tasas de aplicación muy superiores a las indicadas para su uso. La toxicidad aguda es bastante variable para los invertebrados acuáticos, siendo los insectos el grupo más sensible (valores de 0,2-40 µg/l). Tiene una toxicidad elevada para la mayor parte de las especies de peces utilizados en pruebas de laboratorio (valores de 1,1-41 µg/l). La toxicidad aguda en ranas (CL50 a las 96 horas) oscila entre 8,7 µg/l para los renacuajos de *Rana catesbeiana* y 71,3 µg/l para los de *Rana pipiens*. Tras 10 días de exposición a concentraciones de sólo 1,3 µg/l en pruebas

embrionarias realizadas con *Xenopus laevis*, se observaron deformaciones espinales.

La toxicidad aguda del dieldrin para las especies de aves varía ampliamente, con valores de la DL50 aguda por vía oral que oscilan entre 26,6 mg/kg en las palomas y 381 mg/kg en el pato real. Se administró a patos reales pequeñas dosis de dieldrin en los alimentos durante 24 días. Se determinó una NOAEL a los 24 días de 0,3 µg de dieldrin/g de alimentos, basada en las alteraciones del crecimiento. No se produjo un efecto uniforme en el éxito de la reproducción de las aves, en ausencia de toxicidad materna.

La DL50 aguda del dieldrin para cuatro especies de campañol oscila entre 100 y 210 mg/kg de peso corporal al día, lo que pone de manifiesto que estos roedores microtinos son menos sensibles que los roedores de laboratorio. En otro estudio, se administró a venados de cola blanca (*Odocoileus virginianus*) dieldrin en los alimentos durante tres años. No se observaron efectos en la supervivencia de los adultos, y la fecundidad y la mortalidad prenatal fueron comparables en todos los grupos. Los cervatos de madres tratadas fueron más pequeños al nacer, registraron una mortalidad neonatal más elevada y un aumento de peso más reducido. Se administró a damaliscos pigargos (*Damaliscus dorcas phillipsi*) dieldrin en los alimentos durante 90 días. Ninguno de los animales que recibió 5 ó 15 mg/kg de alimentos murió durante el período del estudio, pero todos los animales tratados con concentraciones más elevadas murieron en un plazo de 24 días.

La semivida del dieldrin en suelos de clima templado es de unos cinco años. Su persistencia, combinada con la alta liposolubilidad, proporciona las condiciones necesarias para su bioconcentración y bioamplificación en los organismos. Se han notificado factores de bioconcentración de 12500 y 13300 para lebiges (*Lebiges reticulatus*) y el coto escorpión, respectivamente. Es probable que en los organismos acuáticos se dé más una bioconcentración de dieldrin que una bioacumulación. Sus propiedades químicas (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado en el aire, el agua y los organismos del Ártico.

Se han detectado residuos de dieldrin en el aire, el agua, el suelo, los peces, las aves y los mamíferos, con inclusión del ser humano y la leche materna. Dado que el aldrin se convierte fácil y rápidamente en dieldrin en el medio ambiente y en los organismos, las concentraciones de dieldrin detectadas probablemente se deben a la concentración total de ambos compuestos. En Egipto, la ingesta diaria estimada de dieldrina por niños lactantes es de 1,22 µg/kg de peso corporal, al día. Los alimentos son la fuente principal de exposición del público general. El dieldrin fue el segundo plaguicida más común detectado en un estudio realizado en los Estados Unidos con leche pasteurizada, apareciendo en 172 de las 806 muestras complejas analizadas, con una concentración máxima de 0,003 ppm. Se



detectaron residuos de dieldrin en nueve de 602 (1,5 %) muestras de grasa y huevos de animales domésticos en el Canadá, con un máximo de 0,05 mg/kg. Se detectó asimismo dieldrin en carne española, con residuos de 20 a 40 ppb en la grasa del 8 al 15% de los productos porcinos (carne, chorizos y otros embutidos) y el 28% de las salchichas de pollo frescas. También se encontraron residuos de dieldrin en frijoles de arroz en concentraciones de 3,45 ppb. La ingesta diaria media de aldrin y dieldrin en la India se estimó en 19 µg/persona, superando la ingesta diaria aceptable, de 6,0 µg/60 kg de peso corporal, recomendada por la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPPR). Los productos lácteos, como la leche y la mantequilla, y las carnes, fueron las fuentes primarias de exposición. En Vietnam se ha estimado que la exposición a través de la ingesta de alimentos es de 0,55 µg/persona.

ENDRIN (o ENDRINA)

Nombre químico:

3,4,5,6,9,9-hexacloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahidro 2, 7: 3, 6-d; metanonaft[2,3-b] oxireno.

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Compuesto 269, Endrex, Hexadrin, Isodrin Epoxide, Mendrin, Nendrin.

Nº CAS: 72-20-8; fórmula molecular: $C_{12}H_8Cl_6O$; peso molecular: 378 g/mol.

Aspecto: Sólido blanco, inodoro y cristalino en estado puro; color tostado claro, con un ligero olor químico el de calidad técnica.

Propiedades: Punto de fusión: 200°C; punto de ebullición: 245°C (se descompone); KH: $5,0 \times 10^{-7}$ atm.m³/mol; log Kow=3,21-5,34; solubilidad en agua: 220-260 µg/l a 25°C; presión de vapor: 7×10^{-7} mm de Hg a 25°C.

La endrina es un insecticida foliar utilizado fundamentalmente en cultivos extensivos como el algodón y el maíz. Se ha usado asimismo como rodenticida, contra ratones y campañoles. Los animales lo metabolizan con rapidez y no lo acumulan en la grasa en la misma medida que otros compuestos con estructura semejante. Se puede incorporar a la atmósfera por volatilización y contaminar las aguas superficiales por la escorrentía del suelo. El endrín está prohibido en numerosos países, entre ellos Bélgica, Chipre, el Ecuador, Filipinas, Finlandia, Israel, Singapur, Tailandia y el Togo. Su uso está rigurosamente limitado en muchos otros, como la Argentina, el Canadá, Colombia, Chile, los Estados Unidos, la India, el Japón, Nueva Zelanda, el Pakistán, la Unión Europea y Venezuela.

En un estudio con trabajadores que intervenían en la producción de aldrin, dieldrin y endrin, no se encontró endrina en la sangre de ninguno de ellos, excepto en los casos de sobreexposición aguda accidental. Estos resultados coinci-

den con los obtenidos en un estudio con 71 trabajadores de una fábrica de endrina de los Estados Unidos. En los datos sobre absentismo, los resultados de las pruebas de la función hepática, la química y la morfología de la sangre, los análisis de orina, las manifestaciones de sensibilización, la incidencia y las pautas de morbilidad, incluida la aparición de crecimiento maligno, no se observaron diferencias entre los trabajadores expuestos a la endrina y los de otras instalaciones de producción de sustancias químicas. En un estudio con trabajadores de una fábrica de aldrin, dieldrin y endrin se encontró un aumento estadísticamente significativo de cáncer de hígado y del tracto biliar, aunque el estudio tuvo algunas limitaciones, como la falta de información sobre la exposición cuantitativa. Hay pruebas limitadas de que los ciclodienos, como la endrina, pueden deprimir también la respuesta inmunitaria.

La DL50 aguda por vía oral de la endrina oscila entre 3 mg/kg de peso corporal, en el mono y 36 mg/kg, en el co-baya. Se administró endrina en los alimentos a ratas Long-Evans machos y hembras durante tres generaciones. No se observaron diferencias significativas de aspecto, comportamiento, peso corporal y número o tamaño de las camadas. El peso del hígado, el riñón y el cerebro fue normal y no se detectaron anomalías histopatológicas en los animales destetados de la tercera generación. Se señaló un aumento significativo de la mortalidad de las crías de la segunda y la tercera generación de ratas que recibieron con los alimentos ,3 mg/kg. No se observaron efectos teratogénicos a concentraciones que no produjesen toxicidad materna. La endrina se metaboliza rápidamente en los animales y es muy poca la que se acumula en la grasa, en comparación con otros compuestos de estructura semejante (incluido su estereoisómero, el dieldrin). Se considera que la ruta principal de metabolismo de la endrina es la formación de *anti-12* hidroxindrina. El CIIC ha llegado a la conclusión de que no hay pruebas claras de la carcinogenicidad de la endrina para el ser humano y que son sólo limitadas para los animales de experimentación. Por consiguiente, no se puede clasificar este compuesto como carcinógeno para el ser humano (grupo 3).

El endrin es muy tóxico para los peces, con valores de la CL50 en la mayoría de los casos inferiores a 1,0 µg/l. Los embriones de *Cyprinodon variegatus* expuestos durante 23 semanas a 0,31 y 0,72 µg/l nacieron antes de tiempo, y todos los expuestos a 0,72 µg/l murieron antes del noveno día de exposición, mientras que los expuestos a 0,31 µg/l inicialmente experimentaron un retraso del crecimiento y algunos murieron. Con la concentración de 0,31 µg/l se registró una disminución de la capacidad reproductora de los supervivientes. No se observaron efectos significativos tras la exposición a un nivel de 0,12 µg/l. La concentración más baja con efectos observados (LOAEL) en los organismos acuáticos fue de 30 ng/l durante 20 días para la reproducción en. No se detectaron efectos en la reproducción de



patos reales machos y hembras a los que se había administrado endrina con los alimentos en concentraciones de 0, 0,5 y 3,0 mg/kg.

La semivida de la endrina en el suelo puede llegar hasta los 12 años, en función de las condiciones locales. Esta persistencia, combinada con un elevado coeficiente de reparto ($\log K_{ow} = 3.21-5,34$), proporciona las condiciones necesarias para la bioconcentración en los organismos. Se registró un factor de bioconcentración de 6400 para *Cyprinodon variegatus* expuestos a la endrina desde la fase embrionaria hasta la adulta. Los ejemplares de *Lepomis macrochirus* expuestos a agua con endrina marcada con ^{14}C absorbieron el 91 % de la endrina marcada en 48 horas, con una semivida de su eliminación de los tejidos de unas cuatro semanas. En ejemplares de *Leiostomus xanthurus* expuestos a 0,05 $\mu g/l$ durante cinco meses se registró una concentración de residuos de 78 ng/kg de tejido. Tras 18 días en agua no contaminada, no se detectaron residuos, poniéndose de manifiesto que el endrin desaparece con rapidez de este organismo.

Las propiedades químicas del endrin (solubilidad baja en agua, estabilidad alta en el medio ambiente y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado en el agua dulce del Ártico. La fuente principal de exposición al endrin para la población general son los residuos en los alimentos, pero la ingesta actual es, en general, inferior a la diaria aceptable, de 0,0002 mg/kg de peso corporal, recomendada por la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR). En los últimos estudios sobre alimentos no se ha incluido la endrina y, por consiguiente, no se dispone de datos recientes sobre su vigilancia.

HEXACLOROBENCENO (HCB)

Nombre químico: Hexaclorobenceno

Nombres comerciales: (lista parcial) Amaticin, Anticarie, Buntcure, Bunt-no-more, Co-op hexa, Granox, No bunt, Sanocide, Smut-go, Sniecotox

Nº CAS: 118-74-1; fórmula molecular: C_6Cl_6 ; peso molecular: 282 g/mol.

Aspecto: Cristales monoclínicos blancos o sólido cristalino

Propiedades: Punto de fusión: 227-230°C; punto de ebullición: 323-326°C (se sublima); KH: $7,1 \times 10^{-3}$ atm. m^3/mol a 20°C; $\log K_{ow}$: 2,56-4,54; $\log K_{ow}$: 3,03-6,42; solubilidad en agua: 40 $\mu g/l$ a 20°C; presión de vapor: $1,089 \times 10^{-5}$ mm Hg a 20°C.

El hexaclorobenceno (HCB) es un fungicida que se introdujo por primera vez en 1945 para el tratamiento de las semillas, especialmente en la lucha contra la caries del trigo. El HCB es también un producto secundario de la fabricación de productos químicos industriales como, el tetracloruro de carbono, el percloroetileno, el tricloroetileno y el pentacloro-

robenceno. Es una impureza conocida de algunos plaguicidas, como el pentaclorofenol y el dicloram, y puede presentarse como contaminación en otros. Es muy insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Es bastante volátil, por lo que cabe esperar que en parte pase a la atmósfera. Es muy resistente a la degradación y tiene un elevado coeficiente de reparto ($K_{ow}=3,03-6,42$), y debido a ello, se sabe que se bioconcentra en la grasa de los organismos vivos. El HCB está prohibido en Alemania, Austria, Bélgica, Checoslovaquia, Dinamarca, Hungría, Liechtenstein, los Países Bajos, Panamá, el Reino Unido, Suiza, Turquía, la Unión Europea y la URSS. Está rigurosamente limitado o se ha retirado voluntariamente en Argentina, Nueva Zelandia, Noruega y Suecia.

El episodio más llamativo en relación con los efectos del HCB en el ser humano se refiere a la ingestión de semillas tratadas con este producto en la región oriental de Turquía, entre 1954 y 1959. Las personas que consumieron semillas tratadas experimentaron una serie de síntomas, por ejemplo: lesiones cutáneas fotosensibles, hiperpigmentación, hirsutismo, cólicos, debilidad grave, porfirinuria y debilitamiento. Entre 3000 y 4000 personas contrajeron porfiria túrcica, trastorno de la biosíntesis de hemo. La mortalidad llegó al 14%. Las madres que ingirieron las semillas transmitieron el HCB a sus hijos a través de la placenta o de la leche. Los niños nacidos de estas mujeres contrajeron "pembe yara" o úlceras rosadas, con un índice de mortalidad notificado de alrededor del 95%. En un estudio con 32 personas realizado 20 años después del brote se puso de manifiesto que la porfiria podía persistir durante años después de la ingestión de HCB. En un pequeño estudio transversal de trabajadores expuestos al HCB no se encontraron pruebas de porfiria cutánea, ni de ningún otro efecto adverso relacionado con la exposición durante un período de uno a cuatro años.

La toxicidad aguda del HCB para los animales de laboratorio es bastante baja, con valores de la DL50 aguda por vía oral que oscilan entre más de 2600 mg/kg de peso corporal en los conejos y 4000 mg/kg en los ratones. Se ha notificado la aparición de porfiria, lesiones cutáneas, hiperexcitabilidad y cambios en el peso, en la actividad enzimática y en la morfología del hígado, relacionados con la toxicidad subcrónica del HCB. Se ha informado asimismo que éste estimula el sistema inmunitario en la rata y lo suprime en el ratón. También se ha señalado que produce efectos adversos en la reproducción y en el tejido reproductor. En las ratas hembras que recibieron HCB con los alimentos se produjo la muerte de las crías, con una DL50 a los 21 días de 100 ppm. Se realizó un estudio de reproducción de cuatro generaciones en ratas a las que se dio HCB con los alimentos. El HCB afectó a la reproducción reduciendo el número de camadas, su tamaño y el número de crías que sobrevivieron hasta el destete. En un estudio separado realizado con ratones CD-1, se relacionó una concentración de 100 mg de HCB/kg de peso corporal al día con casos de



paladar hendido y algunas malformaciones renales. La exposición al HCB de macacos de Java en varios estudios ha producido cambios degenerativos del epitelio superficial del ovario, supresión de la progesterona del suero, atrofia de la corteza del timo, disminución del número de linfocitos, cambios degenerativos en el ovario y el riñón y cambios degenerativos compatibles con la porfiria tardía en el hígado. El CIIC ha llegado a la conclusión de que, si bien no hay pruebas claras de carcinogenicidad del HCB en el ser humano, las pruebas son suficientes en los animales de experimentación. El CIIC ha clasificado el HCB como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

No es probable que el HCB produzca efectos toxicológicos directos en animales acuáticos en concentraciones de saturación o inferiores (alrededor de 5 µg/l) en el agua. Con una exposición a una concentración de 4,8 µg de HCB/l durante 32 días, no se observaron efectos a lo largo de las fases embrionaria y juvenil del desarrollo de *Pimephales promelas*, obteniéndose una NOEL de 4,8 µg/l. Se expusieron *Daphnia magna*, los anfípodos *Hylella azteca* y *Gammarus lacustris*, el anélido *Lumbricus variegatus* y *Pimephales promelas* a una concentración de saturación de HCB (5 µg/l) durante 68 días. No se observaron efectos en la supervivencia, el crecimiento o la reproducción. Se suministró a la codorniz japonesa adulta (*Coturnix japonica*) HCB en los alimentos durante 90 días, produciéndose un aumento de la mortalidad con 100 µg/kg de alimentos y una reducción significativa de la tasa de eclosión con 20 µg/g. Con 5 µg/g se observó un aumento de peso del hígado, ligeras lesiones hepáticas y aumento de la excreción fecal de coproporfirina. En experimentos realizados con visones (*Mustela vison*) y hurones europeos (*Mustela putorius furo*) a los que se suministró HCB en los alimentos se encontró que se producía mortalidad de adultos con las dosis más altas (125 y 625 mg de HCB/kg de alimentos), así como una reducción del tamaño de la camada, un porcentaje mayor de muerte prenatal, aumento de la mortalidad de las crías y reducción de su crecimiento. En general, el visón fue más sensible al HCB que el hurón. Los resultados de otro estudio pusieron de manifiesto que la exposición *in utero* producía una mortalidad más alta de las crías que la registrada a través de la leche materna.

El HCB es muy persistente. La semivida estimada en el suelo a partir de la degradación aerobia y anaerobia varía entre 2,7 y 22,9 años. Esta persistencia, junto con un coeficiente de reparto elevado (log Kow= 3,03-6,42), proporciona las condiciones necesarias para la bioconcentración del HCB en los organismos. Se han notificado factores de bioconcentración de 22000 y 106840 en *Pimephales promelas* y *Lumbricus variegatus*, respectivamente. Las propiedades químicas del HCB (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado en el aire, el agua y los organismos del Ártico.

El HCB está en todos los compartimentos del medio ambiente y su presencia se ha determinado en alimentos de todo tipo. Era uno de los dos compuestos organoclorados detectados en todas las muestras de carne y productos cárnicos españoles examinados, con concentraciones medias que oscilaban entre 8 ppb (peso de la grasa) en productos porcinos (jamón curado), a 49 ppb en el cordero, con un nivel máximo de 178 ppb en éste. En un programa de vigilancia se detectó HCB en 13 de 241 muestras de suero de ganado vacuno de carne de Colorado, con una concentración media de 3,1 ppb. En un estudio de leche pasteurizada de los Estados Unidos se detectó HCB en 8 de 806 muestras compuestas de leche. En un estudio de alimentos de la India se encontraron concentraciones medias de HCB que oscilaban entre 1,5 ng/g (peso de la grasa), tanto en el aceite como en la leche, y 9,1 ng/g en el pescado y los camarones, con una concentración máxima de 28 ng/g en estos dos y una ingesta diaria estimada de 0,13 µg/persona. La concentración media de residuos de HCB en alimentos de Vietnam variaba entre 0,28 ng/g (peso de la grasa) en las legumbres y 27 ng/g en el caviar, con una ingesta diaria estimada de 0,10 µg/persona.

HEPTACLOR

Nombre químico del CAS: 1,4,5,6,7,8,8-heptacloro-3a,4,7,7 a-tetrahidro-4,7metano-1 H-indeno.

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Aa-hepta, Agroceres, Baskalor, Drinox, Drinox H-34, Heptachiorane, Heptagran, Heptagranox, Heptamak, Heptamul, Heptasol, Heptox, Soleptax, Rhodiachlor, Veliscol 104, Veliscol heptachlor.

Nº CAS: 70-44-8; fórmula molecular: C₁₀H₅Cl₇; peso molecular: 370 g/mol

Aspecto: Sólido céreo o cristales de color blanco o ligeramente tostado, con olor a alcanfor.

Propiedades: Punto de fusión: 95-96°C (puro), 45-741C (técnico); punto de fusión: 135-145°C a 1-1,5 mm Hg, se descompone a 760 mm Hg; KH: 2,3 x 10⁻³ atm. mm³/mol; log Koc: 4,38; log Kow: 4,40-5,5; solubilidad en agua: 180 ppb a 25°C; presión de vapor: 3 x 10⁻⁴ mm Hg a 20°C.

El heptaclor es un insecticida no sistémico que actúa en el estómago y por contacto, utilizado fundamentalmente contra los insectos del suelo y los termites. Se emplea asimismo en la lucha contra los insectos del algodón, los saltamontes y algunas plagas de cultivos, así como para combatir el paludismo. Es un producto muy insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Es bastante volátil y, por consiguiente, cabe esperar que una parte pase a la atmósfera. Se une fácilmente a los sedimentos acuáticos y se bioconcentra en la grasa de los organismos vivos. El heptaclor se metaboliza en los animales a epóxido de heptaclor, cuya



toxicidad es semejante a la del primero y que puede acumularse también en la grasa de los animales. El uso del heptaclor se ha prohibido en Chipre, el Ecuador, Portugal, Singapur, Suecia, Suiza, Turquía y la Unión Europea. Su empleo está rigurosamente limitado en la Argentina, Austria, el Canadá, Checoslovaquia, Dinamarca, los Estados Unidos, Filipinas, Finlandia, Israel, Japón, Nueva Zelanda y la antigua URSS.

No se dispone de información sobre intoxicación accidental o suicida por heptaclor en el ser humano. Los síntomas en los animales incluyen temblores y convulsiones. En un estudio con trabajadores de una fábrica de heptaclor y endrin se registró un aumento significativo del cáncer de vejiga. Este resultado fue una sorpresa, puesto que en la fábrica no se utilizaban carcinógenos de vejiga conocidos, pero el pequeño número de muertes (3) dificulta la interpretación de esos resultados. No se observaron muertes por cáncer de hígado o del tracto biliar, aunque la mortalidad provocada por enfermedades cerebrovasculares fue más alta de lo previsto. Hay pruebas limitadas de que los ciclodienos, como el heptaclor, pueden afectar a la respuesta inmunitaria.

La DL50 aguda por vía oral del heptaclor para los animales de laboratorio oscila entre 40 mg/kg de peso corporal en ratas y 116 mg/kg en conejos. Se administraron a grupos de ratas machos y hembras dosis diarias de heptaclor, por vía oral, a partir de los cuatro meses de edad y durante 200 días. Todos los animales de los grupos de las dosis de 50 y 100 mg/kg murieron antes del 101 día de exposición. Tres animales del grupo de 5 mg/kg y uno del testigo murieron antes del final del estudio. Las ratas expuestas a 5 mg/kg sufrieron, a partir del día 501 del estudio, hiperreflexia, disnea y convulsiones. El examen histológico puso de manifiesto una degeneración grasa de las células hepáticas e infiltración grasa moderada del epitelio de los túbulos renales en el grupo al que se habían administrado 5 mg/kg.

En un estudio de reproducción, se dieron a ratas alimentos con heptaclor durante tres generaciones. La mortalidad de las crías del grupo que había recibido 10 mg/kg aumentó ligeramente durante la segunda y la tercera semanas después del nacimiento, sólo en la segunda generación. No se observaron efectos adversos con las concentraciones más bajas. La OMS no ha notificado pruebas de teratogenicidad del heptaclor en ratas y conejos. El CIIC ha llegado a la conclusión de que, si bien no hay pruebas suficientes de carcinogenicidad del heptaclor para el ser humano, sí se han encontrado en animales de experimentación. El CIIC ha clasificado el heptaclor como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

El heptaclor ha estado directamente relacionado con la reducción de varias poblaciones de aves silvestres, entre ellas el ganso canadiense y el cernícalo americano de la cuenca de Columbia, en los Estados Unidos. En una población de gansos canadienses del Refugio Nacional de Flora y Fauna Silvestres, de Umatilla, en Oregón, se registraron

casos de reducción de la reproducción y de mortalidad de adultos. Se detectaron residuos de heptaclor epóxido en el cerebro de las aves muertas y en los huevos de los nidos, de éxito reproductor escaso. En la misma zona se observó asimismo una disminución de la reproducción del cernícalo americano. Se relacionó la presencia de residuos de heptaclor epóxido en los huevos, con el descenso de la productividad. La presencia de residuos en los huevos pone de manifiesto que esta sustancia se transfiere a través de la cadena alimentaria, puesto que los cernícalos no se alimentan de semillas, supuesta vía de exposición para los gansos. Las concentraciones en las semillas tratadas fueron inferiores al nivel recomendado, lo que indica que puede haber efectos en las especies silvestres, incluso cuando se utiliza de forma responsable.

Se administró a visones heptaclor con los alimentos durante 28 días, seguidos de un período de recuperación de siete días, para determinar su toxicidad subaguda en estos animales. La NOEL para la mortalidad fue de 50 mg/kg (5,67 mg/kg de peso corporal al día). En los visones tratados con 25 mg/kg de alimentos se observaron signos de toxicidad, incluidas una disminución del consumo de alimentos y pérdida de peso corporal. En otro estudio, se administraron a visones machos y hembras adultos alimentos con heptaclor durante 181 días (antes y durante el período reproductor), para determinar los efectos en la reproducción. Todos los visones que consumieron alimentos con 25 µg/g (machos y hembras) murieron en un plazo de 88 y 55 días, respectivamente. La LOAEL, basada en el crecimiento de las crías, fue de 6,25 µg/g.

La semivida del heptaclor en suelos de clima templado puede llegar a los dos años. Esta persistencia, junto con un elevado coeficiente de reparto ($K_{ow} = 4,4-5,5$), proporciona las condiciones necesarias para la bioconcentración del heptaclor en los organismos. Los factores de bioconcentración del heptaclor y el heptaclor epóxido en *Pimephales promelas* fueron de 9500 y 14400, respectivamente. Las propiedades químicas del heptaclor (baja solubilidad en agua, estabilidad alta y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado heptaclor y su epóxido en el aire, el agua y los organismos del Ártico.

La OMS indica que los alimentos son la fuente principal de exposición de la población general al heptaclor. Se ha detectado en la sangre de ganado vacuno, tanto de los Estados Unidos como de Australia. Se encontró heptaclor en 30 de 241 muestras de ganado vacuno de los Estados Unidos y se descubrieron infracciones del LMR en un 0,02% del ganado vacuno australiano. En ambos casos, el heptaclor fue uno de los compuestos organoclorados detectados con mayor frecuencia. En Vietnam se estimó una ingesta diaria de 0,25 µg/persona/día (de heptaclor y de heptaclor epóxido combinados, basada en una persona de 60 kg) y en la India de 0,07 µg/persona/día (de heptaclor solo).

MIREX

Nombre:

1,1a,2,2,3,3a,4,5,5a,5b,6-dodecacloroacta-hidro-1,3,4-meteno-1 H-ciclobuta [cd] pentaleno.

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Dechlorane, Ferriamicide, GC 1283

Nº CAS: 2385-85-5; fórmula molecular: C₁₀C₁₂; peso molecular: 540 g/mol Aspecto: Sólido cristalino inodoro blanco.

Propiedades: Punto de fusión: 485°C; presión de vapor: 3 x 10⁻⁷ mm Hg a 25°C.

El mirex es un insecticida que actúa en el estómago, con escasa actividad por contacto. Se utilizaba principalmente contra las hormigas rojas en la parte sudoriental de los Estados Unidos, pero también se ha usado para combatir los cortadores de hojas en Sudamérica, los termites cosechadores en Sudáfrica, las hormigas cosechadoras occidentales en los Estados Unidos y la chinche harinosa de la piña en Hawaii, y se ha investigado su posible utilización contra las avispas amarillas en los Estados Unidos. También se ha empleado como pirorretardante en plásticos, caucho, papel pintado y artículos eléctricos. El mirex es muy resistente a la degradación y muy insoluble en agua y se ha demostrado que se produce bioacumulación y bioamplificación. Debido a su insolubilidad, el mirex se une fuertemente a los sedimentos acuáticos.

No hay informes de lesiones debidas a la exposición al mirex en el ser humano. Se ha notificado la presencia de residuos en el tejido adiposo humano. En seis de 1 400 muestras recogidas en 1971-72 en el sur de los Estados Unidos se notificó su presencia a niveles de 0,16-5,94 ppm. Se recogieron muestras en ocho estados sudorientales de los Estados Unidos y se detectaron residuos en el 10,2% de las analizadas, con una media geométrica de 0,286 ppm en los lípidos.

En estudios de toxicidad aguda, la DL50 del mirex por vía oral en ratas oscila entre 600 y > 3 000 mg/kg, en función del sexo del animal de prueba y de la formulación utilizada. Entre los efectos a corto plazo figuraron una disminución del peso corporal, hepatomegalia, inducción de oxidasas de función mixta y cambios morfológicos en las células hepáticas. Las ratas que recibieron 5 ppm de mirex en los alimentos durante 30 días antes del apareamiento y 90 días después, mostraron una reducción del tamaño de la camada y un aumento de la mortalidad parental. En las ratas que recibieron 25 ppm de mirex en los alimentos se observó una reducción del tamaño de la camada y de la viabilidad de las crías recién nacidas, junto con la formación de cataratas. El CIIC ha llegado a la conclusión de que, si bien no hay pruebas suficientes de carcinogenicidad del mirex en el ser humano, dichas pruebas son suficientes en animales de laboratorio. El CIIC ha clasificado el mirex como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

Se observó una reducción en la germinación y el nacimiento de varias especies vegetales, que era mayor a medida que se elevaba la concentración de mirex.

También se ha detectado absorción, acumulación y translocación de mirex en diversas especies vegetales. Sin embargo, estos resultados son discutibles, puesto que en general no se conoce que haya absorción y translocación de compuestos lipofílicos como el mirex en plantas. La contaminación de las plantas se produce primordialmente como fenómeno de superficie derivado de la deposición aérea de emisiones o del compuesto volatilizado de la superficie del suelo.

Los crustáceos son los organismos acuáticos más sensibles, con la mayor sensibilidad en los estadios larvarios y juveniles. La mortalidad retardada es característica de la intoxicación por mirex de los crustáceos. También es tóxico para los peces y puede afectar a su comportamiento. El mirex tiene toxicidad a corto plazo para las aves, con valores de la DL50 aguda por vía oral comprendidos entre 1400 mg/kg de peso corporal en el faisán y 10000 mg/kg en la codorniz.

Se considera que el mirex es uno de los plaguicidas más estables y persistentes, con una semivida que puede llegar a 10 años. Esta persistencia, combinada con su carácter lipofílico, proporciona las condiciones necesarias para la bioconcentración del compuesto en los organismos. Se han observado factores de bioconcentración de 2600 y 51400 en el camarón boreal y en *Pimephales promelas*, respectivamente. Las propiedades químicas del mirex (baja solubilidad en agua, alta solubilidad en lípidos, estabilidad elevada y semivolatilidad) favorecen su transporte a grandes distancias, habiéndose detectado mirex en el agua dulce y en organismos terrestres del Ártico. La principal vía de exposición al mirex de la población general es mediante los alimentos, especialmente la carne, el pescado y la caza, siendo la ingesta por lo general inferior a los niveles tolerados establecidos para los residuos. Se encontraron residuos de mirex solamente en una de 806 muestras compuestas de leche recogidas en un estudio sobre la leche pasteurizada de los Estados Unidos. No se detectaron residuos de mirex en ninguna de las muestras de pescado tomadas en Egipto ni en las muestras procedentes de la grasa de animales domésticos de granja de Ontario (Canadá).

TOXAFENO

Nombre químico: Toxafeno

Sinónimos y nombres comerciales (lista parcial): Alitex, Alltox, Attac 4-2, Attac 44, Attac 6, Attac 6-3, Attac 8, Camphochlor, Camphochlor, Camphochlor, Chemphene M5055, canfeno clorado, chloro-camphene, Clor chem T-590, compuesto 3956, Huilex, Kamfochlor, Melipax, Motox, Octachlorocamphene, Penphene, Phenacide, Phenatox, Phenphane,



Polychlorocamphene, Strobane-T, Strobane T-90, Texadust, Toxakil, Toxon 63, Toxyphen, Vertac 90%.

Nº CAS: 8022-04-6; fórmula molecular: $C_{10}H_{10}Cl_8$; peso molecular: 410 g/mol Aspecto: Sólido céreo de color amarillo, con un olor semejante al del cloro/terpeno.

Propiedades: Punto de fusión: 65-90°C; punto de ebullición: > 120°C (se descompone); KH: $6,3 \times 10^{-2}$ atm.m³/mol; log Koc: 3,18 (calculado); log Kow: 3,23-5,50; solubilidad en agua: 550 µg/l a 20°C; presión de vapor: 0,2-0,4 mm Hg a 25°C.

El toxafeno es un insecticida no sistémico y por contacto, que se utilizó fundamentalmente en cultivos de algodón, cereales, frutas, nueces y hortalizas. Se ha usado asimismo en la lucha contra las garrapatas y los ácaros del ganado. Se encuentra en el mercado desde 1949 y en 1975 fue el insecticida más utilizado en los Estados Unidos. El toxafeno es muy insoluble en agua y tiene una semivida en el suelo de hasta 12 años. Se ha demostrado su capacidad de bioconcentración en organismos acuáticos y se conoce su transporte atmosférico. El toxafeno está prohibido en 37 países, entre ellos Austria, Belice, Brasil, Corea, Costa Rica, Egipto, la India, Irlanda, Kenya, México, Panamá, República Dominicana, Singapur, Tailandia, Tonga y la Unión Europea. Su empleo está rigurosamente limitado en otros 11 países, incluidos Argentina, Colombia, Dominica, Honduras, Nicaragua, Pakistán, Sudáfrica, Turquía y Venezuela.

En un estudio realizado con voluntarios humanos, se expuso a 25 personas a un aerosol con una concentración aproximada de 1 mg de toxafeno/kg de peso corporal al día, en una cámara cerrada durante 13 días. El examen físico y los análisis de sangre y orina no pusieron de manifiesto ningún efecto tóxico. En otro estudio se observó que ocho mujeres que trabajaban en una zona que se había rociado con toxafeno, en una concentración de 2 kg/ha, presentaban una incidencia mayor de aberraciones cromosómicas (fragmentos acéntricos e intercambios de cromátidas) que los testigos. En el reconocimiento médico anual de 137 trabajadores de una fábrica de toxafeno no se observaron efectos adversos relacionados con la exposición. Igualmente, en un estudio de la mortalidad de 199 personas que habían trabajado con toxafeno se descubrió que ninguna de las muertes parecía estar directamente relacionada con la exposición.

La toxicidad aguda por vía oral del toxafeno oscila entre 49 mg/kg de peso corporal en perros y 365 mg/kg en cobayas. En un estudio de 13 semanas, se administró a ratas toxafeno en los alimentos. Se observó un aumento de la razón peso del hígado/peso corporal y de la actividad de las enzimas microsomaes hepáticas en las ratas que recibieron 500 ppm. Se detectaron cambios histológicos dependientes de la dosis en el riñón, la tiroides y el hígado. Se determinó una NOAEL de 4,0 ppm (0,35 mg/kg). En otro estudio, se dio a perros pachones toxafeno en los alimentos durante 13 semanas. La razón peso del hígado/peso

corporal, y la concentración de fosfatasa alcalina, aumentaron en los perros a los que se administraron 5,0 mg/kg. Se detectaron cambios histológicos dependientes de la dosis entre ligeros y moderados en el hígado y la tiroides. Se calculó una NOAEL para los perros de 0,2 mg/kg. En un estudio de reproducción de dos camadas de una generación se administró a ratas machos y hembras toxafeno en los alimentos, durante un total de 13 semanas. El CIIC ha llegado a la conclusión de que no hay pruebas claras de la carcinogenicidad del toxafeno en el ser humano, pero sí hay pruebas suficientes en los animales de experimentación. El CIIC ha clasificado el toxafeno como posible carcinógeno humano (grupo 2B).

Básicamente, el toxafeno no es fitotóxico. En general se han detectado efectos tóxicos solamente en concentraciones muy superiores a las recomendadas para el uso. Es muy tóxico, con valores de la CL50 a las 96 horas comprendidos entre 1,8 µg/l en la trucha irisada y 22 µg/l en *Lepomis macrochirus*. La trucha de arroyo expuesta al toxafeno durante 90 días experimentó una reducción del peso del 46% con 0,039 µg/L, la concentración más baja utilizada. La viabilidad de los huevos de las truchas hembras disminuyó considerablemente con la exposición a concentraciones de 0,075 µg/l o superiores. La exposición prolongada a 0,5 µg/l redujo a cero la viabilidad de los huevos. Las hembras de *Phasianus coíchicus* que recibieron 300 mg de toxafeno/kg de alimentos experimentaron una reducción de la puesta de huevos y de la capacidad de eclosión de éstos.

La semivida del toxafeno en el suelo varía entre 100 días y 12 años, en función del tipo de suelo y el clima. Esta persistencia, junto con un elevado coeficiente de reparto (log Kow = 3,23-5,50), indica que es probable su bioconcentración. Se han registrado factores de bioconcentración de 4247 y 76000 en la gambusia y la trucha de arroyo, respectivamente. Las propiedades químicas del toxafeno (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado en el aire del Ártico. La exposición de la población general es fundamentalmente a través de los alimentos, pero las concentraciones detectadas suelen estar por debajo de los límites máximos de residuos. Debido a que se está prohibiendo en numerosos países, en los recientes estudios de alimentos no se ha incluido en general el toxafeno y, por consiguiente, no se dispone de datos de vigilancia recientes.

1.4.2. Bifenilos policlorados (PCBs).

Nombres comerciales de distintas mezclas (lista parcial): Aroclor, Pyranol, Pyroclor, Phenochlor, Pyralene, Clophen, Elaol, Kanechlor, Santotherm, Fenclor, Apirolio, Sovol.

Nº de CAS: 1336-36-3



GRUPO DE COMPUESTOS ANÁLOGOS	PESO MOLECULAR	PRESIÓN DE VAPOR (PA)	SOLUBILIDAD EN AGUA (G/M3)	Log Kow
Monoclorobifenilo	188,7	0,9-2,5	1,21-5,5	4,3-4,6
Diclorobifenilo	223,1	0,008-0,60	0,06-2,0	4,9-5,3
Triclorobifenilo	257,5	0,003-0,22	0,015-0,4	5,5-5,9
Tetraclorobifenilo	292,0	0,002	0,0043-0,010	5,6-6,5
Pentaclorobifenilo	326,4	0,0023-0,051	0,004-0,02	6,2-6,5
Hexaclorobifenilo	360,9	0,0007-0,012	0,0004-0,0007	6,7-7,3
Heptaclorobifenilo	395,4	0,00025	0,000045-0,0002	6,7-7
Octaclorobifenilo	429,8	0,0006	0,00018-0,0012	7,2-8,16
Nonaclorobifenilo	464,2		0,0018-0,0012	7,2-8,16
Decaclorobifenilo	498,7	0,00003	0,000001-0,000761	8,26

Los bifenilos policlorados (PCBs) son mezclas de hidrocarburos clorados que se han utilizado en abundancia desde 1930 en diversas aplicaciones industriales, por ejemplo, como material aislante de transformadores y condensadores grandes, fluidos de intercambio térmico, aditivos de pinturas, papel autocopiante y plásticos. El interés de los PCBs para aplicaciones industriales radica en la inercia química, la resistencia al calor, la no inflamabilidad, la baja presión de vapor y la alta constante dieléctrica. Existen **209 PCBs posibles congéneres**, desde los tres isómeros monoclorados hasta el isómero decaclorobifenilo, completamente clorado. Generalmente, la solubilidad en agua y la presión de vapor disminuyen con el aumento de las sustituciones y la liposolubilidad se eleva a medida que hay más sustituciones de cloro. En el medio ambiente es más probable encontrar los PCBs unidos a componentes orgánicos del suelo, sedimentos y tejidos biológicos, o bien al carbono orgánico disuelto en sistemas acuáticos, que en solución acuosa. Los PCBs se volatilizan de la superficie del agua, a pesar de su baja presión de vapor, en parte como consecuencia de su hidrofobia; el transporte atmosférico, por consiguiente, puede ser una ruta importante para la distribución de los PCBs en el medio ambiente.

La toxicidad de los PCBs depende del número y la posición de los átomos de cloro, puesto que la sustitución en la posición *orto* dificulta la rotación de los anillos. **Los PCBs sin sustitución en *orto* se consideran en general como coplanares y todos los demás como no coplanares. Los PCBs coplanares, como las dioxinas y los furanos, se unen al receptor AL y de esta manera pueden producir efectos semejantes a los de las dioxinas**, además de los efectos propios del receptor AL que comparten con los PCBs no coplanares (por ejemplo, inductor de tumores). Se ha notificado una asociación entre la exposición elevada a mezclas de PCBs y alteraciones en las enzimas hepáticas, hepatomegalia y efectos dermatológicos como exantema y acné. Los efectos adversos están relacionados fundamentalmente con concentraciones elevadas en sangre. Los 12 congéneres coplanares se les conoce comúnmente como PCBs similares a las dioxinas o "dioxin-like" y los factores de equivalencia tóxica (TEQ) se presentan en la siguiente tabla:

CONGÉNERES COPLANARES DIOXIN-LIKE PCBs	FACTOR I-TEF
PCBs-77	0.0001
PCBs-81	0.0001
PCBs-105	0.0001
PCBs-114	0.0005
PCBs-118	0.0001
PCBs-123	0.0001
PCBs-126	0.1
PCBs-156	0.0005
PCBs-157	0.0005
PCBs-167	0.00001
PCBs-169	0.01
PCBs-181	0.0001

La contaminación del aceite de arroz por PCBs en el Japón (1968) y Taiwán (1979) dio lugar a la exposición de un gran número de personas a éstos y sus contaminantes PCDF. Los signos y síntomas de la exposición debida a estos accidentes incluyen el agrandamiento e hipersecreción de las glándulas de Meibomio de los ojos, inflamación de los párpados y pigmentación de las uñas y las membranas mucosas, a veces acompañadas de fatiga, náuseas y vómitos. Luego apareció hiperqueratosis y oscurecimiento de la piel, con hipertrofia folicular y erupción acneiforme, a menudo con una infección secundaria por estafilococos. Los niños nacidos hasta siete años después de la exposición materna en el accidente de Taiwán mostraron hiperpigmentación, uñas deformes y dientes natales, retraso del crecimiento intrauterino, escaso desarrollo cognitivo hasta los siete años de edad, problemas de comportamiento y niveles de actividad más elevados. Los niños afectados parecían "normalizarse" a los 12 años de edad. Los niños nacidos entre siete y 12 años después de la exposición materna tuvieron un ligero retraso del crecimiento, pero no diferencias de comportamiento. Los efectos observados en estos niños probablemente se deben a la persistencia de los PCBs en el cuerpo humano, como resultado de la larga exposición prenatal mucho después de la exposición materna. Estos efectos concuerdan con las observaciones de deficiencias en la memoria reciente durante la primera infancia de los niños expuestos en la fase prenatal, debido a



que sus madres habían consumido una gran cantidad de pescado procedente de la pesca deportiva en el lago Michigan, que contenía PCBs entre otros COPs.

Las personas expuestas en el accidente de Yucheng tenían una resistencia baja y padecieron diversas infecciones. Los exámenes durante el primer año pusieron de manifiesto una reducción de la concentración de IgM e IgA, una disminución del porcentaje de células T totales, células T activas y células T auxiliares, pero fueron normales los porcentajes de células B y células T supresoras; supresión de la respuesta de tipo retardado a antígenos de recuerdo; aumento de la proliferación espontánea de linfocitos y elevación de la linfoproliferación ante ciertos mitógenos. Tres años más tarde habían desaparecido algunos efectos, pero no todos. La mortalidad por cáncer de hombres y mujeres que trabajaban en la fabricación de condensadores eléctricos aumentó considerablemente. En los trabajadores varones se observó un aumento significativo de los neoplasmas hematológicos y de los casos de cáncer gastrointestinal. Se detectó un incremento no significativo del cáncer de pulmón. Sin embargo, el estudio se vio limitado por el escaso número de muertes.

Los PCBs tienen una toxicidad aguda baja para los animales de laboratorio, con valores de la DL50 aguda por vía oral en ratas que oscilan entre 2 y 10 g/kg de peso corporal. Los efectos se manifiestan fundamentalmente en la exposición crónica. Se han observado efectos en el hígado, la piel, el sistema inmunitario, el sistema reproductor, el tracto gastrointestinal y la tiroides relacionados con la exposición a mezclas de PCBs o compuestos análogos aislados. Se han detectado efectos adversos en la reproducción en varios estudios realizados con monos expuestos a PCBs, por ejemplo peso bajo al nacer, hiperpigmentación de la piel, trastornos del comportamiento, atrofia del timo y de los ganglios linfáticos, hipoplasia de la médula ósea e hiperplasia de la mucosa gástrica. Monas rhesus a las que se administró Aroclor 1016 en los alimentos procrearon tras siete meses de exposición alimentaria. El peso neonatal del grupo que recibió 1,0 ppm se redujo notablemente. No se han observado efectos teratogénicos de los PCBs en estudios con ratas y primates no humanos que recibieron estos compuestos por vía oral durante los períodos críticos de la organogénesis. Se ha detectado un efecto inhibidor moderado, pero estadísticamente significativo, del sistema inmunitario de los monos rhesus como resultado de la exposición crónica a concentraciones bajas de Aroclor 1254, pudiendo deberse a la función alterada de las células T y/o los macrófagos. El CIIC ha llegado a la conclusión de que las pruebas de carcinogenicidad de los PCBs en el ser humano son limitadas y que hay pruebas suficientes en los animales de experimentación. Por consiguiente, los PCBs se clasifican como probables carcinógenos humanos (grupo 2A).

Los PCBs son tóxicos para los organismos acuáticos, con valores de la CL50 a las 96 horas que oscilan entre

0,015 mg/l en *Pimephales promelasy* 2,74 mg/l en *Lepomis macrochirus*. Se expusieron ejemplares de *Pimephales promelas* a Aroclor 1242, 1248 y 1254 en una biovaloración de flujo continuo durante nueve meses. La reproducción se produjo a concentraciones de 5,4 µg de Aroclor 1242/l e inferiores, pero los resultados fueron muy variables. En los peces expuestos a una concentración de 1,8 µg de Aroclor 1254/l se observó una reducción significativa del desove. Los peces son más sensibles a los efectos de las dioxinas, los furanos y los PCBs, en las fases iniciales de la vida. Concentraciones de ppb de estos productos químicos estructuralmente relacionados entre sí producen, en los huevos de la trucha lacustre y la irisada, toxicidad que se manifiesta por la mortalidad de los alevines vesiculados, debido a la aparición de edemas en la vesícula vitelina y hemorragias.

Los PCBs tienen una toxicidad aguda baja para las aves, con valores de la CL50 en los alimentos a los cinco días que van, de 747 mg/kg de alimentos en la codorniz, a >5 000 mg/kg en diversas especies. Las gallinas productoras de pollos de asar y las leghorn, a las que se administró con los alimentos Aroclor 1242 durante una semana, experimentaron una reducción de la capacidad de eclosión, y los efectos se mantuvieron una vez que la exposición había concluido.

Hay cada vez más pruebas que relacionan los hidrocarburos aromáticos halogenados persistentes, como los PCBs, con efectos en la reproducción e inmunotóxicos en la fauna silvestre. Se dio a dos grupos de 12 focas hembras (*Phoca vitulina*) como alimento, pescado procedente de la zona occidental del mar de Wadden y del Atlántico nordoriental. El análisis de los residuos mostró diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de alimentación por lo que se refiere a los PCBs y el DDE. La ingesta diaria media del primer grupo fue de 1,5 mg de PCBs y 0,4 mg de DDE, y la del segundo grupo de 0,22 mg y 0,13 mg. Se aparearon las hembras con machos no expuestos y el éxito de la reproducción fue considerablemente menor en el primer grupo. Los visones que recibieron durante cinco meses una alimentación compuesta en un 30% por salmón plateado del lago Michigan que contenía entre 10 y 15 ppm de PCBs no lograron parir, al igual que los que recibieron alimentos que contenían 5 ppm de Aroclor 1254. Los signos clínicos y las lesiones observados en los visones que recibieron como alimento salmón plateado del lago Michigan fueron anorexia, sangre en las heces, hígado adiposo, degeneración renal y úlceras gástricas, semejantes a los de los que recibieron alimentos complementados con PCBs.

La degradación de los PCBs en el medio ambiente depende fundamentalmente del grado de cloración del bifenilo, aumentando la persistencia al incrementarse el número de átomos de cloro. La semivida de los PCBs sometidos a fotodegradación oscila entre 10 días para un monoclorobifenilo y 1,5 años para un heptaclorobifenilo. La persistencia de los PCBs, combinada con el elevado co-

eficiente de reparto de varios isómeros (Kow entre 4,3 y 8,26) proporciona las condiciones necesarias para su bioacumulación en los organismos. Se han notificado factores de bioconcentración de 120000 y 270000 en *Pimephales promelas*. Los factores de concentración en peces expuestos a PCBs a través de los alimentos fueron inferiores a los que presentaron los expuestos a estos productos a través del agua, lo que indica que los PCBs se bioconcentran (se absorben directamente del agua), en contraposición a la bioacumulación (se absorben mediante el agua y en los alimentos). Las propiedades químicas de los PCBs (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado su presencia en el aire, el agua y los organismos del Ártico.

La fuente principal de exposición de la población general a los PCBs son los alimentos, especialmente el pescado. Se detectaron residuos de PCBs en el 8,5% de las muestras, con un máximo de 0,30 mg/kg de grasa, obtenidas durante un estudio de la grasa de los animales de granja domésticos de Ontario (Canadá), entre 1986 y 1988. En un estudio de los alimentos realizado en Vietnam, los niveles más elevados de PCBs se encontraron en el pescado y los mariscos, con concentraciones de 760 y 1400 ng/g de grasa. Las fuentes principales de exposición a los PCBs en los alimentos vietnamitas son los cereales (incluido el arroz) y las hortalizas, y la ingesta diaria de 3,7 µg/persona es comparable a la de algunos países industrializados. En un estudio de los alimentos realizado en la India se encontró asimismo que las concentraciones más elevadas de PCBs se daban en el pescado, con un promedio de 330 ng/g de grasa. También en este caso, la fuente principal de ingesta de PCBs a través de los alimentos (0,86 g/persona al día) fueron los cereales y el aceite vegetal.

1.4.3. Dioxinas y furanos (PCDD Y PCDF)

Las policlorodibenzo-p-dioxinas (dioxinas) y los policlorodibenzofuranos (furanos) comúnmente denominados dioxinas y furanos e incluso dioxinas de forma

genérica para hacer referencia a al conjunto de dioxinas y furanos (e incluso en ocasiones a dioxinas+furanos+PCBs similares a dioxinas) son dos grupos de compuestos tricíclicos planos que tienen estructuras y propiedades químicas muy parecidas. Pueden contener entre 1 y 8 átomos de cloro; las dioxinas tienen 75 isómeros de posición posibles y los furanos 135. Suelen ser muy insolubles en agua, lipofílicos y muy persistentes. No se conocen bien las propiedades químicas de cada uno de los isómeros, lo que complica aún más el estudio de sus propiedades, que varían con el número de átomos de cloro presentes. No se producen dioxinas y furanos con fines comerciales y tampoco tienen un uso conocido. Son productos secundarios de la producción de otras sustancias químicas. Las dioxinas se pueden liberar en el medio ambiente a través de la producción de plaguicidas y otras sustancias cloradas. Los furanos son contaminantes importantes de los bifenilos policlorados. Tanto las dioxinas como los furanos están relacionados con diversas reacciones de incineración y con la síntesis y uso de distintos productos químicos. Se han detectado en las emisiones procedentes de la incineración de desechos de los hospitales, basura municipal, desechos peligrosos, las emisiones de los automóviles y la combustión del carbón, la turba y la madera. Del total de 210 dioxinas y furanos, son 17 los que contribuyen de manera más significativa a la toxicidad de los complejos de mezclas. A fin de facilitar la comparación de mezclas, se han asignado a determinadas dioxinas y furanos "factores de equivalencia de toxicidad" internacionales, basados en una comparación de su toxicidad con la 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina (2,3,7,8-TCDD). Por ejemplo, se ha puesto de manifiesto en pruebas con animales de laboratorio que la toxicidad del 2,3,7,8-TCDF es aproximadamente 10 veces menor, y su valor equivalente tóxico es 0,1. Se considera que los factores de equivalencia de toxicidad son instrumentos de prevención del riesgo y no representan necesariamente la toxicidad real con respecto a todos los efectos finales. Más bien se tiende a sobreestimar la toxicidad de las mezclas.

En la actualidad, el único efecto persistente asociado

Dioxinas				
GRUPO DE COMPUESTOS ANÁLOGOS	PESO MOLECULAR	PRESIÓN DE VAPOR (PA)	SOLUBILIDAD EN AGUA (G/M ³)	Log Kow
MCDD	218,5	73-75	295-417	4,75-5,00
DCDD	253,0	2,47-9,24	3,75-16,7	5,60-5,75
TCDD	287,5	1,07	8,41	6,35
TCDD	322,0	0,00284-0,275	0,0193-0,55	6,60-7,10
PCDD	356,4	0,00423	0,118	7,40
HCDD	391,0	0,00145	0,00442	7,80
HCDD	425,2	0,000177	0,0024	8,00
OCDD	460,0	0,000953	0,000074	8,20



Furanos				
GRUPO DE COMPUESTOS ANALOGOS	PESO MOLECULAR	PRESIÓN DE VAPOR (PA)	SOLUBILIDAD EN AGUA (G/M3)	Log Kow
DCDF	237,1	14,6	14,5	5,44
TCDF	306,0	0,199	0,419	6,1
PCDF	340,42	0,0172	0,236	6,5
HCDF	374,87	0,0031-0,0036	0,0177	7,0
HCDF	409,31	0,00054-0,00057	0,00137	7,4
OC D F	443,8	0,000101	0,00116	8,0

con la exposición del ser humano a las dioxinas es el cloracné. Otros efectos en la salud que se han notificado son: neuropatías periféricas, fatiga, depresión, cambios de personalidad, hepatitis, hepatomegalia, concentración anómala de enzimas y porfiria cutánea tardía, aunque no se han establecido relaciones causales en todos los casos. Los resultados de un estudio realizado con 1.520 trabajadores cuya exposición durante un período mínimo de un año al 2,3,7,8-TCDD era conocida, y con un período de latencia mínimo de 20 años entre la exposición y el diagnóstico de la enfermedad, pusieron de manifiesto un aumento ligero, pero significativo, de la mortalidad, provocada por sarcoma de los tejidos blandos y cáncer del aparato respiratorio. Al igual que en otros estudios, la interpretación de los resultados fue limitada debido al pequeño número de muertes y a otras posibles causas concomitantes, como el hábito de fumar y otros tipos de exposición ocupacional. En dos estudios recientes se siguió a una población joven de la zona del accidente industrial de Seveso (Italia). En el primero, un estudio sobre el cáncer, se examinó un grupo de personas de edades comprendidas entre 0 y 19 años que vivían en la zona del accidente en el momento en que se produjo, durante el período 1977-1986. Aun cuando era evidente una tendencia uniforme hacia un aumento del riesgo, ninguno de los riesgos relativos se elevó significativamente. Tampoco se observó un aumento significativo de casos de cáncer de tiroides y de leucemia mieloide. El estudio es limitado, sin embargo, debido a los períodos de latencia relativamente cortos, la definición de exposición basada en el lugar de residencia y el número limitado de sucesos. En el segundo estudio se examinó la mortalidad del mismo grupo de personas durante el mismo período de tiempo. Entre quienes habían sufrido exposición, la mortalidad debida a todas las causas no se apartó de lo previsto, pero, como se señaló en el caso anterior, este estudio sólo proporciona pruebas limitadas. Se ha notificado exposición directa de personas a furanos en dos accidentes de contaminación de aceite de arroz por PCBs, a su vez contaminados por dibenzofuranos policlorados, en el Japón (Yusho) y Taiwan (Yucheng). Aunque es posible que los efectos observados en esos accidentes pudieran deberse a la presencia de furanos, la semejanza de la estruc-

tura, los efectos y el mecanismo de acción de ambos impide llegar a una conclusión definitiva sobre el agente causante.

La toxicidad aguda por vía oral en los animales de laboratorio es muy variable, con valores de la DL-50 que oscilan entre 0,6 µg/kg de peso corporal en los cobayas y 1157 ng/kg en los hámsteres. Los efectos de la exposición a las dioxinas que son comunes a la mayor parte de las especies, y a veces a todas, son emaciación, involución linfoidea, hepatotoxicidad, cloracné y cambios epidérmicos, y lesiones gástricas. Otras respuestas características son edema, ascitis e hidropericardio en los pollos, muerte y reabsorción de fetos en ratas, y pérdidas de fetos y embritoxicidad y malformaciones en ratones. Se realizó un estudio de tres generaciones en el que se administró a ratas 2,3,7,8-TCDD con los alimentos. Se observó una disminución significativa de la fecundidad y la supervivencia neonatal en el grupo fo que recibió 0,1 µg de TCDD/kg al día. La fecundidad se redujo considerablemente en las generaciones f₁ y f₂ del grupo que recibió 0,01 µg de TCDD/kg al día. Con la misma dosis se observó asimismo una reducción del tamaño de la camada, la supervivencia durante la gestación y la supervivencia y el crecimiento neonatales. No se detectaron efectos en la fecundidad, el tamaño de la camada al nacer o el peso corporal postnatal en ninguna de las generaciones del grupo que recibió 0,001 µg de TCDD/kg al día. Se han observado en ratones algunos efectos teratogénicos relacionados con la exposición a dioxinas y furanos, entre ellos hidronefrosis y paladar hendido. El isómero más teratogénico fue el 2,3,4,7,8-pentaclorodibenzofurano, con una DE50 de 36 µg/kg para el paladar hendido y 7 µg/kg para la hidronefrosis. Las respuestas teratogénicas observadas son semejantes a las que se producen con la TCDD, pero la potencia de estos compuestos es de 10 a 100 veces menor.

Las dioxinas, especialmente la 2,3,7,8-TCDD, están asociadas con diversos efectos adversos en el sistema reproductor de ratas machos y hembras. La toxicidad en la reproducción de los machos incluye una alteración en la regulación de la secreción de la hormona luteinizante, reducción de la esteroidogénesis testicular, disminución de la concentración de andrógenos en el plasma, menor peso de los testículos y de los órganos sexuales acceso-

rios, anomalías morfológicas de los testículos, disminución de la espermatogénesis y reducción de la fecundidad. La toxicidad en la reproducción de las hembras se caracteriza por irregularidades hormonales en el ciclo del estro, disminución del tamaño de la camada y reducción de la fecundidad. En el examen de una publicación reciente, relativa a los efectos de la 2,3,7,8-TCDD en la inmunocompetencia se indica que afecta de manera indirecta (en el caso de las células T) o directa (en el de las células B) a los procesos de maduración o diferenciación de las células inmunocompetentes. En los estudios realizados en poblaciones humanas expuestas y en primates no humanos, se ha observado que los hidrocarburos aromáticos halogenados producen alteraciones cuantificables, tanto en la inmunidad innata como en la adquirida, aunque no se ha asociado de manera clara un déficit significativo de la inmunocompetencia con estos cambios. El CIIC ha llegado a la conclusión de que, si bien las pruebas de la carcinogenicidad de la 2,3,7,8-TCDD en el ser humano no son suficientes, sí lo son en los animales de experimentación. El CIIC ha clasificado la 2,3,7,8-TCDD como posible carcinógeno humano (grupo 2B). Se estima que otras dibenzodioxinas doradas (distintas de la 2,3,7,8-TCDD) no son clasificables en cuanto a su carcinogenicidad en el ser humano.

La exposición de los peces a dioxinas y furanos produce una mortalidad retardada que puede continuar durante muchos días después de la exposición. Las truchas irisadas expuestas a la 2,3,7,8-TCDD y al 2,3,7,8-TCDF durante un período de 28 días, seguido de otro de depuración también de 28 días, mostraron una CL50 a los 56 días de 46 pg/l para la TCDD y una NOEC basada en el crecimiento y la mortalidad inferior a la concentración mínima de exposición de 38 pg/l. La NOEC a los 56 días del TCDF se estimó en 1,79 ng/l para la mortalidad y en 0,41 ng/l para el crecimiento. La mortalidad y los cambios de comportamiento, como natación letárgica, inhibición de la alimentación y falta de respuesta a estímulos externos, se mantuvieron una vez que el período de exposición de 28 días había concluido. En las primeras fases de su vida, los peces son muy sensibles a los efectos de las dioxinas, los furanos y los PCBs. Concentraciones del orden de partes por billón de estos productos químicos estructuralmente relacionados, producen toxicidad en los huevos de la trucha lacustre y la irisada, que se manifiesta por la mortalidad de los alevines vesiculados, debido a la aparición de edemas en la vesícula vitelina y hemorragias.

Los huevos de la garza *Ardea herodias* recogidos en lugares con niveles de contaminación baja, intermedia y alta tenían una concentración de 2,3,7,8-TCDD de 10 ng/kg (peso húmedo), 135 ng/kg y 211 ng/kg, respectivamente. Aunque no se registraron efectos en la mortalidad de los polluelos, sí hubo reducción del crecimiento y depresión del crecimiento esquelético al aumentar la concentración de

TCDD, y edemas subcutáneos tanto más intensos cuanto mayor era la concentración de PCDD y PCDF. Se observaron asimismo picos más cortos y folículos de plumones escasos en los polluelos procedentes de las zonas más contaminadas. Los visones que recibieron TCDD experimentaron un síndrome de emaciación relacionado con la intoxicación por este producto y lesiones gástricas a dosis más elevadas. La DL50 por vía oral a los 28 días se estimó en 4,2 tg de TCDD/kg de peso corporal.

Se considera que las dioxinas y los furanos son compuestos muy estables y persistentes, como lo demuestra la semivida de la TCDD en el suelo, de 10-12 años. Esta persistencia, combinada con sus elevados coeficientes de reparto (hasta 8,20 para la OCDD) proporciona las condiciones necesarias para la bioconcentración de estos compuestos en los organismos. Se han notificado factores de bioconcentración de 26707 en la trucha irisada (*Salmo gairdneri*) expuesta a la 2,3,7,8-TCDD. Las propiedades químicas de las dioxinas y los furanos (baja solubilidad en agua, alta estabilidad y semivolatilidad) favorecen su transporte a larga distancia, habiéndose detectado estos compuestos en organismos del Ártico.

Al igual que en la mayor parte de los demás compuestos organoclorados, los alimentos son la fuente principal de dioxinas y furanos para la población general, siendo los alimentos de origen animal los que más contribuyen a su acumulación en el organismo humano. En un estudio sobre las dioxinas realizado en los alimentos de los Estados Unidos, las concentraciones totales de PCDD y PCDF oscilaron entre 0,42 ppb y 61,8 ppb (peso húmedo) (gama total de EqT: 0,02 a 1,5 ppb). La ingesta diaria estimada de las personas adultas varió entre 0,3 y 3,0 pg EqT/kg de peso corporal, y la de los lactantes alimentados con leche materna la gama fue de 35,3 a 52,6 pg de EqT/kg de peso corporal. En estimaciones recientes de la ingesta diaria media en el Canadá, Alemania y los Países Bajos se dan valores de 1,52, 2 y 1 pg EqT/kg de peso corporal, respectivamente. Estos valores son inferiores a la IDT de 10 pg/kg de peso corporal estimada por la OMS para la exposición a lo largo de toda la vida.

2. INVENTARIO REGIONAL DE ACTIVIDADES QUE USAN Y/O GENERAN LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO. IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPARTIMENTOS AFECTADOS

2.1. PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS (ALDRÍN, CLORDANO, DDT, DIELDRÍN, ENDRÍN, HEPTACLORO, MIREX, TOXAFENO Y HEXACLOROBENCENO)

2.1.1. Producción Nacional y en la Región de Murcia

Plaguicidas organoclorados. El empleo en España y la Región de Murcia del DDT y de los plaguicidas organoclorados objeto de este trabajo se remonta a los años 50 y 60. En la publicación "Medio contra la lucha de plagas y enfermedades" de la Editorial Dossat S.A., de 1961 en su apartado 3,º que trata sobre insecticidas de ingestión y contacto, se hace especial mención a los productos clorados. En esta publicación se habla de la eficacia del DDT empleado bajo tres formas de aplicación: suspensión, espolvoreo o emulsión.

- *Suspensión.* Era el método general de uso y el más económico. El producto se comercializaba al 5-7% con un vehículo que podía ser caolín, acompañado de mojantes o adherentes. Estos productos comerciales para usarse en suspensión, se diluían al 1% en agua, con lo cual 100 litros de agua contenían entre 50-70 g de DDT. Se formaba una papilla con el agua que se agitaba vigorosamente hasta quedar homogénea, sin grumos y bien batida.
- *Emulsión.* Como emulsión, forma más eficaz que la suspensión, estaban formuladas por un disolvente y un emulsionante, a una concentración del 10-20% de DDT. Este a su vez se diluía a 0,25-0,5 litros/100 litros, resultando una proporción de 50-100 g/100 litros.
- *Espolvoreo.* Se comercializaba al 3-10% en talco. Era más caro que en suspensión pero resultaba más eficaz en muchos casos, por ejemplo, para combatir la "pulguilla" de la remolacha.

En esta misma publicación española de 1961 se hace mención al lindano, clordano, toxafeno, aldrín, dieldrin y endrin. De la información recabada a los técnicos de las Oficinas Comarcales Agrarias de la Consejería de Agricultura Agua y Medioambiente de la Región de Murcia el DDT por su alta eficacia, versatilidad y escasos fenómenos de resistencia por los insectos fue quizá el más empleado en todo tipo de cultivos y para combatir todo tipo de plagas de insectos. En endrín que se conocía como "polvos del algodón", aldrín, dieldrin y heptaclor, eran también empleados en menor medida el mirex y toxafeno.

Situación legal. A partir de los años 80, el empleo de

estos plaguicidas en España, debido a las restricciones a nivel mundial y europeo, empezó a bajar rápidamente. La prohibición definitiva en España se produjo con la **Orden de 4 de febrero de 1994, por la que se prohíbe la comercialización y utilización de plaguicidas de uso ambiental que contienen determinados ingredientes activos peligrosos (B.O.E. número 41, de 17 de febrero de 1994).**

Mediante esta orden y de acuerdo con el artículo 25.2 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, se contempla la posibilidad de que las autoridades sanitarias establezcan prohibiciones para el uso y tráfico de bienes cuando puedan suponer riesgo o daño para la salud. De una forma más específica, El Real Decreto 162/1991, de 8 de febrero, por el que se modifica la reglamentación Técnico Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de los plaguicidas, atribuye, en el apartado 7º de su artículo único, esta facultad limitadora al ministerio de Sanidad y Consumo, en los casos que se compruebe que un plaguicida representa un peligro para la salud o la seguridad. En el ejercicio de estas potestades, se dicta la orden de 4 de febrero de 1994, que tiene por objeto prohibir la comercialización y uso de plaguicidas de uso ambiental que contienen compuestos organoclorados y otros ingredientes activos, cuya peligrosidad para el hombre está ampliamente contrastada. Las sustancias cuya presencia en los plaguicidas de uso ambiental que se prohíben en esta orden ya se encontraban prohibidas o limitadas en otros ámbitos. Así, mediante Orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de 1 de febrero de 1991 (B.O.E. de 12 de febrero) se prohibió su comercialización y uso en los productos fitosanitarios. Igualmente, el reglamento del Consejo de la Comunidad Europea 2455/92/CEE, de 23 de julio, estableció una regulación muy estricta y limitativa en lo que se refiere a la exportación e importación, entre otros, de estos productos.

La orden de 4 de febrero de 1994 disponía:

PRIMERO: Queda prohibida la importación, comercialización y utilización dentro del territorio nacional de todos aquellos plaguicidas de uso ambiental que contenga alguna de las siguientes sustancias:

1. Aldrin*
2. Clordano*
3. Dieldrin*

4. DDT*
5. Endrin*
6. HCH (que contenga menos del 99% del isómero gamma, lindano)
7. Heptacloro*
8. Hexaclorobenceno*
9. Toxafeno*
10. Arsénico y sus derivados
11. Estricnina y sus sales
12. Cultivos microbianos de Enterobacteriaceas.

*COPs objeto del presente estudio.

SEGUNDO.

TERCERO. Para lo dispuesto en esta Orden, se efectuarán de oficio, en el registro de Plaguicidas de la Dirección general de Salud Pública, las cancelaciones o restricciones correspondientes de los plaguicidas que contengan alguno de los ingredientes activos mencionados en el apartado primero.

El Mirex se regula específicamente por la Orden 4 de Agosto de 1993, sobre autorización y control de productos fitosanitarios.

Los plaguicidas objeto del presente estudio, por tanto, no están autorizados por el Registro Oficial de productos fitosanitarios de Ministerio de Sanidad y Consumo.

2.1.2. Situación general en los Países Mediterráneos. Producción actual y almacenamiento

El estudio realizado por la UNEP "Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances" en los Países Mediterráneos "Mediterranean Regional Report", de diciembre de 2002, presenta entre otros aspectos, la situación de los Países Mediterráneos en cuanto a la producción, usos, y almacenamiento de estos plaguicidas organoclorados. En el presente estudio han participado por parte de España el CID-CSIC cuyo coordinador en este trabajo es Joan Albaiges, la Universidad Politécnica de Cataluña cuyo coordinador es Jordi Bruno y el instituto Químico de Sarriá cuyo coordinador es Jordi Díaz. El ámbito geográfico de este estudio abarca todos los países que lindan con el Mediterráneo, incluyendo: Albania, Argelia, Andorra, Bosnia, Croacia, Egipto, Francia, Grecia, Israel, Italia, Jordania, Líbano, Libia, Malta, Mónaco, Marruecos, Palestina, Portugal, San Marino, Yugoslavia (Serbia y Montenegro), Eslovenia, España, República de Siria, la actual república yugoslava, Macedonia, Túnez y Turquía.

Producción y uso. Los plaguicidas organoclorados incluidos entre los 12 COPs objeto de este estudio han sido empleados en grandes cantidades en los Países Medite-

rráneos, aunque actualmente su producción y su uso han sido prohibido en la mayoría de los países, con algunas excepciones. El aldrín, dieldrín, heptacloro, clordano y los HCHs están prohibidos en la Unión Europea para su uso en la protección de los cultivos. Para otras aplicaciones, es necesario un escrito que autorice su importación. El endrin y el mirex, aunque no están incluidos en los procedimientos denominados PIC (Prior Informed Consent, de la Convención de Rotterdam de 2002), su uso ha sido prohibido por numerosos países. Excepciones específicas han sido también solicitadas por Argelia (para el clordano, el DDT y el heptacloro) y Marruecos (DDT). El DDT es el único plaguicida organoclorado que continúa actualmente produciéndose en los Países Mediterráneos. Tanto en el Norte como en el Sur, algunos usos específicos continúan en práctica. Actualmente, el DDT es el precursor en la fabricación del plaguicida Dicofol (usado en la actualidad). El DDT, además, se produce para ser exportado en la Europa del Este. Italia importó en 1998, 1200 toneladas de Méjico para la fabricación de dicofol. No obstante, existe una disminución importante del empleo del DDT en la agricultura de los países avanzados. En Europa, hasta mediados de los 90, la compañía EniChemi Synthesis fabricó DDT en Pieve Vergonte (Italia), a razón de 6.000 Tm al año, que se vendían entre otros a Rohm and Haas Italia Srl, Industrias Prodotti Chimici SpA (Italia) y Lainco, S.A. (España). El fabricante Elf-Atomvhem poseía una planta de producción con capacidad de 10.000 Tm/año que cerró en 1988. En la actualidad el DDT se produce como precursor del dicofol en la fábrica Montecinca en Huesca (España) a razón de 1500 Tm/año.

El hexaclorobenceno (HCB) ha sido producido hasta mediados de los 80, particularmente por Ercross (Flix, España), con una producción anual de 1.000 Tm.

Puntos calientes y puntos de almacenamiento en los Países Mediterráneos. El inventario de los Países Mediterráneos es incompleto, pero se espera que la información proporcionada por la FAO actualice los inventarios, cuestión de relevante importancia. En el año 1997, el stock estimado de plaguicidas prohibidos, en los Países Mediterráneos, se estimó en 882 Tm. El principal problema de estos stocks es que los plaguicidas prohibidos puedan seguir siendo empleados sin el control de las autoridades. Algunos accidentes importantes se han producido en este sentido, por ejemplo la contaminación causada en Pieve Vergonte, una amplia zona industrial en la Región de Piemonte, al norte de Italia, como consecuencia de los vertidos de la factoría EniChemi Synthesis. Se estimó que se vertieron 1.000 Tm durante los más de 40 años de producción. Este episodio de contaminación se extendió a través del río Foce que desemboca en Lago Maggiore.

La tabla siguiente muestra algunos stocks en los Países Mediterráneos.

País	LOCALIZACIÓN	COPs	Kg
Argelia	TIPAZA	ALDRIN	25
	ALGER	ALDRIN	320
	AIN TEMOUCHENT	DDT	5000
	ALGER	DDT	1000
	MUSTAGANEM	DDT	180000
	SIDI BEL ABBAS	DDT	2000
	TIZI OUZU	DDT	1075
	MASCARA	DDT	1400
	TIPAZA		425
Libia	TRIPOLI-BENGAZI-LOCUST	DIELDRIN	20
Marruecos	?	DIELDRIN	880
	?	ENDRIN	122
	?	HEPTACLOR	2626
	?	DDT	2062
Siria	HAMAH	DDT	1500

2.1.3. Información obtenida del “Documento de información sobre la situación en España de los inventarios de compuestos orgánicos persistentes”.

Las sustancias utilizadas mayoritariamente en productos fitosanitarios (Aldrina, Clordano, Dieldrina, DDT, Endrina, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Toxafeno) se encuentran reguladas a nivel estatal desde 1986, por la Orden 28 febrero 1986 por la cual se prohíbe su comercialización y utilización como productos fitosanitarios, y desde 1994, por la **Orden 4 de febrero de 1994** que prohíbe su importación, comercialización y utilización como plaguicidas de uso ambiental (ésta última Orden incluye también el Hexaclorociclohexano, que contenga menos del 99% de isómero gamma). El Mirex se regula específicamente por la Orden 4 de Agosto de 1993, sobre autorización y control de productos fitosanitarios.

Teniendo en cuenta la condición legal del conjunto de sustancias para usos fitosanitarios y las opiniones recogidas a través de los contactos realizados para la elaboración del presente informe, es presumible que actualmente las únicas fuentes de emisión identificables provengan de sus usos históricos y de las posibles existencias.

Por otro lado, algunas de estas sustancias han tenido y siguen teniendo algunos usos restringidos como intermediarios en la fabricación de otros productos químicos: es el caso del **DDT en la fabricación de Dicofol y del Hexaclorociclohexano** como intermediario en la fabricación de algunos productos químicos clorados (exenciones establecidas por el Reglamento 850/2004). **Dado que se trata de usos intencionales, las emisiones derivadas deben minimizarse en origen, es decir, durante el proceso productivo en el que participan o se generan.**

Otro tipo de excepción destacable es la del mismo Hexaclorociclohexano en algunas aplicaciones específicas como insecticida.

Hexaclorobenceno (HCB)

Los principales usos del Hexaclorobenceno son como producto fitosanitario e intermediario en la fabricación de productos químicos clorados. **No obstante, se emiten mayormente de forma no intencional resultado de la presencia de materia orgánica y cloro en procesos de combustión incompletos o reacciones químicas.** De acuerdo con el Convenio de Estocolmo y el Protocolo sobre compuestos orgánicos persistentes, las principales fuentes de emisión son:

- Incineración y co-incineración de residuos
- Procesos térmicos metalúrgicos
- Uso de combustibles clorados en hornos
- Producción de pasta de papel mediante cloro o productos químicos que lo generan

2.1.3.1. Inventarios nacionales

Para los 9 productos fitosanitarios objeto del presente trabajo, incluidos en el Convenio de Estocolmo y en el Reglamento 850/2004 (Aldrina, Clordano, Dieldrina, Endrina, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno y DDT), no existe en España ningún inventario de existencias. No obstante, tal como se ha comentado anteriormente en el apartado de descripción de fuentes, el uso de estas sustancias en productos fitosanitarios hace años que está prohibido (en consecuencia, no aparecen en el Registro de Productos Fitosanitarios del Ministerio de Agricultura y Pesca¹), con lo cual es de esperar que actualmente ya no haya existencias de estos productos. También se ha indicado anteriormente que, en el caso de España, no hay información en la base de datos de pesticidas obsoletos de la FAO.

Los representantes del sector (Asociación Empresarial para la Protección de las Plantas, AEPLA y Asociación Española de Fitosanitarios y Sanidad Ambiental, AEFISA) coinciden en que es poco probable que existan stocks de estos productos, si bien indican que para tener constancia de ello, sería preciso remitir una solicitud de información al conjunto de empresas del sector o incluso a los grandes consumidores (cooperativas agrarias, distribuidores, almacenistas, etc.).

Por otro lado, difícilmente puede haber existencias debido a la importación ilegal de estos productos, teniendo en cuenta el estricto control al cual está sometido el sector. En todo caso, las existencias de estos compuestos o productos que las contengan, vendrán dadas por malas prácticas en la aplicación y eliminación de los mismos, que podrían dar lugar a emplazamientos contaminados que sería preciso inventariar y remediar.

En este sentido, se debería analizar el inventario

1. <http://www.mapya.es/es/agricultura/pags/fitos/fitos.htm>

nacional de suelos contaminados para identificar aquellos emplazamientos afectados por estos compuestos. El primer inventario de suelos contaminados, cuya información es confidencial, finalizó en 1993 y actualmente son las comunidades autónomas las que deben elaborar sus propios inventarios de acuerdo con la Ley 10/98 de Residuos.

Un caso aparte sería el uso de algunas de estas sustancias como intermediarios para la fabricación de otros productos. Estos usos, de acuerdo con el Reglamento 850/2004 están sujetos a restricciones, como es el caso del DDT durante la fabricación de Dicofol (hasta el año 2014, a revisar en 2008), y del HCH (incluido Lindano) para usos en sanidad ambiental y como intermediario en la fabricación de productos químicos. De acuerdo con la base de datos de empresas y productos químicos de FEIQUE, en España tan sólo hay un emplazamiento donde se fabrica Dicofol. No aparece en cambio ninguna empresa que fabrique o comercialice Hexaclorociclohexano.

Existencias

No existe un inventario de existencias de los productos fitosanitarios considerados, si bien, teniendo en cuenta que las sustancias incluidas tienen su uso prohibido desde hace años, no se prevé que aún existan stocks. No obstante, puede haber existencias de DDT y Lindano para su usos permitidos como intermediarios de otros productos fitosanitarios (Dicofol, en el caso del DDT), o fabricación de algunos productos químicos clorados. En cualquier caso, en España se trata seguramente de usos puntuales que no deberían presentar dificultades de identificación. **Otro aspecto a tener en cuenta es el inventariado de emplazamientos contaminados históricamente, por malas prácticas en el almacenamiento y/o vertido de los productos. Algunos de estos emplazamientos son conocidos, como es el caso de los antiguos stocks y suelos contaminados por Lindano en el País Vasco,** y otros emplazamientos pueden estar también identificados en los inventarios de suelos contaminados de las Comunidades Autónomas.

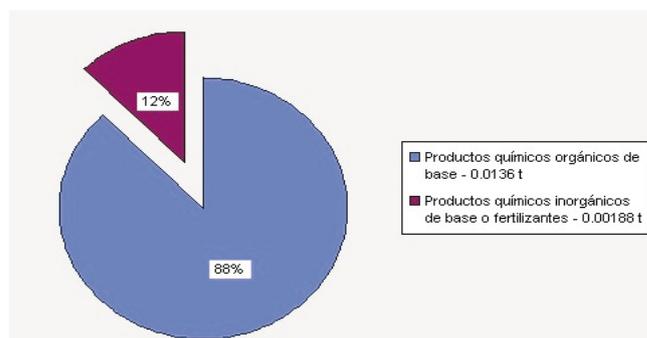
2.1.4. Registro EPER. Hexaclorobenceno (HCB)

De acuerdo con la normativa Europea y la Ley 16/2002 de 1 de julio, relativa a la Prevención y Control Integrados de la Contaminación, el Ministerio de Medio Ambiente puso en marcha el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (EPER-España), cuyo objetivo es disponer de información relativa a las emisiones generadas al aire y al agua por las instalaciones industriales afectadas por la Ley, según los requisitos de la Decisión EPER, y siempre que se superen los umbrales de notificación establecidos en la misma.

EPER EUROPA

Los datos disponibles para consulta en la web del EPER Europa corresponden al año 2001.

Las emisiones de hexaclorobenceno reportadas al registro EPER se refieren a descargas al agua, a pesar de que se haya establecido un valor umbral tanto para las descargas al agua (0,001 t/año), como para las descargas a la atmósfera (0,01 t/año).



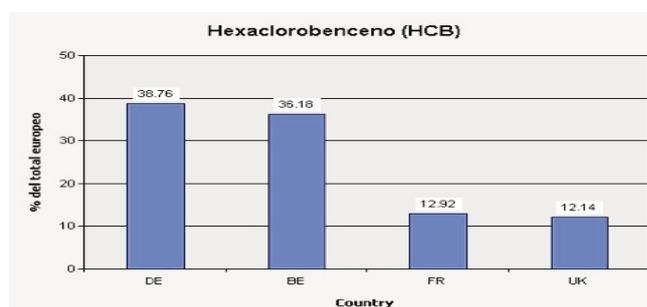
En cuanto a vertido de hexaclorobenceno al agua, el primer lugar lo ocupan las industrias de fabricación de productos químicos orgánicos de base, que representan el 88% del total de las emisiones de este contaminante al agua; mientras que el segundo lugar lo ocupan los productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes, que representan el 12% restante.

Sólo dos son las categorías de actividades que han llevado a cabo la declaración de estos compuestos, y cuatro han sido los complejos industriales, y ninguno de ellos se sitúa en nuestro país:

PAÍS	ACTIVIDADES	COMPLEJOS	EMISIONES TOTALES	% DEL TOTAL EUROPEO
Alemania	1	1	0.00188 t	12.14
Bélgica	1	1	0.002 t	12.92
Francia	1	1	0.0056 t	36.18
Reino Unido	1	1	0.006 t	38.76
EU	2	4	0.01548	

TOTAL HCB EMITIDO EN 2001= 15,48 Kg

La distribución de las cantidades emitidas por estos cuatro países se representa en el siguiente gráfico:



EPER ESPAÑA

Está disponible la información de los años 2001, 2002 y 2003. Cabe matizar sobre este último punto, que **en España, todas las instalaciones incluidas en el Anexo 1 de la Ley 16/2002 deben reportar sus emisiones, si bien tan solo son públicos los datos que superen los umbrales de notificación establecidos**. Este aspecto debe tenerse en cuenta a la hora de valorar la disponibilidad de datos de cara a las obligaciones establecidas por el Convenio de Estocolmo y el Reglamento 850/2004.

Según los datos reportados por España en el **año 2003, se emitieron un total de 34 kg/año de Hexaclorobenceno al aire**. Estas son las únicas emisiones de HCB reportadas al aire en Europa, y **proviene de una planta de residuos peligrosos de Cantabria***. Ante estos resultados, el dato para España posiblemente es erróneo, y parece ser que en la actualización de los datos a 30 de septiembre de 2004 no aparecen emisiones de HCB al aire (no están publicados en la web los datos de 2004).

2.1.5. Empleo en la Región de Murcia. Almacenamiento.

2.1.5.1. Puntos de almacenamiento en la Región de Murcia.

De acuerdo a lo expuesto a lo largo del apartado, anterior no podemos hablar de un inventario de generación, utilización y emisiones, ni tampoco de comercialización y distribución en la Región de Murcia. No se produce a nivel nacional ninguno de los plaguicidas pertenecientes a los 12 COPs con la única excepción en la actualidad del DDT que se produce como precursor del dicofol en la fábrica Montecínca en Huesca (España) a razón de 1500 Tm/año. Existe un único fabricante de fitosanitarios en la Región de Murcia que es Probelte. Con fecha 06-10-03 se realizó una visita de inspección a la empresa Probelte (sita en la carretera de Madrid Km 389, en Espinardo (Murcia), coordenadas UTM 30S x= 0661533, y= 4209730) atendida por el responsable técnico de la misma Pedro Martínez Ortiz. De acuerdo a las conversaciones mantenidas, la producción que se lleva a cabo en la empresa es fundamentalmente de formulación y no de síntesis. Tan solo se llevan a cabo procesos básicos de síntesis como neutralización, obtención de sales a partir de ácido, etc. No se realiza síntesis de dicofol a partir de DDT en la empresa, ya que este principio activo se recibe como producto técnico para su formulación como acaricida.

Tampoco se utilizan actualmente en Murcia estos plaguicidas, ya que como hemos indicado se encuentran ex-

cluidos del Registro Oficial de Fitosanitarios desde 1994, y por tanto no se comercializa ningún formulado actualmente que contenga como principio activo cualquiera de los plaguicidas pertenecientes a los 12 COPs del Convenio de Estocolmo.

No obstante, con la intención de confirmar la inexistencia de cualquier tipo de stock almacenado, se llevó a cabo una búsqueda de empresas productoras (sólo existe Probelte como productora de fitosanitarios) y suministradoras de productos fitosanitarios (la mayoría de las cuales están también dadas de alta como gestores intermedios o gestores finales de envases o embalajes de productos agroquímicos y fitosanitarios, del registro de gestores autorizados facilitado por la Región de Murcia). Están incluidos en la base de datos adjunta cooperativas agrarias y grandes productores agrarios (dadas de alta como gestores de envases o embalajes). Se realizó una encuesta de la lista que a continuación se detalla por vía telefónica, por e-mail o en algunos casos mediante visita a la propia instalación, con la intención de recabar información de posibles puntos de almacenamiento de los plaguicidas organoclorados objeto del presente trabajo. En ninguno de los casos se reconoció la existencia de almacenamiento de estos compuestos. El argumento presentado y que, tras numerosas conversaciones con implicados en el sector, parece como lógico y probable, es que estos plaguicidas que se emplearon entre los años 1960-1990, es poco probable que en la actualidad existan todavía almacenados, ya que se emplearon por el agricultor y sus envases fueron gestionados o fundamentalmente quemados por este tras su uso. Por otro lado existen desde hace años alternativas a estos insecticidas eficaces y de bajo coste, como se describe en el apartado anterior del presente informe, que son los que actualmente se están empleando en la Región de Murcia.

(*) De acuerdo con el acuerdo con la información presentada en el "Documento de información sobre la situación en España de los inventarios de compuestos orgánicos persistentes" hace referencia a 34.7 Kg procedente de dos acerías, información ésta que no concuerda con lo publicado en LA WEB del EPER-ESPAÑA.



GESTORES FINALES DE ENVASES Y EMBALAJES DE PRODUCTOS AGROQUÍMICOS Y PLAGUICIDAS

Productores y Redes de distribución de productos fitosanitarios											
Nombre 1	Nombre 2	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Ciudad	Provincia	Condominio	Tel	Tel móvil	Fax	Email
AGROQUÍMICOS											
ALDESA		Pol. Ind. El Salar	Parc. 16-19	Apartado 62	Torres	Murcia	Francisco Navarro	968 44 84 83		968 42 48 94	alidesa@agropagujules.es
APAGRO	Avagrosa Agro	Molina de Segura, 5	Bloque 8 3ºB		Murcia	Murcia	Miguel Frías	968 42 48 84		968 23 36 24	avagrosa@agropagujules.es
BASF		Intendente Párrafo, 5 3ºB			Murcia	Murcia	Carlos Minkbat	619 23 63 41		968 58 00 97	carlos.minkbat@basf.es
BIAGRO	Bioactivantes Agrícolas	Agroquímicos Las Tronchas			Murcia	Murcia	Domingo Sánchez	968 58 00 97		968 57 91 18	biagro@agropagujules.es
BIORBEST	Biological Systems	Ineur Producción Vegetal			Murcia	Murcia	Antonio López	968 57 84 31		968 57 91 18	agropagujules.es
COMERCIAL PROJAR		Agroquímicos			Murcia	Murcia	Luis Fernández Lozano	968 61 96 16		968 43 72 60	agropagujules.es
ECONEX	Ecología Agrícola	Ctra. Murcia-San Javier	Ctra. San Cayetano		Murcia	Murcia	Francisco Martínez	968 53 72 07		968 86 23 42	ECONEX@ECONEX.COM
EUROCHEM		San Francisco, 6			Murcia	Murcia	Pedro Martínez	968 50 24 01		968 30 54 32	probeta@probeta.es
HUMOSOS Y DERIVADOS		Ctra. Madrid, KM 384			Murcia	Murcia		968 30 72 50		968 69 80 56	
KENOGARD		pol. Ind. Travesía Mariano	Síntesis s/n		Murcia	Murcia		968 68 80 75		609 88 10 71	JLSANCHEZ@KENOGARD.ES
KOPPERT		Finca Labradrioso del Medio, S/N	Apartado 286		Murcia	Murcia		968 23 65 78		968 49 30 98	MPLUSSILA@KOPPERT.ES
LIFE, Productos Life		Agrosur			Murcia	Murcia	José García Ruiz	968 29 34 53		968 36 42 52	PROBELTE@PROBELTE.ES
MASSO, Comercial Química		Levante Sur			Murcia	Murcia	Pedro Martínez Ortiz	968 30 72 50		968 76 07 55	peformartinez@probeta.es
PROBELTE		Ctra. Madrid, KM. 389			Murcia	Murcia		968 30 72 50		968 76 07 55	
SIFOCAMINAGRA					Murcia	Murcia		968 30 72 50		968 76 07 55	
TOMCATO, S.A.		Ctra. De Madrid Km. 384,6 P.I. La Polvorista			Murcia	Murcia		968 30 72 50		968 76 07 55	
Gestores intermedios de envases y embalajes de productos agroquímicos y plaguicidas											
Nombre 1	Nombre 2	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Ciudad	Provincia	Condominio	Tel	Tel móvil	Fax	Email
AGRICOLA JUMILLANA, S.C.L.		Avenida Yedra, s/n			Jumilla	Murcia	Juan Guardiola	968 783 524		968 783 524	agricola@bsi.es
AGROCIEX, SL		Ctra. Nacional Madrid P.K 351			Cieza	Murcia	Rosario Fuentes	968 763 719		968 773 340	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS FUENTES, SL		Ctra. De Aguilas, s/n			Mazarrón	Murcia	Domingo Sánchez	968 590 057			agropagujules.es
AGROQUÍMICOS LOS TRINIDOS, SL		Finca Los Tronchos			Balazares	Murcia	Domingo Sánchez	968 590 057			agropagujules.es
CAMPO DE CIEZA, S.C.L.		Pol. Ind. Ascovy	Parc. B-32		Cieza	Murcia	Eduardo Molina	968 453 909		968 455 749	agropagujules.es
COBUCO, S.C.L.		Ctra. Alcantarilla-Camaraca km 41,5			Bullas	Murcia		968 654 000		968 659 775	agropagujules.es
COOP AGR SAN BARTOLOME		C/Murcia, 32			Litonia	Murcia		968 654 000		968 659 775	agropagujules.es
COOP INTRA SEÑORA DEL ROSARIO		Ctra. Los Rocas, s/n			Alhama de Murcia	Murcia		968 659 243		968 630 243	agropagujules.es
COOPERATIVA AGROQUÍMICA SA		Ctra. El Viejo de Pílogo, s/n			Torre Pacheco	Murcia		968 390 594		968 397 695	agropagujules.es
DISTRIBUIDORA DE AGROQUÍMICOS, SL		Ctra. de Alcazar de San Juan, km 2,5			Alcazar de San Juan	Murcia		968 554 337		968 592 656	agropagujules.es
FURFURAL ESPAÑOL, SA		C/ Mayor 237	separado 182		Alcantarilla	Murcia		968 554 337		968 592 656	agropagujules.es
IBERIAL, S.C.L.		C/ Los Pérez, s/n			Torre Pacheco	Murcia	Javier Rodríguez	968 689 656		968 596 571	agropagujules.es
OUJAPAR, S.C.H		Paraje Almarjal			Cebalgué	Murcia	Alicia Gil	968 742 884		968 741 947	oujap@cae.es
S.C. SAGRADO CORAZÓN DE JESUS		Pol. Ind. De la Hoya de Lorca			Lorca	Murcia	Jorge Aranz	968 481 595		968 481 595	oujap@cae.es
S.C.A. CIEZANA DE FRUITAS		Ctra. Madrid-Catagena, km 363			Cieza	Murcia	MP Angeles Oujida	968 454 600		968 453 669	oujap@cae.es
S.C.A. VALLE DE ABAJAN		Ctra. de Cieza, s/n	pol. El Campillo		Abaján	Murcia	Rebeca Mondar	968 474 711		968 474 711	oujap@cae.es
SUARELLOCA, S.C.L.		Dg. Pulgosa, s/n			Lorca	Murcia	MP José González	968 467 999		968 444 156	oujap@cae.es
Gestores finales de envases y embalajes de productos agroquímicos y plaguicidas											
Nombre 1	Nombre 2	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Ciudad	Provincia	Condominio	Tel	Tel móvil	Fax	Email
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Avenida Andalucía Gálvez, nº16-17			Murcia	Murcia		968 410 204		968 410 139	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Calle de los Rincones, s/n			Mazarrón	Murcia	Francisco Blaya	968 590 043		968 591 492	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. Pozo Alejo, km 3			Lorca	Murcia	Nicolás	968 173 004		968 173 004	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		C/ Villaspesa, s/n			Lorca	Murcia	Manuel López	968 469 312		968 469 312	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Mazarrón, s/n			Totana	Murcia	Andrés García	968 424 621		968 424 621	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de la Pílima, km 3			Mazarrón	Murcia	Lucía	968 590 373		968 590 373	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Polig. Industrial oeste, s/n			Alcazar de San Juan	Murcia	Francisco Torrente	968 720 106		968 721 160	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		C/ Brazal Nuevo, nº2			Benil	Murcia		968 600 655		968 602 655	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		C/ Río Mundo, s/n			Ceñu	Murcia	Miguel Ángel López	968 692 642		968 692 642	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		C/ Libertad, 17			Calepina	Murcia		968 745 655		968 745 655	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. Del Canal, s/n			Moratalá	Murcia		968 706 255		968 706 255	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. Mazarrón			Mazarrón	Murcia		968 590 360		968 591 593	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Abanilla			Santomera	Murcia	Ramón Sánchez Artero	968 880 001		968 880 001	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Pol. Ind	Parc. H4-16-16		Aguilas	Murcia		968 410 680		968 410 516	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Avenida Menéndez Pelayo, 57			Abadín	Murcia	Manuel García	968 770 000		968 770 079	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Caravaca, s/n			Mula	Murcia		968 637 106		968 661 100	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Paraje Santa Cruz, s/n			Torre Pacheco	Murcia		968 595 595		968 595 595	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Fuente Alamo, km 6			Balsapineda	Murcia		968 151 173		968 151 173	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Diputación de Fueros			Lorca	Murcia		968 402 384		968 402 384	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de los Arejos			Aguilas	Murcia		968 410 476		968 412 660	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Calle de los Rincones, s/n			Mazarrón	Murcia	Ana Belén González (depar)	968 590 001		968 590 789	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Carrera de Pizzo Estrecho, km 1			Torre Pacheco	Murcia		968 578 011		968 578 011	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Carretera de Lorca, 2			Aguilas	Murcia	Francisco López	968 413 612		968 413 612	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Diputación de la Cañada gallega, s/n			Abasón	Murcia	Alejo Duaz	968 159 501		968 159 501	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Estación, s/n			Abasón	Murcia		968 451 536		968 451 536	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. La Palma			La Palma	Murcia	Ana Belén Moreno	968 554 108		968 554 108	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Avenida 13 de Octubre, km 2			Alcazar de San Juan	Murcia		968 334 606		968 334 606	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Caravaca, km 17			Calepina	Murcia	José Juan Valero	968 745 183		968 745 183	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. Nacional 301, km 341			Cieza	Murcia	Juan Antonio	968 455 779		968 455 779	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Carretera de Mula, s/n			Cieza	Murcia	Shadrach Fernández Escudé	968 659 173		968 659 173	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Los Almogros, s/n			Pílogo	Murcia	Manuel Palares	968 151 222		968 151 222	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Ctra. de Lorca, 15			Fuente Alamo	Murcia		968 500 237		968 500 237	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Calle de Cartagena, s/n			Lorca	Murcia	Francisco Llored	968 455 163		968 455 163	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		Avenida Vicente Riano, s/n			Litonia	Murcia	José Antonio Jiménez	968 659 129		968 659 129	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		S.A.T. FRUITS LIBERLA			Aguilas	Murcia		968 446 900		968 411 439	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		S.A.T. CIEZANA, S.C.L.			Cieza	Murcia		968 760 824		760 036	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		SAN AGROQUÍMICA PERRICHAN			Mazarrón	Murcia	Beja, Departamento de Cali	968 159 872		968 159 872	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		S.A.T. FRUITS LIBERLA			Mazarrón	Murcia	Miguel García	968 500 007		968 591 491	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		S.A.T. CIEZANA, S.C.L.			Cieza	Murcia	MP Jesús Lucas Lozano	968 761 690		968 761 690	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		SAN AGROQUÍMICA PERRICHAN			Mazarrón	Murcia	Pedro Antonio Carrolo	968 651 961		968 651 961	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		THARCOL, SAT 9504			Mula	Murcia		968 651 961		968 651 961	agropagujules.es
AGROQUÍMICOS DEL SURESTE, S.A.T		YERFUT, S.C.L.			Mula	Murcia		968 651 961		968 651 961	agropagujules.es

2.2. BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs).

2.2.1. Empleo de los PCBs y situación legal actual en España.

Los PCBs se han empleado a nivel mundial desde 1930 para diversos usos industriales. La gran utilidad que estos compuestos presentan vienen determinadas por su excelente capacidad dieléctrica, su termorresistencia y su estabilidad química. Por estas razones y según las estimaciones de la UNEP (United Nations Environmental Programme) entre 1929 y 1989 la producción total mundial de PCBs (excluida la Unión Soviética) fue de 1,5 millones de toneladas (representando una producción de unas 26.000 toneladas/año). Incluso después de que en Estados Unidos se prohibiese su fabricación, venta y distribución en 1976, entre 1980-1984 se mantuvo una producción en este periodo de 16.000 toneladas/año y entre 1984-1989 de 10.000 toneladas/año. Entre las diferentes aplicaciones para las que se han destinado los PCBs se tiende a diferenciar dos grupos: **aplicaciones abiertas y aplicaciones cerradas**. Entre las aplicaciones denominadas cerradas destacan los transformadores y condensadores. Fundamentalmente se habla de grandes transformadores y condensadores pero hay también que considerar otros usos eléctricos como las antiguas lámparas fluorescentes, los condensadores de los motores de arranque de los antiguos frigoríficos, aires acondicionados, secadores de pelo, etc. Dentro de las denominadas aplicaciones abiertas se incluyen numerosas aplicaciones en las que los PCBs se han empleado como productos lubricantes, líquidos hidráulicos, retardantes de fuego en pinturas y barnices, como plastificantes como aditivos de plásticos y cauchos, papel de copia sin carbón, asfaltos, etc. De todas estas aplicaciones aunque resulta difícil de evaluar con precisión, aproximadamente el 70-80% de la producción se destinó para su empleo en transformadores y condensadores, quedando un 20-30% para el resto de aplicaciones.

Situación legal en Europa y España. Desde su fabricación a partir de 1930 por grandes empresas químicas de EEUU, Japón, Alemania, Francia e Italia una serie de hechos dieron lugar a su ilegalización progresiva. En los años 60 empezó a preocupar su escasa biodegradación y su capacidad de acumulación en el medio ambiente, así como la aparición de niveles de PCBs en la leche materna. En 1968 tuvo lugar una intoxicación humana colectiva, conocida como intoxicación de Yusho, en las que 1500 personas fueron víctimas del consumo de arroz contaminado con alrededor de 2000 ppm de PCBs. Como consecuencia de los posibles efectos para la salud y el medio ambiente, a mediados de los 70 comienzan a aparecer leyes que regulan su utilización:

- La Comunidad Europea limita sus usos al empleo tan solo en algunos sistemas cerrados para los que se extremen los sistemas de seguridad contra incendios, con la **Directiva 76/768/CEE, de 27 de julio de 1976**. El Real Decreto 1406/1989 de noviembre da cumplimiento a esta Directiva.
- **La Directiva Europea 85/467/CEE, de 1 de octubre de 1985**, prohíbe desde el 1 de julio de 1986, la puesta en el mercado y el empleo de equipamientos nuevos que contengan PCBs.
- **La Directiva 96/59/CE, de 16 de Septiembre de 1996**, impone medidas para la eliminación y gestión de los PCBs y aparatos que los contengan.
- **El Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto**, incorpora al derecho ambiental interno la Directiva 96/59/CE.
- **El Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero**, por el que se modifica el Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan.

2.2.1.1. Situación general en los Países Mediterráneos. Producción actual y almacenamiento.

De acuerdo al estudio al que hemos hecho referencia en el punto 4.1.1.2 anterior (realizado por la UNEP "Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances" en los Países Mediterráneos "Mediterranean Regional report" de diciembre de 2002) la situación de los Países Mediterráneos en cuanto a la producción, usos, y almacenamiento de PCBs es la siguiente.

Los Países Mediterráneos han empleado numerosos equipos conteniendo PCBs. La producción total incluyendo tan sólo Francia, Italia y España ha sido estimada en 300.000 toneladas en el periodo de 1954-1984. Esto representa alrededor de un 15% de la producción mundial (estimada en 3,5 millones de toneladas por De Voogt y Brinkman en 1989). La producción finalizó en Francia en 1985 y en España en 1987. A pesar de las legislaciones comentadas anteriormente existen grandes cantidades de PCBs todavía en equipos en funcionamiento, además de grandes stocks de PCBs a la espera de ser eliminados.

2.2.2. Información obtenida del "Documento de información sobre la situación en España de los inventarios de compuestos orgánicos persistentes".

■ Inventario nacional de PCBs.

Los PCBs/PCT, incluidos en el Anexo A del Convenio de Estocolmo, y Anexos I y III del Reglamento 850/2004, cuen-

tan para su gestión en el territorio nacional con el *Plan Nacional de Descontaminación y Eliminación de PCBs y PCT y aparatos que los contengan (2001-2010)*, aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros, de 6 de abril de 2001 y publicado por la Resolución de 9 de abril de 2001.

El Plan Nacional de Descontaminación emana del Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los PCBs/PCT ("PCBs") y aparatos que los contengan. En él se aborda el objetivo de identificación de existencias, productos y artículos en uso que contengan PCBs, así como los desechos que los contengan o estén contaminados con PCBs. Igualmente, de conformidad con la normativa comunitaria (Directiva 96/59/CE), se fija el año 2010 como plazo máximo para llevar a cabo la eliminación o descontaminación de los PCBs y aparatos que los contengan, con la excepción de los transformadores eléctricos débilmente contaminados, que podrán estar operativos hasta el final de su vida útil.

El Real Decreto 1378/1999 exige la elaboración de un **inventario nacional de PCBs y aparatos contaminados**. El inventario incluye los siguientes aparatos (artículo 4):

- Aquellos que tengan un volumen de PCBs superior a 5 decímetros cúbicos.
- Los que tengan un volumen de PCBs comprendido entre 1 y 5 decímetros cúbicos.
- Para los aparatos con un volumen de PCBs superior a 5 decímetros cúbicos, a su vez, deberán distinguirse los dos grupos siguientes:
 - Aquellos que tengan una concentración de PCBs en el fluido aislante superior a 500 ppm en peso. Además, se presume dicha concentración, salvo acreditación en contrato, en los siguientes casos:
 - Los fabricados con un fluido aislante diferente del PCBs que hayan sido desencubados para su reparación o reconversión, o que hayan sido sometidos a tratamiento de filtrado.
 - Los que hayan sido objeto de operaciones de mantenimiento u otra manipulación que haya podido ocasionar su contaminación.
- Aparatos cuya concentración de PCBs en su fluido aislante esté comprendida entre 50 y 500 ppm en peso.

De acuerdo con el Real Decreto, se entiende por "aparato que contiene PCBs" aquellos que contengan o hayan contenido PCBs, tales como:

- transformadores eléctricos
- resistencias
- inductores
- condensadores eléctricos

- arrancadores
- equipos con fluidos termoconductores
- equipos subterráneos de minas con fluidos hidráulicos, y
- recipientes que contengan cantidades residuales (siempre que no hayan sido descontaminados por debajo de 50 ppm en peso)

El Real Decreto pedía para antes del 1 de septiembre del año 2000, que los poseedores de los aparatos enumerados más arriba, declararan su posesión a las Comunidades Autónomas competentes en razón del lugar de su emplazamiento. Esta primera declaración debía incluir también la identificación y previsión anual de los aparatos que serían sometidos a descontaminación o eliminación en los tres años siguientes. A partir de esta primera declaración las previsiones siguientes se debían comunicar cada tres años.

Así pues, con los datos suministrados por los poseedores, las Comunidades Autónomas venían obligadas a realizar inventarios de los aparatos mencionados anteriormente.

No obstante, en la propia Resolución de 9 de abril de 2001 de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se publica el Plan Nacional de Descontaminación y Eliminación de PCBs y PCT y Aparatos que los contengan, se manifiesta la imposibilidad de realizar un primer inventario nacional, al estar todavía las Comunidades Autónomas en proceso de elaboración de los suyos propios.

Por ello, el Ministerio de Medio Ambiente confeccionó en el año 2001 y a partir de datos recopilados mediante diversas consultas a los agentes implicados (extinto Ministerio de Industria y Energía, Comunidades Autónomas, empresas eléctricas, empresas gestoras de PCBs, ... etc.), las estimaciones para un primer inventario nacional de PCBs/PCT, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

INVENTARIO DEL PLAN NACIONAL DE DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN DE PCBs Y PCT Y APARATOS QUE LO CONTENGAN	
	CANTIDADES (TM)
PCBs y aparatos con PCBs	70.000
Aceites dieléctricos y aparatos contaminados con PCBs	140.000
Total	210.000

Se incluye también una estimación del desglose de existencias en forma líquida y sólida, y para los dos rangos de concentración previstos (por encima de 500 ppm y entre 50 y 500 ppm).

La cifra de 210.000 toneladas contrasta con la recopilación de inventarios de PCBs llevada a cabo por UNEP Chemicals en el Regionally Based Assessment of Persistent and Toxic Substances, donde países como Francia e Italia se sitúan en rangos de entre 3.000 y 6.000 toneladas de PCBs. No obstante, en el mismo informe se indica que los datos no son ho-

mogéneos, así como el hecho de que en Francia se ha descontaminado desde mediados de los años 1990 gran parte de las existencias, estimadas en algo más de 100.000 toneladas. Por otro lado, cabe indicar que el Real Decreto 1378/1999 va más allá que la Directiva 96/59/CE, ya que además de incluir el inventario de aparatos con más de 5 dm³, se incluye también el inventario de aparatos entre 1 y 5 dm³.

Actualmente, y aunque la práctica totalidad de las Comunidades Autónomas han enviado los resultados de los primeros inventarios autonómicos, no todas ellas están remitiendo anualmente, el resumen actualizado de dichos inventarios, desglosado por empresas o poseedores, a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente.

Lo cierto es que, tal como se ha contrastado con responsables del Ministerio de Medio Ambiente y de las Comunidades Autónomas para la elaboración de los inventarios de PCBs, la identificación de todos los aparatos, existencias y desechos que contienen o están contaminados por PCBs es una tarea ardua y difícil por diversos motivos que se indican a continuación:

- Dificultad de identificación de aparatos: la presencia residual de PCBs se extiende a numerosos sectores de actividad y no todos los aparatos están bien etiquetados. En el sector eléctrico o en grandes instalaciones industriales es más fácil llevar a cabo el control, pero otras instalaciones de menor tamaño o de carácter no industrial, como centros hospitalarios o de enseñanza, están menos controladas (en parte, porque a menudo no son los titulares de los equipos). Por otro lado, como consecuencia de malas prácticas, aparatos que inicialmente no contenían PCBs, se contaminaron al llevar a cabo operaciones de mantenimiento con aceites con PCBs, habitualmente Piraleno, incluso durante los años 1990, a pesar de que en España se prohibió su fabricación en 1986.
- Dificultad de cuantificación: debido a las dificultades para identificar el total de existencias de aparatos con PCBs, y el contenido total de fluido y concentración de los mismos, para poder cuantificar las existencias es preciso llevar a cabo estimaciones a partir de información indirecta con el consiguiente grado de incertidumbre.

En consecuencia, no es posible determinar si los datos que se poseen actualmente están sobreestimados o se aproximan a la realidad, puesto que si bien por un lado la estimación inicial se hizo teniendo en cuenta el peor escenario, por otro lado se cree que puede haber un contingente indeterminado de aparatos no identificados y/o no declarados.

En la actualidad, los contenidos del Real Decreto 1378/1999 están siendo revisados al objeto de aprobar una nueva regulación que clarifique la interpretación de los contenidos de esta norma, que introduzca nuevos requisitos para un mejor análisis de los aparatos que contienen PCBs,

la obligatoriedad de dichos análisis, así como cuotas actualizadas de descontaminación y eliminación anuales para las Comunidades Autónomas. El nuevo Real Decreto también amplía el alcance de los aparatos a inventariar, incluyendo la categoría de "otros", dando a entender que cualquier existencia o equipo con PCBs puede estar sujeto a inventario aunque no sea una aplicación eléctrica.

2.2.3. Inventario de detalle de equipos en la Región de Murcia. Cartografía digital GIS.

2.2.3.1. Estimación del contenido total de PCBs existentes en la Región de Murcia.

De acuerdo con el inventario realizado para el Plan de Descontaminación de PCBs (2001-2010) las estimaciones realizadas son las siguientes:

PCBs* existentes actualmente en España: 70.000 Tm. En la siguiente tabla se desglosa, por Comunidades Autónomas, esta cantidad, contabilizando aparte la estimación correspondiente de PCBs en posesión del sector eléctrico. En esta estimación, y a falta de información que permita hacer hipótesis más verosímiles, se asume que la distribución porcentual de PCBs por Comunidades Autónomas no ha variado mucho en los últimos años.

En estos momentos las Comunidades Autónomas están elaborando sus inventarios de detalle, los cuales se incorporarán en el futuro al presente Plan. **Estimación de la cantidad adicional de aceites dieléctricos y aparatos potencialmente contaminados con PCBs: 140.000 Tm. Estimación de la cantidad total de PCBs, aparatos con PCBs, aceites dieléctricos y aparatos potencialmente contaminados con PCBs**, obtenida por suma de las cantidades en los dos puntos anteriores: 210.000 Tm.** Cantidad que, a los efectos de facilitar la planificación de la descontaminación y eliminación, conviene desglosar como sigue :a) Estimación de transformadores con un volumen de PCBs superior a 5 decímetros cúbicos y concentración superior a 500 ppm de PCBs en peso, así como de aparatos con un volumen de PCBs superior a 5 decímetros cúbicos y de los PCBs contenidos en los mismos, cuya descontaminación o eliminación se efectuará antes del 1 de enero del año 2011 (artículo 3, apartado 2, del Real Decreto 1378/1999).

* Excluidos otros aceites dieléctricos contaminados con más de 50 ppm de PCBs y los aparatos que los contienen, es decir, los aceites inicialmente sin PCBs que fueron contaminados, o pudieron serlo, por alguna vía, a lo largo de su uso.

** Se trata, por tanto, de la cantidad máxima; la real será probablemente menor.

a) *Sujetos a fecha límite de 2010*

Líquidos: PCBs (incluyendo aceites dieléctricos potencialmente contaminados con más de 500 ppm)	38.000
Sólidos: Aparatos con más de 5 decímetros cúbicos de PCBs, trafos con más de 500 ppm	78.000
Total	116.000

b) *Resto de aceites dieléctricos y aparatos contaminados con más de 50 ppm de PCBs (no incluidos en el artículo 3, apartado 2, del Real Decreto 1378/1999).*

Líquidos: Aceites dieléctricos contaminados con menos de 500 ppm	31.000
Sólidos: Resto de aparatos	63.000
Total	94.000

Cantidades estimadas de PCBs* y de aparatos contaminados que los contienen por Comunidades Autónomas. (La correspondiente al sector eléctrico se indica por separado).

Tabla (Año 2000)

DESGLOSE POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS	
	CANTIDADES (Tm)
Andalucía	1.435
Aragón	1.665
Asturias	756
Baleares	120
Canarias	1.665
Cantabria	273
Castilla-La Mancha	188
Castilla y León	799
Cataluña	4.653
Extremadura	222
Galicia	2.903
La Rioja	1.605
Madrid	10.309
Murcia	104
Navarra	2.608
País Vasco	10.458
Valencia	4.892
Ceuta	24
Melilla	22
Total de PCBs* en las Comunidades Autónomas, excluidos los contenidos en aparatos propiedad de las empresas productoras y distribuidoras de electricidad	47.700
Compañías eléctricas	300
Total	70.000

* Valor referido solo a aceite de PCBs no al peso total de los equipos. Excluidos otros aceites dieléctricos contaminados con más de 50 ppm de PCBs y los aparatos que los contienen, es decir, los aceites inicialmente sin PCBs que fueron contaminados, o pudieron serlo, por alguna vía, a lo largo de su uso.

Para realizar esta estimación se ha partido de la cantidad de PCBs y de aparatos que los contienen obtenida en el inventario, 70.000 Tm, y de **la parte de esta cantidad que se estima que corresponde a las compañías eléctricas, que es de 22.300 Tm**, según datos obtenidos de éstas y de las empresas gestoras asociadas en ASEGRE. Para distribuir la cantidad restante, 47.700 Tm, entre las Comunidades Autónomas se ha utilizado la misma distribución proporcional que se obtuvo en un estudio llevado a cabo por una empresa del sector en 1994. Todas las cantidades que figuran en este cuadro son, como se indica en este Plan, **estimaciones aproximadas basadas en las hipótesis que se mencionan en cada caso, aplicadas a los datos de partida no siempre verificados, y con cierta incertidumbre, pero que son en todo caso los mejores disponibles**. En consecuencia, existe la posibilidad de que en las sucesivas revisiones anuales del Plan estas cifras varíen.

NOTA: Cuando se habla de toneladas de líquido de PCBs se refiere al líquido dieléctrico exclusivamente. Cuando se habla de peso total se refiere al peso del transformador (generalmente de hierro y cobre)+peso del líquido dieléctrico. Para la mayoría de estas estimaciones se ha partido de la aproximación de que por término medio el peso de dieléctrico en un transformador, representa una tercera parte de su peso total.

Existe una estimación que manejan las empresas de gestión de PCBs y equipos con PCBs basada en las ventas de piraleno que se destinaron a España y que se calcularon en torno a 40.000 Tm. De esta cantidad se calcula que el 90% se destinó a dieléctrico de transformadores con lo que sobre la base de esta estimación el peso total de equipos con PCBs ascendería en torno a 130.000 Tm.

Conforme recoge la Decisión de 9 de abril de 2001, cada Comunidad Autónoma debe realizar su propio inventario. En la Región de Murcia y de acuerdo al inventario de declaraciones de posesión de PCBs realizado hasta la fecha de 2000 existen declaradas:

- 241 Tm de aceite de PCBs (>500 ppm) y 807 Tm de equipos (sólidos) con más de 5 litros de PCBs (con más de 500 ppm de PCBs). **Esto supone un total de 1.148 Tm.** (Cantidad sujeta al plazo límite del 2010).
- 59 Tm de aceite de PCBs (entre 50-500 ppm) y 189 Tm de equipos conteniendo aceites (entre 50-500 ppm). Esto supone un total de 247 Tm.

Cabe destacar que de las 1.148 Tm, 985 Tm pertenecen a equipos de la Empresa 11 y sólo 163 Tm serían de otros aparatos. No obstante, y como ya reconoce el propio inventario estos datos son incompletos ya que se basan **únicamente en los equipos ya declarados**. Para conocer el grado de error al que puede estar sujeta esta estimación, entre otras consultas realizadas en diversas reuniones mantenidas con la Empresa 11, se solicitó el número de transfor-



madores existentes en la Región de Murcia. Según la información facilitada por la base de datos de la Empresa 11 en la Región de Murcia existen 6.595 (a fecha de 2005) transformadores de abonados particulares. Por otro lado, la Empresa 11 dispone para esta misma fecha en torno a 6.000². De ellos habría que conocer cuáles son de PCBs (en el caso de la empresa 11 con las estimaciones de 6.000 transformadores a fecha de 2005, resultaría del orden de un 10%) y cuáles sin serlo puedan estar contaminados con PCBs en concentraciones superiores a 500 ppm. En cualquier caso parece poco razonable pensar que sólo existan 163 Tm entre los 6.595 transformadores. Esto evidencia que las declaraciones por parte de empresas distintas a la Empresa 11 son muy escasas y la cifra total de toneladas con más de 500 ppm es muy superior a 1.148 Tm. **Una estimación razonable aunque sujeta a una incertidumbre difícil de precisar se basaría en aceptar un porcentaje de transformadores de piraleno (u otro PCBs) del mismo orden que la Empresa 11 en la Región de Murcia del 10%. Si consideramos un transformador muy habitual de 400 KVA con un peso de 1.800 Kg, esto supone:**

**6.595 transformadores x 0.1 (10%):
659 transformadores de PCBs.**

**TOTAL PCBs sin gestionar= 659 x 1.800 Kg=
1.186 Tm de abonados particulares.**

Si restamos las 163 Tm ya declaradas, esto suponen 1.023 Tm de abonados particulares adicionales no declarados. Esta cifra no incluye aquellos transformadores que hayan podido ser contaminados a lo largo de su vida útil con concentraciones superiores a 500 ppm y cuya estimación resulta imposible sin datos de análisis químico de PCBs de un porcentaje mínimo de transformadores.

La eliminación de PCBs en España desde 1992-1999 ha

sido de tan solo 15.334 Tm (alrededor del 8% del total). En la actualidad según datos aproximados suministrados por la Empresa 93 (situada en Cartagena, que es una de las **3 empresas autorizadas** y con capacidad de eliminación y descontaminación de PCBs de España) la cuota actual de eliminación está situada por debajo del 30%. La capacidad de la planta de la Empresa 93 en Cartagena es de 2.500-3.000 Tm/año y junto con el resto de plantas en España (Asturias y Córdoba) esta se sitúa en torno a 9.000 Tm/año.

2.2.3.2. Inventario de detalle de equipos eléctricos (transformadores) de la Región de Murcia. Cartografía digital GIS.

Con objeto de disponer de un inventario de detalle del total de transformadores incluyendo los abonados privados de la Región que incluya localización, año de instalación, potencia, tipo de dieléctrico, etc. Se realizaron diferentes consultas con la Empresa 11 en Murcia, que resumimos a continuación. Tras estas consultas previas, se nos informó de la existencia de una base de datos en formato GIS siendo Damián Martínez Morrell (Técnico de Cartografía de la Región Este = Murcia y Valencia), la persona encargada del mantenimiento y gestión de esta base de datos. Puestos en contacto con Damián Martínez, nos confirmó de la posibilidad de obtener la información solicitada, siendo Cesar Calomarde Carrillo (Delegado de relaciones institucionales de Murcia) quien autorizó el acceso a la base de datos en formato Excel.

La base de datos se compone de un total de 6.595 centros de transformación. En la mayoría de los casos cabe esperar que exista un transformador, aunque puede darse el caso para grandes abonados que para un único código de abonado exista más de un transformador, con lo que cabría la posibilidad de que existieran más de 6.595 transformadores. La información disponible en esta base de datos Excel, consta de:

Información contenida en la base de datos									
NÚM. ENTIDAD POBLACIÓN	COD. INSTAL. USUARIO	DES. DESCRIPCIÓN	NOM. NOMBRE	FEC. PUESTA SERVICIO	COD. COORDE X	COD. COORDE Y	FEC. ALTA	EST. ESTADO	
Abanilla	904916699	Poste I	S.C.A.L.V.		676475	4232193	21-jul-05	2	
Abanilla	904916429	Poste I	Riquelme		670657	4230870	06-may-05	2	
Abanilla	904916354	Poste I	Cañada Rica		670823	4244971	18-mar-05	2	
Abanilla	904915932	Prefabricado hormigón	Reciclados Plásticos		670953	4227515	05-oct-04	2	
Abanilla	904915803	Poste I	Agrícola Casa Cabrera		669472	4231279	28-jul-04	2	
Abanilla	904915383	Prefabricado hormigón	Vigas Alemán, S.L.		668334	4240250	15-ene-04	2	
Abanilla	904914987	Prefabricado hormigón	Abanilla Energía, S.L.		676478	4232458	10-jul-03	2	
Abanilla	904914840	Prefabricado hormigón	Mármoles Sandoval		667370	4242239	02-may-03	2	
Abanilla	904914496	Prefabricado hormigón	Alexol del Mármol, S.L.		605149	4221829	14-nov-02	2	
Abanilla	904914263	Prefabricado hormigón	Mármoles Betiés		666154	4240390	05-ago-02	2	
Abanilla	904914257	Prefabricado hormigón	Áridos Abanilla		664081	4236841	24-jul-02	2	

2. Insistimos en las fechas de las estimaciones ya que el ritmo de instalación de nuevos transformadores es muy alto. De acuerdo con la última consulta a la Empresa 11 existen en torno a 8.000 transformadores de abonados particulares y en torno a 7.000 de la Empresa 11.



- Población (en la primera columna). El orden de la base de datos es alfabético por población.
- Código de instalación.
- Descripción del emplazamiento.
- Nombre del abonado.
- Fecha de puesta en servicio. Este campo de acuerdo a la información obtenida de la Empresa 11 además de incompleta como puede apreciarse, presenta fechas en la mayoría de los casos incorrectas.
- Coordenadas UTM de localización del transformador.
- Fecha de alta: Esta fecha al igual que la anterior es en numerosas ocasiones incorrecta.
- Código de estado del transformador.

Otros transformadores de empresas eléctricas distintas a la Empresa 11. Existen 2 empresas eléctricas que trabajan en la Región de Murcia que son Distribución Eléctrica Corvera, S.L. y Leandro Pérez Alonso, S.L., pero que de acuerdo a la información facilitada por la Empresa 11 los abonados que cubren la suma de estas dos empresas es **inferior al 2% del total en la Región.**

■ Tratamiento de la información para la obtención de la cartografía GIS.

La base de datos no presenta toda la información necesaria en cuanto a que no identifica el tipo de transformador (marca y potencia) pero sobre todo, no identifica el tipo de líquido dieléctrico. Con el objeto de poder clasificar de forma tentativa los equipos con mayor probabilidad de estar fabricados con PCBs como dieléctrico se planteó recurrir a la clasificación de los transformadores por fecha de instalación. Esta fecha de instalación, como hemos comentado en el apartado anterior está incompleta o errónea sobre todo para las fechas antiguas. Puestos en contacto con los técnicos de la Empresa 11 se planteó la posibilidad de obtener información aproximada de la fecha de puesta en servicio de los transformadores. Para ello se recurrió al código de instalación del usuario.

Descripción del sistema de codificación de la base de datos. El código de instalación de usuario consta de 9 dígitos, que identifican la siguiente información:

2 primeros dígitos: Aquellos cuyos 2 primeros dígitos son 90, corresponden a transformadores con fecha posterior a 1 de enero de 1996. En los demás casos, identifican los denominados por la Empresa 11 como Unidad Territorial de Mantenimiento (UTM). De este modo los códigos que comienzan por:

- 40 = Corresponden a Cartagena y entorno (Cartagena, San Javier, San Pedro del Pinatar, La Unión, Mazarrón, Fuente Álamo, etc.

- 50 = Corresponden a Murcia y su entorno.
- 60 = Corresponden a Caravaca de la Cruz y su entorno (Calasparra, Bullas, etc.)
- 61 = Corresponden a Cieza y entorno (Yecla, Jumilla, Abanilla, Archena, Campos del Río, etc.)
- 62 = Corresponden a Lorca y su entorno (Águilas, Puerto Lumbreras, Alhama, Totana, etc.)

3 siguientes dígitos: Identifican la Unidad Administrativa Territorial (Entidades singulares). Por ejemplo, 025 es el centro de las ciudades. Un código con sus cinco primeros dígitos 40 025 correspondería con un transformador situado en el centro de Cartagena.

4 últimos dígitos: Son números correlativos a partir de 5000. De esta forma el transformador más antiguo tendría como últimos 4 dígitos el 5001.

Por tanto estos 4 últimos dígitos permiten tener una aproximación bastante cercana de la fecha de instalación del transformador. De acuerdo con la información facilitada por Damián Martínez Morell (Técnico de Cartografía de la Región Este = Murcia y Valencia) si:

- Consideramos que el primer transformador se instaló en 1950.
- Descartando aquellos códigos que comienzan por 90 (cuya fecha de instalación sabemos que es posterior al 1 de enero de 1996).
- Tomando el número total de códigos de abonados diferentes de 90 y dividiéndolo entre 46 (años desde 1950 hasta 1996) obtendremos una clasificación de los abonados aproximada por fecha de instalación desde 1950 hasta 1996.

Teniendo en cuenta este planteamiento, se ha realizado una presentación de los abonados en formato GIS con las siguientes capas:

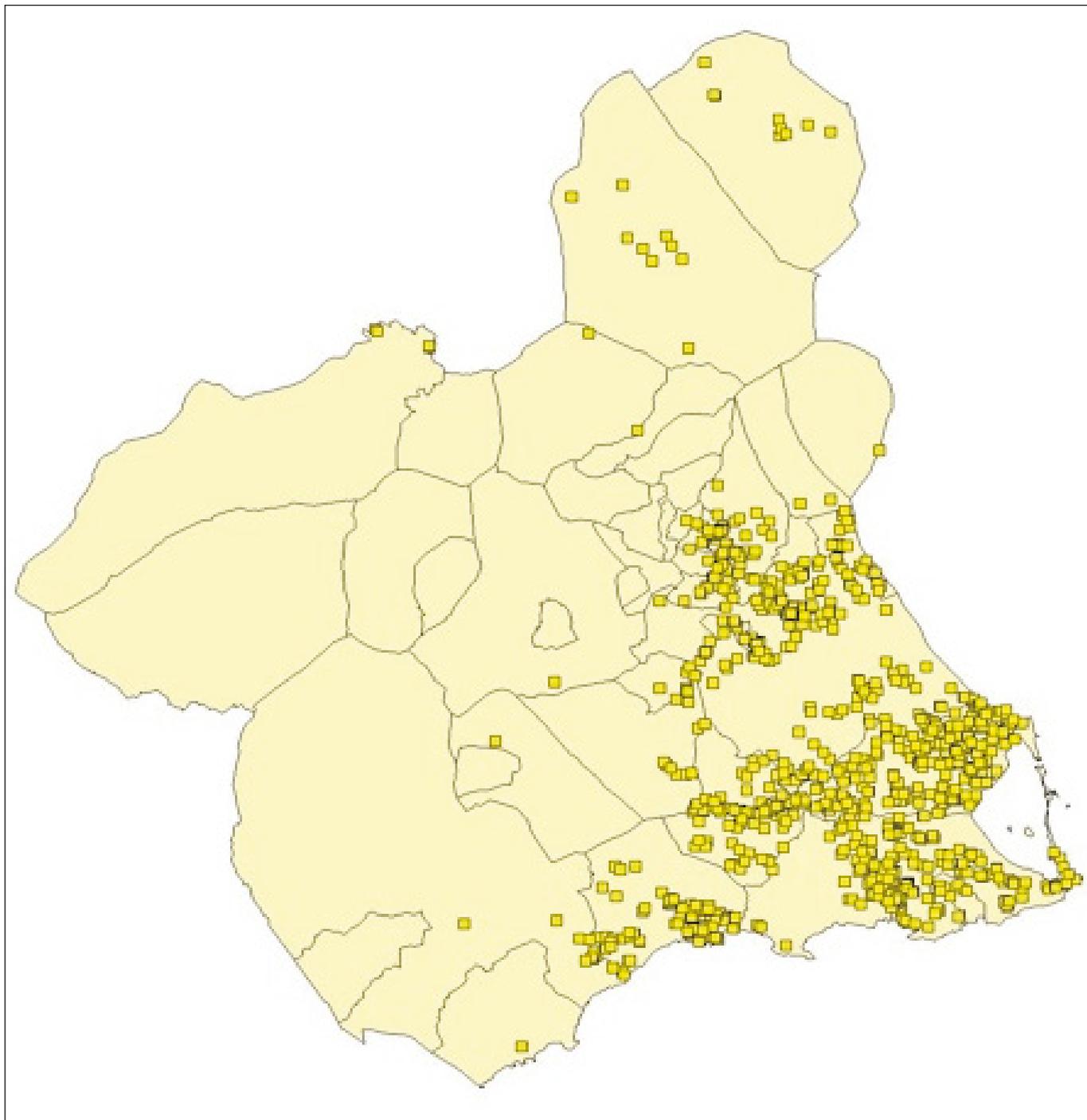
Cobertura 1: Equipos con fecha de instalación desde 1950 hasta 1995. Esta se ha diferenciado en 4 grupos de 10 en 10 años (1950 a 1960; 1960 a 1970; 1970 a 1980 y 1980 a 1995).

Cobertura 2: Equipos con fecha anterior a 1986. Se ha tomado como referencia esta fecha ya que la Directiva 85/467/CEE de 1 de octubre de 1985 prohibió desde el 1 de julio de 1986 el empleo en equipos nuevos de dieléctricos en base a PCBs. Los equipos anteriores a esta fecha, representan 3.400 equipos, cuya probabilidad de contener PCBs como dieléctrico es más alta.

Cobertura 3: Equipos con fecha posterior a 1986.

Cobertura 4: Equipos con fecha posterior a 1 de enero de 1996.

**Ejemplo de la cartografía que se adjunta en formato digital.
Mapa correspondiente a la capa 4 de transformadores posterior a 1986**



2.2.3.3. Empresas autorizadas en la Región de Murcia para descontaminación de equipos con PCBs.

Como se ha mencionado al final del apartado 2.2.3.1, en la actualidad según datos aproximados suministrados por la Empresa 93 (situada en Cartagena, que es una de las **3 em-**

presas autorizadas y con capacidad de eliminación y descontaminación de PCBs de España) la cuota actual de eliminación está situada por debajo del 30%. La capacidad de la planta de la Empresa 93 en Cartagena es de 2.500-3.000 Tm/año y junto con el resto de plantas en España (Asturias y Córdoba) esta se sitúa en torno a 9.000 Tm/año.

2.3. DIOXINAS Y FURANOS.

El objeto del presente estudio es efectuar un estudio complementario al realizado en octubre de 2003 en relación a los niveles de descarga de estos compuestos en diferentes actividades. No se ha previsto para esta fase ningún muestreo analítico, tal como se realizó en el informe anterior, sino que la revisión del informe se basa principalmente en:

- Revisión de los inventarios de dioxinas y furanos publicados desde la fecha de edición del primer informe hasta el momento, para comprobar si se han incluido nuevas fuentes contaminantes.
- Identificación, de entre los sectores principalmente generadores de dioxinas, ya incluidos en el informe inicial y basados en los inventarios europeos y de las Naciones Unidas, de aquellos sectores que desde la edición del primer informe han surgido, desaparecido o sufrido alguna modificación dentro del ámbito territorial de la Región de Murcia.
- Actualización de los cálculos realizados en el informe inicial referidos a la descarga de dioxinas en atmósfera, suelos y residuos en las empresas en las que se llevaron a cabo medidas analíticas.
- Identificación de la cantidad total de dioxinas y furanos emitidos en el año 2005, así como el factor de emisión (cantidad de dioxinas liberadas por unidad de producto elaborado).
- Comparación con los factores de emisión incluidos en el Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), que sirvió de base para la elaboración del primer inventario de dioxinas y furanos de la Región de Murcia y cuya revisión de febrero de 2005 ha sido publicada recientemente.
- Identificación de los cambios o novedades introducidas en dicho inventario.

Asimismo, en este informe complementario se incluirán nuevos ámbitos de estudio no incluidos en el informe anterior, que permiten justificar la importancia del inventariado y control de las emisiones de dioxinas y furanos, y definir de modo amplio la situación global en la que se encuentra tanto la Región de Murcia, como España.

2.3.1. Inventarios internacionales de dioxinas y furanos.

El primer paso a adoptar para la elaboración de cualquier inventario es la identificación de las fuentes emisoras del compuesto objeto de estudio, en este caso dioxinas y furanos. Todos los estudios e inventarios publicados coinciden en la

identificación de las principales fuentes generadoras de dioxinas y furanos, no habiéndose identificado hasta el momento, nuevas fuentes generadoras de estos contaminantes.

A nivel internacional se están llevando a cabo varias iniciativas, programas o inventarios de diferente ámbito territorial, en el que se lleva a cabo la identificación y cuantificación de la generación y distribución de las dioxinas y furanos en el ambiente. Los principales se incluyen a continuación.

2.3.1.1. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) – Programa de Control Global de Compuestos Orgánicos Persistentes.

Éste tiene el objetivo de establecer las bases para la evaluación de la eficacia del Convenio de Estocolmo, desarrollando para ello una guía de muestreo y análisis de los COPs, procedimientos para el Aseguramiento y Control de Calidad, el tratamiento de datos, así como la evaluación y comunicación de los resultados. Dentro de este programa de la UNEP se ha desarrollado el Instrumental Normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos, del que ya se ha publicado la segunda edición de febrero de 2005.

2.3.1.2. Protocolo sobre el Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes – UNECE.

Este protocolo fue adoptado por los estados participantes en la Convención de Aarhus (2003), y se trata del primer instrumento internacional legalmente vinculante en Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes, que pretende conseguir un acceso fácil, gratuito, y transparente a la información actualizada y disponible sobre las emisiones de los contaminantes objeto de seguimiento.

El Protocolo requiere establecer un plan que cubra emisiones y transferencias de todos los contaminantes que se incluyen en dicho Protocolo, entre ellos dioxinas y furanos.

2.3.1.3. Programa de Cooperación para el Seguimiento y la Evaluación de la Transmisión a larga distancia de contaminantes atmosféricos en Europa (EMEP).

Se trata de un programa de medición y control establecido a partir de la Convención sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia, que pretende hacer frente a los problemas originados por ésta. El *Meteorological Synthesizing Centre-East* (MSC-E) ha investigado y modelizado el transporte transfronterizo de metales pesados y COPs, entre ellos, las dioxinas y furanos.

Los datos de emisiones totales utilizados en el cómputo

del modelo de los COPs seleccionados (PAHs, PCDD/Fs, PCBs, g-HCH, HCB) se obtuvieron en base a la información oficial disponible presentada al Secretariado UNECE por los países o las estimaciones de expertos. Los datos corresponden a los años 1990 a 2001.

Actualmente, las mediciones de concentraciones de COPs en la atmósfera y su precipitación se realizan a través de 13 puntos de control EMEP. La mayoría de ellos están ubicados en el Norte de Europa. Existe solamente un punto en la Europa Central situado en la República Checa. Los datos oficiales de emisiones de COPs (PAHs, PCDD/Fs, PCBs, HCB y -HCH) para el periodo de 1990 a 2001 (al menos para un año) fueron remitidos por 32 Partes de la Convención. Los datos sobre otros contaminantes (Aldrina, Clordano, Clordecona, Dieldrina, Endrina, Heptacloro, Hexabromobifenil, Mirex, Toxafeno, DDT, PCP y SCCP) fueron remitidos por 16 países. De acuerdo con los datos oficiales y las estimaciones de expertos, las emisiones de todos los contaminantes afectados tienden a disminuir desde 1990 a 2001. Por ejemplo, las emisiones de PAHs (B[a]P y B[b]F) decrecieron en un 25% y las emisiones de PCDD/Fs – más de dos veces.

■ Datos disponibles para España:

Los datos de transporte de emisiones de HCB, PCBs y B[k]F utilizados en los cálculos a escala regional fueron extraídos del POPCYCLING-Baltic project³. Para las PCDD/Fs y B[b]F&B[a]P se usaron los datos oficiales remitidos al Secretariado UNECE. El total de emisiones disponibles de España se detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

EMISIONES AL AIRE DE ESPAÑA PARA 1998 (HCB, PCBs) Y 2001 (PCDD/Fs, B[a]P, B[b]F, B[k]F)	
EMISIONES TOTALES COPs	T/A (PARA PCDD/Fs - G TEQ ⁴ /A)
PCDD/Fs	142,1
HCB	1,2
PCBs	8,7
B[b]F	78,7
B[k]F	84,8

2.3.1.4. Corinair.

La Decisión del Consejo Europeo 85/338/CE establece un programa de trabajo que recopilase, coordinase y asegurase la información acerca del medio ambiente y los recursos naturales de la Comunidad, e incluyó un proyecto específico para la recopilación y organización de la información de emisiones al aire, que se denominó CORINAIR.

La Agencia Europea del Medio Ambiente llevó a cabo este inventario en 1994, gracias a la colaboración de los países implicados, que debían remitir las emisiones de los contaminantes inventariados, entre los que se encontraban las dioxinas y furanos, pero para el cual España no aportó ningún tipo de dato.

2.3.1.5. Inventario Europeo de Emisión de Dioxinas.

La Comisión Europea insta a elaborar el Inventario Europeo de emisión de dioxinas, fase II, cuya fase I había comenzado en 1995 y finalizado en 1997, y que incluía información exhaustiva acerca de:

- Información disponible sobre emisiones de dioxinas de los 17 países europeos.
- Evaluación de resultados disponibles.
- Estimación de las emisiones anuales de estos países frente a una base comparable.

Este segundo estudio tenía como objetivo la recopilación de información disponible en relación a fuentes de emisión de dioxinas y furanos para el período 1993-1995. Puesto que algunos países no disponían de datos medidos o éstos no se consideraron fiables, se lleva a cabo una estimación para ellos una vez definidos los factores de emisión estándar por defecto para cada actividad a partir de los datos fiables medios de otros países. **Si bien este programa contiene datos sobre liberaciones al aire, agua, y como residuos de dioxinas y furanos, no dispone de resultados para España.**

A partir de este inventario se han estimado unas emisiones de PCDD/F al aire totales anuales de 6.500 g i-TEQ liberados por todas las fuentes y los 17 países objeto del estudio. Cabe considerar que la contaminación generada es identificada como transfronteriza, pues debido a su persistencia, puede llegar a alcanzar otros países diferentes al de su origen. Asumiendo una deposición uniforme, ésta se realizaría a una velocidad de casi 5 i-TEQ/m² día.

Como conclusión algo más alentadora, también se indica que si las emisiones al aire (las más frecuentes, y las que originan una mayor aportación) por parte de las principales fuentes industriales se encontrasen por debajo de 0,1 ng i-TEQ/m³ lo cual se puede conseguir con la tecnología disponible. La reducción del total de las emisiones alcanzaría el 50%.

Respecto al reporte de datos a este inventario por parte de España, el Ministerio de Medio Ambiente realizó una estimación de las emisiones anuales libera-

3. Pacyna J.M. et al. [1999] Final report for Project POPCYCLING-Baltic. EU DGXII, Environment and Climate Program ENV4-CT96-0214.

4. De los 17 PCDD y PCDF congéneres con cloro en las posiciones 2,3,7 y 8, el 2,3,7,8-TCDD es el más tóxico, y por convención se le asigna un ratio de toxicidad (llamado Factor de Toxicidad Equivalente TEF) de 1,0. A los restantes congéneres posicionales 2,3,7,8 se les asignan TEFs relativos más bajos. La toxicidad de una mezcla de PCDDs y PCDFs, relativa al 2,3,7,8-TCDD, puede expresarse multiplicando la concentración de los congéneres presentes por sus respectivos TEFs. Los productos resultantes son los denominados Tóxicos Equivalentes (TEQs) con unidades idénticas a las de las concentraciones de los congéneres individuales.

das para varias actividades identificadas como potencialmente emisoras de dioxinas y furanos, siendo el total 133,9 g i-TEQ/año. Las actividades que más se estima contribuyan a la liberación son las plantas de sinterización de mineral de hierro, combustión de madera y carbón, producción de acero y producción secundaria de aluminio, que representan algo más del 87% de las emisiones totales. Sin embargo estas emisiones pueden verse superadas, puesto que en varios de los sectores identificados en el inventario no se han incluido estimaciones algunas.

Sin embargo, el mismo informe revela que no fue posible obtener ningún tipo de información sobre mediciones de emisiones en las plantas españolas. Como consecuencia, todos los datos reportados están basados en factores de emisión derivados de investigaciones no nacionales. En este sentido, debido a la falta de información procedente de las plantas, no pudo evaluarse si estos factores de emisión permiten predecir las emisiones de fuentes españolas de forma realista. Finalmente, el informe recomienda realizar programas de mediciones en las fuentes más importantes con el fin de obtener una visión más realista de la situación.

En la siguiente tabla se recogen las estimaciones aportadas por España para cada grupo de actividad.

ACTIVIDAD	SUBGRUPO	ESTIMACIONES EMISIONES (G L-TEQ/A)
Combustión en producción y transformación de energía.		
	Lignito	2,09
	Carbón	1,85
Combustión en Comercios, Residencias...		
	Lignito	0,049
	Carbón	15,83
	Coque	2,6
	Madera	25,4
Industria		
Combustión	Lignito	0,08
	Carbón	2,78
	Coque	0,65
	Madera	2,2
Plantas Sinterización		50,16
Producción secundaria aluminio		11,6
Procesos de Producción		
Producción de acero	Horno eléctrico	13,2
	Horno eléctrico	4,8
Extracción y Distribución de combustibles fósiles		nd
Usos de disolventes y otros productos		nd
Transporte rodado		nd
Otras fuentes móviles y maquinaria		nd
Tratamiento y depósito de residuos		
Incineración RSU		0,6
Agricultura, Silvicultura, Cambios de usos del suelo		nd
Natural		nd
Incendios		nd
TOTAL		133,9

2.3.1.6. Registro Europeo de Emisiones Contaminantes (EPER).

A partir de la Decisión 2000/61/CE y la directiva de prevención y control integrados de la contaminación (Directiva 96/61/CE IPPC), se establece este registro europeo de emisiones de gases contaminantes denominado EPER, que incluye la obligatoriedad de reportar datos de los COPs contemplados en el Reglamento 850/2004 y el Convenio de Estocolmo, entre ellos las dioxinas y furanos. Según dicha Decisión, los Estados Miembros están obligados a declarar a la Comisión Europea las evacuaciones de todos los contaminantes contenidos en el Anexo 1 para todos los complejos industriales incluidos en el Anexo 3, bien sean al aire o al agua, siempre y cuando se superen los valores límite umbrales del Anexo 1 para cada uno de ellos. Todos estos datos deben ser públicos y accesibles a través de Internet.

Los primeros datos fueron remitidos en 2003, pero referidos a las emisiones de 2001. España se encuentra dentro de los cinco países más contaminantes para la mayoría de las emisiones. Sin embargo, puesto que la mayor parte de los datos fueron estimados, no se puede asegurar la precisión de los mismos, aunque sí representan razonablemente las emisiones esperadas. También se puede observar que la distribución de las emisiones para cada actividad concuerda con las previstas para los diferentes contaminantes.

En el apartado 2.3.3.2 del presente estudio se comenta en detalle la declaración por parte de España de dioxinas y furanos en el EPER.

2.3.1.7. Convención para la Protección del Medio Ambiente Marino del Atlántico Norte-Este – OSPAR.

Entró en vigor en 1998 y en ella se acordó adoptar todas las medidas posibles para prevenir y eliminar la contaminación y tomar las medidas necesarias para la protección del área marítima de los efectos adversos de las actividades humanas con la finalidad última de proteger la salud humana y conservar los ecosistemas marinos y, cuando sea posible, recuperar las áreas marítimas que ya hayan sido afectadas.

La evaluación global de dicho acuerdo se llevará a cabo en 2010. Los países deben facilitar la información anualmente, que recopila de datos ya existentes.

2.3.1.8. Plan de Acción del Mediterráneo (PAM): 'Baseline Budget' para la implementación del Protocolo LBS.

Todos los países pertenecientes al Plan de Acción del Mediterráneo (PAM), entre ellos España, adoptaron en 1997 el denominado Programa de Acciones Estratégicas (PAE o SAP), que propone unos calendarios para la reducción de las emisiones de un determinado grupo de contaminantes a partir de la aplicación de unos Planes de Acción Nacionales. La situación de partida se denomina el Baseline Budget (BB) y

consiste en un registro de emisiones de contaminantes procedentes de actividades terrestres con impacto en el Mediterráneo, calculado en 2003 y que incluía a las dioxinas y furanos. España facilita a este Programa los datos del EPER.

2.3.1.9. Síntesis de los programas internacionales.

En la tabla inferior, se presenta de forma resumida la información recopilada anteriormente de los diferentes inventarios y programas internacionales en los que participa España y que incluyen información sobre COPs. Los datos disponibles son en general escasos, y en el caso de España prácticamente no hay datos, y los que hay responden a menudo a estimaciones realizadas mediante factores de emisión genéricos. Es el caso de las emisiones de dioxinas, la información disponible en los diferentes inventarios indica que se sitúan en unos valores que varían entre 134 y 327 g I-TEQ/año. Según las fuentes consultadas, estos valores son muy estimativos, y por lo tanto no son los más adecuados para ser utilizados para el inventario de emisiones que establece el Reglamento 850/2004.

En resumen, la información generada por España para reportar a las diferentes iniciativas internacionales es escasa, y no representa por tanto un punto de partida para suplir las necesidades de inventariado que plantea el Reglamento 850/2004. El registro EPER es una excepción, ya que a pesar de que los datos actualmente disponibles en el primer ejercicio (2001) son a menudo aproximados y en ocasiones poco fiables, puede aportar una buena base de partida de cara al futuro, tal como se comenta más adelante.

2.3.2. Inventario Nacional de Dioxinas (CIEMAT).

En 1998 los Ministerios de Medio Ambiente, Industria y Educación firmaron un convenio para contratar la realización de un Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos por parte del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y el Centro de Investigaciones Energéticas y Medioambientales (CIEMAT).

La elaboración de un inventario nacional de estos compuestos es una imposición para los países que han ratificado el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y que entró en vigor el 17 de mayo de 2004. A nivel europeo, el Reglamento 850/2004 obliga a la realización de dichos inventarios a los países miembros.

Los principales objetivos de dicho Inventario son:

- Identificar las fuentes de emisión de dioxinas y furanos presentes en España.
- Cuantificar las liberaciones de estos contaminantes para cada uno de los sectores afectados.
- Determinación experimental de los factores de emisión a cada uno de los vectores ambientales para cada actividad existente. Los valores obtenidos hasta el momento son inferiores a los utilizados en otros inventarios internacionales.
- Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para las actividades identificadas, que permitan reducir la liberación de dioxinas y furanos.

Asimismo, se realiza el estudio de otros métodos de detección y análisis a la Espectrometría de masas de alta resolución para dioxinas y furanos en todo tipo de matrices.

Síntesis de los inventarios y programas internacionales

PROGRAMA/INVENTARIO	SUSTANCIAS	MEDIO	DATOS DISPONIBLES EN ESPAÑA
FAO	Pesticidas	Base de datos existencias productos obsoletos	No. En España no constan existencias
UNEP POPs Global Monitoring Programme	Aldrina, Endrina, Toxafeno, Mirex, Clordano, Dioxinas y furanos, PCBs, DDT, Dieldrina, Heptaclor HCB	Aire, agua, residuos	No
EMEP	PCDD/Fs, PAH, PCBs, g-HCH, HCB	Aire	Sí. Datos en base a modelos y datos oficiales
CORINAIR	DDT, aldrina, dieldrina, endrina, clordano, heptacloro, mirex, toxafeno, HCB, HCH (lindano), PCBs, Dioxinas y furanos, PAH, Hexabromobifenil, PAH, HCH, Clordecona	Aire	No
Inventario Europeo dioxinas	PCDD/Fs	Aire	Sí. España aporta datos en base a factores de emisión
EPER	PCDD/Fs, HCB, HCH, PAH	Aire, agua	Sí. Datos recopilados de las instalaciones
OSPAR	Sustancias peligrosas: PCBs, Dioxinas y furanos, Retardantes de llama bromados, PAH, Lindano	Aire, agua, residuos actividades costeras	Sí. Recopilación de datos ya existentes
MAP-BASELINE BUDGETS	DDT, aldrina, dieldrina, endrina, clordano, heptacloro, mirex, toxafeno, HCB, y HCH (lindano), PCBs, Dioxinas y furanos, PAH	Aire, agua.	Sí. España aporta datos sobre emisiones al Mediterráneo basados en datos EPER

El proyecto se denomina "Análisis de Compuestos Orgánicos y elaboración de inventarios integrados en su emisión a la atmósfera, efluentes y suelos" y se está realizando por sectores productivos, siguiendo las clasificaciones internacionales, pero poniendo un especial énfasis en los sectores industriales españoles más característicos. El inventario español se divide en las siguientes categorías:

1. **Generación de energía pública, cogeneración, generación de calor.**
2. **Combustión comercial, institucional y residencial.**
3. **Combustión industrial.**
4. **Procesos metalúrgicos y de sinterización: producción, procesado y reciclado de acero, hierro y otros metales.**
5. **Producción y procesado de minerales, vidrio, cerámica, materiales de construcción.**
6. **Producción de papel y pulpa.**
7. **Uso de solventes.**
8. **Industria química.**
9. **Tratamiento de aguas residuales.**
10. **Actividades de tratamiento de residuos de vertido de los mismos.**

Se ha comenzado el inventario por las actividades más contaminantes, o de estudio prioritario, y a medida que se termina el análisis de una de las actividades, se presenta oficialmente. En la actualidad el inventario se encuentra en desarrollo, recopilando datos y realizando el muestreo en los siguientes sectores:

- Metalurgia y siderurgia
- Centrales térmicas
- Contenidos en lixiviados de vertederos y lodos de depuradora

Sin embargo ya se han concluido los estudios y publicado los resultados de los siguientes sectores:

- **Incineración de residuos sólidos urbanos**
- **Galvanización en caliente**
- **Sector cementero**

El próximo sector objeto de estudio será el de refino de petróleo.

En las siguientes secciones se exponen los resultados más significativos y conclusiones generales para los sectores en los que la investigación y estudio ya ha concluido.

2.3.2.1. Incineración de residuos sólidos urbanos.

El departamento de combustibles fósiles del CIEMAT ha llevado a cabo la investigación de las descargas al aire

de dioxinas y furanos procedentes de las instalaciones municipales de incineración de residuos, así como la liberación de éstas en cenizas y escorias. Los muestreos fueron realizados entre 1997 y 1999, con lo que se requiere un segundo programa de muestreo para poder evidenciar los avances tecnológicos y productivos en materia de control de las emisiones de contaminantes a los diferentes vectores en los últimos siete años.

En España se estimó una producción media anual de residuos de unos 15.620.000 Mg/año (Toneladas/año) para el 1997. La gestión de residuos sólidos urbanos conlleva diferentes estrategias: reciclaje, depósito en vertederos, generación de compost, y eliminación por procesos de combustión; de estos datos se estima que una media del 7,5% de los residuos sólidos urbanos son tratados mediante combustión.

En el año 2001 había en España 8 plantas incineradoras de residuos municipales funcionando, todas ellas con recuperación de energía, y en estos últimos años han abierto sus puertas dos más, que utilizan combustible derivado de los desechos en lecho fluidizado.

En los últimos años se ha llevado a cabo un gran esfuerzo para modernizar los sistemas de limpieza de gases haciéndolos más efectivos, que dependerán del tipo de incinerador; y que permiten reducir la evacuación a la atmósfera de PCDD/Fs. Los principales sistemas de depuración utilizados en estas plantas son:

- Scrubber seco
- Scrubber semiseco
- Filtro de mangas
- Precipitador electrostático
- Coque activado

Las incineradoras municipales son controladas periódicamente (mensual o trimestralmente) por las autoridades medioambientales, principalmente las emisiones de dioxinas y furanos, debido al gran interés en reducir los niveles de emisión de éstos a la atmósfera.

Estos tipos de proyectos pueden jugar un importante papel en la formación de estos compuestos.

■ Emisiones al aire

Los muestreos de descargas al aire en incineradoras municipales fueron realizadas entre 1997 y 1999, y en la mayoría de los casos los niveles de dioxinas y furanos resultaron inferiores a 0,1 ng i-TEQ/m³N, valor establecido como límite legal para estos compuestos y esta actividad en el Decreto 653/2003 de incineración de residuos. Sin embargo, dos de estas plantas excedieron el valor límite, llegando incluso a sobrepasarlo diez veces (1,08 ng i-TEQ/m³N).

Desde comienzos del muestreo hasta hoy, muchos han sido los esfuerzos encaminados a modernizar los sistemas de tratamiento de gases, reduciendo con ello las emisiones



al aire de estos contaminantes, aunque ello implicase en algunos casos, el incremento de las descargas en cenizas volantes y escorias.

En la siguiente tabla se incluyen las concentraciones de dioxinas y furanos medios obtenidos para cada instalación.

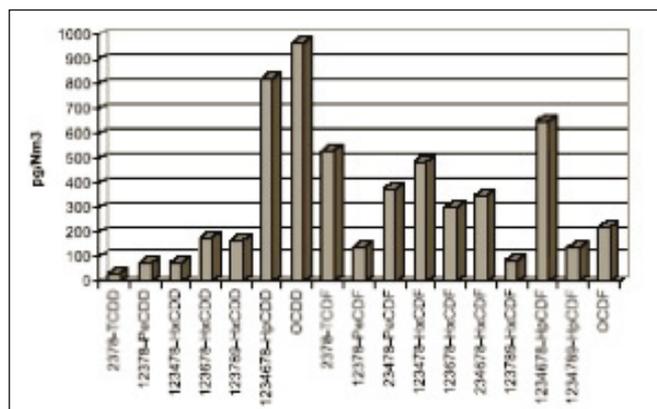
INSTALAC.	EMISIÓN DE GASES EN CHIMENEA (Nm ³ /AÑO)	RANGO DE EMISIÓN O VALOR PRINCIPAL (NG I-TEQ/NM ³)	PCDD/Fs EN LA CORRIENTE GASEOSA (NG I-TEQ/NM ³)	FACTOR DE EMISIÓN (µG I-TEQ/MG)
1	1.280.000.000	0,003-0,007	3,84-8,96	0,014-0,032
2	1.300.000.000	0,05-0,1	65-130	0,29-0,60
3	625.500.000	0,002-0,004	1,3-2,6	0,009-0,018
4	200.000.000	0,03- 0,7	6-140	0,19-4,3
5	720.000.000	1,08	777	5,65
6	280.000.000	0,1	28	0,56
7	1.040.000.000	0,1	104	0,38
8	200.000.000	0,1	20	0,56
Total	4.502.500.000		1.005-1.210	0,86-1,06

Respecto a los factores de emisión calculados, si los comparamos con los factores característicos incluidos en el inventario europeo (LUA 1997), se observa que éstos se encuentran mayoritariamente por debajo de los europeos, sólo debiendo mejorar dos de ellos su sistema de tratamiento de gases, puesto que los factores europeos de emisión se sitúan en:

Valor teórico correspondiente a 0,1 ng i-TEQ/Nm ³ ..	0,6
Sistema de control de emisiones de alta calidad (µg I-TEQ/Mg)	1,5
Sistema de control de emisiones de calidad media (µg I-TEQ/Mg)	15,0
Sistema de control de emisiones de calidad baja (µg I-TEQ/Mg)	90,0

En todos los casos, el factor de emisión obtenido en España se encuentra por debajo del factor característico europeo para sistemas de control de emisiones de alta calidad.

Por otro lado, la distribución de los congéneres es similar para todas las plantas, y responde al modelo típico de incineración independientemente del sistema de tratamiento de gases empleado:



■ Residuos sólidos cenizas y escorias

El estudio ha tenido también en cuenta el contenido de dioxinas y furanos en las cenizas y las escorias generadas en estas plantas, **aunque por el momento, no están obligados a controlar las descargas de FCDD/Fs a este medio.** En la siguiente tabla se resume la producción anual de cenizas y escorias para las plantas objeto del estudio.

INSTALACIÓN	PRODUCCIÓN ANUAL DE CENIZAS (MG/ AÑO)	PRODUCCIÓN ANUAL DE ESCORIAS (MG /AÑO)
1	24.000	60.000
2	26.000	11.000
3	3.500	29.500
4	715	7.700
5	6.000	40.000
6	900	50.053
7	5.000	69.000
8	745	8.750
Total	66.860	276.003

La gestión de las cenizas volantes sigue dos caminos principalmente: la disposición en vertederos controlados o la inmovilización formando parte del cemento.

Los análisis realizados han demostrado que los principales factores de emisión de PCDD/Fs se encuentran entre 0,1 y 2,4 ng i-TEQ/Nm³. Su contenido depende del tipo de instalación, del sistema de scrubbers, del consumo de carbón activo y de la optimización; puesto que este carbón activo es incorporado a las cenizas para formar un único residuo sólido. Aplicando un criterio conservativo en la estimación para el resto de las instalaciones, la cantidad total de PCDD/Fs en las cenizas volantes se encontraron en el rango de 40-60 g iTEQ/año. Para las escorias, los principales valores de emisión se situaron entre 0,006 y 0,1 ng I-TEQ/g, y la estimación de la cantidad total de PCDD/Fs resultó de aproximadamente de 17 g ITEQ/año.

■ Residuos sólidos urbanos

Las cantidades de PCDD/Fs presentes en los residuos sólidos urbanos han sido analizados recientemente en una de estas instalaciones, y los niveles encontrados rondan los 46-87 ng I-TEQ/kg. Estas cantidades exceden los resultados de otros estudios preliminares en otras instalaciones (Environment Canada 1988). **Asumiendo un depósito anual en vertederos controlados de 1.819.730 Mg, la cantidad total de PCDD/Fs liberado se estima entre 83.7 y 154.3 g I-TEQ/ año.**

■ Balance total

El balance general preliminar efectuado en las instalaciones de incineración de residuos en España, puede resumirse en la siguiente tabla:

Incineración de residuos sólidos urbanos (Mg/año)	1.163.000
PCDD/Fs –resentes en los RSU (ng i-TEQ/kg)	46-87
PCDD/Fs totales (g i-TEQ/año) del residuo a la entrada	53-101
PCDD/Fs en corrientes gaseosas salida (g i-TEQ/año)	1-1,2
PCDD/Fs en cenizas volantes (g i-TtEQ/año)	46-60
PCDD/Fs en escorias (g i-TtEQ/año)	2-17

Como conclusión del estudio cabe destacar:

- **La incineración de residuos urbanos arroja un balance negativo de dioxinas y furanos.**
- **las emisiones al aire han sido reducidas drásticamente respecto a años anteriores.**
- **la incineración de RSU puede considerarse un sumidero de dioxinas y furanos, en donde las salidas pueden ser inferiores a las entradas.**
- **la materia orgánica destinada a elaborar compost puede contener, en algunos casos, alto contenido en dioxinas y furanos, si no se realiza una estrategia de separación selectiva.**

2.3.2.2. Galvanización de zinc

Los procesos de galvanización se han considerado por el Inventario Europeo de Emisiones de PCDD/Fs como una posible fuente de generación de dioxinas y furanos; debido a las condiciones en las que se lleva a cabo la galvanización y a la presencia de los factores que favorecen la formación de estos compuestos orgánicos persistentes, como son la presencia de:

- catalizadores metálicos (cloruro de Zn, Fe, impurezas metálicas, etc.)
- oxígeno
- materia particulada
- fuentes de cloro ($\text{Cl}_2\text{Zn}-\text{ClNH}_4$)
- temperaturas entre 250 y 400°C.

Para la realización del inventario de dioxinas y furanos para este sector, se consultaron diversos estudios ya publicados y se realizaron tomas de muestras en diferentes matrices sólidas y gaseosas cuya finalidad última era poder establecer unos factores de emisión en función de las unidades de producción y de los metros cúbicos emitidos a la atmósfera, de manera que se conozca la contribución de los distintos sectores y su relevancia en la emisión de este tipo de contaminantes.

El proceso de galvanización consiste en sumergir la pieza en un baño de zinc fundido a unos 450°C, previa preparación de la superficie mediante un decapado (generalmente decapado con ácido clorhídrico), y la operación de fluxado (mediante una mezcla de cloruro amónico y cloruro de Zinc). Finalmente, tras el galvanizado se deja enfriar la pieza.

El impacto ambiental de las instalaciones de galvanización en caliente se produce principalmente sobre los tres vectores ambientales:

- vertidos de sus aguas residuales
- residuos tóxicos y peligrosos
- emisiones atmosféricas.

Los principales focos de emisión son:

- cubas de galvanización
- quemadores de horno de galvanización
- cubas de decapado.

Con respecto a los residuos que podemos encontrar en estas empresas, al margen de los recipientes, tenemos:

- Residuos de la limpieza del equipo y de las instalaciones
- lodos generados en algunos baños
- lodos de depuradora, en el caso que dispongan de ella
- baños de concentrado
- tierras, cenizas y polvo
- lodos de sistemas de refrigeración en continuo del fluxado
- matas (aleaciones de Fe y Zn recogidas en el fondo del baño de Zn fundido).

La incidencia en el medio ambiente de las emisiones atmosféricas de los talleres de recubrimiento metálico es de escasa importancia y es debida principalmente a la formación de aerosoles y nieblas por la evaporación de los baños que trabajan en caliente.

Según el protocolo para la identificación de fuentes de PCDD/Fs descrito en el documento de Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos, en caso de los procesos de galvanización en caliente este sector pertenece a la categoría de Metales Ferrosos y No Ferrosos y la subcategoría de Galvanización.

Referencia a otros países europeos

Antes de centrarnos en los niveles de emisión detectados y tasas calculadas en España, revisemos los valores obtenidos en otros países europeos.

Datos de emisión de PCDD/Fs en **Alemania**

Los análisis efectuados en instalaciones de galvanización en caliente en Alemania se llevaron a cabo para estudiar las emisiones al aire de estas plantas. Las instalaciones de galvanizado se encuentran dispersas por todo el territorio alemán y suponen un total aproximado de 130 compañías.

Los datos del contenido en PCDD/Fs, tanto en la corriente de gas como en las partículas del sistema de filtración, aportados en el informe UBA/LAI son:

PARÁMETROS	CONCENTRACIONES DE PCDD/Fs	
	CORRIENTE DE GAS (ng I-TEQ/Nm ³)	PARTÍCULAS DE FILTRO (ng I-TEQ/Nm ³)
Mínimo	0,007	2.150
Máximo	0,132	9.614
Media geométrica	0,016	3.871
Media aritmética	0,039	4.606

Los índices de actividad nacional consideran que el consumo total de zinc es de 531,5 Kt y se asume que de esa cantidad el 80% va destinado a procesos de galvanización. Se ha estimado para este país un factor de emisión de 0,623 µg I-TEQ/t de producto galvanizado. Los índices de emisión a la atmósfera en base al factor de emisión y la producción anual, es la siguiente:

PARÁMETROS	g I-TEQ/AÑO
Emisión anual	0,34
Rango de incertidumbre	0,03-3,4

Datos de emisión de PCDD/Fs en Suiza

De igual modo, se han estudiado principalmente las descargas de estos contaminantes a la atmósfera. Puesto que no se pudo disponer de datos para la estimación de los índices de actividad suizos, el factor de emisión se calculó a partir de cuatro medidas llevadas a cabo en Alemania, obteniéndose unos valores aproximados según la siguiente tabla.

GALVANIZACIÓN	FACTOR EMISIÓN 1985 [ng-I-TEQ/m ³]	FACTOR EMISIÓN 1990 [ng-I-TEQ/m ³]	FACTOR EMISIÓN 1995 [ng-I-TEQ/m ³]
VALOR APLICADO	3,85	0,7	0,7

El informe suizo recoge las emisiones anuales por trabajador, cuyos valores alcanzan los 5,51 µg I-TEQ/trabajador.

Datos de emisión de PCDD/Fs en Dinamarca

El número de empresas que se dedica al galvanizado en Dinamarca ascendía a 15 durante la realización del estudio. Basándose en información obtenida de empresas danesas, la producción total estimada era de 100.000 toneladas de producto galvanizado por año, ascendiendo las emisiones a 33.000m³N/tonelada de producto. Por otro lado, la generación de polvo de filtro de limpieza de aire varía, puesto que existen instalaciones donde no tienen limpieza de gases en las que se estiman 50mg polvo/Nm³; y sin embargo, otras sí cuentan con filtro de aire, en cuyo caso se han estimado unas emisiones de 0,5mg polvo/Nm³.

En total se estima que las emisiones de polvo de filtro en Dinamarca son de entre 20 y 165 toneladas por año. Este polvo de filtro se emplea habitualmente como relleno en la tierra, o también se almacena temporalmente.

En el inventario Europeo de Dioxinas se ha calculado que la emisión de dioxinas se encuentra en el rango de 0,007-0,132 ng I-TEQ/Nm³ para plantas de galvanizado, y el contenido de dioxinas en polvo de filtro se sitúa en el rango de 2,150-9,614 ng I-TEQ/kg.

Basándose en todos estos datos, se llega a la conclusión de que la emisión de dioxinas en Dinamarca debido a la industria del galvanizado se podría estimar dentro del rango 0,023-0,44g I-TEQ/año en el caso de la emisión a la atmósfera. Si nos referimos a la cantidad de dioxinas en el polvo de filtro, estaremos hablando de cantidades inferiores a 0,002g I-TEQ/año, esta cifra indica que la contribución de las dioxinas al polvo es prácticamente insignificante.

El sector en España

Actualmente en España se encuentran operativas alrededor de 40 plantas de Galvanizado, el 65% de éstas disponen de un sistema de tratamiento de gases, y las restantes están trabajando para implantarlos para cumplir la Directiva Europea 96/61/CE.

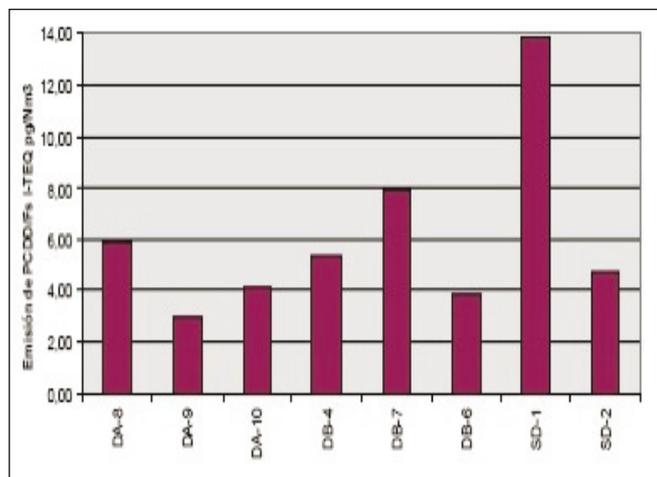
La producción anual ha sido estimada en una cantidad aproximada de 502 KT de acero galvanizado, siendo el 72% correspondiente a las compañías con sistemas de limpieza de gases y el 28% a las restantes.

Las emisiones de PCDD/Fs se encuentran tanto a la salida de gases, como a los polvos recogidos en los sistemas de limpieza de éstos, por tanto las muestras han sido tomadas en ambos medios.

Para llevar a cabo el inventario en el sector de la galvanización, **se han tomado muestras en diez de estas instalaciones**, con sistemas de tratamiento de desengrasado diferentes (DA: desengrasado ácido, DB: desengrasado básico, SD: sin desengrasado). Las muestras para el análisis y estudio se han tomado en cenizas, polvos y emisiones. En las tablas que se relacionan a continuación, a cada empresa se le ha asignado un código que indica el sistema de desengrasado.

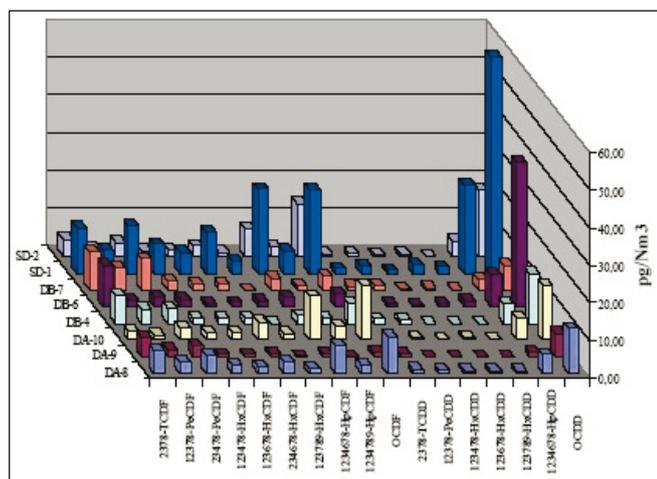
Emisiones a la atmósfera

Los valores de la emisión total de PCDD/Fs, expresados como I-TEQ pg/Nm^3 en las instalaciones muestreadas se indican a continuación:



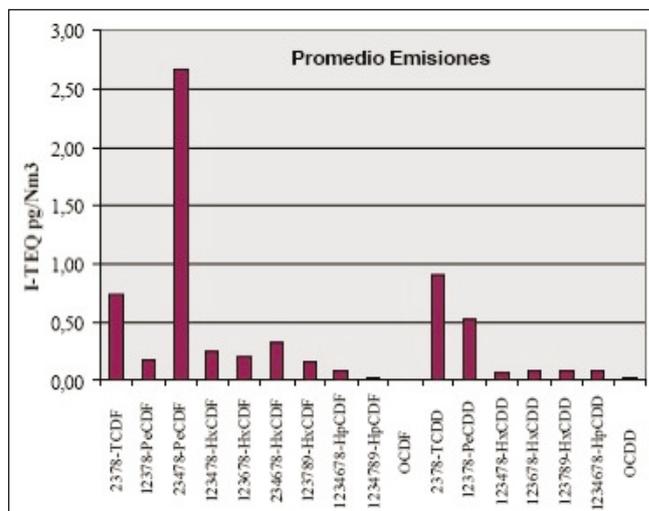
Se observa que no parece existir relación directa entre las emisiones de dioxinas y furanos con el sistema de desengrasado, si bien, las empresas sin desengrasado ocupan el primero y quinto puesto en cuanto a emisiones totales.

En cuanto al perfil de los 17 congéneres tóxicos, expresados en I-TEQ pg/Nm^3 , para las instalaciones de galvanización en caliente muestreadas se representa en el siguiente gráfico:



En todas las instalaciones, el OCDD es el congéner mayoritario, mientras que las dioxinas 2378-TCDD, 12378-PeCDD, 123478-HxCDD, 12378-HxCDD, 123789HxCDD se encuentran en proporciones bastante inferiores al resto.

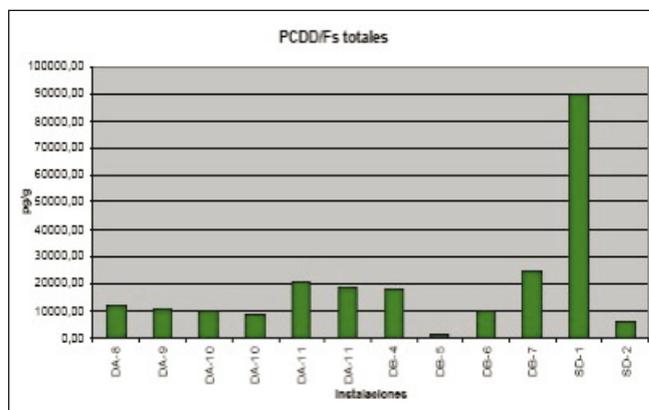
El perfil promedio de la emisión de PCDD/Fs a la salida de las chimeneas, expresadas en I-TEQ pg/Nm^3 , considerando todas las empresas muestreadas, se puede representar en el siguiente gráfico:



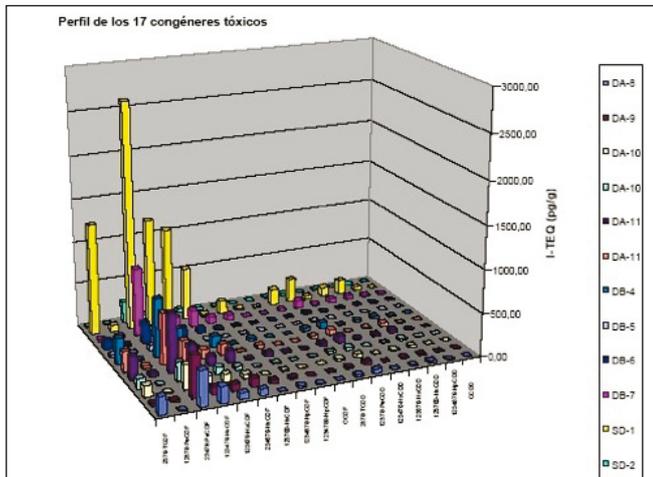
Se observa que a pesar de la mayor concentración en $\text{pg}/\text{m}^3\text{N}$ de algunos congéneres (OCDD, 1234678-HpCDD, OCDF...), la distribución en función del o-TEQ es diferente, resultando muy superior para el 23478-PeCDF (superando 2,5 $\text{pg I-TEQ}/\text{m}^3\text{N}$) que para el resto de los congéneres (2378-TCDF, 2378-TCDD y 12378-PeCDD son los únicos que superan 0,5 $\text{pg I-TEQ}/\text{m}^3\text{N}$).

Polvos recogidos del sistema de gases

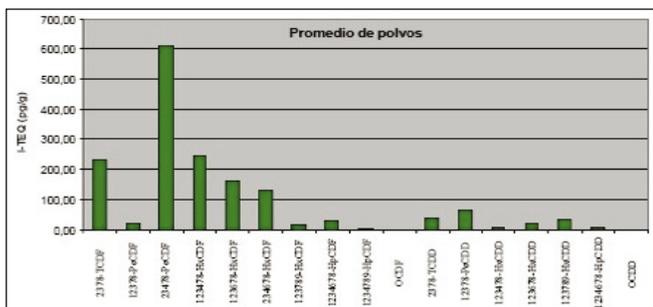
Los valores de la emisión global de PCDD/Fs debida a los polvos recogidos en los sistemas de limpieza de gases de cada una de las instalaciones de galvanización, expresados en pg/g , se muestran para cada una de las plantas en las que se ha recogido muestra de los mismos. Se observa igualmente, que una de las plantas sin desengrasado alcanza valores muy elevados de PCDD/Fs en comparación con el resto de las instalaciones, siendo nueve veces superiores que en otras instalaciones.



En cuanto al perfil de los 17 congéneres tóxicos en I-TEQ pg/Nm^3 , para todas las compañías evaluadas, se observa una mayor concentración para todas ellas de furanos que de dioxinas, principalmente 2378-TCDF, 2378-PeCDF, 12378-HxCDF, 123678-HxCDF y 234678-HxCDF.

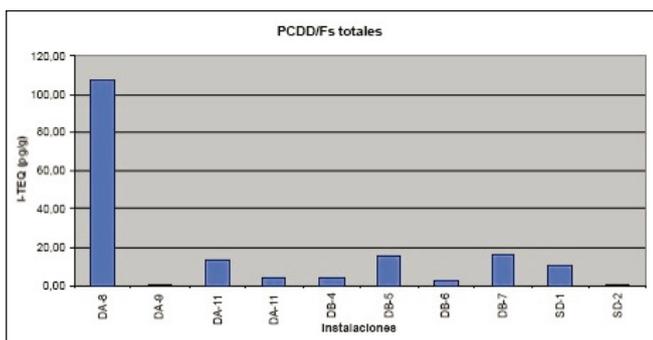


La representación global para todas las instalaciones en conjunto, en la que se evalúa el perfil promedio de las emisiones de PCDD/Fs expresada en I-TEQ pg/g, se representa en el siguiente gráfico, en el que se confirma que los polvos contienen mayoritariamente los congéneres anteriormente mencionados. Este perfil es similar al encontrado en las emisiones gaseosas, sobre todo para los compuestos mayoritarios y minoritarios.

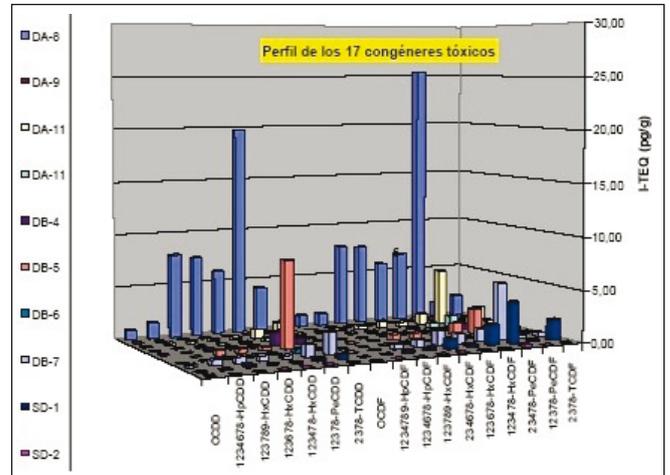


Cenizas o tierras sobrenadantes en el Baño de Zinc

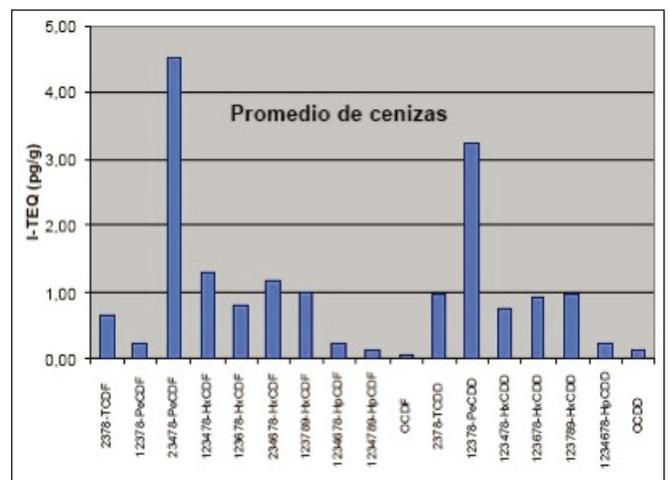
Los valores totales de emisiones de PCDD/Fs expresadas en I-TEQ pg/g, para todas las instalaciones se presentan a continuación. En este caso, las concentraciones encontradas en las plantas sin desengrasado, no resultan superiores a las que sí disponen de este sistema, como en los casos anteriores. Las variaciones son elevadas de unas empresas a otras, incluso las que disponen del mismo tipo de desengrasado.



El perfil de los 17 congéneres tóxicos en la ceniza, expresado en unidades de I-TEQ pg/g se presenta a continuación:



Para estudiar la tendencia general, es más fácil observar el perfil promedio para los PCDD/Fs en cenizas de todas las plantas en conjunto. Las concentraciones de 23478-PeCDF y 12378-PeCDD siguen siendo mayoritarias respecto a los demás congénies. Los minoritarios son OCDF, OCDD y 1234789-HpCDF.



Conclusiones del sector galvanizado de Zinc

Los mecanismos de formación de dioxinas y furanos en los procesos térmicos, y por tanto, los que tienen lugar en el sector de la galvanización en caliente, están relacionados directamente con la materia particulada. La formación de estos en fase gas es significativa cuando las temperaturas son superiores a 600°C, pero dioxinas y furanos en este caso se forman mayoritariamente en zonas de postcombustión, a temperaturas de 200-450°C, mediante reacciones catalíticas heterogéneas que tienen lugar entre el gas de salida y las cenizas y polvo presentes.

Existen dos rutas catalíticas diferenciadas:



- ruta de precursores: reacción de clorofenoles y clorobencenos catalizada sobre una superficie, y que da lugar mayoritariamente a dioxinas
- ruta de novo: combinación de carbono, oxígeno, hidrógeno y cloro para formar principalmente furanos.

Los procesos de galvanización en caliente presentan condiciones que favorecen la formación de dioxinas y furanos. En la chimenea, con temperaturas bastante bajas, se han muestreado polvos y emisiones gaseosas, mientras que en el baño de zinc fundido, con temperaturas elevadas, se han muestreado las cenizas.

El análisis de los resultados obtenidos indica que se generan dioxinas y furanos en las tres matrices en las que se han recogido muestras, confirmando la presencia de compuestos orgánicos en el baño de fundido que pueden proceder de la ausencia o deficiencia del paso de desengrasado, o de moléculas que se pudieran haber utilizado como inhibidores o aditivos en la etapa de decapado, y que actuarían como precursores o fuentes de carbono para la generación de dioxinas y furanos.

Por otro lado, se ha observado que el contenido de dioxinas y furanos en las cenizas fue relativamente bajo, excepto en una de las instalaciones. Además, el contenido tóxico de los polvos de filtros de mangas resultó significativamente mayor que el encontrado en las emisiones gaseosas, confirmando la elevada eficiencia de los filtros utilizados, que retienen como mínimo el 90% de las partículas de gas.

En cuanto a la distribución de los congéneres, los isómeros 2,3,7,8-tetrasustituídos es muy similar para todas las instalaciones objeto de estudio. Por otro lado, la toxicidad de los furanos es superior a la de dioxinas, siendo más del doble para las emisiones gaseosas y más de siete veces para polvos de filtros. Además, en general, mientras los polvos y emisiones contienen concentraciones mayores de furanos, en cenizas tanto dioxinas como furanos se encuentran en similar proporción. Ello hace pensar que los mecanismos de formación de estos COPs son diferentes en polvos y chimeneas que en cenizas del baño de zinc.

La familia que más contribuye a la toxicidad en las tres matrices analizadas es la de PentaCDFs, sin embargo en los polvos de filtro, la contribución en masa es elevada para los HexaCDFs, conllevando a un incremento de la toxicidad total en esta matriz. Sin embargo, en las emisiones gaseosas las familias más abundantes son las de isómeros menos clorados, puesto que resultan más volátiles. El caso contrario aparece en las cenizas, donde las octadioxinas son las más importantes.

Estas diferencias pueden ser debidas a los diferentes tiempos de reacción que disponen los precursores en las zonas de formación de dioxinas y furanos. Esta hipótesis podría explicar el hecho de que la formación de dioxinas en cenizas sea más rápida y significativa que en polvos y emisiones, donde el tiempo de reacción al ser más largo,

permitiría la evolución hacia furanos vía síntesis de novo a través de las impurezas y las partículas metálicas que actuarían como catalizadores.

Factores de emisión

Existe una estrategia mundial para conseguir la eliminación de las dioxinas y de los furanos; así, en la reunión de Mayo del 2001, con el Convenio de Estocolmo, se insta a los países firmantes a que reduzcan la generación de estos compuestos contaminantes subproducto de procesos industriales, y se les anima para la creación de programas específicos para ello, identificando las fuentes más significativas y adoptando las medidas pertinentes para evitar su generación y dispersión.

La conclusión más importante a la que se llegó después de analizar este sector en el Inventario Nacional es la existencia de una cantidad detectable de dioxinas y furanos, tanto en emisiones gaseosas como en polvos y cenizas, aunque en niveles muy diferentes; en niveles muy bajos para el caso de las emisiones gaseosas y más elevados en el caso de polvos y cenizas de filtro, puesto que los PCDD/Fs quedan retenidos en ambas matrices.

En cuanto a los factores de emisión calculados, se han diferenciado las empresas que disponen de sistemas de tratamiento de gases (72,7% del total), y se ha determinado que la producción anual del sector en 2002 fue de 502kt de acero galvanizado. **Todas las instalaciones muestreadas para la realización del estudio disponían de sistemas de tratamientos de gases. Así, se ha calculado un factor de emisión a la atmósfera medio de 30 ng I-TEQ/t acero galvanizado, para las instalaciones con sistema de tratamiento de gases. Para las que no dispongan de éstos, los factores de emisión se espera sean un 30% superiores a los anteriores, de esta forma, se corresponderá con 79 ng I-TEQ/t acero galvanizado.**

Las emisiones totales anuales de dioxinas y furanos a la atmósfera para el año 2002 fueron de 0,023 g I-TEQ, cálculo para el cual se han considerado ambos tipos de instalaciones.

2.3.2.3. Sector cementero

Los hornos de cemento son una fuente potencial de emisiones de dioxinas y furanos; según el inventario CORINAIR (2002) considerando los 39 países participantes, la producción de cemento contribuye en un 0,2% a las emisiones atmosféricas de PCDD/Fs. Los datos del Registro Europeo de Contaminantes EPER indican que para el año 2001 el 4% de las emisiones totales declaradas por los estados, correspondían al grupo de actividades formadas por: producción de cemento y/o clínker (>500t/d), cal (>50t/d), vidrio (>20t/d), materiales minerales (>20t/d) y productos cerámicos (>75t/d).

La industria cementera española no es un sector relevante por sus emisiones de dioxinas y furanos. No obstante, está muy sensibilizada con los temas relacionados con el medio ambiente y la salud, y dado su creciente papel como valorizadora de residuos, ha acumulado una amplia experiencia y conocimientos sobre sus emisiones de dioxinas y furanos. Por ello, han colaborado en la elaboración del inventario nacional de dioxinas y furanos en el que se han estudiado el 70% de los hornos de cemento de España, realizándose 89 muestreos en 41 hornos.

El cemento es un material inorgánico, no metálico, molido finamente que al mezclarse con agua y áridos forma una pasta que fragua y endurece, debido a la formación de silicatos cálcicos hidratados. El clínker se obtiene por fusión parcial de los elementos constitutivos de la primera materia sobrecalentada, que inicialmente era eliminada como desecho, y que presenta resultados mejores que el cemento si se consigue una fina molienda del mismo.

La producción de cemento ha ido en aumento desde mediados del siglo pasado; España, Italia y Alemania son los principales productores europeos.

Los hornos utilizados en la industria cementera son de tipo rotatorio, que difieren de los hornos tradicionales de combustión, en que los materiales de entrada y los gases de salida se cruzan en contracorriente produciendo una minuciosa mezcla a altas temperaturas (superiores a 1400°C) y largos tiempos de residencia. Bajo estas condiciones, se puede asumir que se produce la destrucción prácticamente total de los compuestos orgánicos introducidos con el combustible, siendo para algunos investigadores la destrucción del 99,99-99,9999%.

El proceso de fabricación del cemento origina diversos impactos medioambientales, tales como:

- explotación de canteras
- manipulación, almacenamiento y procesado de materiales pulverulentos, que pueden emitir partículas
- emisión de gases de combustión (NO_x , SO_2) originados en el proceso de cocción.

Con todo, el proceso con mayor implicación ambiental es la cocción del clínker, principalmente el consumo de energía y la emisión de gases a la atmósfera. La generación de gases de combustión tiene su origen en las reacciones químicas y físicas de las materias primas y en los procesos de combustión, y están íntimamente unidas a las propiedades de las materias primas utilizadas y la tipología del sistema de horno empleado.

Dioxinas y furanos pueden llegar a generarse si en el horno se introduce algún compuesto clorado, ya sea como constituyente de las materias primas o del combustible. La formación tiene lugar a temperaturas entre 200°-450°C, durante el proceso de enfriamiento de los gases de salida del horno, y en presencia de catalizadores metálicos de la

materia orgánica, en presencia de oxígeno, y cloro o elementos clorados, y manteniéndose estas condiciones durante largos tiempos de residencia.

La normativa europea 2000/76/CE relativa a la incineración de residuos fija el límite de emisión de dioxinas y furanos a la atmósfera en 0,1 ng I-TEQ/Nm³. En Canadá el límite de emisión para hornos de cemento se sitúa en 0,5 ng I-TEQ/m³N (11% O₂) y en Estados Unidos es 0,2 ng I-TEQ/m³N (7% O₂).

Para evitar la formación de estos compuestos contaminantes, en el caso de utilización de residuos peligrosos que contengan precursores de aquellos, como sustancias orgánicas halogenadas, y para asegurar la completa descomposición de esta, los residuos se deberían alimentar en la zona primaria de combustión, en el quemador principal, en donde se alcanzan temperaturas próximas a los 2.000°C, puesto que por el alimentador secundario las temperaturas son menores.

Por otro lado, para intentar reducir el consumo de combustibles, se proponen dos vías principales: modernización de las instalaciones utilizando hornos de mayor tamaño que mejoren la eficiencia del proceso, y la modificación de la composición del cemento que permita incorporar en la molienda otros materiales diferentes al clínker.

Los combustibles mayoritariamente utilizados hasta hace unos años eran el fuel y el carbón, aunque éstos fueron sustituidos paulatinamente por coque de petróleo, o incluso por gas natural en algunos países. Actualmente, cada vez es más habitual utilizar diferentes residuos y subproductos en sustitución de parte de estos combustibles fósiles, lo que permite reducir el coste de la fabricación del cemento, y esta tendencia se incrementará en el futuro.

Los combustibles alternativos más utilizados en los hornos de producción de clínker son:

- neumáticos usados
- residuos oleaginosos
- fangos residuales
- caucho
- residuos de la madera
- plásticos
- residuos de papel
- disolventes usados.

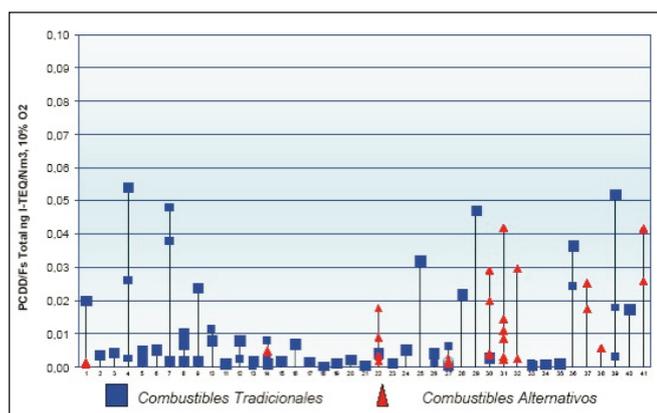
En España, el porcentaje de sustitución en el consumo de combustibles fósiles por combustiones alternativas era, en el año 2002, sólo del 2,5%, siendo uno de los países con menor sustitución de la UE, mientras que en Holanda el porcentaje asciende al 83%, y la media europea es del 12%.

El Inventario Nacional de Dioxinas y Furanos se realizó con la colaboración de modo voluntario de 41 hornos de clínker (de vía seca, semi-seca y húmeda).

Actualmente, se estima que el consumo de cemento, en los últimos años aumento una media de un 4%, llegando a alcanzar alrededor de 42,4 millones de toneladas. El consumo energético medio del sector se estima en 865 cal/kg de clínker. Para el consumo energético se han usado, tanto combustibles convencionales: carbón, fuel-oil, gas natural, etc., como combustibles alternativos: harinas de animales (mayoritario), aceites, residuos de madera, neumáticos, etc.).

En el caso del sector cementero las posibles liberaciones de PCDD/Fs se realizan en fase gaseosa. Uno de los objetivos principales del inventario es conocer los perfiles de esas emisiones en el caso de combustibles convencionales y la influencia o variación promovida por la utilización de combustibles alternativos.

Se han analizado muestras de hornos con diferentes tecnologías de producción de clínker, diferentes sistemas de depuración de los gases de salida, y diferentes sistemas de producción. Los resultados de emisiones totales de PCDD/Fs se presentan en la siguiente gráfica:



Todas las emisiones resultantes de los muestreos realizados en los hornos de clínker estudiados, se encuentran por debajo del límite de emisión de dioxinas y furanos. Se observa, además, que la emisión no es significativa en el caso de co-incineración de residuos. El 73% de los hornos muestran que las emisiones están 10 veces por debajo del valor que establece la normativa en el caso de co-incineración de los residuos (0,1 ng I-TEQ/m³ referido al 10% de O₂, gas seco).

Los rangos de las emisiones de PCDD/Fs obtenidas en función del tipo de combustible utilizado son los siguientes:

combustibles convencionales:	0,0002 – 0,054 (ng I-TEQ/Nm ³)
combustibles alternativos:	0,0004 - 0,049 (ng I-TEQ/Nm ³)
valor medio:	0,0113 (ng I-TEQ/Nm ³)

Por lo tanto, las emisiones de PCDD/Fs presentan valores muy bajos teniendo en cuenta el límite de emisión permitido en el caso de incineración o co-combustión de residuos.

Los factores de emisión son calculados a partir de los datos de actividad de cada una de las empresas en

las que se ha realizado muestreo analítico. Los resultados del estudio han llevado a establecer los siguientes rangos para los factores de emisión, dependiendo del combustible utilizado:

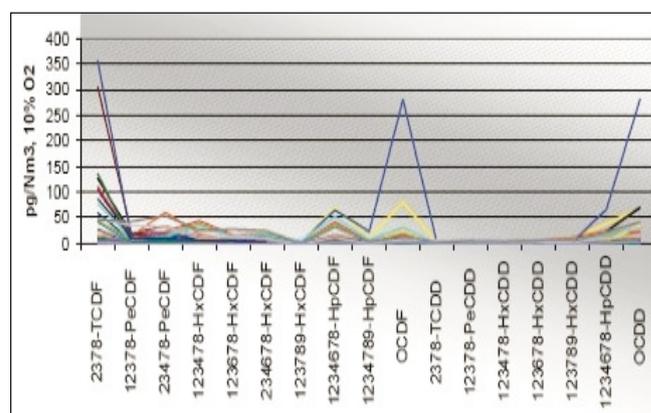
combustible convencional:	0,67-246 ng I-TEQ/t clínker
combustible alternativo:	0,83-133 ng I-TEQ/t clínker
valor medio:	36,53 ng I-TEQ/t clínker

Utilizando los datos de producción para cada empresa, se han estimado unas emisiones globales de dioxinas y furanos para el sector cementero de entre 1,00-1,07 g I-TEQ/año, con lo que se puede afirmar que el sector cementero no es un emisor significativo de dioxinas y furanos en España.

Como ya se ha mencionado, tan importante es la determinación de los factores de emisión, como conocer la distribución de los congéneres y el perfil promedio de los porcentajes de emisión; a continuación se presentan dos esquemas que representan estos datos.

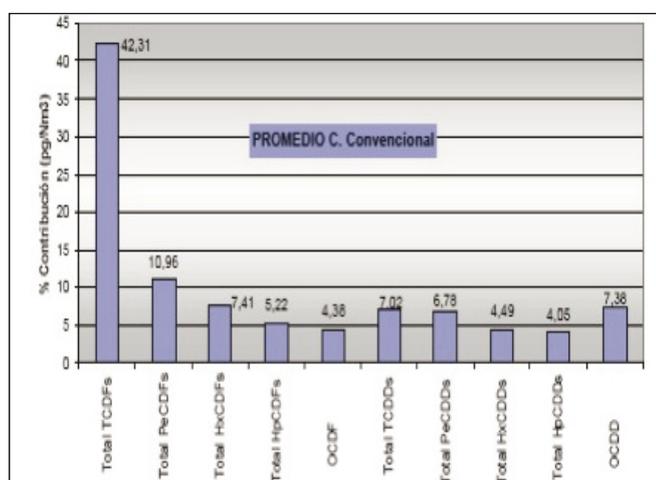
La contribución en masa de los congéneres tóxicos indica aportaciones de congéneres tóxicos muy semejantes, sólo en uno o dos casos, experimentan desviaciones en los isómeros octasustituídos.

Distribución de congéneres tóxicos 2378- clorosustituídos



El perfil promedio de las contribuciones en porcentaje de masa al total de las emisiones se representa en la siguiente figura, en la que se comprueba que en las emisiones a la atmósfera predominan los furanos respecto a las dioxinas.

Perfil promedio de los porcentajes de emisiones totales de PCDD/Fs por familia de homólogos



El análisis de la proporción de dioxinas frente a los furanos suministra información sobre los mecanismos de formación de estos contaminantes.

Tal como ya se ha comentado en apartados anteriores, las observaciones llevadas a cabo en instalaciones de incineración de residuos sólidos permiten postular que la presencia de dioxinas y furanos en las emisiones de estos procesos de combustión se puede deber a tres mecanismos (Hutzinger et al, 1985):

- Se encuentran presentes en la corriente de residuos entrante, y se destruyen o transforman de modo incompleto durante la combustión.
- Se generan a partir de precursores clorados que guardan cierta relación con ellos (precursores de las dioxinas y furanos), como pueden ser PCBs, fenoles clorados o compuestos bencénicos clorados. Las temperaturas a las que tienen lugar estos procesos se sitúan entre 300-800°C, y se desarrollan en fase gas.
- Formación vía síntesis de novo, a partir de compuestos que químicamente no guardan relación alguna con las dioxinas y furanos, como pueden ser cloruro de polivinilo u otros compuestos orgánicos clorados, o combustión de materia orgánica no clorada, como celulosa, poliestireno, lignina... En estos casos las reacciones se producen en la superficie de las materias sólidas presentes a temperaturas inferiores a 500°C.

En el caso de los gases de los hornos de clínker, puesto que son mayoritarios los furanos respecto a las dioxinas, se ha podido concluir que el mecanismo de formación debería basarse en una síntesis de novo. La liberación de dioxinas es muy baja y no existen liberaciones a través de residuos sólidos. **El comportamiento del sector es similar al del resto de los países europeos.** Como beneficio medioambiental existe una valoración de estos residuos. Sin

embargo es fundamental el control de la alimentación de los residuos en el sistema, así como la correcta dosificación y optimización de la misma.

En los hornos clínker no se aprecian diferencias significativas en la emisión de PCDD/Fs, respecto al equipo instalado para el control de las emisiones, esto es, electrofiltros o filtros de mangas. Según las observaciones llevadas a cabo, parece que la etapa condicionante en la formación de dioxinas y furanos es la del calentamiento de las materias primas que alimentan el horno.

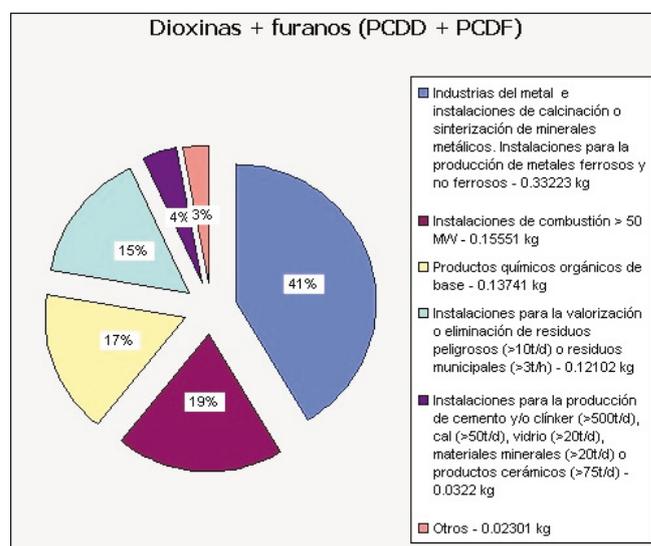
2.3.3. Datos EPER de dioxinas europeas y nacionales

2.3.3.1. Eper Europa

Como resultado de la aportación de la información de descargas de dioxinas y furanos de los países de la UE, se puede realizar inicialmente una visión global de la descarga de contaminantes al medio ambiente. La declaración efectuada por el conjunto de los países en 2003 referida a las descargas de 2001, muestran una distribución desigual en cuanto al origen de estos compuestos.

Así, el sector con mayor incidencia en la producción de dioxinas y furanos es, con diferencia, el de la industria del metal e instalaciones de calcinación y sinterización de minerales metálicos, representando el 41% del total. Los siguientes tres sectores por orden de magnitud, presentan diferencias mínimas, siendo las instalaciones de combustión de más de 50 MW (que representan el 19%), las fábricas de productos químicos orgánicos de base (17%) y las instalaciones para la valorización o eliminación de residuos peligrosos o residuos municipales (15%).

El sector cementero y de producción de clínker se sitúa en 5º lugar por importancia, y el resto de las actividades se agrupan en una única categoría.



En total, en toda la Unión Europea, se han identificado 11 grupos de actividad que generan y descargan al medio las dioxinas, representadas en 86 instalaciones por los siguientes países:

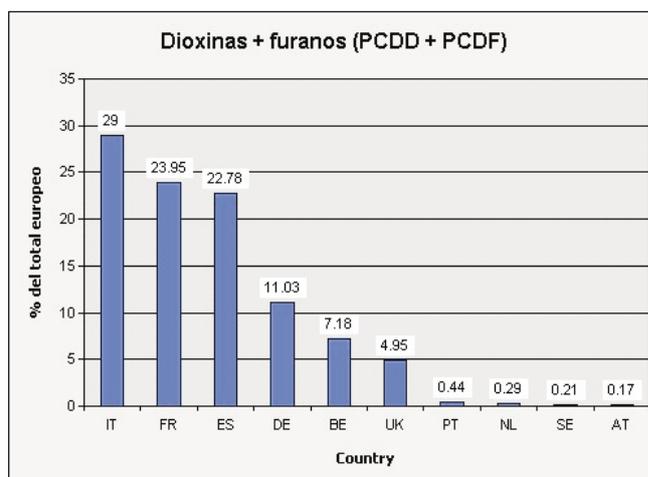
PAÍS	ACTIVIDADES	COMPLEJOS
Alemania	4	11
Austria	1	1
Bélgica	2	4
España	4	10
Francia	5	30
Italia	5	11
Países Bajos	2	2
Portugal	1	1
Reino Unido	2	15
Suecia	1	1
EU	11	86

Las once actividades en las cuales se han detectado descargas de dioxinas y furanos son:

- Instalaciones de combustión > 50 MW.
- Industrias del metal e instalaciones de calcinación o sinterización de minerales metálicos. Instalaciones para la producción de metales ferrosos y no ferrosos.
- Instalaciones para la producción de cemento y/o clínker (>500t/d), cal (>50t/d), vidrio (>20t/d), materiales minerales (>20t/d) o productos cerámicos (>75t/d).
- Productos químicos orgánicos de base.
- Productos químicos inorgánicos de base o fertilizantes.
- Productos farmacéuticos.
- Instalaciones para la valorización o eliminación de residuos peligrosos (>10t/d) o residuos municipales (>3t/h).
- Instalaciones para la eliminación de residuos no peligrosos (>50t/d) y vertederos (>10t/d).
- Instalaciones industriales para la producción de pasta de papel a partir de madera u otras materias fibrosas y de papel o cartón (>20t/d).
- Mataderos (>50t/d), instalaciones para la producción de leche (>200t/d), otras materias primas animales (>75t/d) o materias primas vegetales (>300t/d).
- Instalaciones para el tratamiento de superficie de productos con utilización de disolventes orgánicos (>200t/y).

En cuanto a las cantidades totales emitidas por cada país, éstas concuerdan bastante con la distribución de los establecimientos declarados, aunque se detecta, por ejemplo, que países como Reino Unido, con 15 instalaciones identificadas (en segundo lugar en cuanto al nº de complejos), se sitúa en sexto lugar en cuanto a emisiones totales de estos contaminantes, representando sus emisiones el 4,95% del total europeo.

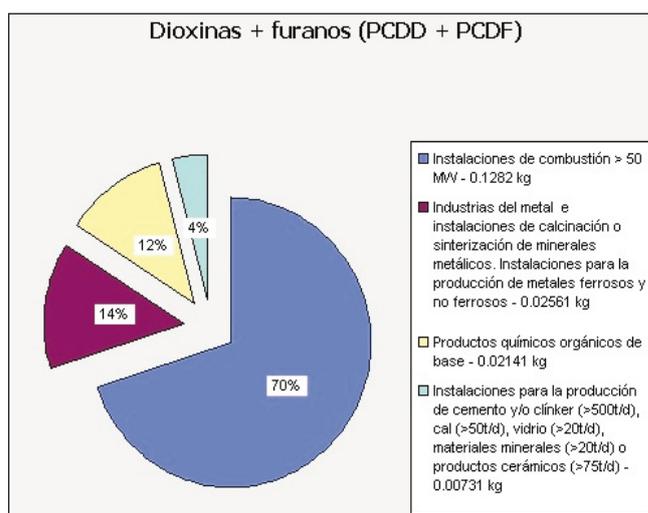
Los dos países con mayores emisiones declaradas son Italia (29% del total, 0,2324kg) y Francia (23,95% con 0,1919 kg).



De estos datos, hay que tener en cuenta que sólo se han declarado las descargas de dioxinas y furanos realizadas al aire, no incluyéndose para ninguna de las actividades, descargas directas o indirectas (por transferencia a una depuradora externa) al agua. Quizás sea debido a que no está regulado un valor umbral como en el caso de las emisiones al aire, que se estableció en 0,001 kg/año.

2.3.3.2. EPER España

Respecto a la descarga de dioxinas y furanos en concreto para España, la distribución total por sectores es bastante diferente a la vista anteriormente para toda la Unión Europea:



La principal diferencia se sitúa en el primer puesto en cuanto al porcentaje total de emisiones, puesto que en España, es ocupado por las instalaciones de combustión de más de 50 MW, que representa el 70% del total, y que en la distribución para todos los países de la UE situaba en segundo lugar con el 19%. El segundo y el tercer puesto lo ocupan ahora las industrias del

metal (14%) y la formación de productos químicos de base (12%). La industria del cemento y clinker ocupa el cuarto puesto en cuanto a contribución de las emisiones, con un 4%, igual porcentaje que en el total de la Unión Europea. Por tanto, se observa, que los sectores identificados son básicamente los mismos.

No existe otro grupo que englobe a otros sectores, puesto que en España, estos cuatro son los únicos que han declarado generación de dioxinas y furanos en el año 2003. Se espera que en la siguiente información pública de registro de datos, ya aparezcan datos de otros sectores de los que se sabe científica y experimentalmente que emiten dioxinas y furanos.

Las emisiones totales en estos sectores, que incluyen únicamente 10 complejos, son:

ACTIVIDAD	A LA ATMÓSFERA (KG AL AÑO)	DIRECTO AL AGUA (AL AÑO)	INDIRECTO AL AGUA (TRANSFERENCIA A UNA DEPURADORA EXTERNA)
1.1 Instalaciones de combustión > 50 MW	0.1282	-	-
2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6. Industrias del metal e instalaciones de calcinación o sinterización de minerales metálicos. Instalaciones para la producción de metales ferrosos y no ferrosos	0.02561	-	-
3.1, 3.3, 3.4, 3.5. Instalaciones para la producción de cemento y/o clinker (>500t/d), cal (>50t/d), vidrio (>20t/d), materiales minerales (>20t/d) o productos cerámicos (>75t/d)	0.00731	-	-
4.1. Productos químicos orgánicos de base	0.02141	-	-
Total	0.18253	-	-

España ha reportado un total de 0,18253 kg/año de dioxinas y furanos liberadas a la atmósfera en el año 2001. La revisión de los datos actualizados en septiembre de 2004 parece indicar una reducción bastante significativa del valor de las emisiones.

2.3.4. Inventario de detalle de la Región de Murcia en base al "Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de dioxinas y furanos" 2ª edición de febrero de 2005

El Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de dioxinas y furanos de la UNEP establece una serie de categorías de focos emisores principales:

1. Incineración de residuos:

- 1.1. Residuos sólidos urbanos
- 1.2. Residuos peligrosos
- 1.3. Residuos médicos
- 1.4. Desechos de fracción ligera

- 1.1. Lodos de aguas residuales
- 1.1. Residuos de combustión de madera
- 1.1. Cadáveres de animales
2. Metales ferrosos y no ferrosos:
 - 2.1. Sinterización del metal de hierro
 - 2.2. Producción de coque
 - 2.3. Producción de acero
 - 2.4. Producción de cobre
 - 2.5. Producción de aluminio
 - 2.6. Producción de plomo
 - 2.7. Producción de zinc
 - 2.8. Producción de latón
 - 2.9. Producción de magnesio
 - 2.10. Desguazadoras (por ejemplo, automóviles)
 - 2.11. Recuperación térmica de cable
3. Generación de energía y calor:
 - 3.1. Plantas de energía por combustible fósil
 - 3.2. Plantas de energía por biomasa
 - 3.3. Combustión de terraplenes y biogás
 - 3.4. Calefacción doméstica y cocina (biomasa)
 - 3.5. Calefacción doméstica (combustibles fósiles)
4. Producción de productos minerales:
 - 4.1. Hornos de cemento
 - 4.2. Cal
 - 4.3. Ladrillo
 - 4.4. Vidrio
 - 4.5. Cerámica
 - 4.6. Mezclado de asfalto
5. Transporte:
 - 5.1. Motores de cuatro tiempos
 - 5.2. Motores de dos tiempos
 - 5.3. Motores diesel
 - 5.4. Motores de aceite pesado (barcos, etc)
6. Procesos de combustión incontrolada
 - 6.1. Incendios/quema de biomasa
 - 6.2. Incendios, quemados de residuos, incendios en terraplenes, incendios accidentales
7. Producción de productos químicos y bienes de consumo:
 - 7.1. Fábricas de pasta de papel
 - 7.2. Fábricas de papel
 - 7.3. Industria química
 - 7.4. Industria del petróleo (refino)
 - 7.5. Plantas textiles
 - 7.6. Plantas de cuero
8. Varios:
 - 8.1. Disecado de biomasa
 - 8.2. Crematorios
 - 8.3. Ahumaderos
 - 8.4. Residuos de limpieza en seco
 - 8.5. Consumo de tabaco
9. Disposición:
 - 9.1. Lixiviado de terraplenes
 - 9.2. Aguas residuales / tratamiento de aguas negras
 - 9.3. Compostado

- 9.4. Vertidos a aguas abiertas
- 9.5. Evacuación de residuos del aceite
- 10. Puntos calientes:
 - 10.1. Sitios de producción de sustancias orgánicas cloradas
 - 10.2. Sitios de producción de cloro
 - 10.3. Sitios de preparación de fenoles clorados
 - 10.4. Sitios de aplicación de fenoles clorados
 - 10.5. Sitios de fabricación y tratamiento de madera
 - 10.6. Transformadores y capacitares con PCBs
 - 10.7. Vaciaderos de desechos/residuos de las categorías 1-9
 - 10.8. Sitios de accidentes importantes
 - 10.9. Dragado de sedimentos
 - 10.10. Sitios de arcilla caolínica o plástica

Los principales objetivos del inventario que se llevó a cabo en el año 2003 fueron:

1. Identificar los principales focos de emisiones al aire, al agua y al suelo en la Región de Murcia.
2. Efectuar una primera cuantificación de dichas descargas en términos y unidades comparables en base a la literatura científica, combinada con los resultados de las mediciones realizadas en los principales focos.
3. Evaluar los resultados obtenidos para los sectores principales en comparación con los valores promulgados por la UE más actuales y relevantes y el Programa de Naciones Unidas (UNEP Chemicals 2.001) en sus inventarios y en relación a la literatura disponible.

Para el desarrollo del presente estudio complementario se han tomado como base los resultados analíticos efectuados en la primera fase del Inventario de Compuestos Orgánicos Persistentes en la Región de Murcia, de 2003. Únicamente se han variado los factores de actividad de cada una de las plantas, habiendo contactado previamente con los responsables de cada fábrica y solicitando los datos de producción, generación de residuos, cantidades de cenizas recogidas, horas de funcionamiento, y otros datos necesarios para actualizar los valores de 2003 con datos de 2005.

El inventario de determinación de dioxinas y furanos en la Región de Murcia, realizado en el año 2003 y revisado en el 2005 ha pretendido obtener una visión general básica de la situación actual que permita detectar los sectores prioritarios de actuación en sucesivos trabajos a desarrollar en la misma línea y sobre las conclusiones del presente inventario.

No obstante, aunque no se efectuaron muestreos en todos los sectores es evidente que los trabajos han permitido identificar aquellos sectores que son prioritarios y que precisan, por tanto de un seguimiento de detalle en sucesivos trabajos en la materia en la Región.

Sin embargo, esta determinación estaría incompleta si no se lleva a cabo la investigación exhaustiva del total de las categorías presentadas en el informe, que son análogas a las sugeridas por el instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos propuesto por Naciones Unidas, una vez descartadas aquellas que por su inexistencia o baja representación en la Región de Murcia no merecen ser consideradas.

La valoración efectuada en 2005, aunque no tan exhaustiva como la realizada en el informe inicial, queda reflejada en el siguiente cuadro resumen en el que no se aprecian diferencias significativas respecto a la evaluación efectuada en 2003.

SECTOR EMISOR	PRESENTES	NO PRESENTES
1. Incineración de residuos:		
Residuos sólidos urbanos		x
Residuos peligrosos	x	
Residuos médicos		x
Desechos de fracción ligera		x
Lodos de aguas residuales		x
Residuos de combustión de madera		x
Cadáveres de animales	x	
2. Metales ferrosos y no ferrosos:		
Sinterización del metal de hierro		x
Producción de coque		x
Producción de acero		x
Producción de cobre		x
Producción de aluminio		x
Producción de plomo	x	
Producción de zinc	x	
Producción de latón		x
Producción de magnesio		x
Desguazadoras (por ejemplo, automóviles)		x
Recuperación térmica de cable		x
3. Generación de energía y calor:		
Plantas de energía por combustible fósil	x	
Plantas de energía por biomasa	x	
Combustión de terraplenes y biogás	x	
Calefacción doméstica y cocina (biomasa)		x
Calefacción doméstica (combustibles fósiles)		x
4. Producción de productos minerales:		
Hornos de cemento	x	
Cal	x	
Ladrillo	x	
Vidrio	x	
Cerámica		x
Mezclado de asfalto	x	
5. Transporte:		
Motores de cuatro tiempos	x	
Motores de dos tiempos	x	
Motores diesel	x	
Motores de aceite pesado (barcos, etc)	x	

6. Procesos de combustión incontrolada	
Incendios/quema de biomasa	x
Incendios, quema residuos, inc. en terraplenes, accidentales	x
7. Producción de productos químicos y bienes de consumo:	
Fábricas de pasta de papel	x
Fábricas de papel	x
Industria química	x
Industria del petróleo (refino)	x
Plantas textiles	x
Plantas de cuero	x
8. Varios:	
Desecado de biomasa	x
Crematorios	x
Ahumaderos	x
Residuos de limpieza en seco	x
Consumo de tabaco	x
Fabricación de piensos	x
9. Disposición:	
Lixiviado de terraplenes	x
Aguas residuales / tratamiento de aguas negras	x
Compostado	x
Vertidos a aguas abiertas	x
Evacuación de residuos del aceite	x
10. Puntos calientes	
Lugar de producción de cloro	x
Lugar de aplicación de fenoles clorados	x
Fabricación de madera y lugares de tratamiento	x
Transformadores y capacitares con PCBs	x
Vertederos de desechos y/o residuos de categorías 1-9	x
Lugares donde se hayan producido accidentes importantes	x
Dragado de sedimentos	x
Lugares donde hay caolina o arcilla plástica	x
Empleo de pesticidas	x
Piensos	x
Organismos marinos	x

Debido a que en esta revisión no se han realizado de nuevo todos los análisis del anterior, no se ha podido hacer una revisión profunda de los diferentes sectores ya estudiados. No obstante se han consultado numerosas bases de datos de empresas e industrias de la Región de Murcia, y no se han observado cambios significativos de los sectores.

2.3.4.1. Sectores identificados en la Región de Murcia

INCINERACIÓN DE DESECHOS. (CÓDIGOS 1 UNEP)

Incineración de desechos peligrosos

Los residuos peligrosos son aquellos que contienen materiales peligrosos en cantidades significativas. Entre los residuos allí considerados se encuentran solventes, pinturas, tintes, baterías, productos químicos halogenados, plagui-

cidas, aceites, lubricantes, productos farmacéuticos... además de los recipientes que los contengan y otros materiales contaminados por ellos.

Según las consultas realizadas, en la Región de Murcia se opta por otros medios alternativos antes que por la incineración de residuos peligrosos. Sin embargo, existe incineración de residuos peligrosos en una industria cementera de la Región, de modo que dichos residuos son usados como combustible auxiliar y alternativo, junto con otros combustibles convencionales (fuel y coque) aportando la energía necesaria para la fabricación de clínker de cemento.

El resto de los gestores de residuos peligrosos en Murcia, no incineran, ni tratan residuos que puedan suponer un peligro inminente de generación de dioxinas. Generalmente, los procesos de los que se trata son los de separación, estabilización físico-química, neutralización, y valorización de los residuos generados en los propios procesos productivos.

Combustión de cadáveres de animales.

Para evitar riesgos de contaminación a los humanos derivados de enfermedades de los animales, se recurre a la combustión de cadáveres de animales. Desde el 1 de mayo de 2003 el Reglamento 1774/2002 establece que, tanto los cadáveres de rumiantes como los de porcino y resto de especies, se eliminarán mediante digestión en una planta autorizada, por ello, estas instalaciones deberán contar con un control mínimo por parte de la Administración que garantice unas condiciones de seguridad además en cuanto a emisiones de contaminantes.

En la actualidad, en la Región de Murcia se realiza la digestión de ovino, caprino y vacuno, aunque todavía no se incluye la destrucción de los porcinos. Existen dos empresas en la Región de Murcia que llevan a cabo el proceso de digestión de restos antiguamente catalogados como MER.

PRODUCCIÓN DE METALES FERROSOS Y NO FERROSOS (CÓDIGOS 2 UNEP)

Producción de plomo

La producción de plomo primario puede realizarse a través de dos vías: sinterización/fusión o fusión directa. Resulta más interesante la producción de plomo a partir, sobre todo, de baterías de vehículos u otro tipo de chatarras, debido a que éstas pueden contener gran cantidad de materia orgánica y compuestos halogenados que favorecerían en gran medida la producción de dioxinas.

En la Región de Murcia existe una industria que realiza este tipo de producción secundaria de plomo a partir de las baterías de vehículos fuera de uso procedentes de desguaces.

Producción de Zinc.

■ Fabricación de Zinc:

Puede producirse zinc bruto en combinación con un alto horno de mineral de plomo o puede ser recuperado a partir de la escoria de este proceso utilizando hornos rotatorios. La utilización de chatarra contaminada, la inclusión de algún tipo de aditivo (cloruro) durante la fusión del zinc, y las temperaturas relativamente bajas de trabajo, favorecen la formación de dioxinas y furanos en el proceso.

La Región de Murcia dispone de representante en esta categoría.

■ Utilización de zinc para galvanotecnia:

Para mejorar la resistencia del acero y la de sus aleaciones a la corrosión uno de los métodos utilizados es la galvanización mediante recubrimiento de la superficie, sumergiendo la pieza en un baño de zinc fundido. El zinc reacciona con el hierro o el acero para formar una serie de capas de aleación sobre la superficie a tratar.

El principal problema medioambiental que se deriva de esta actividad se produce en el mordentado (viéndose afectados los lodos de cubas y los baños agotados) y principalmente en el proceso de galvanización, al generarse gases (ClH, NH₃), humos (NH₄Cl, Zn Cl₂) y polvo. Como ya se ha mencionado anteriormente la presencia de cloruros en procesos térmicos constituye un riesgo elevado de generación de PCDD/Fs.

En la Región de Murcia, existen empresas de galvanización de zinc.

GENERACIÓN DE ENERGÍA Y CALEFACCIÓN (CÓDIGOS 3 UNEP)

Centrales de combustibles fósiles

Este tipo de industria puede emplear diferentes tipos de combustible: carbón, aceite pesado, aceite ligero o gas natural, y genera la mayor parte de la electricidad consumida en la sociedad actual.

La generación de PCDD/Fs es debida principalmente al proceso de cocombustión de líquidos o lodos, en el caso de utilizar desechos líquidos o lodos en la combustión juntamente con el combustible fósil. Una vez que ha concluido el proceso y se han enfriado los gases de salida, los restos orgánicos se recombinan con el carbón presente para formar las dioxinas.

En el caso del uso de aceite ligero, o gas natural como combustible, el riesgo de generación de este tipo de contaminantes disminuye, esto es debido al elevado valor ca-

lórico de los mismos y a la escasa producción de cenizas.

En la Región de Murcia no se conoce que exista, central térmica identificada como gran instalación de combustión que emplee carbón.

Centrales de energía de biomasa

Se considera en esta categoría, la combustión de biomasa sin tratar (residuos agrícolas, restos de madera, ramas, aserrín, cáscaras o huesos de frutos...) y sin adición de otro tipo de combustible fósil, para obtener energía.

La generación de este tipo de energía se lleva a cabo en muy diversos tipos de hornos, desde los más pequeños y rústicos hasta plantas con calderas muy perfeccionadas y eficaces sistemas de retención de contaminantes.

La formación de PCDD/Fs es debida, al igual que en la anterior categoría, a la presencia de desechos o lodos durante el proceso de combustión y básicamente a la utilización de biomasa tratada mezclada con la madera limpia. En ambos casos las liberaciones de PCDD/Fs se producen a la atmósfera principalmente, por lo que es preciso un sistema de retención de partículas.

En Murcia, no se tiene conocimiento de la producción de energía a gran escala a partir de combustión de madera (ni tratada ni virgen). Sin embargo, sí se detecta el aprovechamiento de otro tipo de biomasa sin tratar aparentemente: las cáscaras de las almendras en la zona de producción y el hueso de melocotón en el área de la Huerta, así como el empleo a menor escala del orujillo de la oliva.

También se han localizado pequeños hornos tradicionales en la zona de Valentín, que emplean como combustible para su proceso de fabricación de ladrillos y losas, los desperdicios de aserraderos, leña natural procedente de limpieza de montes o de cortafuegos, o los orujillos de la aceituna (hueso de la aceituna una vez extraído el aceite de oliva y el de orujo).

Puesto que la producción es a pequeña escala, al ser artesanal, no se dispone de ningún tipo de sistema de retención de partículas, con lo cual, las liberaciones a la atmósfera podrían ser considerables si el número de instalaciones es elevado y, por encima de todo, si en el proceso de combustión se utiliza madera tratada, lo cual no ha podido ser confirmado todavía en esta fase del inventario.

Combustión de gas de vertedero "terraplén"/biogás.

Se tiene el conocimiento del aprovechamiento de biogás en el vertedero municipal de la capital de provincia, que utiliza 225 KWh para autoconsumo y 700 KWh se envían a la red de la Empresa 11. Sin embargo, se espera un nivel de emisión bajo, pese a la escasa información disponible.

PRODUCTOS MINERALES (CÓDIGOS 4 UNEP).

Producción de cemento.

La fabricación del cemento se produce mediante la calcinación del carbonato cálcico (CaCO_3) a elevadas temperaturas (900°C), lo que da lugar a la formación de óxido de calcio (CaO cal) y dióxido de carbono (CO_2) mediante un proceso de descomposición. Posteriormente, la cal reacciona con sílice, alúmina y óxido ferroso, para formar el "clinker" o escoria, compuesta por silicatos, aluminatos y ferritas de calcio. A continuación esta escoria se tritura junto con el yeso y otros aditivos químicos y se origina el cemento.

Para la producción de energía para el horno se emplea cualquier tipo de combustible: carbón, petróleo, gas o coque de petróleo. Además, en muchos casos, se introducen desechos peligrosos (aceites, desechos industriales, neumáticos...) que se queman generalmente en el extremo caliente del horno. Sin embargo, se han detectado niveles de dioxinas y furanos en los gases liberados de esos hornos, debido a la presencia de materia orgánica y otros tipos de compuestos halogenados y siendo principalmente localizadas, estas emisiones, en hornos que hacen uso de la vía húmeda.

En la Región de Murcia existe una multinacional fabricante de cemento. Se realizan en ella controles sistemáticos de niveles de emisión, y controles sobre los materiales de salida que permiten garantizar los niveles presentes en el cemento comercial que podría ser una vía de exposición en las obras en las que se utilice, además de la potencial descarga local.

Producción de cal: (calizas y yesos)

La producción de cal es una fuente potencial de contaminación del aire. La problemática se centra en la contaminación atmosférica durante las etapas de calcinación y molienda. La formación de PCDD/Fs, puede estar originada por la presencia de materia prima o combustible que contengan cloruros, además de la combustión defectuosa en el horno, lo que indica la gran relevancia del control exhaustivo del proceso. Por ello, el vector de liberación de mayor importancia es la atmósfera; y se detectan también en los residuos provenientes del sistema de depuración de gases.

En la Región se han identificado tres productores de yeso y caliza.

Producción de ladrillos

Los ladrillos se fabrican a partir de la arcilla a la que se añade otro tipo de materiales para dotarlo de la porosidad necesaria. Básicamente el proceso consiste en la sucesión de las etapas sucesivas de: desmenuzando, molienda, ensilado, humectación y amasado, extrusión, cortado, secado y cocción.

De la etapa de cocción surge el mayor problema am-

biental debido a la emisión de partículas y gases (y generalmente sin ningún tipo de sistema de retención). Otro de los factores importantes es la adición de materia secundaria, generalmente, poliestireno o dióxido de manganeso para mejorar la estética del producto y que pueden ser potencialmente generadores de contaminación.

En un principio, las emisiones de PCDD/Fs no son elevadas, pero pueden verse incrementadas por la combustión de desechos o combustibles de mala calidad o debido a controles defectuosos, además de que determinadas arcillas pueden ser fuente de liberación de dioxinas por su origen como materiales de contacto.

En la Región de Murcia, existen numerosos fabricantes de ladrillos y cerámica no esmaltada, la mayoría se dedican a una producción prácticamente artesanal y se concentran en la región de Valentín.

Existe también producción de ladrillos a nivel industrial, pero con la salvedad de que el combustible empleado en este caso es generalmente otro (por ejemplo coque), y sin disponer de sistemas de retención de partículas.

Producción de vidrio

La fabricación de vidrio utiliza como materias primas la arena, piedra caliza, dolomita y sosa. Pueden ser agregados además, otros aditivos para dotarles de ciertas propiedades características, como color, transparencia y pureza; y entre estos productos, pueden ir incluidos compuestos clorados y fluorados, que favorecerán la producción de PCDD/Fs.

En los hornos modernos, se encuentra acoplado un sistema de depuración. Sin embargo, una deficiente limpieza del material de entrada o un control bajo de los combustibles empleados, puede dar origen a emisiones más elevadas.

En la Región de Murcia no se han identificado plantas de producción de vidrio, únicamente empresas de distribución y pequeñas industrias de transformación y decoración de vidrio artístico, a las cuales ya llega el cristal en láminas.

Mezclado de asfalto

La producción de asfalto se realiza mediante el aglomerado con alquitrán de fragmentos de piedras, arenas y otros materiales de relleno que en algunos casos puede contener cenizas volantes procedentes de la incineración en otras industrias, como por ejemplo centrales de energía.

En la Región de Murcia existen varias plantas de mezclado de asfalto, pudiendo suponer una generación de dioxinas apreciable en el caso de condiciones muy desfavorables. Generalmente poseen un filtro de mangas que retiene las arenas finas ("sille" o "filler") que se han escapado del proceso de mezclado. Este sille, tras su estabilización, se devuelve al mezclador, puesto que en principio no debería contener ningún tipo de contaminante, al no utilizar ningún



tipo de material de relleno, únicamente arena, gravilla, piedra silícica,... La caldera suele utilizar como combustible el fuel, y trabaja a unos 170° C.

Transporte

No se puede hacer una estimación, de la cantidad de dioxinas y furanos liberados a la atmósfera, por la inconsistencia y escasez de datos contrastados de vehículos matriculados en la Región, combustible utilizado, tipo de vehículo, km recorridos en ciudad, en carretera, etc.

PRODUCCIÓN Y USO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y BIENES DE CONSUMO (CÓDIGOS 7 UNEP)

Fábricas de pasta y papel

La industria de la pasta y papel es una gran consumidora de agua, la liberaciones producidas a este medio dependerán en gran medida del tipo de agente blanqueante utilizado (generalmente dióxido de cloro o agentes totalmente exentos de cloro) y del tipo de madera utilizada, puesto que ésta puede encontrarse tratada con pentaclorofenol, aumentando así la contaminación.

Los productos generados pueden estar contaminados con PCDD/Fs, dependiendo también, de la tecnología empleada para el blanqueado, siendo esta concentración mayor cuando la tecnología empleada es la adición de cloro. Se establecen factores de emisión para el papel no blanqueado muy superiores que los del papel reciclado.

En la Región de Murcia según indicaciones de los propios empresarios, no existe ninguna planta de fabricación de pasta, que se haya identificado, aunque sí se encuentran otras de fabricación de papel reciclado. Una de ellas dispone de un proceso de fabricación integrado, con capacidad para reciclar todo el papel de desecho de la Región de Murcia.

Por los contactos mantenidos en el área de Molina de Segura, en las empresas de papel de la Región no se emplean previsiblemente blanqueantes clorados, con lo cual, no se considera como un sector prioritario. Pero se precisa identificar en todas ellas, si en su proceso productivo se dan las circunstancias que favorecen la generación de dioxinas y furanos.

Industria química

El sector de la industria química es muy amplio y poco desarrollado en la Región de Murcia, no se han detectado representantes característicos identificados en esta categoría. Sin embargo, ello no indica que pueda existir a nivel de laboratorio o en alguna fábrica aislada, alguno de estos procesos u otro asociado.

Se conoce de la existencia de fabricantes de plásticos de polietileno y propileno, pero no de PVC, fabricantes de pro-

ductos químicos para mantenimiento industrial que emplean cloruro de metileno, fabricantes de moldes para inyección de termoplásticos que emplean el percloroetileno, empresas de fabricación de gases licuados y laboratorios de análisis de material asfáltico, que emplean tricloroetileno, fabricantes de jabones, limpiadores, industria farmacéutica de productos base...

Industria del petróleo

La regeneración del catalizador es una fuente potencial de PCDD/Fs en este sector de refino de petróleo. Los PCDD/Fs pueden liberarse a la atmósfera o ser capturados por el sistema de depuración y transferirse a los efluentes. En ese momento, o en la descarga de las aguas de desecho pueden liberarse las dioxinas a las aguas.

La Región de Murcia cuenta con una importante planta de refino de petróleo, en el Valle de Escombreras, sin embargo, no se tienen indicios de la existencia de estos compuestos en las emisiones o en otro vector de posible liberación.

Plantas textiles

La posible generación de PCDD/Fs en esta industria puede ser debida a varios factores:

- utilización de pentaclorofenol contaminado con PCDD/Fs en la materia prima
- utilización de colorantes con base de cloruro
- utilización de sustancias químicas cloradas contaminadas con PCDD/Fs en el proceso de acabado, favorecido por el lavado en medio alcalino
- liberación de elevadas cantidades de agua efluente, básicamente en la preparación y teñido de la materia.

La actividad textil de la Región de Murcia, no comprende este tipo de transformación, sino que básicamente se recoge el algodón de los campos y se le separa la semilla. Sin embargo el hilado, y tintado, se realiza fuera de la Región, generalmente en la Comunidad Valenciana. Sí existe industria de confección, pero a partir de las telas totalmente terminadas y tintadas por lo que no cabe considerarlo como prioritario.

Industria del cuero

No se conoce que haya emisión de PCDD/Fs como consecuencia del proceso de la industria del cuero, aunque sí se han identificado emisiones en los productos comerciales, debido probablemente a la contaminación del cuero con pentaclorofenol (PCP), usado como conservador.

La industria del cuero está ampliamente extendida en la Región de Murcia, y principalmente localizada en la zona de Lorca.

SECTORES VARIOS CLASIFICADOS (CÓDIGOS 8 UNEP).

Crematorios

La cremación de cadáveres es considerada como posible generadora de PCDD/Fs, puesto que conlleva la combustión de materia orgánica, con la presencia de compuestos clorados, como sería el caso de la madera tratada del ataúd. Además, la mayoría de estos establecimientos carecen de cualquier tipo sistema depurador de gases de salida, y al situarse dentro o muy próximo a la zona urbana, los efectos sobre la población pueden ser inmediatos.

En este estudio, se ha llevado a cabo una estimación de la liberación de dioxinas por este sector en la Región de Murcia.

Limpieza en seco

Las instalaciones de limpieza en seco han sido identificadas como potencialmente generadoras de PCDD/Fs, debido al uso de PCP como biocida en la ropa, en el algodón en origen o debido a los tintes empleados. Durante el proceso de limpieza en seco, esta contaminación se extrae de la prenda y se transfiere al disolvente (normalmente percloroetileno). El solvente se destila una vez finalizado el proceso, para su posterior reutilización, de modo que las dioxinas se concentran en los residuos de destilación que posteriormente son desechados.

En la Región de Murcia existen más de 100 tintorerías que utilizan este tipo de limpieza. El disolvente utilizado para eliminar la suciedad es percloroetileno (PCE), que se recicla mediante destilación y, una vez agotado, se envía a un gestor autorizado. Una tintorería tipo media, utiliza 100 kg de PCE al año.

Piensos

Tras las crisis de las dioxinas en los pollos belgas, la Unión Europea se ha propuesto controlar la presencia de contaminantes y, especialmente de dioxinas, en la cadena alimentaria. Para ello, resulta de suma importancia el control de estos compuestos indeseables en la alimentación de los animales y eliminar aquellos piensos que superen ciertos límites tolerables. En la Recomendación de la Comisión de 6 de febrero de 2006, que modifica la Directiva 2001/102/CE, se establecen los contenidos máximos permitidos en la alimentación animal.

Sin embargo, a pesar de la regulación específica, en estos productos pueden permanecer concentraciones variables de estos contaminantes. En sucesivos estudios de la Región, los esfuerzos deben dirigirse también al control de pequeñas y medianas explotaciones cuyos procesos de selección de grano quizás no posean el mismo grado de control o limpieza.

EVACUACIÓN / VERTEDERO (CÓDIGOS 9 UNEP).

Terraplenes y vertederos (según UNEP)

En el caso de los vertederos las liberaciones de PCDD/Fs a la atmósfera son muy pequeñas, y en aguas lixiviadas tampoco se han podido hallar, sin embargo pueden estar concentradas en las fases oleosas del lixiviado. En el caso de terraplenes con desechos peligrosos, la concentración de dioxinas y furanos será mayor.

Según fuentes de la Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio, los vertederos autorizados son: uno para residuos peligrosos, cuatro para residuos sólidos urbanos y diez de residuos inertes y no peligrosos.

Aguas residuales y su tratamiento

Los efluentes de las plantas de tratamiento contienen concentraciones muy bajas de PCDD/Fs, los cuales se ligan íntimamente al carbono orgánico, pero son retenidos por los sistemas de retención de partículas. La liberación de dioxinas como producto tiene lugar cuando estos lodos son aplicados directamente sobre el suelo.

Según el Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales-EDAR (BOE 166, de 12/07/2001), la generación de lodos de depuradora en diciembre de 2005 se estimó en 37.000 toneladas de materia seca/año. Por ello, puesto que estas cantidades resultan apreciables, es necesaria una especial atención sobre ellas y un control continuo.

Una de las medidas *a priori* para evitar la contaminación vertida a la red de alcantarillado, es la promulgación de reglamentos y ordenanzas municipales de vertido a la red. Así, se regulan las cualidades de las aguas vertidas, y se evita gran cantidad de contaminantes. Sin embargo en la Región de Murcia, no todos los ayuntamientos disponen de este tipo de ordenanzas.

La mayoría de los municipios de la Región de Murcia poseen una planta de tratamiento de aguas residuales, está en fase de construcción o se bombea hacia otra EDAR próxima.

Compostado

El Compostado es la forma más común de obtener abono natural, a través de la fermentación de materia orgánica, para posteriormente hacer uso de ello en la agricultura.

La contaminación por PCDD/Fs puede resultar elevada cuando se composte la fracción orgánica total o cuando ingresen en el proceso materiales con elevadas concentraciones de estos contaminantes. El único vector de liberación es el de productos, y será menor cuanto más natural y menos contaminada esté la materia prima.

PUNTOS CALIENTES (CÓDIGOS 10 UNEP).

Transformadores y capacitores rellenos de PCBs

El contenido en dioxinas correspondiente a los congéneres PCBs dioxin-like es elevado. Este hecho unido al elevado volumen de aceite de PCBs existente en los transformadores no gestionados de la Región, sitúa a este sector como un punto caliente muy claro. Se ha llevado a cabo en este estudio una estimación del contenido de dioxinas en transformadores en la Región de Murcia.

2.3.4.2. Sectores evaluados cuantitativamente en la Región de Murcia.

Siguiendo las recomendaciones especificadas en los inventarios de la UNEP y la Unión Europea más recientes, se ha pretendido en este apartado, además de proporcionar unos niveles de concentración en cada sector, efectuar una extrapolación de dichos niveles de concentración para cada empresa en carga de dioxinas en términos de base anual (en g/año 2005), para los niveles de dioxinas y furanos, una vez ponderados con los Factores de Equivalencia Tóxica.

Para ello se han tomado como base los resultados analíticos efectuados en la primera fase del Inventario de Compuestos Orgánicos Persistentes en la Región de Murcia, de 2003. Únicamente se han variado los factores de actividad de cada una de la planta, habiendo contactado previamente con los responsables de cada fábrica y solicitando los datos de producción, generación de residuos, cantidades de cenizas recogidas, horas de funcionamiento, y otros datos necesarios para actualizar los valores de 2003 con datos de 2005.

■ COMPARACION ENTRE TOOLKIT 2001 Y TOOLKIT 2005

En este apartado se revisarán las diferencias existentes entre el *Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberaciones de Dioxinas y Furanos* publicado en enero de 2001 con la segunda revisión, publicada en febrero de 2005, pues este documento sirvió de base en 2003 para la elaboración del inventario de la Región de Murcia.

Anteriores inventarios de dioxinas y furanos no eran del todo satisfactorios, muchos de ellos resultaban incompletos, obsoletos o carecían de estructura uniforme. Los inventarios que no se ocupan de fuentes potencialmente importantes de dioxinas, puede que por la insuficiente información nacional, sugieren erróneamente que estas fuentes no son significativas y no precisan de controles.

En versiones posteriores del Inventario han ido subsanado esas deficiencias. La revisión efectuada en el presente apartado, intenta reflejar las diferencias más importantes entre estas dos versiones del Instrumental.

Las principales diferencias surgen en los factores de emisión o en la aparición de nuevas clasificaciones de factores de emisión. Las diferencias más significativas se comentan a continuación, por orden de aparición:

1. En las plantas de producción de hierro y acero se ha incluido una nueva categoría: plantas de galvanización de inmersión en caliente, en las que se diferencian tres subcategorías según tengan o no sistemas de control de la contaminación atmosférica y si el proceso incluye o no etapa de desengrasado.
2. En las plantas para fabricación de cobre secundario se incluye una nueva clase, correspondiente a la fundición de cobre primario puro sin materiales de alimentación secundario, aunque no se incluyen factores de emisión de dioxinas y furanos para su descarga al aire o agua, puesto que todavía no han sido determinados.
3. Los factores de emisión para la generación del aluminio han variado, apareciendo nuevas clasificaciones o subcategorías dentro de la actividad, que no habían sido tenidas en consideración en la edición de 2001. Asimismo, se ha restringido el factor de emisión de dioxinas debidas al procesamiento térmico de chatarra en aire pasando de su valor inicial de 150 µg i- TEQ/t a 100 µg i- TEQ/t; en las emisiones a residuos el cambio es de 400 a 200 µg i- TEQ/t.
4. En los factores de emisión para la industria de plomo se ha reducido el valor para el factor de emisión de dioxinas a residuos hasta 50 µg i- TEQ/t en la producción a partir de chatarra libre de PVC/Cl, asimismo, se ha introducido una nueva clase: la producción de plomo primario.
5. En los factores de emisión para la industrial del zinc también se ha tenido en cuenta como una nueva subclase la obtención del metal a partir de la reducción de Zinc primario.
6. Dentro de la producción de latón y bronce, en la versión de 2005 del Instrumental, se han incluido dos nuevas subclases con sus correspondientes factores de emisión; se trata de la producción mediante tratamiento térmico, con sistema de postcombustión y depurador húmedo, a la que se le han asignado factores de emisión al aire (250 µg i- TEQ/t) y al agua (9.000 µg i- TEQ/t); la otra subclase es la de producción a partir de chatarra mezclada, con hornos de inducción y filtros de tela, con factores de emisión al aire (3,5 µg i- TEQ/t) y en residuos (125 µg i- TEQ/t). Por otro lado, el factor de emisión al aire para hornos de fusión sencillos, se ha visto incrementado desde 1 hasta 10 µg i- TEQ/t en la nueva edición de 2005.
7. En la actividad de producción de Magnesio aparece una nueva categoría que engloba a los procesos de reducción térmica, aunque sólo se han definido para ésta factores de emisión a la atmósfera siendo éstos de 3 µg i- TEQ/t, mientras que para las emisiones al agua todavía no han sido determinados, y para el resto de los vectores ambientales es esperable que no sea de aplicación. En esta actividad, se modifica también el factor de emi-

- sión al agua para la producción con control completo de la contaminación, pasando éste de 24 a 30 $\mu\text{g i- TEQ/t}$.
8. En los factores de emisión determinados para plantas de generación de energía, se introduce como novedad, la consideración de la energía que quema esquisto bituminoso, en la que se incluye factor de emisión de dioxinas y furanos al aire.
 9. En cuanto a la calefacción y cocina doméstica con biomasa, la edición de 2005 del instrumental establece unas nuevas concentraciones de dioxinas y furanos en los residuos para las dos subclases que se incluyen dentro de esta categoría; además de que ha variado la referencia a la hora de expresar esa concentración, pasando de $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ en 2001 a $\mu\text{g i- TEQ/kg}$ de ceniza. Así, las concentraciones de dioxinas y furanos han variado de los 2000 $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ iniciales, a los 1000 $\mu\text{g i- TEQ/kg}$ de ceniza, en el caso de estufas alimentadas por madera o biomasa contaminada. Para estufas alimentadas con madera virgen o biomasa virgen, la concentración se establece ahora en 10 $\mu\text{g i- TEQ/kg}$ de ceniza.
 10. En la calefacción doméstica con combustibles fósiles se ha incrementado ligeramente el factor de emisión al aire para estufas de carbón, pasando de 70 $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ de combustible fósil quemado a 100 $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ de combustible fósil quemado. Asimismo, la nueva edición del instrumental incluye una nueva subclase, la de estufas de carbón con alto contenido de cloro, para las cuales establece un factor de emisión al aire (15.000 $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ de combustible fósil quemado) y una concentración en la ceniza de 30.000 ng i- TEQ/kg ceniza.
 11. Los factores de emisión de producción de cemento se mantienen para hornos húmedos antiguos y para hornos rotativos, pero disminuye para los hornos húmedos con filtro de mangas y temperatura inferior a 200°C así como hornos secos con precalentador o precalcinador y temperatura inferior a 200°C, puesto que el factor de emisión a la atmósfera pasa de 0,15 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ cemento (2001) a 0,05 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ cemento (2005). Se incluye además una nueva subclase, la producción de cemento en hornos de eje vertical, cuyo factor de emisión al aire se establece en 5 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ cemento.
 12. La edición de 2005 del Instrumental normalizado ha incluido una nueva subcategoría de actividad potencialmente generadora de dioxinas y furanos dentro de la categoría principal 4: productos minerales; se trata de la pirólisis de esquisto bituminoso. Los factores de emisión para estas plantas se han definido a partir de una planta de Estonia. Se han definido dos subclases, el fraccionamiento térmico y la pirólisis de aceite bituminoso, y se han definido factores de emisión al aire y producto ($\mu\text{g i- TEQ/t}$ esquisto bituminoso) así como concentración en los residuos ($\mu\text{g i- TEQ/t}$ ceniza). Los factores de emisión son muy bajos o no han sido determinados.
 13. Los factores de emisión para motores diesel, dentro de la categoría principal del transporte, se disminuyen, pasando de 0,5 a 0,1 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ combustible quemado.
 14. En la categoría de procesos de combustión incontrolados, dentro de la quema de biomasa se introduce una subcategoría más: la quema de residuos agrícolas no impactados, con una emisión al aire de 0,5 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ de material quemado.
 15. En los incendios en vertederos, se ha definido en esta edición de 2005, los factores de emisión de dioxinas y furanos en residuos, siendo ahora de 600 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ de material quemado.
 16. En la subclase de producción de papel, se han introducido numerosos cambios incluyéndose nuevas subcategorías dentro de esta actividad, y modificándose algunos factores de emisión, tanto para las calderas, como para efluentes y lodos de pasta, y también para productos de pasta y papel. Así, por ejemplo, se introducen factores de emisión para las emisiones de efluentes y lodos de pasta que incluyen la tecnología mixta, papeles al sulfito, papel reciclado de desechos de papel contaminado y papel reciclado de papeles modernos. Para productos de pasta y papel también incluye nuevas categorías como pastas de distintas maderas, tecnología mixta, pulpa termomecánica y papel reciclado que ahora lo divide en dos de desechos de papel contaminado y de papeles modernos. Los valores antiguos los respeta.
 17. Dentro de la categoría de la industria química, se incluyen factores de emisión y concentraciones de PCDD/F en la subcategoría de fabricación de clorobenzenos que antes no eran tenidos en cuenta. Así como también para la industria productora de cloro. Por otro lado, los factores de emisión para la industria del EDC/VCM/PVC experimentan variaciones, respecto al año 2001, generalmente disminuyendo, pero incrementándose para algún caso concreto.
 18. Dentro de la subcategoría de la industria del petróleo se han definido los factores de emisión para el venteo con llama de gases, que no habían sido incluidos en 2001, y cuyo valor es de 8 $\mu\text{g i- TEQ/TJ}$ de gas quemado.
 19. Se han definido los factores de emisión en residuos para los ahumaderos, en las tres subcategorías.
 20. En los factores de emisión para vertederos y terraplenes a cielo abierto en lo que respecta a la descarga de dioxinas como residuos, en esta nueva edición se han incluido los dos factores de emisión que en la edición de 2001 se había determinado que no eran de aplicación. Estos factores son 50 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ de residuos dispuestos, para desechos peligrosos y 6 $\mu\text{g i- TEQ/t}$ para los no peligrosos.
 21. El factor de emisión al agua de los lodos de depuración de aguas residuales para el medio ambiente remoto y los que poseen control de ingresos disminuye de 0,5 a 0,1 pg i- TEQ/l
 22. La subcategoría de vertidos a aguas abiertas, es decir, descarga directa al medio ambiente de efluentes u otros



desechos, se ha realizado una nueva clasificación y se le han asignado factores de emisión en $\mu\text{g i-TEQ}/\text{m}^3$ a las descargas al agua, mientras que no son de aplicación las emisiones a otro medio.

La actualización de este inventario según los datos más recientemente publicados en el Instrumental Normalizado para la Identificación y Cuantificación de Liberación de Dioxinas y Furanos, **no supondrá ningún cambio en la cuantificación de la Intensidad de la fuente calculada y publicada en el informe anterior**, pero a la vista de nuevos factores de emisión incorporados en esta segunda edición del documento, así como resultados de medidas efectuadas en otros países, sí se pueden comparar los datos disponibles para la Región de Murcia con los datos de los demás países europeos.

En esta revisión del inventario, tal como ya se ha comentado, no se llevará a cabo ningún análisis de estos compuestos orgánicos persistentes, en los siguientes apartados se actualizarán los factores de emisión y las cantidades totales de dioxinas y furanos teóricamente emitidos durante el año 2005, considerando las concentraciones de dioxinas que se obtuvieron en los análisis llevados a cabo, pero teniendo en consideración los factores de actividad para el año 2005.

■ NIVELES DE DESCARGA AL AIRE

Los valores de las correspondientes concentraciones obtenidas en emisiones a la atmósfera en diferentes sectores son los mostrados en la tabla inferior:

Cod UNEP	ACTIVIDAD	ESTABLECIMIENTO	CONCENTRACIÓN NG/ N m ³ I-TEQ	INDICADORES ACTIVIDAD	EMISIONES PCDD/Fs MG I-TEQ/AÑO	EMISIONES ANUALES NG I-TEQ/ KG PRODUCTO ⁵	REFERENCIA UNEP NG I-TEQ/ KG
2.6	producción de plomo	Empresa 5	0,014	6000 h/año 23652 Nm ³ /h	20	0,036	0,5 – 8 ⁶
2.7	producción y uso de zinc	Empresa 6	0,007	8760h/año 30055 N m ³ /h	18	0,03	0,3 ⁷
2.7	producción y uso de zinc	Empresa 7	0,098	8584h/año 26524m ³ /h ⁸	22	6,25	no ⁹ especificado
3.1	Central energética combustible fósil	Empresa 11	0,006	4944h/ año 302385 N m ³ /h	9	0,78 μg I- TEQ/TJ	2,5 μg I- TEQ/TJ ¹⁰
4.1	Produccion de cemento	Empresa 15	0,022	8048 h/ año 241994m ³ N/h	43	0,051	0,05 ¹¹

Nota: Se han considerado los índices de producción que siguen:

ESTABLECIMIENTO	ÍNDICE
Empresa 5	27.700 ton Pb producido (2005)
Empresa 6	32.790 ton Zn producido (2005)
Empresa 7	3.521 ton Zn electrolítico producido (2005)
Empresa 11	234.521 ton fuel consumido (2005)
Empresa 15	840.054 ton cemento producido (2005)

Empresa 15. Para el sector del cemento se ha encontrado un valor de emisión de 0,022 ng/ m³N I-TEQ, teniendo en cuenta su producción anual y las horas de funcionamiento, eso significa que han llevado a cabo unas emisiones de **43 mg I-TEQ/año lo que supone el valor mas alto de todos los sectores analizados**. Destacar también que esta empresa cementera usa para la obtención de energía para sus procesos los siguientes combustibles: fuel-oil, carbón/coque, disolventes, grasa animal, grasa industrial, asfaltos, serrín impregnado, neumáticos. Como se puede observar usa tanto combustibles fósiles como combustibles alternativos, pero la utilización de unos u otros no supondrá cambio significativo en las emisiones totales de estos contaminantes, según se indica en el inventario nacional de dioxinas y furanos anteriormente estudiado.

Empresa 7. Como se puede observar, las mayores emisiones de contaminantes se han encontrado en el sector de galvanizado en caliente, obteniéndose una concentración total de dioxinas y furanos de 0,098 ng/ m³N I-TEQ, lo que teniendo en cuenta los datos facilitados de producción anual,

5. Corresponde a la cantidad de dioxinas por unidad de producto acabado o combustible según recomendaciones UNEP 2005

6. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. Cuadro 27, página 91. Factores correspondientes a a producción de plomo a partir de chatarra libre de PVC/Cl2 en altos hornos con depurador (0,5 ng i-TEQ/kg) y con filtro de tela (8 ng i-TEQ/kg)

7. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. Cuadro 28, página 94. Factor correspondiente a emisión de la industria del zinc: proceso de fusión del zinc (0,3 ng i-TEQ/kg Zn)

8. Se uso el mismo dato que en la última medición ya que según fuentes no se realizó ninguna nueva medición en el 2005.

9. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de galvanizado del zinc en caliente, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos

10. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. Cuadro 35, página 107. Factor de emisión correspondiente a calderas de energía que queman aceite pesado (2,5 μg i-TEQ/TJ)

11. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. Cuadro 41, página 121. Factor de emisión correspondiente a horno seco con precipitador electrostático, como es el caso de la Empresa 15.

que se han visto incrementados significativamente respecto al año 2002, suponen un total de **22 mg I-TEQ/año**. Para este sector de la galvanización, la UNEP 2005 sigue sin incluir factores de emisión de referencia. Para el resto de sectores sí que se indican valores de referencia por parte de la UNEP 2005 y, además, a la vista de los resultados podemos afirmar que todas las concentraciones obtenidas se encuentran por debajo de los valores recomendados.

Por último, la Empresa 5, la Empresa 6 y la Empresa 11 con 20, 18 y 9 mg/año respectivamente son los valores de emisión al aire más bajos encontrados.

■ Estimación de las Emisiones de dioxinas y furanos por crematorios en la Región de Murcia. (Código 8.2 del UNEP).

La eliminación de los restos humanos es un problema biológico importante debido al riesgo de contagio de enfermedades en la población cuyo origen se encuentra en la dispersión de bacterias y virus. La cremación hace que esto deje de ser un problema biológico para constituirse en un conjunto de problemas químicos. La razón es bien simple, si bien la cremación es capaz de destruir bacterias y virus, con ellos van asociados ciertos materiales que favorecen la formación de compuestos tóxicos y contaminantes. Desafortunadamente, la incineración no es un proceso limpio. Se considera una de las principales fuentes de contaminación del medio ambiente por mercurio y dioxinas.

Los componentes esenciales de la cremación son el cargador del ataúd (con el cadáver), la cámara principal de combustión y, cuando existe, una cámara de postcombustión. En algunos casos se cuenta con un separador de polvo o un sistema más sofisticado de tratamiento de gases. Finalmente, los gases salen a través de una chimenea. La mayor parte de los hornos utilizan petróleo o gas natural, otros funcionan con electricidad. En general, los crematorios están situados en el interior de las ciudades y próximos a zonas residenciales, con chimeneas que normalmente son bastante bajas. Ambos factores dan como resultado impactos relativamente inmediatos sobre el medio ambiente y los seres humanos.

A continuación se realiza una estimación de las emisiones de dioxinas y furanos generadas en la Región de Murcia debido a esta práctica. Para ello se estimó que en el 2006, del total de fallecidos en España, un 22% de los casos serán incinerados¹². Además se determinó que en el 2003, los fallecidos en la Región de Murcia ascendieron a un total de 9.704 personas¹³. Asumiendo que los fallecidos en el año 2006 serán similares y aplicando el porcentaje de incineraciones realizadas en España; las in-

cineraciones realizadas en la Región de Murcia se estiman en 2.100.

De acuerdo con los factores de emisión de dioxinas por cada cremación se estimaron en:

Factores de emisión de dioxinas en µg TEQ por cada cremación¹⁴

	AIRE
Sin control (Clase 1)	90
Control intermedio (Clase 2)	10
Control óptimo (Clase 3)	0,4

Considerando los factores de emisión de clase 1 cuando las condiciones de combustión sean deficientes, por ejemplo temperaturas inferiores a 850 °C, flujo de aire de combustión incontrolado, si junto con el ataúd se queman materiales plásticos u otros materiales de decoración, si la madera ha sido tratada con conservadores de madera o si no se cuenta con ningún sistema de depuración de gases de salida. Los factores de clase 2 se aplicarán en los casos en los que las condiciones de combustión sean mejores – temperaturas mantenidas con seguridad por encima de los 850 °C, control del flujo de aire de combustión, ningún tipo de materiales problemáticos o de plástico en la entrada – y algún tipo de dispositivo para la retención del polvo instalado. El factor de emisión de clase 3 se aplicará si en el lugar existe un sistema CCA (Control de Contaminación Atmosférica) en operación que corresponda a la mejor tecnología disponible.

De acuerdo a estas consideraciones, al multiplicar la emisión generada en cada cremación por el número total estimado de cremaciones al año, se obtienen las siguientes emisiones por año en los tres casos considerados:

Emisiones anuales de dioxinas debido a la práctica de incineraciones (en base a una estimación de 2100 cremaciones/año en la Región de Murcia).

EMISIONES EN CREMATARIOS (CÓDIGO 8.2 UNEP)	AIRE	MG TEQ/AÑO
Sin control (Clase 1)	90	189
Control intermedio (Clase 2)	10	21
Control óptimo (Clase 3)	0,4	0.84

NOTA: Las emisiones se producirán sobre atmósfera y residuos.

Estos datos son coherentes a los aportados por Fuster, (2002)⁴, en la provincia de Tarragona. Fuster estimó la emisión de dioxinas por parte de crematorios en el rango entre **0.09-0.9 mg TEQ/año (considerando únicamente 578 incineraciones al año)**.

12. Pricewaterhousecoopers. Auditora. http://www.pwcglobal.com/es/esp/ins-sol/survey.rep/Informe_funerarios.pdf

13. www.carm.es/econet/sicrem/p41/index.htm

14. Toolkit 2005.

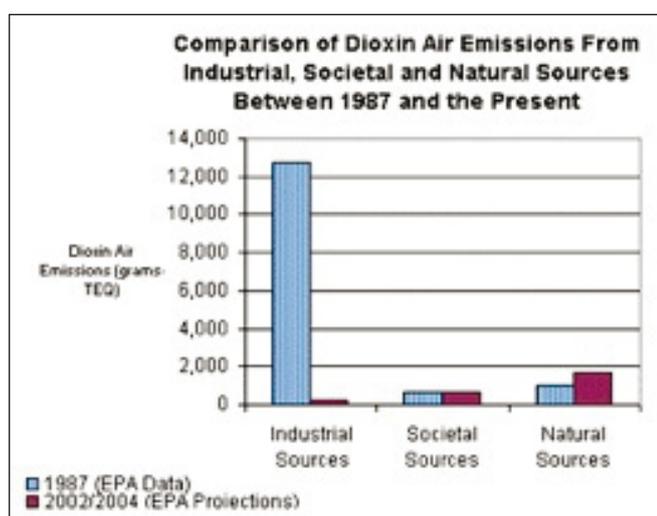
15. Fuster G., 2002. Análisis de flujos de sustancias: una herramienta aplicada a la evaluación de riesgos por dioxinas en la provincia de Tarragona Tesis.

■ **Incendios forestales e incontrolados.** (Código 6.1 y 6.2 del UNEP).

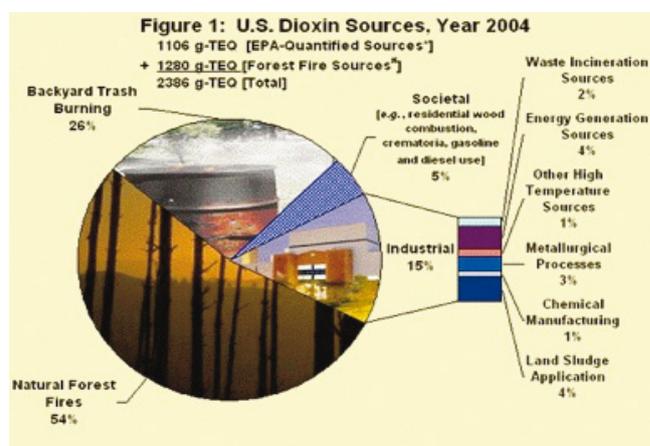
Según la EPA (*Environmental Protection Agency*), desde el año 1987 un gran progreso en la reducción de las emisiones de dioxinas al aire se ha realizado en el sector industrial. Datos de la EPA muestran que las emisiones de dioxinas al aire por parte de las fuentes industriales se han reducido un 98% desde 1987 hasta la actualidad. Por ejemplo, para las incineradoras de residuos médicos se calculó que contribuyó a la emisión total de dioxinas aproximadamente en 2.500 g (20% de la emisión total anual). En cambio en 2004, al introducir medidas reguladoras la emisión se estima que se encuentra en 7g/año (2% de las emisiones anuales). De igual forma, para las incineradoras de residuos sólidos urbanos se estimó una emisión de 8.800 g de dioxinas (70% de la emisión total anual) en 1987, pasando para el año 2004 a una emisión de 14 g (lo que representa una reducción del 99.8% entre ambos periodos).

Debido a esta reducción en los niveles emitidos por las industrias, los procesos naturales como incendios forestales, o incendios inintencionados en vertederos) poseen cada vez mayor peso en la emisión total de estos contaminantes. Un reciente estudio publicado en 2005 publicado por la EPA estimó que debido a esta reducción de emisión en los procesos industriales, **los incendios forestales representaron aproximadamente el 55% de la emisión total de dioxinas en Estados Unidos.**

Comparación de las emisiones de dioxinas desde fuentes industriales, sociales y naturales entre 1987 y 2004



Porcentaje de emisión de dioxinas de las diferentes fuentes en el año 2004, en Estados Unidos.



Otros estudios confirman la misma tendencia en diversos países. Por ejemplo, en un estudio realizado por la EPA para Irlanda, calcularon las emisiones en el año 2000 y estimaron las emisiones generadas en el año 2010. En el presente estudio se calculó que el 75% de las emisiones al aire de dioxinas en el año 2000 se debían a procesos de combustión incontrolados, incluyendo en esta categoría a los incendios forestales e incendios incontrolados en vertederos. Además, debido a la reducción de las emisiones por parte de las industrias, y a que los niveles por parte de estos procesos incontrolados se consideraron prácticamente constantes, el porcentaje de emisión por parte de los procesos incontrolados se estima que ascenderá en un 84% de la emisión total.

Por todo lo expuesto anteriormente, cada vez los incendios forestales y procesos de combustión incontrolados contribuyen en mayor grado a las emisiones totales, por lo que se deberá considerar esta fuente como una fuente potencial importante.

Estimación de incendios forestales incontrolados en la Región de Murcia

Para calcular la emisión de dioxinas generadas y liberadas a la atmósfera por parte de los incendios forestales, se estimaron las hectáreas quemadas en la Región. De acuerdo con la información extraída de www.incendiosforestales.org (del Ministerio de Medio Ambiente) de los últimos 10 años, el valor promedio de hectáreas/año incendiadas se situó en 161 hectáreas/año. Para calcular la emisión de dioxinas en estos incendios, se aplicaron los factores de emisión aportados por el Toolkit 2005, el cual estimó la emisión de dioxinas en 5µg/t de vegetación quemada. Para calcular la vegetación existente en las hectáreas quemadas y a falta de datos de vegetación en regiones similares, se aplicó el dato aportado por el Toolkit 2005 para terreno de matorral en Francia, el cual fijó una cantidad de 10t/hectárea. Con estos datos y realizando un simple cálculo se estimó que **la emi-**

sión de dioxinas y furanos en la Región de Murcia por incendios forestales es de 8 mg I-TEQ/año.

NOTA: La emisión se producirá sobre atmósfera y suelo.

EMISIONES EN INCENDIOS FORESTALES (CÓDIGO 6 UNEP)	HECTAREAS/AÑO	MG TEQ/AÑO
	161	8

El valor de emisión estimado no es elevado, sin embargo debemos tener en cuenta que no están incluidas en estas estimaciones las emisiones correspondientes a incendios incontrolados en vertederos ni

tampoco las quemadas de rastrojos ni otras quemadas controladas "irregulares". Los escasos datos obtenidos en el 2003 sobre niveles de descarga en suelos (códigos 6.1 y 6.2) si apuntan en algunos casos altos valores de concentración en suelos.

■ NIVELES DE DESCARGA EN RESIDUOS

En la siguiente tabla se muestran los valores de descarga de dioxinas y furanos en residuos, así como las emisiones anuales y la concentración de dioxinas por kg de producto.

CÓD UNEP	ACTIVIDAD	ESTABLECIMIENTO	CONCENTRACIÓN I-TEQ (NG/KG)	CONCENTRACIÓN I-TEQ (NG/KG DE PRODUCTO)	EMISIONES ANUALES (MG/AÑO)	VALOR UNEP/UE NG I-TEQ/KG
2.6	producción Pb	Empresa 5 (ceniza filtro mangas)	0,408	0,00029	0,008	50 ¹⁶
2.7	producción y uso de Zn	Empresa 7 (decapado metales entrada)/	0,844	0,023	0,082	no determinado ¹⁷
		Empresa 7 (lodo fondo de cuba)	1,174	0,013	0,0445	no determinado ¹⁸
		Empresa 8 (polvo filtro mangas)	448,624	0,033	0,78	no determinado ¹⁹
3.1	central energía. combustible fósil	Empresa 11 (filtro emisión)	1,830	0,16 ng/TJ	0,002	no determinado ²⁰
9.2	aguas alcantarilla y tratamiento	Fango de EDAR Cartagena	0,825			100
		Fango varias EDAR ²¹	13,03			
			10,73			
			9,63			
			6,81			
			5,82			
			4,50			
			4,77			
			5,35			
			7,52			
			5,73			
			10,12			
			9,57			
			10,41			
	6,34					
	3,23					
	promedio fango EDAR	7,15		691 ²²		

16. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. Cuadro 27, página 91. Factores correspondientes a a producción de plomo a partir de chatarra libre de PVC/Cl2 en altos hornos con depurador (50, ng i-TEQ/kg).

17. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de galvanizado del zinc en caliente, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos.

18. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de galvanizado del zinc en caliente, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos.

19. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de galvanizado del zinc en caliente, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos.

20. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de energía de combustibles fósiles, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos.

21. Los datos incluidos en esta tabla corresponden el priemro (fango EDAR Cartagena) con el valor puntual medido en el estudio del 2003. El resto de datos fueron facilitados por EMUASA pertenecientes al programa de colaboración con el CIEMAT para el inventario Nacional de dioxinas.

22. Estimación obtenida para un volumen de lodos de EDAR generados en el año 2004 de 96072 toneladas, de acuerdo a los datos facilitados por ESAMUR.

Nota: se han considerado los índices de producción que siguen:

ESTABLECIMIENTO	ÍNDICE
Empresa 5	27700 ton Pb producido 2005
Empresa 6	32790 ton Zn producido (2005)
Empresa 7	3521ton Zn electrolítico producido (2005)
Empresa 11	234521 ton fuel consumido (2005)

Lo más destacable de los resultados calculados de descargas de dioxinas en residuos es el valor obtenido en el sector de galvanizado de Zinc, donde se han detectado 448 ng I-TEQ/kg lo que supone unas emisiones de 0,7 mg al año y una concentración por kg de producto fabricado de 0,29 ng.

En este subsector también se determinaron los metales de decapado a la entrada y los lodos del fondo de la cuba. Estos factores son mucho menores estando entre 0,84 y 1,17 ng I-TEQ/kg; lo que indica que la formación de dioxinas tiene lugar como consecuencia del proceso de galvanizado en la cuba a altas temperaturas y no garantizando su destrucción como confirman los datos anteriores.

En el proceso del Zinc se producen gran variedad de emisiones de contaminantes a la atmósfera, suelo y agua, y además constituye uno de los sectores prioritarios a la hora de analizar las dioxinas y los furanos.

Otra de las actividades analizadas ha sido la producción de plomo, que está representada por la Empresa 5 donde

se analizaron los filtros de mangas de la depuración de gases se obtuvo una concentración de 0,408 ng I-TEQ/kg, lo que supone una emisión de 0,008 mg al año y una concentración de kg por producto de 0,07 ng.

El último sector sometido a medición fue la energía de combustible fósil representada por la Empresa 11 donde la concentración de dioxinas obtenida fue de 1,83 ng I-TEQ/kg, siendo la emisión de 0,002 mg al año, lo que supone una concentración de 0,04 ng por kg de producto.

■ NIVELES DE DESCARGA EN SUELOS

Una vez obtenidos los datos de actividad de cada planta, se actualizaron las concentraciones de dioxinas y furanos con los datos referidos a 2005; valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Como se puede observar las mayores concentraciones se encontraron en el Vertedero 1. Desafortunadamente, este es un sector donde es difícil aplicar las medidas correctoras pertinentes, debido a su difícil predicción.

Tanto los sectores pertenecientes a la actividad de quema de biomasa como a los sectores pertenecientes a la actividad correspondiente a quema de desechos, se encuentran dentro de los límites sugeridos por la UNEP 2005. Para el resto de sectores no se han encontrado nuevos valores facilitados por la UNEP 2005, ni tampoco valores legislados.

CÓD UNEP	ACTIVIDAD	ESTABLECIMIENTO	CONCENTRACIÓN I-TEQ (NG/KG)	VALOR UNEP/UE
2.6	Producción Pb	Empresa 5 (suelo entorno)	2,046	No disponible
2.7	Producción y uso Zn	Empresa 6 (suelo entorno)	226,48	No aplica ²³
3.1	Central energía. Combustible fósil	Empresa 11 (suelo entorno)	1,267	No aplica ²⁴
6.1	Quema de biomasa	Zona de Cieza, junto al río Segura	0,792	4 -10 ²⁵
		Zona de Jumilla	1,001	
6.2	Quema desechos	Vertedero 1 (incendiado)	273,98	10-600 ²⁶
		Rambla Salada, (quema en presencia material construcción)	71,57	
7.5	Industria del cuero	Rambla de curtidores	0,501	no determinado ²⁷
9.1	Evacuación vertedero	Vertedero 2	40,79	No disponible
		Vertedero 3	5,527	No disponible
		Rambla Tinajón	1,071	No disponible
10.9	Dragado de sedimentos	Desembocadura El Fangal	0,345	No disponible
10.11	Uso de pesticidas	Arbóreo - mandarinas	0,762468	No disponible

23. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso producción de Zinc, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos

24. En el "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero de 2005. no se especifican valores de emisión a ninguno de los vectores considerados para el proceso de energía de combustibles fósiles, a pesar de que, como se ha comprobado, sí constituye una importante fuente de liberación de dioxinas y furanos

25. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero 2005 Cuadro 53, página 139. Factor de emisión correspondiente a quema de biomasa de incendios forestales e incendios de praderas y brezos (4 ng i-TEQ/kg) y quema de residuos agrícolas en el campo (10 ng i-TEQ/kg)

26. "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos". Febrero 2005 Cuadro 54, página 143. Factor de emisión correspondiente a quema de madera a cielo abierto correspondiente a material de construcción y/o derribo (10 ng i-TEQ/kg), y quema no controlada de desechos domésticos (600 ng i-TEQ/kg). No se han determinado los factores de emisión liberados como residuos en incendios de vertederos.

27. El "Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos" no determina factores de emisión para suelos o residuos propios de la actividad, únicamente establece factores para los productos. Cuadro 61, página 182.

Destaca también la proximidad entre los valores obtenidos para la Empresa 6 y el Vertedero 1. Otros valores que debemos mencionar como destacables son los recogidos para Rambla Sablada y el Vertedero 2, aunque de un orden de magnitud menor que los anteriores. Los valores obtenidos para el resto de los casos son, comparándolos con estos cuatro, muy poco significativos lo que no quiere decir que, en sí mismos, carezcan de importancia.

Hasta el momento, en lo que se refiere a legislación de suelos, nuestro ordenamiento jurídico no ha establecido un contenido máximo en PCDD/Fs en este medio. Por su parte, tampoco las directivas europeas han establecido valores límites de concentraciones de dioxinas en suelos que puedan ser usadas como referencia de los valores anteriormente mencionados o puedan ser utilizados como referencia para una transposición al ordenamiento jurídico español y de la Comunidad de Murcia. Debido a la ausencia de valores a nivel europeo y estatal, el recurso es acudir a la comparación con valores internacionalmente adaptados e incorporados a inventarios de contaminación de suelos.

Los resultados aquí obtenidos deberían tenerse en cuenta en el Plan de Vigilancia y Seguimiento que se plantea para continuar con la implantación de los principios del convenio de Estocolmo para evitar descargas de COPs al medio ambiente. Estos resultados deberían ser modificados en el futuro debido a las nuevas prácticas de disposición de residuos. Los cambios en la liberación de los contaminantes dependerán del tipo y cantidad de residuo. Todos los inventarios consultados sugieren una mayor evaluación y realización de Planes de Acción para la minimización del riesgo.

Resulta obvio que las cenizas resultantes de quemas sean utilizadas en la agricultura por su alto contenido en minerales, pero esto puede suponer, también, un problema puesto que estas cenizas tienen altos contenidos en dioxinas que pasarían al suelo para hacerlo posteriormente a los vegetales, introduciéndose en la cadena trófica.

■ PUNTOS CALIENTES DE LA UNEP. 10.6.-TRANSFORMADORES Y CAPACITORES CON PCBs

En este apartado se ha calculado el contenido de dioxinas presentes en los PCBs de los transformadores no gestionados de la Región de Murcia. Para realizar este cálculo se analizó el contenido de PCBs similares a dioxinas sobre una muestra de piraleno. Los resultados obtenidos en mg/Kg se transformaron a mg/Kg i-TEQ aplicando los factores de equivalencia, obteniéndose un valor de 170 mg/Kg i-TEQ. El piraleno analizado corresponde a una muestra de un transformador de la Región de Murcia. Se ha comprobado que el piraleno habitual encontrado en todos los análisis realizados en el 2003 tiene un perfil de composición idéntico al Aroclor 1260. Se revisaron los estudios sobre cálculo de contenido de dioxin-like PCBs en transformadores

y se encontró una revisión que se adjunta en la tabla siguiente en la que se calcularon las concentraciones de dioxin-like PCBs en diversas mezclas comerciales.

Teniendo en cuenta un valor de 190 mg/Kg i-TEQ de dioxinas en el Aroclor 1260 (cuyo perfil es idéntico al piraleno) y teniendo en cuenta el inventario calculado de 1186 toneladas de las cuales 395 toneladas corresponden a PCBs (piraleno u otro). Esto representa 75050 g i-TEQ (**75 Kg i-TEQ de dioxinas**). El contenido de un solo transformador (de los 659 estimados conteniendo PCBs) contiene 114000 mg i-TEQ de dioxinas, valor este cercano a las estimaciones de emisiones de dioxinas de toda España en un año (**133,9 g i-TEQ/año de acuerdo con el Inventario Europeo**).

Contenido de dioxinas en mezclas comerciales de PCBs

Table 11-3. Weight Percent Concentrations of Dioxin-like PCBs in Aroclors, Clophens, and Kanechlors (continued)

Dioxin-Like PCB Congener	IUPAC Number	Number of Samples Analyzed	Number of Detections	Mean Conc. (ND = 0) (g/kg)	TEQ ₂ -WHO ₉₉ Conc. (ND = 0) (mg/kg)	Mean Conc.* (ND = 1/2DL) (g/kg)	TEQ ₂ -WHO ₉₉ Conc.* (ND = 1/2DL) (mg/kg)
<u>AROCLOR 1254, Clophen A-50, and Kanechlor 500</u>							
3,3',4,4'-TCB	77	15	12	0.80	0.0795	0.83	0.08
3,4,4',5-TCB	81	6	1	7.85	0.79	7.85	0.79
2,3,3',4,4'-PeCB	105	12	11	35.83	3.58	35.83	3.58
2,3,4,4',5-PeCB	114	9	6	12.17	6.08	12.23	6.11
2,3',4,4',5-PeCB	118	11	11	81.65	8.17	81.65	8.17
2',3,4,4',5-PeCB	123	8	8	4.59	0.46	4.59	0.46
3,3',4,4',5-PeCB	126	14	12	0.99	99.46	1.02	101.70
2,3,3',4,4',5-HxCB	156	10	10	11.08	5.54	11.08	5.54
2,3,3',4,4',5'-HxCB	157	9	8	1.91	0.95	1.93	0.97
2,3',4,4',5,5'-HxCB	167	10	9	2.74	0.0274	2.74	0.03
3,3',4,4',5,5'-HxCB	169	14	6	0.08	0.80	0.12	1.23
2,2',3,3',4,4',5-HpCB	170	8	8	5.06	0	5.06	0
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB	180	7	7	5.79	0	5.79	0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	189	7	2	0.045	0.0045429	0.13	0.013
				Total TEQ ₂ -WHO ₉₉ =	125.94	Total TEQ ₂ -WHO ₉₉ =	128.67
				Total TEQ ₂ -WHO ₀₄ =	126.04	Total TEQ ₂ -WHO ₀₄ =	128.78
<u>AROCLOR 1260, Clophen A-60, and Kanechlor 600</u>							
3,3',4,4'-TCB	77	15	6	0.13	0.01256	0.17	0.017
3,4,4',5-TCB	81	6	1	0.08	0.0075	0.10	0.010
2,3,3',4,4'-PeCB	105	11	10	1.59	0.16	1.59	0.16
2,3,4,4',5-PeCB	114	9	4	0.71	0.35	0.77	0.39
2,3',4,4',5-PeCB	118	11	10	9.51	0.95	9.51	0.95
2',3,4,4',5-PeCB	123	8	1	0.0005	0.00005	0.08	0.008
3,3',4,4',5-PeCB	126	14	7	1.81	180.89	1.84	183.82
2,3,3',4,4',5-HxCB	156	11	11	6.89	3.45	6.89	3.45
2,3,3',4,4',5'-HxCB	157	8	8	1.59	0.79	1.59	0.79
2,3',4,4',5,5'-HxCB	167	10	9	2.87	0.03	2.87	0.03
3,3',4,4',5,5'-HxCB	169	14	5	0.16	1.64	0.19	1.92
2,2',3,3',4,4',5-HpCB	170	8	8	32.94	0	32.94	0
2,2',3,4,4',5,5'-HpCB	180	7	7	82.61	0	82.61	0
2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	189	8	8	1.74	0.1739792	1.74	0.17
				Total TEQ ₂ -WHO ₉₉ =	188.45	Total TEQ ₂ -WHO ₉₉ =	191.71
				Total TEQ ₂ -WHO ₀₄ =	192.62	Total TEQ ₂ -WHO ₀₄ =	195.89

* Calculated for a congener only when at least one sample contained detectable levels of that congener.

References:

- Schulz et al. (1989)
- Duinker and Hillebrand (1983)
- deBoer et al. (1993)
- Schwartz et al. (1993)
- Larsen, et al. (1992)
- Kannan et al. (1987)
- Huckins et al. (1980)
- Albro and Parker (1979)
- Jensen et al. (1974)
- Albro et al. (1981)
- Duinker et al. (1988)
- Tanabe et al. (1987)
- Himberg and Sippola (1990)
- Frame et al. (1996a)
- Frame et al. (1996b)
- Frame (1997)

g/kg = grams per kilogram.
mg/kg = milligrams per kilogram.

2.3.4.3. Discusión de los resultados.

■ Niveles de descarga al aire

COD UNEP	ACTIVIDAD	ESTABLECIMIENTO	CONCENTRACIÓN NG/ N m ³ I-TEQ	INDICADORES ACTIVIDAD	EMISIONES PCDD/Fs MG I-TEQ/año	EMISIONES ANUALES NG I-TEQ/ KG PRODUCTO	REFERENCIA UNEP NG I-TEQ/ KG
2.6	Producción de plomo	Empresa 5	0,014	6.000 h/año 23.652 Nm ³ /h	20	0,036	0,5 – 8
2.7	Producción y uso de zinc	Empresa 6	0,007	8.760h/año 30.055 N m ³ /h	18	0,03	0,3
2.7	Producción y uso de zinc	Empresa 7	0,098	8.584h/año 2.6524m ³ /h	22	6,25	No especificado
3.1	Central energética combustible fósil	Empresa 11	0,006	4.944h/ año 302.385 N m ³ /h	9	0,78µg I-TEQ/TJ	2,5 µg I-TEQ/TJ
4.1	Produccion de cemento	Empresa 15	0,022	8.048 h/ año 241.994m ³ N/h	43	0,051	0,05
6.	Emisiones en incendios forestales	-	-	-	8	-	-
8.2.	Emisiones en crematorios	-	-	-	21*	-	-

* Valores correspondientes considerando un control intermedio del proceso de incineración. Para un control óptimo el valor se situaría en 0.84 y sin control en 189 mg/año.

En general, los valores estimados son bajos (141 mg/año para la suma de todas las actividades consideradas). En concreto el sector de Producción y uso de Zinc (Código 2.7 del UNEP) que representa **40 mg/año i-TEQ/año** de emisión para una producción de Zn (y 0.90 mg en los residuos generados) de ambas actividades de **36.311 toneladas/año**. Si se compara con los datos obtenidos por el Inventario Nacional del CIEMAT, el cual estima a nivel nacional una emisión de **230 mg i-TEQ/año** para el año 2002 para una producción global de **502.000 toneladas/año**, podemos comprobar que los resultados son coherentes.

Para el sector producción de cemento (código 4.1 del UNEP) la emisión estimada para la Región de Murcia ha sido de 43 mg/año para una producción anual en la Empresa 15 de **0.84 millones de toneladas/año de cemento**. En el inventario Nacional del CIEMAT, se calculó una emisión de **1.000 a 1.070 mg/año** para una producción estimada de **42.4 millones de toneladas**. Los valores, por tanto, para este sector son también comparables.

La incineración en crematorios representa unos valores de emisión considerables de **21 mg/año** (con una horquilla de 0.84 a 189 mg/año en función del grado de control del proceso de incineración) para un sector que se espera que crezca considerablemente en los últimos años. Asimismo para los incendios forestales se ha estimado una emisión de **8 mg/año** a las que sumando otras emisiones procedentes de quema de rastrojos+incendios incontrolados en vertederos, etc. Podrían situar al código 6 del UNEP como uno de los procesos más importantes de emisión en la Región de Murcia.

■ Niveles de descarga en residuos.

En niveles de descarga en residuos, merece una mención particular los valores calculados para los lodos de EDAR que

ascienden a 691 mg/año. Los datos recogidos muestran unos valores entre 3,23 ng i-TEQ/kg y 13,03 ng i-TEQ/kg, valores que se encuentran sobradamente por debajo del factor de emisión de la UNEP de 100 ng/Kg.

Las cantidades de contaminantes encontradas en los lodos de estas EDAR dependerán del origen de las aguas y del sistema de tratamiento empleado, pues éste puede ir desde un transporte sin tratamiento hasta un tratamiento biológico y sedimentación, pasando por un sistema de retención de partículas. Así, los factores de emisión en los productos o residuos (lodo) varían desde 1.000 ng i-TEQ/kg en caso de que no exista ningún sistema de retención de lodos, y con mezcla de residuos domésticos e industriales, hasta 10 ng i-TEQ/kg en el caso de un lugar remoto o que la estación de tratamiento de aguas disponga de un sistema de control a la entrada. En el caso de un ambiente urbano con algún sistema de retención de lodos, el factor se sitúa en 100 ng i-TEQ/kg. Los valores encontrados en los lodos de los tratamientos de aguas residuales rurales y urbanas en Cataluña durante los años 90 variaron entre 5,6-90 ng i-TEQ/kg, mientras que entre los años 70-80 se obtuvieron valores entre 29-8300 ng i-TEQ/kg.

El Inventario Europeo afirma incluso que la aplicación de los lodos a la tierra se verá incrementada en un futuro como resultado de la aplicación de la Directiva de tratamiento de aguas residuales que prohíbe el vertido directo al mar. Debido a ello, a pesar de que supone una cantidad absoluta no tan elevada, sí resulta importante en comparación con otras fuentes. Por ello la Administración deberá prestar especial atención primeramente a las características de los vertidos industriales, a los sistemas de depuración de las aguas, y en última instancia, a los productos de compostaje generados.

El análisis transversal por congéneres no permite detec-

tar mayoritariamente ningún congéner, si bien, como ocurre en el caso de las emisiones predomina el furano 2,3,4,7,8 PeCDF.

■ Niveles de descarga en suelos.

Se constata que las emisiones mayoritarias se dan en el Vertedero 1 tras el incendio, lo que confirma el supuesto planteado por el Inventario Europeo de LUA de 1.997, así como los criterios UNEP. Desafortunadamente, este es un sector que por su difícil predicción, no es posible aplicar medidas correctoras, más que la inexistencia de este tipo de vertederos con amplios frentes de vertido.

Los valores obtenidos tanto en el Vertedero 1 como en la Rambla Salada se encuentran en el rango previsto por UNEP 2001 para estas actividades. No se dispone ni en el instrumental de UNEP 2001 ni en los inventarios europeos de estimaciones de emisiones al suelo en estos sectores.

Destaca, muy próximo al valor del vertedero citado el valor de los suelos del entorno de la Empresa 6. Como valores notables de la serie pero en un orden de magnitud inferior están los suelos de la Rambla Salada entre Alcantarilla y Mula con presencia de material de construcción, lo que evidencia la importancia de la predicción de este tipo de quemas incontroladas, así como la presencia de dioxinas siempre que existen vertederos incontrolados (como el Vertedero 2), lo cual realza la importancia de disponer de una Política Activa en materia de clausura y control de vasos de vertido que no cumplen con los criterios del R.D. 1481/2001, como medida primaria de prevención de la formación y transferencia de dioxinas al medio.

Nuestro ordenamiento jurídico no ha establecido por el momento un valor límite específico que limite la presencia de dioxinas y furanos en el suelo. Existe únicamente una disposición en la Ley 10/98 en su Título V, artículo 27 obliga a que *"las CC.AA declararán, delimitarán y harán un inventario de los suelos contaminados, debidos a la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, evaluando los riesgos para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que, en función de la naturaleza de los suelos y de los usos, se determinen por el Gobierno, previa consulta a las CC.AA..."*.

A fecha de cierre del presente inventario no existe promulgada y, en vigor una ley básica o Real Decreto de Suelos Contaminados. El equipo de trabajo ha tenido acceso al Proyecto de *"Real Decreto por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados"*. Dicho proyecto, al menos en la revisión a que se ha tenido acceso (la vigente en octubre de 2.003) incluye en su Anexo V el listado de contaminantes y niveles genéricos de referencia en función del uso del suelo en cuanto a riesgos para la salud humana y en el Anexo VI idéntico listado para protección de los ecosistemas. Des-

afortunadamente, no se incluyen en dichos valores indicativos nivel alguno relativo a las limitaciones de presencia de dioxinas y furanos por lo que, ni siquiera a nivel indicativo se dispone de un valor de referencia futuro.

Por su parte, tampoco las directivas europeas han establecido un valor límite específico de presencia de dioxinas en suelos que pueda servir como referencia para la evaluación de las anteriores concentraciones a nivel informativo o de próxima transposición al ordenamiento jurídico español y, por tanto, de aplicación directa en la Región de Murcia, cuyo territorio nos ocupa.

Existe, no obstante, una importante inquietud en el sector al respecto de dichos valores y tanto los subcomités técnicos (integrados en el Comité 77- Medio Ambiente) de normalización, como diferentes colectivos profesionales de contrastada solvencia han venido reclamando la implantación de valores límite para la presencia de contaminantes en suelos que permitan, por un lado, una adecuada planificación territorial y, por otra, la definición de limitaciones al uso que deban hacerse por mor de la presencia de contaminantes en dichos suelos.

Estos aspectos, entran directamente en relación a la recientemente promulgada directiva de responsabilidad ambiental por cuanto, si se sigue la línea de trabajo aplicada en los países anglosajones, la responsabilidad de los titulares de suelos contaminados, además de las obligaciones ya recogidas en nuestra Ley básica de Residuos 10/98, tendrán la obligación de proceder a su descontaminación por sus medios o, de no ser esto viable, por parte de la administración con cargo de los costes de reparación (obligación de reparar) al titular de la actividad. En caso de aplicarse de este modo este tipo de disposiciones, se estaría ante la necesidad de suscribir fuertes primas de seguros para cubrir los eventuales daños que determinadas actividades puedan causar y, para dicho caso, la necesidad de establecer las medidas correctoras y protectoras necesarias, a nivel preventivo, para evitar la imposibilidad de aseguramiento o el pago de primas de seguro inasumibles.

A la vista de la ausencia de valores a nivel de la UE o a nivel de Estado y, dado que la Región de Murcia tampoco ha establecido un valor límite específico, el recurso es acudir al derecho comparado o bien a valores internacionalmente aceptados y empleados en inventarios de contaminación de suelos en nuestro entorno y con características que, cuando menos, resulten comparables con los de la Región de Murcia.

Dentro del derecho comparado los trabajos pioneros en materia de suelos contaminados provienen, sin duda, de las acciones tanto de identificación como de descontaminación efectuados por el Ministerio de Planificación Territorial y Vivienda Holandés, en este sentido, la referencia obligada en la materia es la Ley de Protección del Suelo²⁸, en donde se es-

28. Ley de Protección del Suelo. Niveles procedentes de la circular de los valores de intervención para remediación de suelos. Gaceta Legislación Holandesa del 4 de febrero de 2000. Anexo A: Valores objetivo, límites de intervención y valores de contaminación severa.



tablece un valor límite para dioxinas y furanos de 1000 ng/kg para considerar un caso de contaminación severa del suelo, esto es, que se requeriría intervención inmediata para descontaminar y el suelo no resultaría apto para uso alguno. Similares criterios existen en la normativa alemana.

Por otra parte, las CC.AA. españolas han publicado disposiciones que, sin poseer un carácter normativo, por cuanto no se trata de una disposición legal o reglamentariamente aprobada, sí han servido como criterios de referencia para la evaluación de los suelos de sus territorios.

En este sentido cabe destacar como criterios más aplicables al caso de la Región, los trabajos desarrollados por el IHOBE dentro del Plan Director de Suelos Contaminados del Gobierno Vasco en 1.998. Dichos trabajos han permitido establecer un nivel criterio de 4.600 ng/kg²⁹ de dioxina para el valor i-TEQ de los congéneres tóxicos que, sorprendentemente es 4,6 veces superior a los índices holandeses.

En cualquier caso, cabe remarcar que todos los niveles de criterio anteriores OBLIGAN a la INTERVENCIÓN INMEDIATA por lo que sirve únicamente como referencia.

En los inventarios europeos de contaminación de suelos por dioxinas y otros Compuestos Orgánicos Persistentes, incluidos en el Convenio de Estocolmo, se han empleado también criterios de referencia en base a los propios valores de fondo existentes en sus territorios. En el caso de la Región no se dispone de datos históricos publicados en bibliografía científica que se conozca para evaluar el fondo natural. Este trabajo es recomendable abordarlo en estudios de detalle posteriores.

En los contactos internacionales mantenidos por el equipo de realización del presente inventario de dioxinas, el criterio que más recurrentemente es referenciado en la bibliografía es el empleado en el Reino Unido como valor de referencia para suelos contaminados. Los contactos efectuados por el Laboratorio Asociado de AMBIO (Hall Analytical Ltd.) en el Reino Unido han permitido, al habla con los responsables del inventario del Reino Unido (a su vez los responsables de coordinar el Inventario Europeo de LUA de 1997), obtener un valor criterio no normativo de **90 ng i-TEQ/kg suelo** para considerar que se está dando contaminación del suelo, si bien no es obligatoria una intervención inmediata pero se precisa de una evaluación del riesgo de exposición en el área.

Si se comparan los resultados obtenidos durante la campaña de identificación y análisis en la Región de Murcia se constata que el criterio de los 90 ng i-TEQ/kg se supera en el caso del suelo del entorno de la Empresa 6 (226,5 n iTEQ/kg), a pesar de que, con arreglo a los controles de emisiones a la atmósfera, en dicha planta se respetan amplia-

mente los criterios de emisión de la Directiva 2000/76/CE, a la sazón, el criterio más restrictivo en cuanto a concentración límite de emisiones. Este sector y la planta estaban catalogados en el inventario europeo³⁰ así como en los trabajos desarrollados por los franceses en materia de metalurgia no férrea en 2.001, si bien puede que, como los datos tenían una referencia antigua quizás se refiriesen a tecnología obsoleta.

Dado que las muestras de suelo se han tomado en el entorno del foco de emisión y que dichos suelos del entorno corresponden al área de máximo impacto probable de los focos, cabría valorar, con un estudio de dispersión de detalle que contase con series meteorológicas advectivas de largo plazo (por ejemplo datos horarios de un período mínimo de 5 años), la potencial influencia de dicho foco, así como de otros focos en el entorno. Asimismo, por otro lado, cabría valorar la posibilidad, en colaboración con la industria, de establecer un programa de investigación para evaluar la incidencia histórica sobre el suelo de la planta y eventuales focos externos a la actividad de la planta.

Con arreglo al valor criterio, se estaría ante la presencia de un suelo fuertemente contaminado en el área de captación de las muestras en el que cabría confirmar la extensión y dinámica de la eventual pluma de contaminación, así como los riesgos locales de potencial afección a aguas superficiales y subterráneas y las probabilidades de entrar en la cadena trófica de dichos contaminantes, a través de un estudio de evaluación de riesgos ambientales en función de los usos del suelo, la frecuencia de uso, el riesgo de contacto, etc. cuyo alcance aún de interés, queda fuera de los objetivos de este primer inventario.

La aparente contradicción actual de observar un suelo contaminado por dioxinas mientras los niveles de emisión no superan los valores criterio más restrictivos ni los caudales son muy elevados, podría ser explicada por algún tipo de contaminación previa del terreno, un punto caliente no identificado, que supuso la liberación y acumulación de PCDD/Fs en el lugar; o bien alguna contaminación accidental, de no confirmarse la tesis de la contaminación histórica por el propio foco (por concentraciones históricas significativamente más elevadas).

Siguiendo el referencial de evaluación de dioxinas y su emisión al suelo del Programa Ambiental de la ONU (UNEP) o el Inventario Europeo de LUA no se establece como prioridad o posible vector de liberación de dioxinas y furanos en el sector del zinc el suelo. No obstante, tanto por las propias advertencias realizadas en el estudio, como por la dificultad de efectuar una comparación y obtener un factor representativo los datos del inventario europeo y UNEP deben ser observados

29. Investigación de la Contaminación del Suelo. Guía Metodológica. Valores VIE de intervención inmediata. En concreto este valor corresponde al VIE-C que representa una concentración límite de contaminante en el suelo por encima de la cual el riesgo resulta inaceptable. Su superación indica un peligro grave para el objeto protegido e implica una necesidad imperiosa de actuar. En el caso de los ecosistemas con objetivo de protección dicho valor se ha definido como el nivel de contaminante en el suelo que produce efectos en el 50% de las especies en el ecosistema (Denneman y Van Gestel, 1990; Van del Berg y Roels, 1991; Van del Berg et al., 1993), siendo éste un valor porcentual también aplicado en la evaluación de la resistencia de los ecosistemas (Westman, 1978; Hill, 1987).

30. European Dioxin Inventory - Results. SNAP 030308. Secondary zinc production pág 82.

con cautela y más como una referencia del orden de magnitud que como valores absolutos a seguir de modo preciso.

Por su parte y fuera ya de los sectores industriales, destaca como el valor más elevado, coincidiendo con las recomendaciones dadas por UNEP y por el inventario europeo, el derivado de la combustión incontrolada e incendios con presencia de materiales clorados. En este caso, dentro del período de trabajo se produjo un incendio que afectó a una importante parte del Vertedero 1. Las muestras recogidas a pie de vertedero en la zona afectada por el incendio (se recogen muestras puntuales en la malla de trabajo pero no necesariamente corresponden al área de mayor concentración con lo cual podrían existir valores más elevados que los observados) indican una concentración 3 veces superior al valor criterio. Dentro de los trabajos realizados y, como consecuencia del incendio se decidió incluir el vertedero y sus muestras en el grupo UNEP 6.2 *"quema de desechos e incendios accidentales"*. También se agrupa dentro de este epígrafe la muestra tomada en la Rambla Salada entre Alcantarilla y Mula, por haberse observado en la visita del Director del Estudio al área, la quema de materiales de construcción varios de forma incontrolada. En este caso, el valor aún siendo elevado (71,57 ng i-TEQ/kg), no supera el valor criterio (alrededor del 80% del valor límite).

Teniendo en cuenta el Inventario de Naciones Unidas, puesto que este sector es muy diverso, está escasamente cuantificado y por ello no han sido determinados los factores de liberación al suelo para el caso de incendios en vertederos controlados. No obstante, se afirma que es muy probable que a partir de estos fuegos se depositen PCDD/Fs, tal como queda demostrado por los análisis realizados.

Las cantidades en estos casos variarían según las condiciones del fuego y las características de los materiales quemados. Asimismo, estos residuos pueden ser retirados o permanecer en el lugar tras el incendio lo que dificulta la extrapolación de resultados.

La escasa información disponible sobre los niveles de PCDD/F no basta para que en el Inventario de Naciones Unidas se establezca un factor de emisión, pues no se conocen las cantidades de ceniza producida. Sin embargo, en Alemania se realizó una estimación tras la cual se asignaron 1000 ng i-TEQ/kg para incendios industriales y 350 ng i-TEQ/kg para los residenciales. Con ello, se ha establecido como promedio un factor de 400 ng i-TEQ/kg. Nada se ha determinado para liberaciones al suelo en incendios de vertederos, con lo cual no se dispone de valores criterio. En las consultas evacuadas a colegas internacionales que han trabajado en inventarios nacionales se han hallado valores de concentración que están en el orden de magnitud de las concentraciones encontradas en el Vertedero 1 e incluso superiores en el entorno de los 480 ng i-TEQ/kg³¹.

Se han determinado también los valores de descarga al suelo del entorno de la Empresa 5 (producción de plomo) y la Central Térmica de la Empresa 11, no detectándose en ellos valores significativamente elevados. Ya el Inventario de Naciones Unidas valoraba como no significativa la liberación de dioxinas al suelo a partir de los procesos de producción de plomo y producción de energía a partir de combustibles fósiles. A pesar de ello, debido a la priorización de ambos sectores, se decidió incluirlas dentro de los análisis a realizar con objeto de detectar además si en el pasado se habían producido contaminaciones por actividades históricas en el área del Valle de Escombreras dada su fuerte tradición industrial y química.

En el Inventario Europeo se ha estimado unas cantidades totales de emisiones al suelo asignadas al Reino de España de entre 15 g i-TEQ y 99 g i-TEQ para el proceso de producción de plomo secundario.

En el caso de la central térmica, el inventario estima unas liberaciones de 0,52 g i-TEQ a 26 g i-TEQ totales. Sin embargo estos valores no son muy representativos, puesto que en ellos no se separan los generados a partir de residuos o los liberados directamente al suelo del entorno como deposición de los humos emitidos, además de que en ambos casos el rango es excesivamente amplio.

En referencia a los valores obtenidos de las evacuaciones a vertederos, se detecta una mayor concentración de contaminantes en el Vertedero 2, siendo éste con 40,8 ng i-TEQ/kg, pero no pudiendo ser catalogado como suelo contaminado al estar por debajo de los 90 ng i-TEQ/kg. Sin embargo se puede afirmar que en él se han detectado cantidades importantes de dioxinas y furanos y que cabría una investigación en mayor detalle.

El caso particular del Vertedero 3, merecería un análisis específico por el riesgo de que se encuentren en el mismo restos de compuestos orgánicos asociados a munición que podrían resultar en riesgos sinérgicos por presencia de ambas sustancias.

Los resultados aquí obtenidos deberían considerarse en el establecimiento del Plan de Vigilancia y Seguimiento Ambiental que se plantea para continuar con la implantación de los principios del Convenio de Estocolmo para evitar descargas de COPs al medio, así como la transferencia de contaminación de un medio a otro, tal como prescribe la Directiva IPPC y nuestra Ley 16/2002 (formación de lixiviados y su posterior descarga al agua).

En el Inventario de la Unión Europea se determinan factores de emisión al agua, pues únicamente consideran liberaciones a través de lixiviados. Así, los factores son de 200 pg i-TEQ/l lixiviado cuando se trata de vertedero de residuos peligrosos, y 30 pg i-TEQ/l lixiviado en el caso de residuos no peligrosos. La única liberación al suelo a considerar sería la producida por vertederos mal controlados.

En el Inventario Europeo se analiza únicamente la disposición de residuos sólidos urbanos al vertedero, siendo la

31. Niveles obtenidos en vertederos incendiados en el área de Apeldoorn y Amersfoort (Holanda). Henk D. Scheepers. Comunicación Personal recibida 28.10.2003.



estimación total para España de 12 Mt/año. Las mejores estimaciones realizadas establecen la cantidad de 4000 g i-TEQ, lo cual representa el 10% de las contribuciones al total de descargas al suelo.

Estos resultados se verán modificados en el futuro debido a las nuevas prácticas de disposición de residuos, que se están derivando hacia el incremento del reciclaje y la incineración o compostado. Sin embargo, los cambios producidos en la liberación de los contaminantes, dependerán de las cantidades y tipos de residuos. Todos los inventarios consultados declaran la necesidad de un mayor número de análisis y evaluación para obtener una visión más fidedigna del sector y la planificación de Planes de Acción específicos tendentes a la minimización del riesgo.

Los valores obtenidos de muestras correspondientes a quema de biomasa, indican factores de emisión a suelo de 0,8 ng i-TEQ/kg a 1 ng i-TEQ/kg. Estos datos pueden ser comparados con los valores que presenta el Inventario de Naciones Unidas, donde se incluyen incendios forestales, quema de praderas, destrucciones por fuegos en el campo de residuos agrícolas como paja, y que indican factores de emisión de entre 4 y 10 ng i-TEQ/kg, siendo el valor máximo para el caso de quema de residuos agrícolas, pues como es evidente en el caso de presencia de plásticos, pueden generarse mayores cantidades de dioxina.

No obstante, resulta muy difícil estimar la cantidad de material quemado en todos estos incendios, pues no existe ningún tipo de registro en donde se relacionen estas situaciones y aún cuando se hagan, no existe un control del material quemado o sus cantidades, a pesar de que para determinados casos sea obligatoria la concesión de una autorización para proceder a la quema. En lo que respecta a los incendios forestales declarados, tampoco existe un registro que posea datos adecuados para dicho cálculo por las diferentes especies de población o repobladas, la masa arbórea, etc.

Es de esperar que haya PCDD/Fs en las cenizas resultantes de los incendios, y que puedan ser utilizadas en la agricultura por su contenido mineral, sin embargo esta es un arma de doble filo, pues estas cenizas además contienen diferentes contaminantes, que en este caso pasarían al suelo y posteriormente a la vegetación, con el peligro de ingresar en la cadena alimentaria. Es por ello, que estas quemaduras no deberían estar permitidas o al menos deben estar restringidas, pues no garantizan un grado de seguridad y salubridad óptimo para la población.

Tomando como factor inicial de emisión a la tierra de 4 ng i-TEQ/kg para el caso de incendios forestales, se estima una concentración en la ceniza resultante de 200 ng i-TEQ/kg. Sin embargo, el valor será muy superior en el caso de combustión de materiales agrícolas en el campo, con presencia de material plástico (de los cultivos bajo plástico o sistemas antiparásitos basados en ellos) u otras matrices cloradas. El factor de emisión considerado en este caso es de 10 ng i-TEQ/kg.

En Irlanda, se ha estimado una liberación al suelo a partir de estos factores de 0,0620 g i-TEQ/año.

El Inventario Europeo también afirma que no existe información suficiente disponible sobre el tipo y cantidad de residuos producidos a partir de estos incendios, y por tanto no existe estimación de la contaminación causada a partir de esta categoría. En España, se desconoce la existencia de estudio alguno hasta la fecha realizado en la materia por lo que no se puede obtener valor comparativo.

La quema de residuos agrícolas es un foco potencialmente emisor de dioxinas y furanos debido a la presencia de plásticos y pesticidas. En la quema de rastrojos, también pueden liberarse fácilmente residuos contaminados con PCDD/Fs, sin embargo tampoco existe información suficiente para estimar las emisiones generadas aplicables a la Región de Murcia, aunque la tendencia en el caso de la presencia de dioxinas en pesticidas está en franca regresión por las propias limitaciones existentes a nivel internacional para la producción, comercialización y distribución de este tipo de pesticidas. En el Anexo 7 se incluye un listado de las dioxinas que podrían contener los pesticidas en su composición (fuente US EPA).

En el caso de hogueras y otros incendios accidentales, debido a las condiciones pobres de combustión y la variedad de material que puede ser quemado, en los residuos se establece un amplio rango de contaminantes, entre ellos PCDD/Fs. Los niveles emitidos dependerán en gran medida del material involucrado, la naturaleza y duración del fuego, y el método de control del mismo. Las principales descargas al suelo son debidas a material residual que no ha logrado la combustión completa. El Inventario Europeo estima una media de 0,5 kg de residuo producido por hoguera.

El valor correspondiente a las descargas producidas por la industria del cuero es de 0,501 ng i-TEQ/kg. Sin embargo, este dato no puede ser comparado directamente con resultados de los Inventarios consultados, pues en el Europeo no existe esta categoría de producción de dioxinas, en el de Irlanda no se dispone de ninguna estimación, y en el de Naciones Unidas tampoco disponen de datos. En este último se afirma que, si bien hasta el momento no existían casos de contaminación en la industria del cuero, sí se conoce la existencia de contaminación del producto comercial resultado de la actividad debido a la presencia de PCP (pentaclorofenol utilizado como conservador), y por tanto se intuye que pueden existir liberaciones considerables al agua y como residuos.

Se ha tomado una muestra de suelo en donde se han utilizado pesticidas; los valores de PCDD/Fs obtenidos en él no pueden ser comparados con resultados recogidos en otros inventarios, puesto que no se encuadran directamente en ninguna de las categorías establecidas a pesar de que el uso de pesticidas prohibidos contaminados con dioxinas y furanos, puede generar concentraciones elevadas de estos contaminantes en el suelo y que puede llegar incluso a los productos de consumo.



La autoridad competente deberá mantener un control exhaustivo del empleo de pesticidas, ya que muchos de ellos están prohibidos por los componentes químicos que contienen, y más aún debido a la situación de la Región de Murcia como principal productor de cítricos, hortalizas y otros frutos que son susceptibles de recibir (se entiende por distribución fuera de los canales de comercialización controlados) pesticidas de los identificados como contaminados.

Para los valores correspondientes al dragado de sedimentos tampoco se dispone de datos comparativos en los inventarios consultados, pero el valor determinado en la Región de Murcia, servirá para completar la información requerida en estos inventarios y para disponer de un valor comparativo para sucesivos estudios que se realicen una vez priorizadas las acciones necesarias y definido el Plan de Vigilancia Ambiental.

Sucesivos inventarios

Se considera de interés, analizar en **sucesivos** inventarios las categorías que siguen:

Cód. UNEP	ACTIVIDAD
1.6	Incineración desechos de madera tratada
1.7	Combustión cadáveres
2.11	Desguazadoras
2.12	Recuperación térmica de cables
3.2	Central de energía de biomasa
3.3	Combustión de biogás
3.4-5	Calefacción doméstica y cocina
4.1	Producción de cemento
4.2	Producción de cal
4.3	Producción de ladrillos
4.4	Producción de vidrio
4.6	Mezclado de asfalto
5	Transporte
7.1	Fabricación de papel
7.2	Industria química
7.3	Industria del petróleo
8.2	Crematorios
8.4	Limpieza en seco
8.5	Consumo de tabaco
9.3	Compostado
9.4	Vertidos directos al agua
10.1	Producción sustancias orgánicas cloradas
10.3	Formulación de fenoles clorados
10.4	Aplicación de fenoles clorados

2.3.4.4. Conclusiones del inventario de dioxinas de la Región de Murcia.

Analizando cada actividad cabe destacar como **principales conclusiones:**

1.- En lo que respecta a la **incineración de residuos**, por lo que respecta a RSU, la Región no dispone de plantas de incineración de residuos, habiéndose primado el compostaje y la utilización agrícola substitutiva. En el caso de los RP, existen únicamente valorización energética de RPs en la Empresa 15 bajo su autorización y DIA así como para aceites usados en otra empresa de la Región.

Los residuos hospitalarios que lo precisan (citostáticos) se envían para su incineración en Francia (28 t/año). Otros residuos se procesan en el Tanatorio de Aljucer.

Respecto a los desechos de desguace de VFU tampoco se incineran en la Región, sino que aquellos que lo precisan se envían fuera de la C.A. Tampoco se incineran fangos de EDAR sino que se compostan o depositan en vertedero.

Los restos de madera tampoco se incineran en la Región, enviándose a plantas de tablero aglomerado fuera de la C.A. No se efectúa combustión de los cadáveres de animales (Categorías 1, 2 y 3 según Reglamento 1774/2002) sino que se autoclavan. Este será un futuro punto caliente si se emplean grasas como combustible adicional en plantas de cogeneración.

2.- Por lo que respecta a la producción y utilización de **metales ferrosos y no ferrosos** no se conocen plantas de sinterización de hierro, coque, hierro o acero, cobre, producción de aluminio, bronce, magnesio u otros. Las dos únicas producciones significativas son las de plomo a partir de baterías usadas con 1 planta (Empresa 5 en Espinardo) y Zinc (Empresa 6 en Cartagena).

Respecto de la producción de Pb metal aunque este sector está marcado como prioritario en los inventarios internacionales los datos no han revelado presencia significativa de dioxinas.

En cuanto a la fabricación de zinc se han obtenido niveles muy importantes de contaminación en el entorno de la factoría de la Empresa 6. Por lo que respecta a la principal utilización de zinc, en galvanotecnia en caliente y aunque dicha utilización no está incluida en el inventario se ha considerado de interés y, de hecho, constituye uno de los principales focos de la Región, como se presenta en los resultados.

Las desguazadoras de VFU no son generadoras significativas de dioxinas puesto que los componentes que podrían contener precursores de dioxinas son enviados a gestores autorizados y el compactado fuera de la Región.

No se ha observado establecimiento alguno de recuperación térmica de cables si bien es posible que se efectúe dicha práctica de modo no controlado por lo que se trata de un punto caliente para sucesivos estudios.



3.- La **generación energética** está principalmente representada por la Central Térmica de Escombreras (Empresa 11 con 220 Mw/grupo con 2 grupos) que emplea como combustible Fuel Oil, cuando los inventarios internacionales señalan que el principal riesgo proviene de la combustión de carbón.

No se tiene conocimiento de producción de energía a gran escala a partir de biomasa. A pequeña escala se conoce el empleo de cáscara de almendra y orujillo en instalaciones de menor tamaño. El único caso industrial que cabría mencionar es el de la Empresa 12. Se prevé la expansión de la combustión de hueso de melocotón y serrín debido a que la producción de biomasa en el área ronda las 65.000 tep.

La utilización en calefacción doméstica a microescala de biomasa y combustible fósil no se ha considerado como significativa a escala Regional. Se conoce la existencia en la zona de montaña de cáscara de almendra en pequeña proporción.

4.- La producción de **productos minerales** en la Región está básicamente representada por el cemento y la cal. Por lo que respecta a la generación cementera, la Planta de la Empresa 15 representa, además, uno de los mayores gestores de RPs en la Región, aunque las concentraciones en emisión como se ha visto son muy reducidas.

Existen 3 productores principales de yeso y cal en la Región cuyas emisiones habían sido seleccionadas pero por problemas técnicos de los industriales, así como dificultad para realizar los trabajos, no se han identificado. A considerar como punto caliente prioritario en sucesivos inventarios por liberación a la atmósfera y a las cenizas (que irán al suelo), así como los productos que posteriormente podrán ser empleados en la construcción.

La Región cuenta con numerosos fabricantes de ladrillos y cerámica no esmaltada, la mayoría en régimen prácticamente artesanal y, por tanto sin medidas de control. A considerar como punto caliente prioritario en sucesivos inventarios en las emisiones al aire y a las cenizas.

No se han identificado plantas de producción de vidrio aunque sí algunas de transformación y decoración de vidrio artístico que se entiende que no revisten relevancia a escala regional.

No se detecta actividad cerámica en esmaltes o acabados esmaltados en la Región (ubicada principalmente en Castellón).

El mezclado de asfalto no se considera un foco relevante de dioxinas, existiendo diversos establecimientos de formulado, aunque no se emplean materiales de reciclaje de los que se sospeche contaminación por dioxinas.

5.- Por lo que respecta al **transporte**, se trata de una contaminación móvil y difusa insuficientemente estudiada. Los inventarios internacionales no proporcionan estimaciones sólidamente fundamentadas. No obstante no se considera como un factor prioritario.

6.- En el capítulo de **combustión incontrolada** cabe

destacar la quema de biomasa relativamente común en la Región y no siempre bajo autorización. Los incendios con residuos presentes pueden liberar una importante cantidad de dioxinas, tales como las detectadas en el Vertedero 1 que se incendió durante el desarrollo de la fase de campo y fue muestreado. Asimismo, las estimaciones realizadas para incendios forestales se situaron en 8 mg i-TEQ/año.

7.- La **producción y uso de sustancias químicas y bienes de consumo** queda principalmente representada por la industria del cuero en el área de Lorca. En sucesivos inventarios, siguiendo la línea marcada por UNEP cabría analizar muestras seleccionadas de productos (carteras, bolsos, zapatos, etc.).

No existe fabricación de pasta de papel virgen, fenoles clorados, aromáticos clorados, alifáticos clorados ni catalizadores clorados en la Región a gran escala. Se recomienda una revisión más exhaustiva de este sector debido a la escasa información disponible y la dispersión de este tipo de plantas, especialmente para detectar la formulación de productos químicos con potencial precursor de dioxinas en la pequeña formulación y distribución que puede difundir sustancias cloradas.

Por lo que respecta a la industria del petróleo, analizado un complejo industrial existente en la Región, dado que éste no dispone de proceso de craqueo catalítico no se considera un generador neto de dioxinas según el inventario europeo y el de UNEP.

En la Región de Murcia no se conoce transformación de textil puesto que se recibe el textil tratado de la Comunidad Valenciana.

8.- Además, el inventario introduce un "cajón de sastre" de procesos y actividades varias, que seguidamente se detallan:

- No se tiene conocimiento en la Región de secado de biomasa, únicamente de secado de biomasa de cereal.
- Las estimaciones realizadas para los **crematorios** han revelado datos teóricos de emisión importantes en el rango de 0.84 a 189 mg i-TEQ/año con un valor medio de **21 mg i-TEQ/año**.
- La actividad de los ahumaderos no la hace relevante a escala regional además de que se emplean sistemas de secado por aire.
- En la Región de Murcia existen unas 100 tintorerías asociadas que suponen un importante punto caliente para el futuro, principalmente por el uso de PCE y su destilación sucesiva que arrastraría las dioxinas presentes en la prenda.
- No se ha evaluado la significancia en dioxinas del consumo de tabaco aunque no se considera relevante a escala regional.

9.- Se han visitado varios **vertederos** tomándose muestra en los mismos puesto que se han considerado de importancia prioritaria, especialmente aquellos no controla-

dos ni autorizados, debido a que no existen medidas de control de lixiviados ni emisiones.

Las **aguas urbanas a alcantarillado** tienen en general tratamiento, únicamente 9 municipios no poseen sistema de saneamiento. La mayoría de los fangos se envían a planta de compostaje o vertedero controlado. La estimación de niveles en fangos para la Región de Murcia se sitúa en **691 mg i-TEQ/año**.

El compostado es una práctica habitual en la Región y constituye uno de los puntos calientes prioritarios en futuros inventarios puesto que la materia que reciben puede contener precursores de dioxinas.

Los vertidos incontrolados no se consideran prioritarios a efectos de dioxinas. Tampoco la evacuación de aceites de desecho debe considerarse como prioritaria, al existir en la Región gestores autorizados para su gestión.

10.- Los **puntos calientes** mencionados en los inventarios internacionales cabe únicamente considerar como significativos los que siguen:

- a) **La existencia de una importante cantidad de transformadores eléctricos al final de su vida útil conteniendo pyraleno (PCBs) no declarados. De acuerdo con las estimaciones de PCBs existen 395 toneladas de PCBs que deberán ser gestionadas o han sido ya tratadas de modo no controlado. Se trata de un punto caliente, ya que los niveles de dioxinas presentes en estos transformadores asciende a 75.050 g i-TEQ y un solo transformador con PCBs, contiene 114 g i-TEQ.**
- b) Por lo que respecta a vertederos clausurados cabría efectuar una identificación y control específico en futuros inventarios (sellados, biogás, condensados y lixiviados, etc.).
- c) El dragado de sedimentos carece de criterios límite para la presencia de dioxinas (criterios CEDEX).
- d) Los yacimientos de caolinita o arcilla plástica son potenciales sumideros de dioxinas a evaluar, principalmente agrupados en la Región (según estudio ITGE 1999) en Yecla, Jumilla, Moratalla y Mula-Pliego.
- e) El empleo de pesticidas contaminados con dioxina está en fuerte retroceso debido a los controles del ciclo de comercialización que prohíben su utilización.
- f) Los piensos compuestos poseen una estricta regulación pero los estudios realizados por este equipo (no se trataba de un aspecto identificado por los inventarios internacionales) han demostrado que puede ser un punto caliente a estudiar especialmente en el caso de producciones poco controladas.
- g) Se ha identificado también en la biota la presencia de dioxinas para visualizar los niveles presentes en el medio.



3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fabrellas B., Sanz P., Abad E., Rivera J., 2001. The spanish dioxin inventory part I: Incineration as municipal waste management system.
- Fabrellas B., Ruiz-Lorenzo M.L., Martínez M.A., Sanz P., Larrázabal D., 2002. Evaluación de la generación de dioxinas y furanos en el sector de galvanización en caliente.
- Ruiz M.L., Martínez M.A., De La Torre A., 2005. Estudio y resultados de la participación del sector cementero español en el inventario nacional de dioxinas y furanos.
- Informe de situación en España de los inventarios de Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs). Enero 2005.
- Datos del EPER en la página oficial www.eper.cec.eu.int
- Datos EPER España www.eper-es.com
- EUROPEAN POPs EXPERT TEAM. Preparatory actions in the field of dioxin and PCBs. Final Report. Abril 2002.
- Consortium: Environmental Levels In Candidate Countries under Supervision of Gunther Umlauf (JRC). Dioxins and PCBs: Environmental Levels and Human Exposure in Candidate Countries. Junio 2004.
- DIOXINAS Y FURANOS. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y METODOLOGÍA ANALÍTICA. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Ed. Centro de publicaciones Secretaria General Técnica Ministerio de Obras Públicas, Transporte y medio ambiente.
- Domingo J.L., Schuhmacher M., Müller L., Rivera J., Granero S., Llobet J.M., 2000. Evaluating the environmental impact of an old municipal waste incinerator: PCDD/F levels in soil and vegetation samples.
- Morrison H., Whittle D.M., Metcalfe C.D., Nimi A.J., 1999. Application of a food bioaccumulation model for the prediction of liochlorinated biphenyl, dioxin, and furan congener concentrations in Lake Ontario aquatic biota
- NEW HAMPSHIRE DIOXIN DEPARTMENT OF ENVIROMENTAL SERVICES. (2001) The New Hampshire dioxin reduction strategy.
- EUROPEAN POPs EXPERT TEAM. EUROPEAN COMMISSION, Brussels. Preparatory actions in the field of dioxin and PCBs. Final Report, April 2002
- Hidalgo-Moya J.R., 2001. Dioxinas en alimentos: el control del riesgo Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Estrategia comunitaria sobre dioxinas, los furanos y los policlorobifenilos (PCBs)
- Hidalgo-Moya J.R., 2006. Límites máximos de dioxinas en alimentos.
- Fritsky K.J., Jumm J.H., Wilken M., Combined PCDD/F destruction and particulate control in the badhouse.
- EPA- 600/R-04-024 (2004) The use of surrogate compounds as indicators of PCDD/F concentrations in combustor stack gases.
- Aristazabal B., Montes C., Cobo M., Abad E., Rivera J., 2004. A comparative study of PCDD/F emissions from medical and industrial waste incinerators in Medellín-Colombia (South America).
- Hellou J., Mackay D., Banoub J., 1999. Levels, persistence and bioavailability of organic contaminants presents in marine harbor sediments impacted by raw sewage. *Chemosphere* 38, 457-473.
- Ockenden W.A., Breivik K., Meijer S.N., Steiness E., Sweetman A.J., Jones K.C., 2003. The global re-cycling of persistent organic pollutants is strongly retarded by soils. *Environ. Pollut.* 121, 75-80.
- Schuhmacher M., Domingo J.L., Llobet J.M., Müller L., Sünderhauf W., Jager J., 1998. Baseline levels of PCDD/Fs in vegetation samples collected in the vicinity of a new hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain. *Chemosphere* 36, 2581-2591.
- Domingo J.L., Schuhmacher M., Llobet J.M., Müller L., Rivera J., 2001. PCDD/F concentrations in soil and vegetation in the vicinity of a municipal waste incinerator after a pronounced decrease in the emissions of PCDD/Fs from the facility. *Chemosphere* 43, 271-226.
- Meneses M., Schuhmacher M., Domingo J.L., 2002. A design of two simple models to predict PCDD/F concentrations in vegetation and soils. *Chemosphere* 46, 1393-1402.
- Mclachlan M.S., Hinkel M., Reissinger M., Hippelein M., Kaupp H., 1993. A study of the influence of sewage sludge fertilization on the concentrations of PCDD/F and PCBs in soil and milk. *Environ. Pollut.* 85, 337-343.
- Lohman K., Seigneur C., 2001. Atmospheric fate and transport of dioxins: local impacts. *Chemosphere* 45, 161-171.
- Pohl H., DeRosa C., Holler J., 1995. Public health assessment for dioxins exposure from soil. *Chemosphere* 31, 2437-2454.
- Jones K.C., Sewart A.P., 1997. Dioxins and furans in sewage sludges: a review of their occurrence and sources and of their environmental fate, behaviour, and significance in sludge-amended agricultural systems. *Crit. Rev. Environ.Sci. Technol.* 27, 1-85.
- Eljarrat E., De la Cal A., Larrázabal D., Fabrellas B., Rodríguez A., Borrull F., Marce R.M., Barcelo D., 2005. Occurrence of polybrominated diphenylethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls in coastal sediments from Spain. *Environ. Pollut.* 136, 493-501.
- Abad E., Martínez K., Planas C., Palacios O., Caixach J., Rivera J., 2005. Priority organic assessment of sludges for agricultural purposes. *Chemosphere* 61, 1358-1369.
- Fernández M.A., Alonso C., González M. J., Hernández L.M., 1999. Occurrence of organochlorine insecticides, PCBs and PCB congeners in waters and sediments of the Ebro river (Spain).
- Jimenez B., Eljarrat E., Hernández L.M., Rivera J., González M.J., 1996. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in soils near a clinical waste incinerator in Madrid, Spain. *Chemosphere* 32, 1327-1348.
- Eljarrat E., Caixach J., Rivera J., 2002. A comparison of TEQ contributions from PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs in sewage sludges from Catalonia, Spain. *Chemosphere* 51, 595-601.
- Rideout K., Teschke K., 2004. Potential for increased human foodborne exposure to PCDD/F when recycling sewage sludge on agricultural land. *Environ. Health Persp.* 112, 959-969.
- Schuhmacher M., Nadal M., Domingo J.L., 2004. Levels of PCDD/Fs, PCBs, and PCNs in soils and vegetation in an area with chemical and petrochemical industries. *Environ. Sci. Technol.* 38, 1960-1969.
- Rideout K., Teschke K., Varughese S., 2002. Guidance document: Potential for exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans when recycling sewage biosolids on agricultural land. BC Ministry of Water, Land and Air Protection Environment Canada.
- Barber J.L., Thomas G.O., Kerstiens G., Jones K.C., 2003. Current issues and uncertainties in the measurement and modelling of air-vegetation exchange and within-plant processing of POPs. *Environ. Pollut.* 128, 99-138.
- Contreras López M.C., 2003. Determination of potentially bioaccumulating complex mixtures of organochlorine compounds in wastewater: a review. *Environ. Internat.* 28, 751-759.
- Stevens J.L., Jones K.C., 2003. Quantification of PCDD/F concentrations in animal manure and comparison of the effects of the application of cattle manure and sewage sludge to agricultural land on human exposure to PCDD/Fs. *Chemosphere* 50, 1183-1191.
- Domingo J.L., Granero S., Schuhmacher M., 2001. Congeners profiles of PCDD/Fs in soil and vegetation samples collected near to a municipal waste incinerator. *Chemosphere* 43, 517-524.
- Lorber M., Eschenroeder A., Robinson R., 2000. Testing the USA's ISCST – Version 3 model of dioxins: a comparison of predicted and observed air and soil concentrations. *Atmospheric Environ.* 34, 3995-4010.
- Wilkinson J.M., Hill J., Hillman J.P., 2003. The accumulation of potentially toxic elements in edible body tissues of lambs grazing after a single application of sewage sludge. *Water Research* 37, 128-38.
- Alvarado M.J., Armstrong S., Crouch E., 2001. The AMSA 2000/2001 survey of dioxin-like compounds in biosolids: statistical analyses. Association of Metropolitan Sewerage Agencies (AMSA).
- Linkov I., von Stackelberg K.E., Burmistrov D., Bridges T.S., 2001. Uncertainty and variability in risk from trophic transfer of contaminants in dredged sediments. *Si. Total Environ.* 274, 255-269.
- Domingo J.L., Schuhmacher M., Agramunt M.C., Llobet J.M., Rivera J., Müller L., 2002. PCDD/F levels in the neighborhood of a municipal solid waste incinerator after introduction of technical improvements in the facility. *Environ. Internat.* 28, 19-27.
- Domingo J.L., Schuhmacher M., Agramunt M.C., Llobet J.M., Rivera J., Müller L., 2001. PCDD/F levels in the soil and vegetation in the vicinity of a municipal waste incinerator after a pronounced decrease in the emissions of PCDD/Fs from the facility. *Chemosphere* 43, 217-226.



- Schuhmacher M., Agramunt M.C., Rodríguez-Larena M.C., Díaz-Ferrero J., Domingo J.L., 2002. Baseline levels of PCDD/Fs in soil and herbage samples collected in the vicinity of a new hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain. *Chemosphere* 46, 1343-1350.
- Schuhmacher M., Granero S., Llobet J.M., de Kok H.A.M., Domingo J.L., 1997. Assessment of aseline levels of PCDD/F in soils in the neighbourhood of a new hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain. *Chemosphere* 35, 1947-1958.
- Schuhmacher M., Agramunt M.C., Bocio A., Domingo J.L., de Kok H.A.M., 2003. Annual variation in the levels of metals and PCDD/Fs in soil and herbage samples collected near a cement plant. *Environ. Internat.* 29, 415-421.
- Schuhmacher M., Granero S., Xifró A., Domingo J.L., Rivera J., Eljarrat E., 1998. Levels of PCDD/Fs in soil samples in the vicinity of a municipal solid waste incinerator. *Chemosphere* 37, 2127-2137.
- Schuhmacher M., Granero S., Rivera J., Müller L., Llobet J.M., Domingo J.L., 2000. Atmospheric deposition of PCDD/Fs near an old municipal solid waste incinerator: levels in soil and vegetation. *Chemosphere* 40, 593-600.
- Mañosa S., Mateo R., Freixa C., Guitart R., 2003. Persistent organochlorine contaminants in eggs of northern goshawk and Eurasian buzzard from northeastern Spain: temporal trends related to changes in the diet. *Environ. Pollut.* 122, 351-359.
- Jimenez O., Jimenez B., Gonzalez M.J., 2000. Isomer specific polychlorinated biphenyl determination in cetaceans from the Mediterranean sea: enantioselective occurrence of chiral polychlorinated biphenyl congeners. *Environ. Toxicol. Chem.* 19, 2653-2660.
- Blanch G., Glausch A., Schurig V., 1996. Quantification and determination of enantiomeric ratios of chiral PCBs 95, PCB 132, and PCBs 149 in shark liver samples (*C. coelolepis*) from the Atlantic Ocean. *J. High Resol. Chromat.* 19, 392-396.
- O'Hara T.M., Krahn M. M., Boyd D., Becker P.R., Philo L.M., 1999. Organochlorine contaminant levels in Eskimo harvested bowhead whales of arctic Alaska. *J Wildlife Disease* 35, 741-752.
- Wu W.Z., Zhang Q.H., Schramm K.M., Xu Y., Kettrup A., 2000. Distribution, Transformation, and long-term accumulation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in different tissues of fish and piscivorous birds. *Environ. Research* 46, 252-257.
- Bordajandi L.R., Gomez G., Fernández M.A., Abad E., Rivera J., González M.J., 2003. Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain). *Chemosphere* 53, 163-171.
- Corbella R., Gracia F., 1999. Levels of polychlorinated biphenyls in *Patella piperata* from the coast of Fuerteventura (Canary Islands, Spain). *Chemosphere* 38, 2303-2313.
- Pastor D., Sanpera C., González-Solis J., Ruiz X., Albaigés J., 2004. Factors affecting the organochlorine pollutant load in biota of a rice field ecosystem (Ebro Delta, NE Spain). *Chemosphere* 55, 567-576.
- Carro N., García I., Ignacio M., Mouteira A., 2004. Possible influence of lipid content in levels of organochlorine compounds in mussels from Galicia coast (Northwestern, Spain). Spatial and temporal distribution patterns. *Environ. Internat.* 30, 457-466.
- Gómara B., Ramos L., Gangoso L., Doñazar J.A., González M.J., 2004. Levels of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in serum samples of Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) from Spain. *Chemosphere* 55, 577-583.
- Pirard C., De Pauw E., 2005. Uptake of polychlorodibenzo-p-dioxins, polychlorodibenzofurans and coplanar polychlorobiphenyls in chickens. *Environ. Internat.* 31, 585-591.
- Vives I., Grimalt J.O., Ventura M., Catalan J., Rosseland B.O., 2005. Age dependence of the accumulation of organochlorine pollutants in brown trout (*Salmo trutta*) from a remote high mountain lake (Redó, Pyrenees). *Environ. Pollut.* 133, 343-350.
- Engwall M., Hjelm K., 2000. Uptake of dioxin-like compounds from sewage sludge into various plant species – assessment of levels using a sensitive bioassay. *Chemosphere* 40, 1189-1195.
- Barber J.L., Thomas G.O., Kerstiens G., Jones K.C., 2004. Current issues and uncertainties in the measurement and modelling of air-vegetation exchange and within-plant processing of POPs. *Environ. Pollut.* 128, 99-138.
- Merino R., Bordajandi L.R., Abad E., Rivera J., Jiménez B., 2005. Evaluation of organochlorine compounds in peregrine falcon (*Falco peregrinus*) and their main prey (*Columba livia*) inhabiting central Spain. *Environ. Toxicol. Chem.* 24, 2088-2093.
- Jiménez B., Rodríguez-Estrella R., Merino R., Gomez G., Rivera L., González M.J., Abad E., Rivera J., 2005. Results and evaluation of the first study of organochlorine contaminants (PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs), heavy metals and metalloids in birds from Baja California, México. *Environ. Pollut.* 133, 139-146.
- Serrano R., Fernández M.A., Hernández M., Pascual P., Rabanal R.M., González M.J., 1997. Coplanar polychlorinated biphenyl congeners in shark livers from the north-western African Atlantic ocean. *Environ. Contam. Toxicol.* 58, 150-157.
- Guillén A., Ibañez C., Pérez J.L., Hernández L.M., González M.J., Fernández M.A., Fernández R., 1994. Organochlorine residues in Spanish common pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*). *Environ. Contam. Toxicol.* 52, 231-237.
- Díaz-Paniagua, Marco A., Fernández M., Hernández L.M., 2002. Lead, PCBs and other environmental pollutants on Chameleon eggs in southern Spain. *Fresenius Environ. Bull.* 11, 631-635.
- López-Martín J.M., Ruiz-Olmo J., Borrell A., 1995. Levels of organochlorine compounds in freshwater fish from Catalonia. N.E.Spain. *Chemosphere* 31, 3523-3535.
- Hernández F., Serrano R., Roig-Navarro A.F., Martínez-Bravo Y., López F.J., 2000. Persistent organochlorines and organophosphorus compounds and heavy elements in common whale (*Balaenoptera physalus*) from the western Mediterranean sea. *Marine Pollut. Bull.* 40, 426-433.
- Borrell A., Cantos G., Pastor T., Aguilar A., 2001. Organochlorine compounds in common dolphins (*Delphinus delphis*) from the Atlantic and Mediterranean waters of Spain. *Environ. Pollut.* 114, 265-274.
- Wild S.R., Jones K.C., 1992. Organic chemicals in the environment: Polynuclear aromatic hydrocarbon uptake by carrots grown in sludge-amended soil. *J. Environ. Qual.* 21, 217-225.
- Thomas G., Jones J.L., Jones K.C., 2002. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and furan (PCDD/F) uptake by pasture. *Environ. Sci. Technol.* 36, 2372-2378.
- Catalan J., Ventura M., Vives I., Grimalt J.O., 2004. The roles of food and water in the bioaccumulation of organochlorine compounds in high mountain lake fish. *Environ. Sci. Technol.* 38, 4269-4275.
- DiGangi J., Petrik J., 2005. The egg report: contamination of chicken eggs from 17 countries by dioxins, PCBs and hexachlorobenzene. IPEN
- Zumbado M., Goethals M., Álvarez-León E., Luzardo O., Cabrera F., Serramajem L., Domínguez-Boada L., 2005. Inadvertent exposure to organochlorine pesticides DDT and derivatives in people from the Canary Islands (Spain). *Sci. Total Technol.* 339, 49-62.
- Dioxin exposure and health. <http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/endex.htm>
- Ribas-Fitó N., Grimalt J.O., Marcao E., Sala M., Mazón C., Sunyer J., 2005. Breastfeeding and concentrations of HCB and p,p'-DD at the age of 1 year. *Environmental Research* 98, 8-13.
- Llerena J.J., Abad E., Caixach J., Rivera J., 2003. An episode of dioxin contamination in feedingstuff: the choline chlorine case. *Chemosphere* 53, 679-683.
- Solomon G.M., Weiss P.M., 2002. Chemicals contaminants in breast milk: time trends and regional variability. *Environ. Health Perspect.* 110, 339-347.
- Nadal M., Espinosa G., Schuhmacher M., Domingo J.L., 2004. Patterns of PCDDs and PCDFs in human milk and food and their characterization by artificial neural networks. *Chemosphere* 54, 1375-1382.
- González M.J., Jimenez B., Hernández L.M., Gonnord M.F., 1996. Levels of PCDDs and PCDFs in human milk from populations in Madrid and Paris. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 56, 197-204.
- Schuhmacher M., Domingo J.L., Llobet J.M., Kiviranta H., Vartiainen T., 1998. PCDD/F concentrations in milk of nonoccupationally exposed women living in southern Catalonia, Spain. *Chemosphere* 38, 995-1004.
- Botella B., Crespo J., Rivas A., Cerrillo I., Olea-Serrano M.F., Olea N., 2004. Exposure of women to organochlorine pesticides in southern Spain. *Environ. Research* 96, 34-40.
- Costabeber I., Emanuelli T., 2002. Influencia de hábitos alimentarios sobre las concentraciones de pesticidas organoclorados en tejido adiposo. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 22, 54-59.



- Schuhmacher M., Domingo J.L., Llobet J.M., Lindström G., Wingfors H., 1999. Dioxin and dibenzofuran concentrations in adipose tissue of a general population from Tarragona, Spain. *Chemosphere* 38, 2475-2487.
- Foster W., Chan S., Platt L., Hughes C., 2000. Detection of endocrine disrupting chemicals samples of second trimester humans amniotic fluid. *J. Clinical Endocrinology & Metabolism* 85, 2954-2957.
- Longnecker M.P., Klebanoff M.A., Zhou H., Brock J.W., 2001. Association between maternal serum concentration of the DDT metabolite DDE and preterm and small-for-gestational-age babies at birth. *The Lancet* 358, 110-114.
- Regidor E., Ronda E., García A.M., Domínguez V., 2004. Paternal exposure to agricultural pesticides and cause specific fetal death. *Occup. Environ. Med.* 61, 334-339.
- Jiménez B., Hernández L.M., Eljarrat E., Rivera J., González M.J., 1996. Levels of PCDDs, PCDFs and non-ortho PCBs in serum samples of non-exposed individuals living in Madrid (Spain). *Chemosphere* 33, 2403-2410.
- Ribas-Fitó N., Sunyer J., Sala M., Grimalt J.O., 2003. Cambios en las concentraciones de compuestos organoclorados en las mujeres de Flix, Tarragona. *Gac Sanit* 17, 309-311.
- González CA., Kogevinas M., Huici A., Gadea E., Ladona M., Bosch A., Bleda M.J., 1997. Blood levels polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans and polychlorinated biphenyls in the general population of a Spanish Mediterranean city. *Chemosphere* 36, 419-426.
- Bates M.N., Buckland S.J., Garret N., Ellis H., Needham L.L., Patterson D.G., Turner W.E., Russell D.G., 2004. Persistent organochlorines in the serum of the non-occupationally exposed New Zealand population. *Chemosphere* 54, 1431-1443.
- Apostoli P., Magoni M., Bergonzi R., Carasi S., Indelicato A., Scarcella C., Donato F., 2005. Assessment of reference values for polychlorinated biphenyl concentration in human blood. *Chemosphere* (Article in press)
- Richter W., McLachlan M.S., 2001. Uptake and transfer of PCDD/Fs by cattle fed naturally contaminated feedstuffs and feed contaminated as a result of sewage sludge application. 2. Nonlactating cows. *J. Agric. Food Chem.* 49, 5857-5865.
- Forest fires: A major source of dioxins. www.dioxinsfacts.org
- Geyer H., Schramm K.W., Feicht E.A., Behecht A., Steinberg C., Brüggemann R., Poiter H., Henkelmann B., Kettrup A., 2002. Half-lives of tetra-, penta-, hexa-, hepta-, and octachlorodibenzo-p-dioxins in rats, monkeys, and humans – a critical review. *Chemosphere* 48, 631-644.
- Turusov V., Rakitsky V., Tomatis L., 2002. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT): ubiquity, persistence and risks. *Environ. Health Perspect.* 110, 125-128.
- Molina C., Falcón M., Cámara M.A., Oliva J., Luna A., 2005. HCH and DDT residues in human fat in the population of Murcia (Spain). *Ann. Agric. Environ. Med.* 12, 133-136.
- Schuhmacher M., Domingo J.L., Kiviranta H., Vartiainen T., 2004. Monitoring dioxins and furans in a population living near a hazardous waste incinerator: levels in breast milk. *Chemosphere* 57, 43-49.
- González M.J., Jiménez B., Hernández L.M., Gonnord M.F., 1996. Levels of PCDDs and PCDFs in human milk from populations in Madrid and Paris. *Environ. Contam. Toxicol.* 56, 197-204.
- Becker K., Kaus S., Krause C., Lepom P., Schulz C., Seiwert M., Seifert B., 2002. German environmental survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int. J. Environ. Health* 205, 297-308.
- DeVoto E., Fiore B., Millikan R., Anderson H., Sheldon L., Sonzogni W., Longnecker M., 1997. Correlations among human blood levels of specific PCBs congeners and implications for epidemiologic studies. *American J. Ind. Med.* 32, 606-613
- Porta M., Kogevinas M., Zumeta E., Sunyer J., Ribas-Fitó N., 2002. Concentraciones de compuestos tóxicos persistentes en la población española: el rompecabezas sin piezas y la protección de la salud pública. *Gac Sanit* 16, 257-266.
- García R., Jukes D., 2004. The Spanish system of food controls – its administration and enforcement. *Food control* 15, 51-59
- Jaga K., Dharmani C., 2003. Global surveillance of DDT and DDE levels in human tissues. *Int. J. Occup. Environ. Health* 16, 7-20.
- Kalantzi O.I., Alcock R.E., Johnston P.A., Santillo D., Stringer R.L., Thomas G.O., Jones K.C., 2001. The global distribution of PCBs and organochlorine pesticides in butter. *Environ. Sci. Technol.* 35, 1013-1018.
- Roeder R.A., Garber M.J., Schelling G.T., 1996. Assessment of dioxins in foods from animal origins. *J. Anim. Sci.* 76, 142-151.
- Fries G.F., 1995. A review of the significance of animal food products as potential pathways of human exposures to dioxins. *J. Anim. mSci.* 73, 1639-1650.
- Ramos L., Eljarrat E., Hernández L.M., Alonso L., Rivera J., González M.J., 1997. Levels of PCDDs and PCDFs in farm cow's milk located near potential contaminant sources in Asturias (Spain). Comparison with levels found in control, rural farms and commercial pasteurized cow's milks. *Chemosphere* 35, 2167-2179.
- Huwe J.K., 2002. Dioxins in foods: a modern agricultural perspective. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1739-1750.
- Gómara B., Bordajandi L.R., Fernández M.A., Herrero L., Abad E., Abalos M., Rivera J., González M.J., 2005. Levels and trends of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) and dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in Spanish commercial fish and shellfish products, 1995-2003. *J. Agric. Food Chem.* 53, 8406-8413.
- Taioli E., Marabelli R., Scortichini G., Migliorati G., Pedotti P., Cigliano A., Caporale V., 2005. Human exposure to dioxins through diet in Italy. *Chemosphere* 61, 1672-1676.
- Catalan J., Ventura M., Vives I., Grimalt J.O., 2004. The roles of food and water in the bioaccumulation of organochlorine compounds in high mountain lake fish. *Environ. Sci. Technol.* 38, 4269-4276.
- Bordajandi L.R., Gómez G., Abad E., Rivera J., Fernández M.M., Blasco J., González M.J., 2004. Survey of persistent organochlorine contaminants (PCBs, PCDD/Fs, and PAHs), heavy metals (Cu, Cd, Zn, Pb, Hg), and arsenic in food samples from Huelva (Spain): Levels health implications. *J. Agric. Food Chem.* 52, 992-1001.
- Ramos L., Eljarrat E., Hernández L.M., Rivera J., González M.J., 1999. Levels of polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in commercial yoghurt samples in Spain, comparison with different dairy products. *Anal. Chim. Acta* 402, 241-252.
- Jiménez B., Wright C., Kelly M., Startin J.R., 1996. Levels of PCDDs, PCDFs, and non-ortho PCBs in dietary supplements fish oil obtained in Spain. *Chemosphere* 32, 461-467.
- Domingo J.L., Schuhmacher M., Granero S., Llobet J.M., 1999. PCDDs and PCDFs in food samples from Catalonia, Spain. An assessment of dietary intake. *Chemosphere* 38, 3517-3528.
- Bocio A., Llobet J.M., Domingo J.L. Contaminantes orgánicos en alimentos de amplio consumo: concentraciones y exposición a través de la dieta. *Residuos* 80, 118-124.
- Bocio A., Domingo J.L., 2005. Daily intake of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/polychlorinated dibenzofurans (PCDD/PCDFs) in foodstuffs consumed in Tarragona, Spain: a review of recent studies (2001-2003) on human PCDD/PCDF exposure through the diet. *Environ. Research* 97, 1-9.
- Porta M., Zumeta E., Ruiz L., Sunyer J., Kogevinas M., Ribas N., Jaroid M., 2003. Persistent toxic substances and public health in Spain. *Int. J. Occup. Environ. Health* 9, 112-117.
- Ramos L., Eljarrat E., Hernández L.M., Rivera J., González M.J., 1999. Comparative study of methodologies for the analysis of PCDDs in powdered full-fat milk. PCBs, PCDD and PCDF levels in commercial samples from Spain. *Chemosphere* 38, 2577-2589.
- Fuster G., 2002. Análisis de flujos de sustancias: una herramienta aplicada a la evaluación de riesgos por dioxinas en la provincia de Tarragona. Tesis doctoral.
- Cuervo L., 2002. Ingesta de dioxinas y dioxin-like PCBs a través de los alimentos en la CAPV. Resultados del estudio de dieta total en el periodo 1999-2000. *Salud Pública* 14, 5-6
- Bocio A., Llobet J.M., Domingo J.L. Contaminantes orgánicos en alimentos de amplio consumo: concentraciones y exposición a través de la dieta. *Revista Residuos* N°80, 118-124.
- Llobet J.M., Domingo J.L., Bocio A., Casa C., Teixidó A., Müller L., 2003. Human exposure to dioxins through the diet in Catalonia, Spain: carcinogenic and non-carcinogenic risk. *Chemosphere* 50, 1193-1200.
- Datos incendios forestales por parte del Ministerio del Medio Ambiente: www.incendiosforestales.org
- Datos crematorios, incineraciones anuales. http://www.pwchouse.com/esp/ins_sol/survey_rep/informe_fuenrarios.pdf

ANEXO 1: Plantas potencialmente emisoras de dioxinas y furanos en la Región de Murcia y su principal vector de descarga.

Cód UNEP	Actividad	Establecimientos	Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
1.2	incineración desechos peligrosos	Empresa 1	X	x			X
1.7	combustión cadáveres de animales	Empresa 2	X				x
		Empresa 3	X				x
		Empresa 4	X				x
2.6	producción de plomo	Empresa 5	x				x
2.7	Producción de zinc (fabricación y galvanotecnia)	Empresa 6	x				x
		Empresa 7	x				x
		Empresa 8	x				x
		Empresa 9	x				x
		Empresa 10	x				x
3.1	Central de energía de combustible fósil	Empresa 11	X				X
3.2	Central de energía de biomasa	Empresa 12	X				X
		Empresa 13	X				X
3.3	Combustión de terraplén/biogas	Empresa 14	X				X
4.1	Producción de cemento	Empresa 15	x				X
		Empresa 16	x				X
4.2	Producción de cal (calizas y yesos)	Empresa 17	x				X
		Empresa 18	x				X
		Empresa 19	x				X
		Empresa 20	x				X
		Empresa 21	x				X
		Empresa 22	x				X
4.3	Producción de ladrillos	Empresa 23	x				X
		Empresa 24	x				X
		Empresa 25	x				
		Empresa 26	x				X
		Empresa 27	x				X
		Empresa 28	x				X
		Empresa 29	x				X
		Empresa 30	x				X
		Empresa 31	x				X
		Empresa 32	x				X
		Empresa 33	x				X
		Empresa 34	x				X
4.4	Producción de vidrio	Empresa 35	x				X
		Empresa 36	x				X
4.6	Mezclado de asfalto	Empresa 37	x			x	X
		Empresa 38	x			x	X
		Empresa 39	x			x	X
		Empresa 40	x			x	X
		Empresa 41	x			x	X
7.1	Fabricación de papel	Empresa 42	x	x		x	x
		Empresa 43	x	x		x	x
		Empresa 44	x	x		x	x
		Empresa 45	x	x		x	x
		Empresa 46	x	x		x	x
		Empresa 47	x	x		x	x
		Empresa 48	x	x		x	x
		Empresa 49	x	x		x	x
		Empresa 50	x	x		x	x
		Empresa 51	x	x		x	x
7.2	Industria química	Laboratorios geológicos:					
		Empresa 52					
		Empresa 53	x	x		x	x
		Empresa 54					

Cód UNEP	Actividad	Establecimientos	Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
		Empresa 55					
		Productos químico-farmacéuticos:					
		Empresa 56					
		Empresa 57	x	x		x	x
		Empresa 58					
		Empresa 59					
		Empresa 60	x	x		x	x
		Empresa 61	x	x		x	x
		Empresa 62	x	x		x	x
		Empresa 63	x	x		x	x
		Empresa 64	x	x		x	x
		Empresa 65	x	x		x	x
		Empresa 66	x	x		x	x
		Empresa 67	x	x		x	x
		Empresa 68	x	x		x	x
7.3	Industria del petróleo	Empresa 69	x				x
7.4	Plantas textiles	Empresa 70		x		x	
		Empresa 71		x		x	
		Empresa 72		x		x	
		Empresa 73		x		x	
		Empresa 74		x		x	
		Empresa 75		x		x	
		Empresa 76		x		x	
7.5	Industria del cuero	Empresa 77		x			
		Empresa 78		x			
		Empresa 79		x		x	
		Empresa 80		x		x	
		Empresa 81		x		x	
		Empresa 82		x		x	
		Empresa 83		x		x	
		Empresa 84		x		x	
		Empresa 85		x		x	
		Empresa 86		x		x	
		Empresa 87		x		x	
8.2	Crematorios	Ver ANEXO 3	x				X
8.4	Limpieza en seco	Tintorerías pertenecientes a la Asociación de Tintorerías y Lavanderías de la Región de Murcia		x	x	x	
9.1	Evacuación a vertedero	Vertederos de RP: Trademed		x	x		
		Vertederos de RSU:					
		Empresa 14					
		Empresa 88		x	x		
		Empresa 89					
		Empresa 90					
		Vertederos R. Inertes y No Peligrosos		x	x		
		Vertederos no autorizados		x	x		
9.2	Evacuación aguas alcant. y tratamiento	Depuradoras		x	x		
9.3	Compostado	Empresa 91				x	
		Empresa 90				x	
		Empresa 92				x	
10.6	Transformadores de PCBs	Empresa 93			x	x	
10.12	Fabricación de piensos	Empresa 94				x	
		Empresa 95				x	
		Empresa 96				x	
		Empresa 97				x	



ANEXO 2: Inventario de crematorios de la Región de Murcia.

Empresa	Dirección	Población	Provincia	C.P.	crematorio	Tel. Nº1	Tel. Nº2	Fax	X	Y
Funeor, S.L.	C/San Nicolás, nº21	Murcia	Murcia	30005	NO	968 218 167			664080	4206900
Funeraria Cano Fuca, S.L.	Ctra. Villanueva, nº1	Archena	Murcia	30600	NO	968 673 017			648830	4220900
Funeraria de la Fuensanta, S.L.	C/Obispo Francisco Landeira, nº20	Murcia	Murcia	30007	NO	968 239 938	968 239 800	968 239 800		4206870
Funeraria del Carmen, S.L.	Ricardo Gil, nº38	Murcia	Murcia	30002	NO	968 213 248			664530	4206560
Funeraria del Carmen, S.L.	C/Los Dolores	Cartagena	Murcia	30310	SI	968 517 943	968 502 067		676500	4166560
Funeraria San Roque, S.L.	C/Mayor, nº30	Alicantarilla	Murcia	30630	NO	968 892 100			667380	4204445
Funeraria Tamatón Santísima Cruz, S.L.	C/Paz, nº19	Albanilla	Murcia	30640	NO	968 68 08 16	968 680 044		671700	4230900
Servicios Funerarios, S.A. (SERFUSA)	Avenida Ataró Guirao, 102	Murcia	Murcia	30740	SI	968 180 531	968 180 531	968 180 531		4189800
Servicios Funerarios, S.A. (SERFUSA)	C/Mezquita, s/n (Santa Lucía)	Cartagena	Murcia	30202	SI	968 121 313	968 321 081	968 321 081		4163100
Servicios Funerarios Saturnino, S.L.	C/Pintor Sobejano, nº6	Murcia	Murcia	30004	NO	968 292 413			663890	4206880
Servicios Funerarios Saturnino, S.L.	C/Laques de Ruidera, nº88	Los Utrillas	Murcia	30368	NO	968 134 773			691140	4173370
Servicios y Gestión Funeraria, S.A.	(Tanatorio La Unión) Pol. Ind. Lo Tacón, s/n	La Unión	Murcia	30360	NO	968 54 19 55			686250	4165410
Servicios y Gestión Funeraria, S.A.	(Tanatorio de Cieza) Varca de Morcillo, s/n	Cieza	Murcia		NO	968 76 12 98			637200	4233010
Tanatorio de Jesús, S.L.	Avenida Juan Carlos I, s/n	Murcia	Murcia	30008	SI	968 689 580			663590	4207610
Tanatorio Virgen del Pasico, S.L.	Florencia, nº3	Torre-Pacheco	Murcia	30700	NO	968 58 52 53			680680	4179400
Funeraria Filague	C/Alueva, nº13	Caravaca de la Cruz	Murcia	30400	NO	968 708 369			599800	4218700
Blaya Servicios Funerarios	Ctra. Cartagena-Alhama, s/n	Fuente Alamo	Murcia	30320	NO	968 597 087			662300	4177020
Blaya Servicios Funerarios	Alda. Constitución, s/n	Mazarón	Murcia	30070	NO	968 590 069			648440	4163190
Blaya Servicios Funerarios	C/Mayor, s/n	La Aljorra	Murcia	30390	NO	968 588 107			670290	4173400
Tanatorio Crematorio San Javier	Alda. Rambla, s/n (Edif. Sevilla - 1ºB)	Zarzalilla de Totana	Murcia	30650	SI	968 421 077			663000	4186030
Funeraria Ntra. Sta. Del Remedio	C/Doctor Ferrán, s/n	San Javier	Murcia	30730	NO	968 191 585	968 191 585	968 191 585	690420	4186030
Servicios Funerarios La Merced	Alda. Gerardo Molina, s/n (avenida de IFEPA)	Torre-Pacheco	Murcia	30700	NO	968 595 537			679800	4179300
Tanatorio Arcoiris	C/Ricardo Gil, nº6	Murcia	Murcia	30002	NO	968 215 541	649 950 333		664550	4206580
Tanatorio Arcoiris	C/Beato Andrés, s/n	Alicantarilla	Murcia	30620	NO	968 895 661			657500	4204300
Tanatorio Arcoiris	Ctra. Santa Catalina, nº49	Molina de Segura	Murcia	30500	SI	968 341 250			664130	4206000
Tanatorio Arcoiris	Ctra. Madrid, km. 380	Molina de Segura	Murcia	30500	SI	968 64 20 32			656360	4214470
Tanatorio Arcoiris	Ctra. Madrid-Torremontijo, Pol. Ind. "La Serreta"	Molina de Segura	Murcia	30500	SI				656164	4214800
Tanatorio y Funeraria Virgen de la Piedad, S.L.	C/Miguel de Unamuno, s/n	Aquillas	Murcia	30680	NO	968 410 163			625900	4141570
Estancias y Velatorios Cuatro Santos, S.A. (ESTAVESA)	Paseo Alfonso XIII	Cartagena	Murcia	30202	SI	968 52 80 00	968 52 80 06	968 52 80 06	678200	4163400
Funeraria Velatorios El Santo Ángel	C/Calvario, nº 76 Bajo	Jumilla	Murcia	30520	NO	968 78 07 66	968 78 32 52	968 78 07 66	645720	4260250
Funeraria Velatorios Jumilla	C/Garóndel Solar, nº6	Jumilla	Murcia	30520	NO	968 78 31 33		968 71 31 33	645330	4260050
Tanatorio de Fátima, S.L.	C/Madrid, nº16	Las Torres de Cotillas	Murcia	30665	SI	968 623 625			654870	4211230
Tanatorio Crematorio de San Pedro	Profr. Alcalde Baldomero Romero, s/n	SAN PEDRO DEL PINATAR	Murcia	30740	SI	968 186 200		968 184 800	695000	4190100
Hermanos Fernandez	C/Ataró, 31	BULLAS	Murcia	30180	NO	968 652 207	968 654 125		616730	4212200
Tanatorio Virgen del Castillo	Arquitecto Justo Millán, 1	Yecla	Murcia	30510	NO	968 752 088			664370	4276000
El Carmen	Pl. Ayuntamiento 2	CARTAGENA	Murcia	30202	SI	968 502 057			679900	4163400
Tanatorio Lázaro Soto	Profr. Eras de San José, s/n	Lorca	Murcia	30600	NO	968 466 678	968 444 535		614200	4168800
Santa Teresa	Santa Teresa, 11	Molina de Segura	Murcia	30500	SI	968 614 732			657150	4213080
Rocámer	Profr. Las Beatas, 20	Lo Pagan-San Pedro del Pinatar	Murcia	30740	NO	968 180 510		968 182 423	694536	4186370
Tanatorio Nuestro Padre Jesús	Ctra. Pilego, S/N	MULA	Murcia	30170	NO	968 662 551			631970	4210700

ANEXO 3: Listado de tintorerías pertenecientes a la Asociación de Tintorerías y lavanderías de la Región de Murcia, y que utilizan PCE para la limpieza en seco.

TINTORERÍA	MUNICIPIO	TINTORERÍA	MUNICIPIO
Lavandería Aguamar	Puerto de Aguilas	Tintorería Lav-Sec	Fuente Àlamo
Lavandería Ciudad del Sol	Lorca	Tintorería Lim-Sec	Murcia
Lavandería Expres	Puente Tocinos	Tintorería Linea Piel	Lorca
Lavandería Lahosa	Casillas	Tintorería Linterpiel	Murcia
Lavandería Lavamur	Llano Brujas	Tintorería Loli	Santiago de la Ribera
Lavandería Mónaco	Torre Pacheco	Tintorería López	Abaran
Lavandería Padilla	Lorca	Tintorería López	Archena
Lavandería Pascual	Murcia	Tintorería López	Cieza
Lavandería Tintorería Miriam	Cabo de Palos	Tintorería López	Molina de Segura
Lavandería Tintorería Nisa	Cartagena	Tintorería Lover	Mazarron
Lavandería Tintorería Poniente	Los Garres	Tintorería Luz	Totana
Servicios Integrales de Hostelería	La Arboleja	Tintorería Lyc	Yecla
Tintorería Alemana	Murcia	Tintorería Macrosec	Los Dolores
Tintorería Algar Lavandería	El Algar	Tintorería Mar Menor	La Alberca
Tintorería Alicantina	Alcantaril	Tintorería Marilo	Murcia
Tintorería Ama	Cartagena	Tintorería Marín	San Pedro
Tintorería Americana	Lorca	Tintorería Martínez	Caravaca
Tintorería Avenida	Alcantaril	Tintorería Mavi	El Palmar
Tintorería Azahar	Sotana	Tintorería Micabel	Lorca
Tintorería Bilarde S.L.	Àguilas	Tintorería Modelo	Murcia
Tintorería Castilla	Cartagena	Tintorería Nueva	Murcia
Tintorería Celimca	Murcia	Tintorería P. Tomas	Jumilla
Tintorería Centro Lava-Planchado	Murcia	Tintorería Pressto	Lorca
Tintorería CentroNet	Cartagena	Tintorería Pressto	Molina de Segura
Tintorería Cerdán	Torre Pacheco	Tintorería Princesa	Murcia
Tintorería City Sec	Alhama	Tintorería Punto Abanilla	Abanilla
Tintorería Cristal	Lorca	Tintorería Punto Sec	Murcia
Tintorería Cristina	Lorca	Tintorería Rapiseco S.L.	Murcia
Tintorería de Reme	Beniel	Tintorería San Mateo	Lorca
Tintorería del Carmen	Murcia	Tintorería Sánchez	San Javier
Tintorería el Cisne	Mula	Tintorería Serfimar	El Palmar
Tintorería Greco	Murcia	Tintorería Sur Express	Cartagena
Tintorería Higiensec	Moratalla	Tintorería Sureste	Santomera
Tintorería Higiensec	Jumilla	Tintorería Textilimp	Mula
Tintorería Impecable	Murcia	Tintorería Theresa	Puente Tocinos
Tintorería Iris	Lorca	Tintorería Tintopress	Archena
Tintorería Iris	Santomera	Tintorería Virgen del Carmen	Alhama
Tintorería La Japonesa	Murcia	Tintorería Vit Sec	Cartagena
Tintorería La Paloma	Cehegín	Tintorería World Ecologic Sec	Jumilla

ANEXO 4: Municipios de la Región de Murcia que disponen de planta depuradora de aguas residuales, y municipios con instalaciones en fase de proyecto o construcción. Municipios con reglamentos y ordenanzas municipales de vertido a la red de saneamiento. (Actualizada a fecha de 2003)

MUNICIPIO	NOMBRE EDAR (YA EXISTENTE)	MUNICIPIO	NOMBRE EDAR (YA EXISTENTE)
Abanilla	Abanilla	Zeneta	
Abaran	Abaran	El Raal	
Águilas	Águilas	Barqueros	
Alcantarilla	Los Regajos	Corvera	
Aledo	Aledo	Los Martínez del Puerto	
Alguazas	Alguazas	Súcina	
Alhama de Murcia	Alhama de Murcia	Valladolides	
Archena	Archena	Avilese	
Beniel	Beniel	Cabezo de la Plata	
Blanca	Blanca	Lobosillo	
Bullas	Bullas	La Tercia	
La Copa-Bullas		Baños y Mendigo	
Calasparra	Calasparra	La Murta	
Cartagena	Cabezo Beaza	Pliego	Pliego
Los Urrutias		Puerto Lumbreras	Puerto Lumbreras
Mar Menor		El Esparragal	
Cehegín	Cehegín	San Javier	San Javier
Ceuti-Lorquí	Ceuti-Lorquí	San Pedro del Pinatar	San Pedro del Pinatar
Cieza	Cieza	Torre Pacheco	Torre Pacheco
Jumilla	El Prado	Roldan	
La Estacada		Balsicas	
Lorca	La Hoya	Dolores	
La Paca		El Jimenado	
Zarcilla de Ramos		Santa Rosalía	
Los Alcázares	Los Alcázares	Torres de Cotillas	Torres de Cotillas
Mazarrón	Mazarrón	Totana	Sotana
Molina de Segura	La Ermita	La Unión	La Unión
Fenazar		Portman	
Campotejar		Yecla	Yecla
Mula	Mula	Santomera	Santomera Sur
Murcia	Murcia Este	Santomera Norte	
El Esparragal		Siscar	

MUNICIPIO	COMENTARIOS EDAR
Campos del Río	Prevista construcción
Caravaca de la Cruz	En construcción
Fortuna	En construcción
Fuente Álamo	En construcción
Librilla	En construcción
Ojos	Proyecto bombeo hacia EDAR Archena
Ricote	Proyecto bombeo hacia EDAR Archena
Ulea	Proyecto bombeo hacia EDAR Archena
Villanueva del Río Segura	Proyecto bombeo hacia EDAR Archena

MUNICIPIOS CON ORDENANZA DE VERTIDO A LA RED DE SANEAMIENTO	
Alguazas	Lorca
Alhama de Murcia	Mazarrón
Archena	Molina de Segura
Bullas	Murcia
Calasparra	Santomera
Cartagena	Torre Pacheco
Cieza	Torres de Cotillas
Fortuna	Totana