

# DIRECTRICES SOBRE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES Y ORIENTACIÓN PROVISIONAL SOBRE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES

conforme al Artículo 5 y Anexo C del  
Convenio de Estocolmo sobre  
Contaminantes Orgánicos Persistentes

---

Destrucción de carcasas de animales



Esta publicación puede ser reproducida toda o parcialmente, sin autorización especial, para fines educativos no lucrativos, siempre que se acredite la fuente. La Secretaría del Convenio de Estocolmo agradecerán se les haga llegar un ejemplar de cualquier publicación que tenga como fuente esta publicación. No se autoriza el uso de esta publicación para reventa o cualquier otro fin comercial sin permiso previo por escrito del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

Publicado por la Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes en octubre de 2008. Para mayor información sírvase escribir a:

Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes  
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
Maison internationale de l'environnement  
11-13 chemin des Anémones  
CH-1219, Châtelaine, Ginebra, Suiza  
ssc@pops.int - www.pops.int

Esta publicación ha sido diseñada e impresa por: SRO-Kundig - Ginebra

**DIRECTRICES SOBRE MEJORES TÉCNICAS  
DISPONIBLES Y ORIENTACIÓN PROVISIONAL  
SOBRE MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES**

**conforme al Artículo 5 y Anexo C del  
Convenio de Estocolmo sobre  
Contaminantes Orgánicos Persistentes**

# Í N D I C E

## **SECCIÓN I: INTRODUCCIÓN**

- I.A** OBJETIVO
- I.B** ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO Y FORMA DE UTILIZAR LAS DIRECTRICES Y LA ORIENTACIÓN
- I.C** SUSTANCIAS QUÍMICAS QUE FIGURAN EN EL ANEXO C: DEFINICIÓN, RIESGOS, TOXICIDAD
- I.D** ARTÍCULO 5 Y ANEXO C DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO
- I.E** RELACIÓN CON EL CONVENIO DE BASILEA
- I.F** RELACIÓN CON OTRAS PREOCUPACIONES AMBIENTALES

## **SECCIÓN II: CONSIDERACIÓN DE ALTERNATIVAS EN LA APLICACIÓN DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES**

- II.A** CONSIDERACIÓN DE ALTERNATIVAS EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO
- II.B** EL CONVENIO DE ESTOCOLMO Y LAS NUEVAS FUENTES
- II.C** UNA FORMA DE CONSIDERAR ALTERNATIVAS
- II.D** OTRAS CONSIDERACIONES DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO

## **SECCIÓN III: MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES Y MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES: ORIENTACIÓN, PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES TRANSECTORIALES**

- III.A** ORIENTACIÓN
- III.B** PRINCIPIOS Y PLANTEAMIENTOS GENERALES
- III.C** CONSIDERACIONES TRANSECTORIALES:
  - (i) SUSTANCIAS QUÍMICAS QUE FIGURAN EN EL ANEXO C: MECANISMOS DE FORMACIÓN
  - (ii) CONSIDERACIONES SOBRE LA GESTIÓN DE DESECHOS
  - (iii) CO-BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES A LAS SUSTANCIAS DEL ANEXO C
  - (iv) GESTIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN Y OTROS RESIDUOS
  - (v) CAPACITACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE LA TOMA DE DECISIONES Y EL PERSONAL TÉCNICO
  - (vi) PRUEBAS DE LABORATORIO, MONITOREO Y REGISTRO

## **SECCIÓN IV: RESÚMENES DE LAS CATEGORÍAS DE FUENTES QUE FIGURAN EN LAS SECCIONES V Y VI**

RESÚMENES DE LA SECCIÓN V: CATEGORÍAS DE FUENTES INCLUIDAS EN LA PARTE II DEL ANEXO C

RESÚMENES DE LA SECCIÓN VI: CATEGORÍAS DE FUENTES INCLUIDAS EN LA PARTE III DEL ANEXO C

## **SECCIÓN V: ORIENTACIÓN/DIRECTRICES POR CATEGORÍAS DE FUENTES: CATEGORÍAS DE FUENTES DE LA PARTE II DEL ANEXO C**

- V.A** INCINERADORAS DE DESECHOS
  - (i) DESECHOS SÓLIDOS URBANOS, DESECHOS PELIGROSOS Y LODOS DE ALCANTARILLADO
  - (ii) DESECHOS MÉDICOS
- V.B** HORNOS DE CEMENTO QUE INCINERAN DESECHOS PELIGROSOS
- V.C** PRODUCCIÓN DE PASTA DE PAPEL UTILIZANDO CLORO ELEMENTAL O PRODUCTOS QUÍMICOS QUE PRODUCEN CLORO ELEMENTAL
- V.D** PROCESOS TÉRMICOS EN LA INDUSTRIA METALÚRGICA
  - (i) PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE COBRE
  - (ii) PLANTAS DE SINTERIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO
  - (iii) PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE ALUMINIO
  - (iv) PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE ZINC

## **SECCIÓN VI: ORIENTACIÓN/DIRECTRICES POR CATEGORÍAS DE FUENTES: CATEGORÍAS DE FUENTES DE LA PARTE III DEL ANEXO C**

- VI.A** QUEMA A CIELO ABIERTO DE DESECHOS, INCLUIDA LA QUEMA EN VERTEDEROS
- VI.B** PROCESOS TÉRMICOS DE LA INDUSTRIA METALÚRGICA NO MENCIONADOS EN EL ANEXO C, PARTE II
  - (i) PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE PLOMO
  - (ii) PRODUCCIÓN PRIMARIA DE ALUMINIO
  - (iii) PRODUCCIÓN DE MAGNESIO
  - (iv) PRODUCCIÓN SECUNDARIA DE ACERO
  - (v) FUNDICIÓN PRIMARIA DE METALES COMUNES

<b>VI.C</b>	FUENTES DE COMBUSTIÓN DOMÉSTICA
<b>VI.D</b>	COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS Y CALDERAS INDUSTRIALES
<b>VI.E</b>	INSTALACIONES DE COMBUSTIÓN DE MADERA U OTROS COMBUSTIBLES DE BIOMASA
<b>VI.F</b>	PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS DETERMINADOS QUE LIBERAN SUSTANCIAS QUÍMICAS QUE FIGURAN EN EL ANEXO C
<b>VI.G</b>	CREMATORIOS
<b>VI.H</b>	VEHÍCULOS DE MOTOR, EN PARTICULAR LOS QUE UTILIZAN GASOLINA CON PLOMO COMO COMBUSTIBLE
<b>VI.I</b>	DESTRUCCIÓN DE CARCASAS DE ANIMALES
<b>VI.J</b>	TEÑIDO (CON CLORANIL) Y TERMINADO (CON EXTRACCIÓN ALCALINA) DE TEXTILES Y CUEROS
<b>VI.K</b>	PLANTAS DE FRAGMENTACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE VEHÍCULOS FUERA DE USO
<b>VI.L</b>	RECUPERACIÓN DEL COBRE DE CABLES POR COMBUSTIÓN LENTA
<b>VI.M</b>	REFINERÍAS DE ACEITES DE DESECHO

# Sección VI.I

Orientación/directrices por categorías de fuentes:  
Categorías de fuentes de la Parte III del Anexo C

## **Categoría de fuentes (i) de la Parte III: Destrucción de carcasas de animales**

<b>VI.I</b>	<b>Destrucción de carcasas de animales</b> .....	<b>9</b>
1.	Descripción del proceso .....	9
2.	Fuentes de las sustancias químicas que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo .....	11
2.1	Emisiones de contaminantes orgánicos persistentes por destrucción de carcasas de animales .....	11
2.2	Información general sobre emisiones de la destrucción de carcasas ....	11
3.	Procesos recomendados .....	13
3.1	Panorama de las opciones de eliminación .....	13
3.2	Mejores técnicas disponibles .....	15
3.3	Mejores prácticas ambientales.....	16
4.	Medidas primarias y secundarias .....	17
4.1	Medidas primarias.....	17
4.2	Medidas secundarias.....	19
5.	Resumen de medidas .....	20
6.	Niveles de desempeño asociados a mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales.....	23
	Referencias .....	23
 <b>Tablas</b>		
Tabla 1.	Brote de fiebre aftosa en el Reino Unido en 2001: eliminación de carcasas .....	12
Tabla 2.	Medidas para procesos recomendados para incineradores nuevos de carcasas de animales .....	20
Tabla 3.	Resumen de medidas primarias y secundarias para la destrucción de carcasas de animales .....	21
 <b>Ilustraciones</b>		
Figura 1.	Esquema del proceso tradicional de aprovechamiento de grasas continuo para la destrucción de carcasas.....	10



### ■ Resumen

La formación y emisión de PCDD, PCDF, PCB y HCB de incineradores de carcasas de animales se debe a la presencia de estos materiales clorados, precursores y cloro en las carcasas o en algunos plásticos que pueden co-incinerarse con las carcasas y subproductos. Algunas de las medidas que se pueden tomar para reducir la formación y liberación de contaminantes orgánicos persistentes son evitar la co-incineración con otros desechos, mantener un mínimo de temperatura de 850°C en el horno, un tiempo de residencia de los gases de combustión de 2 segundos y suficiente exceso de aire para garantizar la combustión. Las instalaciones grandes (>50 kg/h) deberían contar con equipo de control de la contaminación atmosférica para reducir emisiones de bióxido de azufre, cloruro de hidrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, material particulado y contaminantes orgánicos persistentes. Los niveles de desempeño para PCDD/PCDF en emisiones atmosféricas asociados con mejores técnicas disponibles son de <0.1 ng EQT-I/Nm<sup>3</sup>.

Otros métodos de eliminación, por ejemplo, inhumación, vertido en rellenos o compostaje, no se consideran emisores significativos de las sustancias químicas del Anexo C, pero hay que tener en cuenta los aspectos ambientales, de salud pública y sanidad animal, así como inconvenientes varios. La digestión por hidrólisis alcalina es otra técnica de destrucción de carcasas de animales.

## 1. Descripción del proceso

En general, las carcasas de animales son destruidas por incineración, procedimientos para aprovechamiento de grasas o una combinación de ambos.

Entre las técnicas de incineración se encuentran la pirólisis, gasificación y otras formas de tratamiento por calor, y pueden implicar la combustión de carcasas completas o parte de ellas. El aprovechamiento de grasas abarca una serie de actividades de procesamiento de las carcasas a fin de recuperar materiales.

La legislación reciente en Europa (Reglamento 1774/2002/CE relativo a los subproductos animales) restringe el uso de los productos del aprovechamiento de grasas como alimento humano o pienso, respondiendo a inquietudes de salud pública y sanidad animal. En años recientes, la producción de subproductos de animales ha aumentado ya que la definición de lo que el mercado considera productos cárnicos apetecibles ha cambiado (la proporción del animal que se considera subproducto es cada vez mayor).

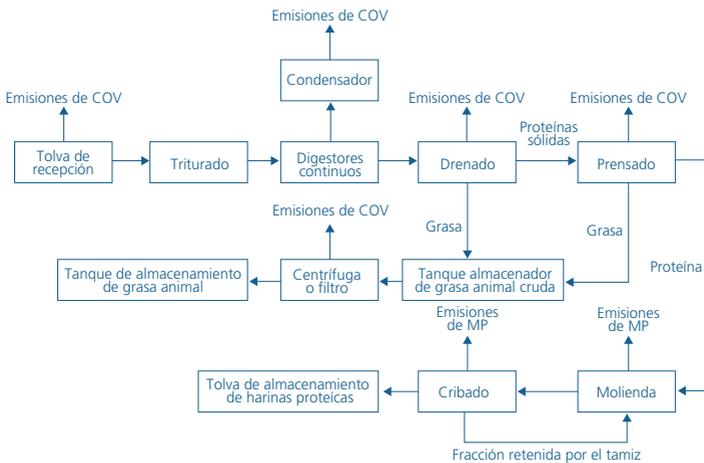
En los procesos de aprovechamiento de grasas se procesan cueros, piel, plumas, órganos, huesos, recortes, fluidos y grasa. En general, el proceso de aprovechamiento de grasas consiste en triturar y pulverizar los subproductos, sometiéndolos posteriormente a tratamiento con calor (Figura 1). Estas etapas implican hidrólisis a alta presión y alta temperatura, proceso de biogás por hidrólisis a alta presión, y producción y gasificación de biodiesel. La grasa fundida (sebo) se separa del material sólido por

centrifugación o prensado. La fracción sólida se muele, convirtiéndose en harinas de carne y hueso.

Las harinas de carne y hueso se habían utilizado tradicionalmente como suplemento alimenticio para animales pero en la Unión Europea su uso ha sido prohibido, y ahora este material se incinera en las plantas incineradoras pertinentes, o se entierra. Una opción de uso de las harinas de carne y hueso es como combustible alternativo en hornos cementeros (ver sección V.B de las presentes directrices).

El sebo se utiliza en una gran variedad de sectores industriales (incluido el alimentario), en particular en el sector oleoquímico, donde se refina para producir muy diversos productos. En la Unión Europea, el sebo proveniente de animales viejos y de otros materiales de riesgo especificados se trata por separado y no se utiliza para la producción de alimentos pues se considera como desecho. En cambio, puede utilizarse como combustible (en la Unión Europea, los procesos de combustión se rigen por una legislación más específica –la Directiva sobre Incineración de Desechos, Directiva CE 2000/76/CE).

### ■ Figura 1. Esquema del proceso tradicional de aprovechamiento de grasas continuo para la destrucción de carcasas



Fuente: EPA 1995.

La incineración de carcasas de animales se realiza con diferentes tipos de hornos. Los incineradores pequeños suelen tener una cámara de combustión sencilla sin agitación activa de la carcasa. Las plantas más grandes pueden emplear un horno giratorio que contribuye a agitar y romper la carcasa. Los hornos de solera móvil también sirven para agitar las carcasas. En general, es difícil quemar carcasas completas. La combustión en hornos es más controlable si se emplea un proceso de alimentación más uniforme, utilizando técnicas de maceración, molienda u otras.

## **2. Fuentes de las sustancias químicas que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo**

### **2.1 Emisiones de contaminantes orgánicos persistentes por destrucción de carcasas de animales**

La formación y emisión de dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD), dibenzofuranos policlorados (PCDF), bifenilos policlorados (PCB) y hexaclorobenceno (HCB) en incineradores de carcasas de animales se debe a la presencia de estos materiales<sup>1</sup>, precursores o cloro en las carcasas o en algunos plásticos que pueden co-incinerarse con las carcasas. Se han realizado algunas mediciones de PCDD y PCDF en las plantas de incineración, pero los datos para PCB y HCB, si es que los hay, no son siempre uniformes. Por lo tanto, los niveles de emisiones de PCB y HCB son mucho más inciertos que las de emisiones de PCDD/PCDF de estas fuentes.

En general, los procesos de aprovechamiento de grasas se consideran fuentes improbables de contaminantes orgánicos persistentes. Sin embargo, estos materiales pueden concentrarse en los residuos de las carcasas y ser liberados durante los procesos posteriores (ej., combustión del material).

### **2.2 Información general sobre emisiones de la destrucción de carcasas**

#### **2.2.1 Incineración**

Las emisiones al aire consisten en óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), material particulado, compuestos metálicos y PCDD/PCDF.

Las grandes incineradoras suelen tener equipos tecnificados de control de contaminación atmosférica (ej., filtros de tela, inyección de cal e inyección de carbón activado). Entre las unidades pequeñas se encuentran las incineradoras de subproductos de mataderos y de productos veterinarios, incineradoras en fincas ganaderas para la eliminación de ganado muerto y crematorios de mascotas. En ellas las medidas de control de contaminación pueden ser desde mínimas (cámara de combustión y chimenea) hasta sistemas razonablemente tecnificados, con cámaras de combustión secundarias, post-quemadores y filtros.

Otras vías de emisión, principalmente al suelo, son las cenizas y los residuos del control de contaminación atmosférica. Se consideran improbables las liberaciones significativas en agua.

#### **2.2.2 Quema a cielo abierto**

La quema a cielo abierto de carcasas de animales no es inusual. Sin embargo, es excepcional tener que quemar de una sola vez más de unas cuantas carcasas. En 2001, el gobierno del Reino Unido recurrió a la quema en masa como parte de las medidas para controlar un brote de fiebre aftosa pero no es probable que considere adecuada esta medida de ahora en adelante (Tabla 1).

■ **Tabla 1. Brote de fiebre aftosa en el Reino Unido en 2001: eliminación de carcasas**

<b>Método de eliminación</b>	<b>Estadísticas provisionales</b>
Quema (en finca ganadera)	>950 sitios
Inhumación (en finca ganadera)	900 sitios
Quema masiva	61,000 toneladas en 4 sitios
Depósito en rellenos comerciales	95,000 toneladas en 29 sitios
Aprovechamiento de grasas	131,000 toneladas en 7 plantas

Fuente: Anderson 2002.

Las emisiones de PCDD/PCDF en la atmósfera por las quemadas relacionadas con el brote de fiebre aftosa de 2001 fue de aproximadamente 0.7 g, mientras que el total de emisiones en el Reino Unido fue de 314 g (sitio NAEI). Se construyeron especialmente las piras con durmientes de vía férrea que no habían sido tratadas con conservadores de madera a base de pentaclorofenol o lindano, con lo que se redujo la liberación de PCDD/PCDF. Los incineradores de cortina de aire constituyen una tecnología intermedia entre las piras y los incineradores pero no suelen ser instalaciones permanentes. Las instalaciones más grandes son fosas especialmente construidas a las que se incorpora una turbina de aire para facilitar la combustión y equipos para controlar el flujo del aire suministrado. Estas instalaciones ofrecen una mejor combustión que la quema a cielo abierto y se utilizan en la eliminación de animales a pequeña escala para controlar enfermedades. En la quema a cielo abierto y en fosas se debe tener en cuenta el potencial de deposición de cenizas en el suelo y de su liberación en aguas.

### **2.2.3 Emisiones del aprovechamiento de grasas**

Los procesos de aprovechamiento de grasas implican el tratamiento de cuero, piel, plumas, órganos, huesos, recortes, fluidos y grasa. El proceso de aprovechamiento de grasas consiste en triturar y pulverizar los subproductos, sometiéndolos posteriormente a tratamiento con calor. La grasa fundida (sebo) se separa del material sólido por centrifugación o prensado. La fracción sólida se muele, convirtiéndose en harinas de carne y hueso.

Por lo general, las emisiones provenientes de los procesos de combustión asociados al aprovechamiento de grasas (ej., hornos que generan vapor para tratamiento por calor) no contienen contaminantes orgánicos persistentes, pero varias de estas actividades pueden despedir malos olores y emitir compuestos orgánicos volátiles.

La quema de harinas de carne y hueso puede emitir contaminantes orgánicos persistentes. En la Unión Europea, las harinas de carne y hueso son incineradas en plantas apropiadas de incineración o co-incineración, o son enterradas.

## 2.2.4 Emisiones de PCDD/PCDF al aire

Para información general sobre los mecanismos de formación de PCDD y PCDF véase la sección III.C (i) de estas directrices.

A título de ejemplo, en el Reino Unido los incineradores nuevos de carcasas de animales deben lograr concentraciones de emisiones de PCDD/PCDF inferiores a 0.1 ng EQT-I/m<sup>3</sup> normalizado a 11% de oxígeno, presión y temperatura secas y estándar (0°C, 101.3 kPa).<sup>2</sup> Para los nuevos incineradores de pequeña capacidad (promedio <50 kg/h) no se han establecido límites de emisión pero deben operar con un sistema de homologación. Para lograr esta homologación, la reglamentación dispone que el fabricante del incinerador demuestre que las máquinas operan a una temperatura mínima de 850°C y un tiempo de residencia de 2 segundos. Cabe señalar que los modelos que tienen incorporada una cámara secundaria de combustión con post-quemadores probablemente reúnan estos requisitos.

En el Reino Unido, el Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) emprendió un estudio sobre las emisiones de incineradores de capacidad pequeña existentes antes de la introducción del nuevo reglamento que arrojó concentraciones promedio de PCDD/PCDF de 0.05–0.40 ng EQT-I/Nm<sup>3</sup> (AEA Technology 2002). El monitoreo de las liberaciones al aire de dos unidades de cremación de animales en fincas ganaderas de carácter comercial en Ontario, Canadá, arrojó concentraciones promedio de PCDD/PCDF en un rango aproximado de 0.0006 a 0.0044 ng EQT-I/Sm<sup>3</sup> (Environment Canada 2004).

Cabe señalar que en varios países la incineración a pequeña escala en fincas ganaderas está prohibida.

## 2.2.5 Liberaciones hacia otros medios

Los fluidos corporales, sólidos suspendidos, grasas y aceites pueden contaminar las aguas del proceso, superficiales y de enfriamiento. Las carcasas, cenizas y otros subproductos se eliminan en el suelo. Se considera que los productos de desecho depositados adecuadamente en rellenos sanitarios no implican grandes riesgos de exposición para la población; la vía principal de exposición son las emisiones en el aire.

# 3. Procesos recomendados

## 3.1 Panorama de las opciones de eliminación

Algunos países han adoptado como política la no inhumación de animales y sus subproductos. En algunos se han adoptado instalaciones centralizadas de gran capacidad para la eliminación de carcasas; los hay que han prohibido la incineración de carcasas de animales en fincas ganaderas. Otros países cuentan con una combinación de instalaciones grandes, pequeñas (por ejemplo, incineradores en fincas ganaderas) y rellenos sanitarios. En varios se emplea la digestión por hidrólisis alcalina, un método para la eliminación de carcasas que no implica incineración, como por ejemplo las fosas de cal. La digestión anaeróbica es otro método de eliminación de algunos restos de

animales que no implica incineración. Sin embargo, estos métodos exigen una gestión cuidadosa de la eliminación de los residuos a fin de evitar la propagación de enfermedades. Una reseña reciente de la Kansas State University contiene información detallada sobre la digestión anaeróbica (Erickson *et al.* 2004).

La descarga en rellenos sanitarios no elimina los contaminantes orgánicos persistentes que puedan estar presentes en las carcasas, pero puede evitar la exposición de seres humanos a ellos.

El método adoptado por cada país debe reflejar la naturaleza y circunstancias específicas de la producción de alimentos, funcionamiento de mataderos y actividades de aprovechamiento de grasas (incluidas la infraestructura y las limitaciones y prácticas culturales). Por ejemplo, las instalaciones de incineración centralizadas de gran escala requieren una compleja infraestructura de transporte para reducir el riesgo de infección por el desplazamiento de material potencialmente infectado, así como una estructura de precios capaz de mantener ese tipo de instalaciones.

En la destrucción de carcasas de animales, la fuente principal de emisiones de las sustancias químicas del Anexo C es la incineración de carcasas y subproductos de animales (incluso los subproductos derivados de los procesos de aprovechamiento de grasas). Por lo tanto, las instalaciones de combustión de carcasas y de residuos de aprovechamiento de grasas deberían estar construidas para operar a un mínimo de temperatura de 850°C, un tiempo de residencia de 2 segundos de los gases de combustión y suficiente exceso de aire que garantice la combustión. Los modelos que no cumplan con estos criterios no deberían ser empleados, a menos que demuestren que pueden operar sin emitir cantidades importantes de contaminantes orgánicos persistentes.

Las grandes instalaciones, como las que pueden estar reguladas por la Directiva sobre prevención y control integrados de la contaminación de la Unión Europea, o la legislación equivalente sobre prevención de la contaminación en otros países, pueden estar, además, sujetas a importantes requisitos de control de la contaminación atmosférica para cumplir con las disposiciones referentes a otros contaminantes, como por ejemplo, reducción selectiva no catalítica para el control del NO<sub>x</sub>, inyección de cal para controlar gases ácidos (SO<sub>2</sub> y HCl), inyección de carbono para controlar mercurio y PCDD/PCDF y filtros de tela para controlar material particulado.

Es poco probable que las unidades pequeñas de incineración tengan efectos importantes, a escala nacional o local, en la calidad del aire. Cuando así sea, será conveniente adoptar los requisitos relativos al mínimo de temperatura del horno y tiempo de residencia para controlar las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes.

### 3.2 Mejores técnicas disponibles

Se considera que las mejores técnicas disponibles abarcan aspectos de tecnología, gestión y parámetros de operación. El control de las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes comprendería las siguientes medidas:

- Horno de combustión que cumpla con los requisitos mínimos de temperatura, tiempo de residencia y oxígeno, y que demuestre su cumplimiento.
- Equipo adecuado para el control de contaminación atmosférica, incluida la gestión de la temperatura para controlar el tiempo de residencia en la ventana de reformación, inyección de carbono y filtros de tela o su equivalente.
- Diseño del sistema de alimentación de desechos para reducir al mínimo los efectos de nuevas cargas de desechos (la carga debería ser macerada y transportada al horno con un sistema hermético).
- Las cámaras de combustión y los revestimientos deberían ser lo más herméticos posible y operar a presiones reducidas para disminuir al mínimo la liberación de gases de combustión.
- Se deberían monitorear las temperaturas de los gases para que los sistemas de control se ciñan a los criterios de temperatura mínima (apoyándose en el empleo de quemadores de combustible auxiliar) y prever un sistema de bloqueo de seguridad para detener la carga cuando la temperatura caiga por debajo del mínimo establecido.
- Se deberían monitorear los niveles de oxígeno y monóxido de carbono de los gases de combustión y vincularlos al sistema de control para garantizar el control adecuado de suministros de aire y resolver los problemas de combustión.
- Los combustibles auxiliares no deberían proceder de desechos, a menos que se compruebe que emiten menos contaminantes orgánicos persistentes que los gases, el aceite u otro combustible limpio.
- Las áreas pavimentadas designadas deben contar con drenaje apropiado para la carga, descarga y lavado de contenedores, que faciliten las tareas de limpieza y desinfección. Considerar la necesidad de incinerar los residuos del lavado para el control de patógenos.
- Mecanización de la carga y manipulación de materiales de desecho para reducir la exposición de los operarios.
- Las pequeñas instalaciones de incineración deberían situarse (cuando estén autorizadas a operar) sobre una losa de hormigón, por lo menos a 100 metros de distancia de cualquier pozo, manantial, o corriente de agua. Asimismo, estas instalaciones deberían localizarse por lo menos a 6 metros de distancia de cualquier edificación o estructura inflamable.
- Las instalaciones de almacenamiento de desechos deberán tener sistemas de refrigeración, estar bajo llave, tener sistemas de control de olores y ser a prueba de roedores y aves.

- Reducir al mínimo el uso de bolsas de plástico para los desechos; considerar el uso de cajones que impiden el contacto con los restos de animales.
- La recuperación de cenizas se realizará en transportadores sellados, cajones cubiertos, y contenedores sellados para evitar las liberaciones fugitivas de polvo (sobre todo de residuos de control de la contaminación atmosférica). Las cenizas se depositarán en los rellenos sanitarios apropiados.
- Gestión del ingreso de desechos y mantenimiento de registros.
- Control efectivo de las operaciones, inspección y mantenimiento preventivo de componentes que, en caso de avería, podrían liberar contaminantes orgánicos persistentes, afectando así el medioambiente.
- Identificar las competencias que deben poseer los operadores y proporcionar la capacitación necesaria.
- Aplicación de valores límite de emisión y vigilancia de emisiones para demostrar el cumplimiento de los requisitos.
- Depósito de cenizas y residuos en rellenos sanitarios.

No se han considerado mejores técnicas disponibles para otros contaminantes y hay que reconocer que en cada planta habrá otros factores que incidirán en la definición de mejores técnicas disponibles (ej., uso de agua y energía).

### 3.3 Mejores prácticas ambientales

Si se va a recurrir a la incineración, los países deberían, en primer lugar, procurar implantar instalaciones de incineración de carcasas y subproductos de animales que puedan cumplir con los criterios mínimos de temperatura, tiempo de residencia y oxígeno. Cabe señalar que quizás sea necesario instalar equipos de control de contaminación atmosférica para cumplir con la reglamentación local sobre emisiones y calidad del aire respecto de otros contaminantes, además de los orgánicos persistentes.

Cuando se instalan equipos de recuperación de calor y de control de contaminación atmosférica, su diseño debe evitar el riesgo de formación *de novo* de PCDD/PCDF, reduciendo al mínimo el tiempo de residencia del material en la ventana de temperatura de reformación. Al entrar en operación se deberían realizar mediciones para demostrar que las emisiones de estas instalaciones no contienen contaminantes orgánicos persistentes.

Se deberían examinar las instalaciones de co-incineración de materiales de desecho (por ejemplo sebo o harinas de carne y hueso en hornos de cemento) para asegurarse de que pueden responder a los criterios mínimos de temperatura del horno, tiempo de residencia y oxígeno, y se deberían efectuar monitoreos de emisiones para determinar si se cumplen los límites de emisión. Las emisiones derivadas de la co-incineración de desechos animales no deberían ser más contaminantes que las derivadas del proceso cuando no se incineran desechos.

En las instalaciones de incineración muy pequeñas (<50 kg/h), las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes pueden ser controladas utilizando hornos que

demuestren (quizás, por ejemplo, por un sistema de homologación) que funcionan respetando los criterios mínimos de temperatura del horno y tiempo de residencia. Además, su funcionamiento no debería producir vapores y los procedimientos de carga y operación y los sistemas se pueden interrumpir para asegurarse de que el material no se incinere hasta que la cámara secundaria alcance la temperatura mínima requerida. En estos casos no parece justificarse el gasto que implica la medición de emisiones.

El uso de piras no debería considerarse mejor práctica ambiental. Si se utilizan, hay que evitar los combustibles como madera tratada u otros que contengan materiales susceptibles de liberar contaminantes orgánicos persistentes. Unos pocos datos de mediciones (Sinclair Knight Merz 2005) indican que los incineradores de cortina de aire pueden generar emisiones por carcasa similares a las de los incineradores pequeños pero la cantidad total de combustible y carcasas (y, por ende, de emisiones potenciales) de aquéllos es mucho más elevada que la de éstos. Su uso no debería considerarse como mejor práctica ambiental, salvo, quizás, como parte de una estrategia de control de alguna enfermedad específica.

El uso de técnicas de digestión y de rellenos sanitarios construidos y gestionados de manera adecuada constituye una alternativa a la incineración.

## **4. Medidas primarias y secundarias**

### **4.1 Medidas primarias**

Las medidas primarias se consideran técnicas de prevención de la contaminación que reducen o eliminan la generación y liberación de contaminantes orgánicos persistentes. A continuación se exponen algunas de ellas.

#### **4.1.1 Diseño del horno**

Las condiciones del horno deberían permitir una temperatura mínima de 850°C constante durante la carga, incineración y descarga de las carcasas con un tiempo de residencia de los gases de 2 segundos y suficiente oxígeno que garantice la destrucción de todo contaminante residual.

Para cumplir estos criterios, se requerirá una cámara de combustión secundaria con post-quemadores o inyección de aire. Se debería procurar que la cámara secundaria tenga las dimensiones adecuadas y el volumen requerido (volumen de los gases después de la última inyección de combustible o de aire de combustión y con una temperatura mínima de 850°C en todo el volumen).

Lo ideal es que el horno esté diseñado para permitir una operación continua (es decir, con alimentación automática continua del horno y eliminación de cenizas automática) pues esto reducirá al mínimo las perturbaciones en el proceso, que pueden provocar la emisión de contaminantes orgánicos persistentes. Una operación continua requiere la maceración de los materiales sólidos para garantizar una alimentación homogénea. Es cierto que, en el caso de unidades pequeñas y unidades que reciben carcasas completas,

la operación continua quizás no sea conveniente. El diseño del horno debe facilitar la buena combustión del material (bajo contenido de carbono en cenizas).

Cuando se plantea la co-incineración, se deberían adoptar los mismos criterios de temperatura del horno y tiempo de residencia.

#### **4.1.2 Material de alimentación**

Se debería evitar la presencia de plásticos y otros contaminantes (en especial compuestos de cloro) en la carga, a fin de reducir la generación de contaminantes orgánicos persistentes por combustión incompleta o síntesis *de novo*. Es cierto que, por razones sanitarias, es preciso usar bolsas de plástico y materiales similares, pero deberían reemplazarse por sistemas de alimentación mecanizados y automatizados.

Hay que tener presente que puede ser necesario clasificar las carcasas y subproductos según la fuente (por ejemplo, material de riesgo específico).

Éstos son algunos métodos que pueden considerarse:

- Uso de cargadores mecánicos para evitar el contacto con las carcasas.
- Uso de técnicas de maceración y trituración que permitan la carga y operación continua y automática.
- Reducción de la contaminación ocasionada por envolturas, incluido el uso de plásticos no halogenados.

#### **4.1.3 Combustibles**

Se recomienda utilizar combustibles limpios para el arranque, quemadores auxiliares y post-quemadores. Las grandes instalaciones deberían procurar una combustión autosuficiente en el horno para reducir al mínimo el uso de combustibles. Se procurará reducir el empleo de combustibles provenientes de desechos u otros combustibles potencialmente contaminados con contaminantes orgánicos persistentes y estos materiales no se deben utilizar durante el encendido o en alteraciones del proceso, cuando las temperaturas son inferiores a 850°C y las condiciones pueden ser inestables

#### **4.1.4 Control efectivo del proceso**

Se deberían emplear sistemas de control del proceso para mantener su estabilidad y operar dentro de los niveles de referencia que contribuyen a reducir al mínimo la generación de contaminantes orgánicos persistentes, como por ejemplo, mantener una temperatura mínima del horno de 850°C para destruir estos contaminantes. Lo ideal sería monitorear continuamente las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes para asegurarse de reducir las liberaciones. Se deberían monitorear constantemente variables como temperatura, tiempo de residencia y niveles de CO, compuestos orgánicos volátiles y otros componentes gaseosos y deberían mantenerse a fin de establecer condiciones óptimas de funcionamiento.

### 4.1.5 Competencia de los operadores

La gestión de las instalaciones es la clave para garantizar una operación segura y ambientalmente adecuada. Todo el personal que trabaja en las instalaciones debería estar plenamente familiarizado con las tareas asignadas, en particular respecto al funcionamiento habitual, mantenimiento, control de enfermedades, condiciones de rearranque del proceso y legislación ambiental local. Los operadores deberían adquirir la competencia requerida mediante una capacitación adecuada, a un nivel acorde a las instalaciones.

## 4.2 Medidas secundarias

Las medidas secundarias son técnicas de control de la contaminación. Estos métodos no impiden la generación de contaminantes pero constituyen una forma de contener y prevenir las emisiones.

### 4.2.1 Recolección de vapores y gases

Se deberían controlar las emisiones atmosféricas en todas las fases del proceso, particularmente en el manejo de material, en los puntos de combustión y transferencia del material, a fin de controlar la emisión de contaminantes orgánicos persistentes. Los hornos sellados son esenciales para retener las emisiones fugitivas y al mismo tiempo permitir la recuperación de calor y la recolección de gases residuales para eliminación o descarga. Un diseño adecuado de los sistemas de extracción y de los ductos es fundamental para reducir al mínimo las descargas. Se pueden utilizar cajones sellados o sistemas de alimentación cerrados, que pueden reducir considerablemente las emisiones fugitivas al aire pues retienen las emisiones durante la carga.

### 4.2.2 Equipo de control de contaminación atmosférica

Las instalaciones grandes deberían utilizar equipos de control de contaminación atmosférica para controlar todas las emisiones importantes hacia la atmósfera. Una cuidadosa selección, diseño y uso del equipo de control de contaminación atmosférica para otros contaminantes también ayudará, en general, a reducir las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes. El diseño debe tener en cuenta el potencial de formación *de novo* de ciertos contaminantes orgánicos persistentes y reducir al mínimo tal potencial. El material particulado debería eliminarse a fin de reducir las emisiones de PCDD/PCDF en la atmósfera (aunque sean descargadas en rellenos). Los filtros de tela son un método efectivo pero se trata de sistemas que funcionan a bajas temperaturas (hasta 200°C).

En el caso de procesos en plantas pequeñas, el uso de post-quemadores puede bastar para controlar la emisión de contaminantes orgánicos persistentes, y la eliminación de material particulado se considera innecesaria.

Las operaciones de control de contaminación atmosférica deberían ser monitoreadas constantemente con dispositivos que detecten averías. Los métodos de limpieza en línea y el uso de recubrimientos catalíticos para destruir PCDD/PCDF son otras opciones.

Se debería considerar el tratamiento con carbón activado para eliminar contaminantes orgánicos persistentes en gases de salida. El carbón activado posee una gran área superficial en la que se pueden adsorber los PCDD/PCDF. Los gases de salida pueden ser tratados con carbón activado empleando reactores de lecho fijo o móvil, o inyectando carbón activado pulverizado en la corriente de gases y, posteriormente, eliminándolos con sistemas de eliminación de polvo de alta eficiencia como los filtros de tela.

## 5. Resumen de medidas

Las tablas 2 y 3 presentan un resumen de las medidas analizadas anteriormente.

■ **Tabla 2. Medidas para procesos recomendados para incineradores nuevos de carcasas de animales**

Medida	Descripción	Consideraciones	Otros comentarios
Procesos recomendados	Incineradores grandes (>50 kg/h) y co-incineradores.	Mínimo 850°C, tiempo de residencia de 2 segundos en volumen requerido con suficiente aire para garantizar la destrucción de contaminantes orgánicos persistentes. Instalar equipo de control de contaminación atmosférica para reducir las emisiones de SO <sub>2</sub> , HCl, CO, compuestos orgánicos volátiles, material particulado y contaminantes orgánicos persistentes.	Se consideran mejores técnicas disponibles. También deberían contar con sistemas de gestión y demostrar que las instalaciones cumplen con los valores límite de emisión, así como monitorear constantemente las emisiones para garantizar su cumplimiento.
	Incineradores pequeños (<50 kg/h).	Mínimo 850°C, tiempo de residencia de 2 segundos en volumen requerido con suficiente aire que garantice la destrucción de contaminantes orgánicos persistentes.	Para las plantas más pequeñas, estas condiciones deberían ser las mínimas para el problema de los contaminantes orgánicos persistentes. Se pueden adoptar utilizando un sistema de homologación e inspección de la gestión de la planta (en lugar de las costosas pruebas de emisiones).

**■ Tabla 3. Resumen de medidas primarias y secundarias para la destrucción de carcasas de animales**

Medida	Descripción	Consideraciones	Otros comentarios
<b>Medidas primarias</b>			
Diseño del horno			Ideal para potenciar la destrucción de contaminantes orgánicos persistentes y reducir al mínimo su formación.
Control del material de alimentación	La presencia de plásticos y compuestos clorados en el material de alimentación debería reducirse a un nivel compatible con una buena higiene y así reducir la generación de contaminantes orgánicos persistentes por combustión incompleta o síntesis <i>de novo</i> .	Eliminar el uso de plásticos, utilizar manipulación mecánica.	Tecnología relativamente sencilla.
Combustibles	Combustibles auxiliares limpios.		
Control efectivo del proceso	Se deberían utilizar sistemas de control del proceso para mantener la estabilidad del mismo y operar dentro de los niveles de referencia que contribuyan a reducir las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes.	Se deberían reducir al mínimo las emisiones de PCDD/PCDF controlando otras variables como temperatura, tiempo de residencia, componentes gaseosos.	La temperatura mínima es un parámetro de control elemental. El monitoreo constante del oxígeno, CO y compuestos orgánicos volátiles es más complejo pero preciso. Sin embargo, lo principal es mantener un sistema de control que pueda utilizar datos en tiempo real que permitan controlar los reguladores del suministro de aire para la combustión y quemadores auxiliares, entre otros elementos.

Medida	Descripción	Consideraciones	Otros comentarios
<b>Medidas secundarias</b>			
Recolección de vapores y gases	Retención efectiva de gases de combustión en todas las etapas del proceso de incineración para evitar liberaciones fugitivas.	Considerar los hornos sellados para retener las emisiones fugitivas y al mismo tiempo permitir la recuperación de calor y la recolección de gases residuales.	
Equipo de control de contaminación atmosférica	<p>La eliminación del material particulado ayudará a reducir el potencial de emisión de contaminantes orgánicos persistentes.</p> <p>Se debería considerar el tratamiento con carbón activado pues este material tiene una gran área superficial en la que pueden ser adsorbidos los PCDD/PCDF de los gases residuales.</p>	<p>Los filtros de tela son la técnica más efectiva de eliminación de material particulado y son compatibles con el uso de sorbentes secos y semihúmedos para el control de gases ácidos y metales. Sin embargo, exige una reducción de temperatura.</p> <p>Inyección de carbón activado pulverizado en la corriente de los gases seguida de la eliminación como polvo de filtro.</p>	<p>El uso de dispositivos de control de contaminación atmosférica genera corrientes de desechos adicionales y requiere el uso de consumibles. Posiblemente requerirá reducción de la temperatura de los gases de combustión (para evitar el uso de medios de filtración más exóticos), por consiguiente, se debe procurar reducir la permanencia en el la ventana de reformación.</p> <p>Es mejor evitar la formación de los contaminantes orgánicos persistentes en el horno. Sin embargo, este método proporciona cierto respaldo en casos de falla del proceso, y en Europa se considera una mejor técnica disponible para procesos de incineración. El costo de compra y operación de la mayor parte de los equipos de control de contaminación atmosférica es elevado, y los repuestos son costosos.</p>

## 6. Niveles de desempeño asociados a mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales

Los niveles de desempeño para emisiones de PCDD/PCDF en el aire asociados a mejores técnicas disponibles son de  $<0.1 \text{ ng EQT-I/Nm}^3$  con 11 % de oxígeno, temperatura y presión secas y estándar ( $0^\circ\text{C}$  101.3 kPa). Para más información, véase European Commission (2003).

### Referencias

AEA Technology. 2002. *Atmospheric Emissions from Small Carcass Incinerators*. Report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom.

Anderson I. 2002. *Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be Learnt Inquiry Report*. Stationery Office, London.

Environment Canada. 2004. *Characterization of emissions from an animal crematorium Burn easy Model 37-1 and EcoWaste CleanAire*. ERMD 2003-04 Unpublished reports. March 2004

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Meat Rendering Plants*. Emission Factor Documentation for Background Report AP-42, Section 9.5.3. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Emission Factor and Inventory Group, Washington, D.C.

Erickson L. Fayet E. Kakumau B. Davis (2004) *Carcass Disposal: A Comprehensive Review*, National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, Chapter Seven - Anaerobic digestion.

European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. Eippcb.jrc.es.

NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory). *Emission Factors Database*. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). [www.naei.org.uk/emissions/index.php](http://www.naei.org.uk/emissions/index.php).

Sinclair Knight Merz. 2005. *Air Curtain Incinerator Trial Report*. Report for New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.

## Notas

- <sup>1</sup> Los contaminantes orgánicos persistentes depositados en zonas de pastoreo o presentes en piensos pueden ser ingeridos por los animales y acumularse en ellos a lo largo de su vida.
- <sup>2</sup> 1 ng (nanogramo) =  $1 \times 10^{-12}$  kilogramo ( $1 \times 10^{-9}$  gramo). Más información sobre mediciones de toxicidad en la sección I.C, subsección 3, de las presentes directrices.

