



CONVENIO DE BASILEA

Distr. general
13 de julio de 2015Español
Original: inglés

**Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea
sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos
de los Desechos Peligrosos y su Eliminación
12ª reunión**

Ginebra, 4 a 15 de mayo de 2015
Tema 4 b) i) del programa**Cuestiones relacionadas con la aplicación del Convenio:
asuntos científicos y técnicos: directrices técnicas**

Directrices técnicas

Directrices técnicas sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contengan o estén contaminados con él

Nota de la Secretaría

En su 12ª reunión, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación aprobó, mediante la decisión BC-12/3 sobre las directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, que los contengan o estén contaminados con ellos, las directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que los contengan o estén contaminados con él, sobre la base del proyecto de directrices técnicas contenido en el documento UNEP/CHW.12/5/Add.7. Las directrices técnicas a que se hace referencia anteriormente fueron elaboradas por China, como encargado principal de esta labor, en estrecha consulta con el pequeño grupo de trabajo entre reuniones sobre la elaboración de las directrices técnicas relativas a los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes y teniendo en consideración las observaciones recibidas de las Partes y otras entidades, así como las observaciones formuladas en la novena reunión del Grupo de Trabajo de composición abierta del Convenio de Basilea. Las directrices técnicas volvieron a revisarse el 3 de abril de 2015, teniendo en consideración las observaciones recibidas de las Partes y otras entidades hasta el 23 de enero de 2015, así como los resultados de la reunión presencial del pequeño grupo de trabajo entre reuniones sobre la elaboración de las directrices técnicas relativas a los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, celebrada del 17 al 19 de marzo de 2015 en Ottawa, Canadá (véase el documento UNEP/CHW.12/INF/14). El texto de la versión final de las directrices técnicas, tal como fue aprobado, figura en el anexo de la presente nota.

Anexo

Directrices técnicas sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contengan o estén contaminados con él

Versión final revisada (15 de mayo de 2015)

Índice

Acrónimos y abreviaturas	4
Unidades de medida	4
I. Introducción	5
A. Ámbito de aplicación.....	5
B. Descripción, producción, utilización y desechos.....	5
1. Descripción.....	5
2. Producción.....	6
3. Utilización.....	7
4. Desechos.....	8
II. Disposiciones pertinentes de los convenios de Basilea y Estocolmo	13
A. Convenio de Basilea.....	13
B. Convenio de Estocolmo.....	15
III. Cuestiones previstas en el Convenio de Estocolmo que se deben abordar en cooperación con el Convenio de Basilea	15
A. Bajo contenido de COP.....	15
B. Niveles de destrucción y transformación irreversible.....	16
C. Métodos que constituyen una eliminación ambientalmente racional.....	16
IV. Orientación sobre la gestión ambientalmente racional	16
A. Consideraciones generales.....	16
B. Marco normativo y legislativo.....	16
C. Prevención y minimización de los desechos.....	17
D. Detección de los desechos.....	17
1. Detección.....	17
2. Inventarios.....	19
E. Muestreo, análisis y vigilancia.....	20
1. Muestreo.....	20
2. Análisis.....	21
3. Vigilancia.....	21
F. Manipulación, recogida, embalaje, etiquetado, transporte y almacenamiento.....	21
1. Manipulación.....	22
2. Recogida.....	22
3. Embalaje.....	22
4. Etiquetado.....	22
5. Transporte.....	23
6. Almacenamiento.....	23
G. Eliminación ambientalmente racional.....	23
1. Tratamiento previo.....	23
2. Métodos de destrucción y transformación irreversible.....	23
3. Otros métodos de eliminación cuando la destrucción o la transformación irreversible no representen la opción preferible desde el punto de vista del medio ambiente.....	24
4. Otros métodos de eliminación en casos de bajo contenido de COP.....	24
H. Rehabilitación de los lugares contaminados.....	24
I. Salud y seguridad.....	24
1. Situaciones de mayor riesgo.....	24
2. Situaciones de menor riesgo.....	24
J. Respuesta de emergencia.....	24
K. Participación del público.....	24
Annex: Bibliography	25

Acrónimos y abreviaturas

CAS	Chemical Abstracts Service
CEI	Comisión Electrotécnica Internacional
CG/EM	cromatografía de gases/espectrometría de masas
COP	contaminantes orgánicos persistentes
EC	Comisión Europea
EQT	equivalente tóxico
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos
PCB	bifenilos policlorados
PCT	terfenilo policlorado
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RAEE	residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
UE	Unión Europea

Unidades de medida

mg/kg miligramo por kilogramo. Corresponde en masa a partes por millón (ppm)

I. Introducción

A. Ámbito de aplicación

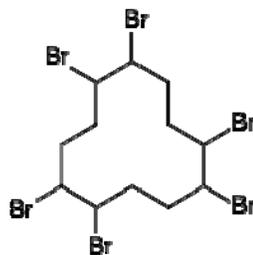
1. En las presentes directrices se brinda orientación sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contengan o estén contaminados con él, en virtud de varias decisiones de dos acuerdos multilaterales ambientales sobre productos químicos y desechos.¹
2. El hexabromociclododecano se incluyó en el anexo A del Convenio de Estocolmo en 2013, enmienda que entró en vigor en 2014.
3. Las presentes directrices deben utilizarse conjuntamente con las Directrices técnicas generales para la gestión ambientalmente racional de desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, que los contengan o estén contaminados con ellos (PNUMA, 2015), (en adelante, “las directrices técnicas generales”). Las directrices técnicas generales tienen por finalidad servir de guía “marco” para el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes (COP), que los contengan o estén contaminados con ellos, y proporcionar información más pormenorizada sobre la naturaleza e incidencia de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contengan o estén contaminados con él a los efectos de su detección y manejo.
4. Asimismo, las Directrices técnicas sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo o éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo (COP-BDE) (PNUMA, 2015) son pertinentes en los casos de presencia de hexabromociclododecano en los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

B. Descripción, producción, utilización y desechos

1. Descripción

5. El hexabromociclododecano se utiliza como aditivo pirorretardante para demorar la combustión de polímeros y lentificar así la propagación de las llamas en edificios, artículos, vehículos o materiales almacenados.
6. Por hexabromociclododecano se entiende hexabromociclododecano (Nº de CAS: 25637-99-4), 1,2,5,6,9,10-hexabromociclododecano (Nº de CAS: 3194-55-6) y sus diastereómeros principales: alfa-hexabromociclododecano (Nº de CAS: 134237-50-6); beta-hexabromociclododecano (Nº de CAS: 134237-51-7) y gama-hexabromociclododecano (Nº de CAS: 134237-52-8).
7. El hexabromociclododecano es un hidrocarburo cicloalifático bromado que se produce mediante la bromación del ciclododecatrieno. La fórmula estructural del hexabromociclododecano es una estructura cíclica a la que se unen átomos de Br (véase el gráfico 1 *infra*). La fórmula molecular del compuesto es $C_{12}H_{18}Br_6$ y su peso molecular, 641 g/mol. El 1,2,5,6,9,10-hexabromociclododecano tiene seis centros estereogénicos y, teóricamente, se podrían formar 16 estereoisómeros (Heeb y otros, 2005). No obstante, en el hexabromociclododecano comercial solo están presentes por lo general tres de ellos, a saber, alfa (α -), beta (β -) y gamma (γ -)hexabromociclododecano.

Gráfico 1: Fórmula estructural del hexabromociclododecano



¹ Decisiones BC-11/3 y BC-12/3 de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación; decisión OEWG-9/3 del Grupo de Trabajo de composición abierta del Convenio de Basilea y decisiones SC-6/11 y SC-6/13 de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

8. Según el fabricante y el método de producción empleado, el hexabromociclododecano técnico está compuesto entre un 70 % y un 95 % de γ -hexabromociclododecano y entre un 3 % y un 30 % de α -hexabromociclododecano y β -hexabromociclododecano.
9. El hexabromociclododecano se utiliza exclusivamente como aditivo en mezclas físicas con polímeros anfitriones y puede migrar dentro de matrices sólidas y volatilizarse desde la superficie de los artículos durante sus vidas útiles (Posner y otros, 2010; ECHA, 2009; Comisión Europea, 2008). El hexabromociclododecano puede liberarse de materiales debido a la abrasión, aunque las liberaciones de espumas de poliestireno son bajas (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Los pirorretardantes aditivos se combinan físicamente con los materiales que se tratan y no se enlazan químicamente con estos materiales, como es el caso de los pirorretardantes reactivos. Como resultado de ello, pueden migrar, al menos en parte, dentro y fuera de sus matrices poliméricas. Para impedir la migración del hexabromociclododecano dentro de los polímeros intervienen una serie de factores, entre los que se encuentran su presión de vapor baja, su baja solubilidad en el agua y su alto coeficiente de partición de carbono orgánico previsto. No obstante, durante la utilización o eliminación del producto se podría liberar en el medio ambiente parte del hexabromociclododecano de la superficie de los polímeros o productos (*Environment Canada y Health Canada*, 2011; UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1; Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 2014).
10. Se ha descubierto que el hexabromociclododecano está muy extendido en el medio ambiente mundial y se han registrado niveles elevados de la sustancia en los principales depredadores del Ártico. En la biota, se ha observado que el hexabromociclododecano se bioconcentra, bioacumula y biomagnifica en los niveles tróficos superiores. El hexabromociclododecano se absorbe bien en los tractos gastrointestinales de los roedores. En los humanos se encuentra en la sangre, el plasma y en los tejidos adiposos. Los datos basados en modelos y mediciones indican que el hexabromociclododecano sufrirá una degradación primaria en determinadas condiciones, aunque la degradación última en el medio ambiente se espera que sea un proceso lento (*Environment Canada y Health Canada*, 2011). El principal producto de transformación del hexabromociclododecano es el 1,5,9-ciclododecatrieno (CDT), el cual se forma mediante la deshalogenación reductora por etapas del hexabromociclododecano (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2).

2. Producción

11. Las Partes en el Convenio de Estocolmo prohibirán o eliminarán la producción de hexabromociclododecano, a menos que hayan notificado a la Secretaría su intención de utilizarlo con arreglo a la exención específica temporal establecida para el poliestireno expandido o el poliestireno extruido que se emplea en los edificios, según figura en el anexo A del Convenio. Además, las Partes para las cuales la enmienda no entre en vigor automáticamente en 2014, podrán seguir produciendo hexabromociclododecano para cualquier fin mientras no hayan ratificado la enmienda mediante la cual se incluyó el producto químico en el anexo A. La información sobre la producción de hexabromociclododecano se puede consultar en el registro de exenciones específicas del Convenio de Estocolmo en el sitio del Convenio (www.pops.int). La información sobre el estado de ratificación por las Partes de la enmienda que incluye el hexabromociclododecano en el Convenio de Estocolmo, puede consultarse en el sitio web de la Sección de Tratados de las Naciones Unidas (<https://treaties.un.org/>).
12. El hexabromociclododecano se comercializa internacionalmente desde finales de los años sesenta y aún se sigue produciendo para su utilización en el poliestireno expandido y el poliestireno extruido en edificios. Se ha producido principalmente en China, los Estados Unidos de América, el Japón y la Unión Europea (UE). En 2011 la producción total de hexabromociclododecano se estimó en unas 31.000 toneladas, de las cuales unas 13.000 toneladas se producían en los países de la UE y los Estados Unidos, y 18.000 toneladas en China (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1 y UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3). A manera de comparación, en el año 2001 la demanda de hexabromociclododecano fue de entre 9.500 y 16.500 toneladas en Europa, de 3.900 toneladas en Asia y 2.800 toneladas en América del Norte y del Sur (para información adicional véase UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1 y UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3).
13. El hexabromociclododecano era el único pirorretardante técnicamente viable para los procesos de producción “en una etapa” de materia prima de poliestireno expandido pirorretardante, hasta el año 2014 aproximadamente, cuando ya se dispuso de alternativas en cantidades significativas. El proceso de producción “en una etapa” prevalece en Europa y ha remplazado en la mayoría de los casos el proceso de producción “en dos etapas”, el cual es menos económico y puede implicar el uso de pirorretardantes distintos del hexabromociclododecano (EPA, 2014).

3. Utilización

14. Las Partes en el Convenio de Estocolmo prohibirán o eliminarán la utilización de hexabromociclododecano, salvo que hayan notificado a la Secretaría su intención de usarlo con arreglo a la exención específica temporal inscrita en el Anexo A del Convenio para el poliestireno expandido y el poliestireno extruido que se utiliza en los edificios. Las Partes para las cuales la enmienda no entre en vigor automáticamente en 2014, podrán seguir produciendo hexabromociclododecano para cualquier fin mientras no hayan ratificado la enmienda mediante la cual se incluyó el producto químico en el anexo A. La información sobre el uso de hexabromociclododecano con arreglo a esta exención puede consultarse en el registro de exenciones específicas del Convenio de Estocolmo en el sitio del Convenio (www.pops.int). La información sobre el estado de ratificación por las Partes de la enmienda que incluye el hexabromociclododecano en el Convenio de Estocolmo puede consultarse en el sitio web de la Sección de Tratados de las Naciones Unidas (<https://treaties.un.org/>).

15. En su mayoría el hexabromociclododecano se utiliza para reducir la inflamabilidad de las espumas y productos textiles de poliestireno expandido y extruido. Se calcula que más del 90 % del hexabromociclododecano se usa como pirorretardante en espumas de poliestireno expandido y extruido que se utilizan como material aislante en naves industriales y viviendas en el sector de la construcción (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1). Al margen del sector de la construcción, las espumas de poliestireno también se utilizan para aislar refrigeradores, como material de embalaje, objetos decorativos y adornos, a pesar de que en estas aplicaciones usualmente no tienen como propósito servir de pirorretardantes. El uso de pirorretardante en el poliestireno expandido para estas aplicaciones depende de las necesidades locales, así como de la calidad de la materia prima de poliestireno expandido disponible (motivos logísticos). Según el informe técnico de la Unión Europea, el hexabromociclododecano no se emplea en el envasado de alimentos (ECHA, 2009), pese a haberse encontrado también poliestireno expandido pirorretardante en materiales de embalaje (EUMEPS, 2009).

16. El uso de poliestireno expandido y extruido pirorretardante como aislante varía considerablemente entre países, en función de los códigos de edificación locales y las normativas en materia de seguridad contra incendios. Debido a sus grandes cantidades y dimensiones voluminosas y a los costos asociados a su transporte, los materiales aislantes de espuma de poliestireno suelen adaptarse a los mercados locales, y la mayor parte de la producción se destina más bien al consumo local que a la exportación (Posner y otros, 2010; BSEF, 2011). En algunos países, prácticamente todo el poliestireno expandido y extruido es pirorretardante, mientras que en otros solo se emplean poliestireno expandido y poliestireno extruido sin pirorretardantes. Las concentraciones en las que se utiliza el hexabromociclododecano dependen del polímero con que se utilice y de los requisitos de seguridad contra incendios establecidos para los productos (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1); las concentraciones también varían de un país a otro. En el cuadro 1 a continuación se comparan las concentraciones típicas del hexabromociclododecano en distintos materiales.

Cuadro 1: Concentraciones típicas del hexabromociclododecano en distintos materiales

Materiales pirorretardantes	Contenido de hexabromociclododecano (en mg/kg)
Poliestireno expandido	5.000 - 10.000 ²
Poliestireno extruido	8.000 - 25.000 ³
Revestimiento de textiles	60.000 – 150.000 ⁴
Productos textiles	22.000 - 43.000 ⁵
Poliestireno de alto impacto	10.000 - 70.000 ⁶

² Información presentada por el Canadá y PlasticsEurope/Exiba al Convenio de Estocolmo, 2011 (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1).

³ Información presentada por BFRIP 2005, XPSA y CPIA, PlasticsEurope/Exiba al Convenio de Estocolmo, 2011 (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1).

⁴ Comisión Europea, 2008; *Environment Canada* y *Health Canada*, 2011 (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1).

⁵ Kajiwara y otros, 2009.

⁶ ECHA, 2009 (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1).

17. Una aplicación menos común del hexabromociclododecano es como piroretardante en productos textiles y en el revestimiento de textiles para el tapizado de muebles de viviendas y comercios, asientos de transporte, cortinas, revestimientos murales y géneros. Los textiles pueden tratarse con piroretardantes mediante impregnación o pulverización o mediante el hilado textil de polímeros piroretardantes. Las concentraciones de hexabromociclododecano utilizadas en la producción de textiles piroretardantes son mucho mayores que las utilizadas en la producción de espuma de poliestireno.

18. Entre otros usos de menor importancia del hexabromociclododecano se encuentra la aplicación como aditivo en adhesivos y pinturas y en el poliestireno de alto impacto para equipos eléctricos y electrónicos a fin de hacerlos piroretardantes. En estas aplicaciones el hexabromociclododecano ha sido sustituido en gran medida por otros piroretardantes.

19. La mayor parte del hexabromociclododecano ha sido utilizado en la UE, aunque en el último decenio su uso ha ido en aumento en China (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1 y UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3).

4. Desechos

20. Será imprescindible adoptar medidas relativas a las corrientes de desechos importantes en términos de volumen y concentración, a fin de eliminar, reducir y controlar la carga ambiental del hexabromociclododecano procedente de las actividades de gestión de residuos. En ese contexto, se debe reconocer lo siguiente:

a) El principal uso a nivel mundial del hexabromociclododecano es como piroretardante en las espumas de poliestireno expandido y poliestireno extruido para el aislamiento y la construcción (más del 90 % del hexabromociclododecano se utiliza con esta finalidad), mientras su uso en aplicaciones textiles y en poliestireno de alto impacto para aparatos eléctricos y electrónicos ha sido menos significativo (BSEF, 2011; UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 y referencias en dichos documentos, incluyendo ECHA, 2009, OCDE, 2007, INE-SEMARNAT, 2004, LCSP, 2006 y BSEF, 2010). En evaluaciones realizadas se estima que las emisiones de hexabromociclododecano al medio ambiente durante la producción y el uso químico son reducidas, en comparación con otras etapas del ciclo de vida, es decir, las liberaciones procedentes de artículos y desechos (Comisión Europea, 2008). Las pérdidas generadas por la producción de materias primas de poliestireno expandido pueden, no obstante, ser grandes a menos que se manejen debidamente los materiales de embalaje químico de hexabromociclododecano (bolsas) y que se adopten medidas para la reducción de emisiones y se apliquen las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.1 y Add.2). Se prevé que las liberaciones del procesamiento de espumas de poliestireno sean mucho más pequeñas que las relacionadas con la aplicación de revestimientos que contengan hexabromociclododecano en productos textiles (ECHA, 2009);

b) Los productos y artículos liberan hexabromociclododecano (Comisión Europea, 2008; Miyake y otros, 2009; Kajiwara y otros, 2009), aunque las estimaciones de las liberaciones que se producen durante el consumo de los productos son muy inciertas (ECHA, 2009). Las liberaciones de espuma de poliestireno son pequeñas (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add. 2) porque el hexabromociclododecano está incorporado en la matriz del polímero de plástico que impide su migración y exposición a través de la superficie de contacto. Sin embargo, el uso de hexabromociclododecano como aditivo piroretardante en productos textiles podría dar lugar a la contaminación de aguas superficiales durante el lavado. Además, se pueden prever emisiones debidas al desgaste del tejido durante su vida útil (Comisión Europea, 2008);

c) Debido a la larga vida útil de los productos en los que se ha utilizado principalmente el hexabromociclododecano, el manejo de desechos supone una fuente potencial cada vez mayor de liberaciones ambientales de hexabromociclododecano. Se pueden producir liberaciones de hexabromociclododecano en forma de polvo al demoler edificios aislados con materiales piroretardantes, aunque las emisiones futuras de sitios en construcción (por ejemplo, durante la reparación o demolición de antiguos edificios, carreteras, vías de ferrocarril y otras estructuras) dependerán de las técnicas de demolición utilizadas (Comisión Europea, 2008);

d) Se pueden producir también liberaciones de hexabromociclododecano durante los vertidos de aguas residuales municipales y efluentes industriales a las aguas de superficie y por medio de los lixiviados de vertederos. Apenas se dispone de información sobre las cantidades de hexabromociclododecano que se producen en los lixiviados de vertederos; sin embargo, dada la baja solubilidad en el agua del hexabromociclododecano, se estima que las liberaciones de hexabromociclododecano de las superficies de los productos de polímeros en vertederos son limitadas (*Environment Canada y Health Canada*, 2011).

21. Los desechos pueden contener concentraciones variables de hexabromociclododecano en función de las cantidades de hexabromociclododecano presentes originalmente en los productos y de las cantidades liberadas durante su utilización y manejo al final de su vida útil. Sin embargo, se espera que las concentraciones de hexabromociclododecano en las espumas aislantes se mantengan estables dado las bajas emisiones previstas de hexabromociclododecano durante la vida útil de estas espumas (ECHA, 2009). Los desechos de hexabromociclododecano puro y de mezclas de hexabromociclododecano constituyen una pequeña parte del total de los desechos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contienen o están contaminados con él (en adelante “desechos de hexabromociclododecano”) (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1). Los artículos que contienen hexabromociclododecano pueden convertirse en desechos de la construcción, RAEE, desechos textiles, desechos de muebles, vehículos de desguace o basura doméstica. Los desechos de hexabromociclododecano pueden encontrarse en:

- a) Los productos químicos de hexabromociclododecano:
 - i) El hexabromociclododecano en estado puro;
 - ii) El hexabromociclododecano obsoleto, que ya no puede utilizarse;
- b) Las mezclas de hexabromociclododecano:
 - i) Las perlas de poliestireno expandido;
 - ii) Las mezclas madre de poliestireno extruido;
 - iii) Los revestimientos de productos textiles;
 - iv) Las pinturas, los adhesivos y los aglutinantes de látex;
- c) El material de embalaje a base de mezclas de hexabromociclododecano:
 - i) El embalaje de hexabromociclododecano;
 - ii) El embalaje a base de mezclas de hexabromociclododecano;
- d) Los artículos que contengan hexabromociclododecano:
 - i) Las planchas aislantes de poliestireno expandido y poliestireno extruido;
 - ii) Los desechos resultantes de la producción de espumas de poliestireno (residuos de corte, etc.);
 - iii) Los desechos de la construcción y la demolición (planchas aislantes utilizadas en cimientos, muros y techos, tarimas, aparcamientos, etc.);
 - iv) El material de embalaje hecho de espuma de poliestireno;
 - v) Los adornos y objetos decorativos;
 - vi) El relleno suelto de poliestireno expandido utilizado en muebles (pufs, sofás);
 - vii) Las carcasas (poliestireno de alto impacto) y el cableado en equipos eléctricos y electrónicos;
 - viii) Los productos textiles pirorretardantes (vestimenta de protección, moquetas, cortinas, tapicerías, tiendas de campaña, los interiores de vehículos de transporte público (por ejemplo, automóviles, trenes y aviones) y otros productos textiles técnicos);
 - ix) Las piezas para automóviles;
- e) Los lodos municipales e industriales y los lixiviados de vertederos.

22. Las planchas aislantes representan la mayor parte de los desechos de hexabromociclododecano. Los desechos de hexabromociclododecano constituyen un desafío concreto para el manejo de desechos debido a la larga vida útil de algunos de los artículos que contienen hexabromociclododecano. Por ejemplo, la vida útil declarada de la espuma de poliestireno aislante en edificios es de entre 30 y 50 años (ECHA, 2009; Posner y otros, 2010), y podría incluso superar los 100 años. El uso de hexabromociclododecano en planchas aislantes y su presencia en edificios y otras estructuras ha ido en aumento desde la década de 1980, por lo que es probable que las liberaciones procedentes del poliestireno expandido y extruido de materiales de desecho sean más significativas en el futuro, especialmente a partir de 2025, aproximadamente, cuando se espera que un mayor número de edificios con hexabromociclododecano sean remodelados o demolidos (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). La tasa dependerá de las diferentes regiones.

23. Se prevé que las corrientes de desechos de hexabromociclododecano más importantes en cuanto a su posible volumen sean:
- a) Las planchas aislantes (más del 90% del hexabromociclododecano se utiliza para espumas de poliestireno expandido y poliestireno extruido pirorretardantes con fines de aislamiento y construcción (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1));
 - b) Los desechos textiles procedentes de tapicerías de automóviles y otros vehículos y edificios terciarios, por ejemplo, del reciclado y el mantenimiento;
 - c) Los desechos de muebles en los países en que se hayan utilizado poliestireno expandido y productos textiles pirorretardantes; y
 - d) Los materiales de embalaje de espumas de poliestireno pirorretardantes.
24. Se prevé que las corrientes de desechos de hexabromociclododecano más importantes en cuanto a las posibles liberaciones o concentración de hexabromociclododecano sean:
- a) Los desechos de productos químicos de hexabromociclododecano;
 - b) Los desechos resultantes de la producción de hexabromociclododecano (en los pocos países en los que aún se produce hexabromociclododecano);
 - c) Los embalajes utilizados para productos químicos y mezclas de hexabromociclododecano;
 - d) Los desechos textiles procedentes de tapicerías de automóviles y otros vehículos y de edificios terciarios, por ejemplo, del reciclado y el mantenimiento;
 - e) Los REAA y los residuos sólidos resultantes de la eliminación de esos desechos; y
 - f) Las mezclas de hexabromociclododecano (perlas de poliestireno expandido, mezclas madre de poliestireno extruido y revestimientos textiles).
25. Los desechos de hexabromociclododecano pueden generarse en diversas aplicaciones, en diferentes etapas del ciclo de vida del hexabromociclododecano y a través de diferentes medios de liberación. Conocer los medios de liberación es lo que guía el análisis y la selección de los métodos que pudieran necesitarse para la gestión de estos desechos. En el cuadro 2 se presenta un resumen de la información pertinente sobre el ciclo de vida de los desechos de hexabromociclododecano.

Cuadro 2: Resumen de la producción y aplicaciones del hexabromociclododecano y sus medios de liberación al medio ambiente (basado en UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2 y UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1)

Grupo	Materiales básicos / Sustancias utilizadas	Aplicaciones / Procesos	Producto final	Medios de liberación
PRODUCCIÓN QUÍMICA DE HEXABROMOCICLODODECANO				
Producción química	Ciclododecatrieno, bromo	Síntesis química	Producto químico de hexabromociclododecano	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Agua • Fango • Aire
PRODUCCIÓN DE MEZCLAS DE HEXABROMOCICLODODECANO				
(Se ha determinado que los envases vacíos de productos químicos de hexabromociclododecano constituyen una importante fuente de emisiones entre los usuarios de primer nivel del hexabromociclododecano y que se han reducido considerablemente las emisiones merced a un debido manejo de los desechos (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1)).				
Producción de mezclas de hexabromociclododecano	Estireno, pentano, hexabromociclododecano y otros aditivos	Producción de materias primas de poliestireno expandido piroretardante	Perlas de poliestireno que contienen un agente espumante para la producción de poliestireno expandido	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Lixiviación de vertederos • Limpieza de aguas residuales • Fango • Aire
	Poliestireno, hexabromociclododecano y otros aditivos	Producción de mezclas madre de hexabromociclododecano de poliestireno extruido piroretardante	Compuesto de mezclas madre de hexabromociclododecano para la producción de poliestireno extruido	
	Surfactantes, hexabromociclododecano, trióxido de antimonio y adhesivo acrílico	Producción de revestimientos textiles piroretardantes	Mezcla de revestimientos textiles	
	Productos textiles, hexabromociclododecano	Producción de productos textiles impregnados	Productos textiles piroretardantes	
	Polímeros, hexabromociclododecano	Producción de hilo piroretardante	Polímero piroretardante para torneado en hilo textil	
	Granulados de poliestireno de alto impacto, trióxido de antimonio, hexabromociclododecano	Poliestireno de alto impacto	Granulados de poliestireno de alto impacto piroretardante	
		Plásticos de estireno-acrilonitrilo	Resinas de estireno-acrilonitrilo	
		Producción de adhesivos y pinturas	Embalaje de hexabromociclododecano Adhesivos y pinturas Embalaje de hexabromociclododecano	
PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS QUE CONTIENEN HEXABROMOCICLODODECANO				
(Las casillas que figuran a continuación incluyen artículos que se han convertido en desechos. Esos desechos también se pueden generar en las fábricas (como las sobras, los residuos de corte, etc.)				

Artículos de poliestireno expandido	Perlas de poliestireno expandido	Expansión y moldeo	Aislamiento con poliestireno expandido piroretardante, incluidas planchas aislantes: <ul style="list-style-type: none"> - Cubiertas planas aislantes - Techumbres a dos aguas aislantes - Suelos aislantes mediante “losas de cimentación” - Sistemas de pavimentos aislantes de hormigón - Muros interiores aislantes con tableros de yeso (“revestimiento interior”) - Muros exteriores o sistemas compuestos de aislamiento externo (ETICS) - Planchas aislantes de cámaras de aire en muros - Relleno suelto aislante de cámaras de aire en muros - Bloques de hormigón aislantes (ICF) - Sistemas de cimentación y otros sistemas de bloques de encofrado entre los que se deja un espacio vacío - Aplicaciones de cimentación de carga - Material básico para poliestireno expandido utilizado en paneles de revestimiento sándwich y tensados (tableros de fibra metálicos y de madera) - Sistemas de calefacción radiante - Insonorización en suelos flotantes (para evitar la transmisión de sonido de contacto) - Planchas de drenaje de poliestireno expandido 	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Lixiviados de vertederos • Desechos líquidos de la limpieza industrial y doméstica • Aguas residuales • Fango • Aire
			Ladrillos de hormigón de poliestireno expandido, hormigón de poliestireno expandido	
			Espuma de estabilidad del suelo (para uso en ingeniería civil)	
			Aislamiento sísmico	
			Material de embalaje hecho de espuma de poliestireno ⁷	
			Otros artículos de poliestireno expandido moldeado, como adornos, objetos decorativos, logotipos, etc.	

⁷ El embalaje de poliestireno expandido no suele estar hecho de poliestireno expandido piroretardante, salvo que así se requiera específicamente o por motivos logísticos, por ejemplo, cuando las únicas materias primas de poliestireno expandido son piroretardantes.

Artículos de poliestireno extruido	Mezclas madre de poliestireno extruido o poliestireno, hexabromociclododecano y otros aditivos (incluidos agentes espumantes, como el CO ₂)	Expansión y extrusión	Planchas aislantes de poliestireno extruido piroretardante: Aislamiento de puente térmico Suelos Muros de sótanos y cimientos Cubiertas invertidas Techos Aislamiento de cavidades Paneles y laminados compuestos	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Lixiviación de vertederos • Desechos líquidos de la limpieza industrial y doméstica • Aguas residuales • Fango • Aire
Productos textiles	Productos textiles piroretardantes (revestimiento o tejidos)		Muebles tapizados de viviendas y comercios	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Lixiviación de vertederos • Desechos líquidos de la limpieza industrial y doméstica • Aguas residuales • Fango • Aire
			Asientos de transporte	
			Revestimientos murales y géneros	
			Vestimenta de protección y otros productos textiles técnicos	
Tiendas de campaña, etc.				
Equipos eléctricos y electrónicos	Granulados de poliestireno de alto impacto	Producción de carcasas para equipos eléctricos y electrónicos	Aparatos eléctricos y electrónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Residuos sólidos • Lixiviación de vertederos • Desechos líquidos de la limpieza industrial y doméstica • Aguas residuales • Fango • Aire

II. Disposiciones pertinentes de los Convenios de Basilea y Estocolmo

A. Convenio de Basilea

26. En el artículo 1 (“Alcance del Convenio”) se definen los tipos de desechos sujetos al Convenio de Basilea. En el apartado a) del párrafo 1 de dicho artículo se explican los dos pasos que deben seguirse para determinar si un “desecho” es “desecho peligroso” a los efectos del Convenio. En primer lugar, un desecho debe pertenecer a cualquiera de las categorías enumeradas en el anexo I del Convenio (“Categorías de desechos que hay que controlar”). En segundo lugar, el desecho debe poseer al menos una de las características descritas en el anexo III del Convenio (“Lista de características peligrosas”).

27. En los anexos I y II se enumeran algunos de los desechos que pueden consistir en hexabromociclododecano, contenerlo o estar contaminados con él:

- a) Y12: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices;
- b) Y13: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes, colas y adhesivos;
- c) Y17: Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos;
- d) Y18: Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales;
- e) Y45: Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44);

f) Y46: Desechos recogidos de los hogares.

28. Se supone que los desechos descritos en el anexo I poseen una o más de las características peligrosas descritas en el anexo III, entre las que se pueden incluir la H6.1 “Tóxicos (venenos) agudos”, la H11 “Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos)”, la H12 “Ecotóxicos” o la H13 (sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a una sustancia que posea características peligrosas), a menos que, por medio de “pruebas nacionales” pueda demostrarse que no poseen esas características. Las pruebas nacionales pueden servir para determinar una característica peligrosa concreta descrita en el anexo III del Convenio hasta el momento en que se defina plenamente la característica peligrosa. Por ejemplo, las pruebas de planchas de poliestireno tanto expandido como extruido efectuadas por el sector en consonancia con las Orientaciones técnicas de manejo de desechos (WM2) del Organismo de Medio Ambiente del Reino Unido (*Hazardous waste: Interpretation of the definition and classification of hazardous waste*) llevaron a la conclusión de que las planchas de espuma de poliestireno expandido y extruido que contienen hexabromociclododecano no han de clasificarse como desechos peligrosos (*HBCD in Polystyrene Foams: Product Safety Assessment 2013*). En su sexta y séptima reunión la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea aprobó con carácter provisional los documentos de orientación relativos a las características peligrosas H11, H12 y H13 del anexo III.

29. En la lista A del anexo VIII se describen los desechos que “están caracterizados como peligrosos de conformidad con el apartado a) del párrafo 1 del artículo 1 del presente Convenio”, aunque “su inclusión en este anexo no obsta para que se use el anexo III [características peligrosas] para demostrar que un desecho no es peligroso” (párrafo b) del anexo I). La Lista A del anexo VIII incluye varios desechos o categorías de desechos que pueden contener hexabromociclododecano o estar contaminados con él, a saber:

a) A1180: Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de estos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y condensadores de PCB, o contaminados con constituyentes del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III (véase la entrada correspondiente en la lista B B1110);

b) A3050: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas o adhesivos excepto los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente en la lista B B4020);

c) A3120: Pelusas - fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento;

d) A4070: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos especificados en la lista B (véase el apartado correspondiente de la lista B B4010);

e) A 4130: Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias incluidas en el anexo I, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del anexo III;

f) A4140: Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías del anexo I, y que muestran las características peligrosas del anexo III;

g) A4160: Carbono activado consumido no incluido en la lista B (véase el correspondiente apartado de la lista B B2060).

30. En la lista B del anexo IX se enumeran los desechos que no estarán sujetos a lo dispuesto en el apartado a) del párrafo 1 del artículo 1, a menos que contengan materiales incluidos en el anexo I en una cantidad tal que les confiera una de las características del anexo III. La Lista B del anexo IX incluye varios desechos o categorías de desechos que pueden contener hexabromociclododecano o estar contaminados con él, a saber:

a) B1110: Montajes eléctricos y electrónicos:

- Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones
- Desechos o chatarra de montajes eléctricos o electrónicos⁸ (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A, interruptores de mercurio, vidrio procedente de

⁸ Este apartado no incluye la chatarra resultante de la generación de energía eléctrica.

tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados ni condensadores de PCB, o no estén contaminados con elementos del anexo I (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) o de los que esos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna de las características enumeradas en el anexo III (véase el apartado correspondiente de la lista A A1180)

- Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa, y no al reciclado o a la eliminación final;
- b) B1250: Vehículos automotores al final de su vida útil, para desecho, que no contengan líquidos ni otros componentes peligrosos;
- c) B3010: Desechos sólidos de material plástico;⁹
- d) B3030: Desechos textiles;¹⁰
- e) B3035: Revestimientos de suelos textiles y alfombras para desecho;
- f) B4010: Desechos integrados principalmente por pintura de látex o con base de agua, tintas y barnices endurecidos que no contengan disolventes orgánicos ni metales pesados de biocidas en tal grado que los conviertan en peligrosos (véase la entrada correspondiente en la lista A A4070);
- g) B4020: Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes, colas o adhesivos, que no figuren en la lista A, sin disolventes ni otros contaminantes en tal grado que no presenten características del anexo III, por ejemplo, con base de agua, o colas con base de caseína, almidón, dextrina, éteres de celulosa, alcoholes de polivinilo (véase la entrada correspondiente en la lista A A3050).

31. Para más información, véase la sección II.A de las directrices técnicas generales.

B. Convenio de Estocolmo

32. Las presentes directrices abarcan el hexabromociclododecano producido intencionalmente, cuya producción y utilización se eliminarán de conformidad con el artículo 3 y la parte I del anexo A del Convenio de Estocolmo.

33. En la parte VII del anexo A del Convenio de Estocolmo se exponen asimismo los requisitos concretos establecidos para los productos que contengan hexabromociclododecano fabricados con arreglo a la exención, según figura a continuación:

“Todas las Partes que se hayan inscrito, de conformidad con el artículo 4, para la exención respecto de la producción y el uso de hexabromociclododecano en poliestireno expandido y poliestireno extruido en edificios adoptará las medidas necesarias para garantizar que el poliestireno expandido y el poliestireno extruido que contengan hexabromociclododecano puedan identificarse fácilmente, etiquetándolo o por otros medios, durante su ciclo de vida.”

34. Para más información sobre el registro de exenciones específicas para el hexabromociclododecano, visite el sitio www.pops.int.

35. Para más información, véase la sección II.B de las directrices técnicas generales.

III. Cuestiones previstas en el Convenio de Estocolmo que se deben abordar en cooperación con el Convenio de Basilea

A. Bajo contenido de COP

36. La definición provisional de bajo contenido de COP para el hexabromociclododecano es de 100 mg/kg o 1000 mg/kg.¹¹

37. El bajo contenido de COP descrito en el Convenio de Estocolmo es independiente de las disposiciones sobre los desechos peligrosos del Convenio de Basilea.

⁹ Véase el anexo IX del Convenio de Basilea para consultar la descripción completa de esta entrada.

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ Determinado según los métodos y normas nacionales o internacionales. Cabe señalar que se seguirá trabajando para acordar un valor, de conformidad con la decisión BC-12/3.

38. Los desechos con un contenido de hexabromociclododecano superior a 100 mg/kg o 1000 mg/kg¹² deben ser eliminados de manera tal que el contenido de COP se destruya o se transforme de forma irreversible de conformidad con los métodos descritos en la subsección IV.G.2 de las directrices técnicas generales (que definen los métodos de eliminación cuando el contenido de COP es bajo), teniendo en cuenta lo descrito en la subsección IV.G.3 *infra* (en relación con las situaciones de mayor riesgo).

39. Los desechos con un contenido de hexabromociclododecano igual o inferior a 100 mg/kg o 1000 mg/kg, deberían eliminarse de conformidad con los métodos mencionados en la subsección IV.G.4 de las directrices técnicas generales (que definen los métodos de eliminación cuando el contenido de COP es bajo), teniendo en cuenta lo descrito en la subsección IV.G.1 *infra* (en relación con las situaciones de menor riesgo).

40. Para más información sobre el bajo contenido de COP, véase la sección III.A de las directrices técnicas generales.

B. Niveles de destrucción y transformación irreversible

41. La definición provisional de los niveles de destrucción y transformación irreversible puede consultarse en la sección III.B de las directrices técnicas generales.

C. Métodos que constituyen una eliminación ambientalmente racional

42. Véase la sección IV.G *infra* y la sección IV.G de las directrices técnicas generales.

IV. Orientación sobre la gestión ambientalmente racional

A. Consideraciones generales

43. Para más información, véase la sección IV.A de las directrices técnicas generales.

B. Marco normativo y legislativo

44. Las Partes en los convenios de Basilea y Estocolmo deberían analizar sus estrategias, políticas, controles, normas y procedimientos nacionales para cerciorarse de que estén en consonancia con los dos convenios y con las obligaciones que de ellos se desprenden, en especial las relativas a la gestión ambientalmente racional de los desechos de hexabromociclododecano.

45. Entre los elementos de un marco normativo aplicable al hexabromociclododecano deberían figurar medidas para prevenir la generación de desechos y garantizar la gestión ambientalmente racional de los desechos generados. Los elementos de este marco podrían incluir:

- a) Legislación de protección del medio ambiente que establezca un régimen reglamentario, límites de liberaciones y criterios de calidad ambiental;
- b) Prohibiciones de producir, vender, utilizar, importar y exportar hexabromociclododecano, salvo en el caso de las Partes que hayan notificado a la Secretaría su intención de utilizarlo o producirlo conforme a la exención específica temporal incluida en el anexo A del Convenio de Estocolmo;
- c) El requisito de que se empleen las mejores técnicas disponibles (MTD) y las mejores prácticas ambientales (MPA) en la producción y el uso de hexabromociclododecano en los casos en que las Partes hayan notificado a la Secretaría su intención de utilizarlo o producirlo conforme a la exención específica temporal incluida en el anexo A del Convenio de Estocolmo;
- d) Medidas para garantizar que los desechos de hexabromociclododecano no puedan ser eliminados de forma que puedan dar lugar a la recuperación, el reciclado, la regeneración, la reutilización directa o los usos alternativos de hexabromociclododecano;
- e) Un control adecuado de la gestión ambientalmente racional para separar los materiales que contengan hexabromociclododecano de los materiales que se puedan reciclar (por ejemplo, materiales aislantes y embalajes que no contengan hexabromociclododecano, productos textiles y materiales hechos con pirorretardantes alternativos);

¹² *Ibid.*

- f) Medidas necesarias para garantizar que el poliestireno expandido y el poliestireno extruido que contengan hexabromociclododecano puedan identificarse fácilmente, etiquetándolos o por otros medios, durante su ciclo de vida, en los casos en que las Partes hayan notificado a la Secretaría su intención de utilizar o producir el hexabromociclododecano conforme a la exención específica temporal incluida en el anexo A del Convenio de Estocolmo;
 - g) Requisitos para el transporte de materiales y desechos peligrosos;
 - h) Especificaciones para los contenedores, equipos, contenedores a granel y locales de almacenamiento para desechos químicos de hexabromociclododecano;
 - i) Especificación de métodos analíticos y de muestreo aceptables para el hexabromociclododecano;
 - j) Requisitos para las instalaciones de manejo y eliminación de desechos;
 - k) Definiciones de los desechos peligrosos y las condiciones y los criterios para la identificación y clasificación de los desechos de hexabromociclododecano como desechos peligrosos;
 - l) Un requisito general para la notificación y el examen públicos de los proyectos de reglamentos oficiales, políticas, certificados de aprobación, licencias, información sobre el inventario y datos sobre emisiones y liberaciones nacionales en relación con los desechos;
 - m) Requisitos para la determinación, evaluación y rehabilitación de los lugares contaminados;
 - n) Requisitos relativos a la salud y protección de los trabajadores; y
 - o) Medidas legislativas, por ejemplo, para la prevención y reducción al mínimo de los desechos, elaboración de inventarios y adopción de medidas en situaciones de emergencia.
46. Para más información, véase la sección IV.B de las directrices técnicas generales.

C. Prevención y minimización de los desechos

47. En ambos convenios, el de Basilea y el de Estocolmo, se promueve la prevención y minimización de los desechos. En virtud del Convenio de Estocolmo se deben eliminar la producción y utilización del hexabromociclododecano, a menos que se apliquen las exenciones incluidas en la parte I del Anexo A del Convenio.
48. Se deberían minimizar las cantidades de desechos que contengan hexabromociclododecano mediante el aislamiento y la separación de estos desechos de los otros desechos en la fuente, a fin de prevenir que se mezclen con las demás corrientes de desechos y las contaminen.
49. La mezcla y batido de desechos cuyo contenido de hexabromociclododecano sea superior a 100 mg/kg o 1000 mg/kg con otros materiales exclusivamente a los efectos de generar una mezcla con un contenido de hexabromociclododecano igual o inferior a 100 mg/kg o 1000 mg/kg no es ambientalmente racional. Sin embargo, tal vez sea necesario mezclar o batir los materiales como método de tratamiento previo a fin de facilitar el tratamiento u optimizar su eficacia.
50. Para más información, véase la sección IV.C sobre la prevención y minimización de los desechos de las directrices técnicas generales.

D. Detección de los desechos

51. En el apartado a) del párrafo 1 del artículo 6 del Convenio de Estocolmo se solicita a cada Parte que elabore, entre otras cosas, estrategias apropiadas para detectar los productos y artículos en uso y los desechos consistentes en COP, que los contengan o estén contaminados con ellos. La detección de desechos de hexabromociclododecano es el punto de partida para que su gestión ambientalmente racional sea eficaz.
52. Para obtener información general sobre la detección y los inventarios, véase la sección IV.D de las directrices técnicas generales.

1. Detección

53. Los desechos de hexabromociclododecano pueden encontrarse en las siguientes etapas del ciclo de vida del hexabromociclododecano:
- a) Producción y procesamiento de hexabromociclododecano:

- i) En desechos procedentes de la producción y procesamiento de hexabromociclododecano;
 - ii) En el agua, suelo o sedimentos cerca de los lugares de producción o procesamiento;
 - iii) En efluentes y fangos industriales;
 - iv) En lixiviados de vertederos de lugares donde se han eliminado desechos de la producción o procesamiento de productos químicos;
 - v) En existencias de material inutilizable o invendible;
- b) Aplicaciones industriales del hexabromociclododecano (materia prima de poliestireno expandido y producción de espuma de poliestireno extruido, producción textil, producción de muebles, producción de equipos eléctricos y electrónicos):
- i) En residuos procedentes de la aplicación de hexabromociclododecano;
 - ii) En el agua, suelo o sedimentos cerca de los lugares de producción o procesamiento;¹³
 - iii) En efluentes y fangos industriales;
 - iv) En lixiviados de vertederos de lugares donde se han eliminado desechos de aplicaciones industriales;
 - v) En existencias de material inutilizable o invendible;
- c) Uso industrial de mezclas, productos y materiales que contengan hexabromociclododecano (por ejemplo, producción de espuma de poliestireno expandido, producción de muebles, instalación de planchas aislantes):
- i) En desechos de la producción y la instalación (desechos de corte, sobras, polvo, etc.);
 - ii) En el agua, suelo o sedimentos cerca de los lugares donde se utilizaron los productos;
- d) Uso de productos o artículos que contengan hexabromociclododecano:
- i) En el agua, suelo o sedimentos cerca de los lugares donde se utilizaron estos productos;
- e) Eliminación de productos o artículos que contengan hexabromociclododecano:
- i) En determinadas instalaciones de recogida, reciclado, y recuperación de textiles, espumas de poliestireno, equipos eléctricos y electrónicos y vehículos;
 - ii) En lixiviados de vertederos municipales;
 - iii) En efluentes y fangos municipales.

54. Cabe destacar que ni siquiera el personal técnico experimentado podría determinar la naturaleza de un efluente, una sustancia, un contenedor o la pieza de un equipo por su apariencia o sus marcas. Así pues, tal vez las Partes encuentren útil la información sobre la producción, utilización y tipos de desechos que se proporciona en la sección I.B de las presentes directrices a la hora de detectar artículos y mezclas que contienen hexabromociclododecano.

55. En la actualidad pueden encontrarse en el mercado tanto artículos y productos que contienen hexabromociclododecano o pirorretardantes alternativos como artículos y productos que no contienen pirorretardantes, en función de los requisitos aplicables de seguridad contra incendios, de los códigos de construcción y los tipos de materias primas de poliestireno expandido disponibles en el mercado. Es imposible diferenciar el poliestireno expandido, el poliestireno extruido, los productos textiles o los muebles que contienen hexabromociclododecano de los que no lo contienen, basándose únicamente en el aspecto visual. Es útil conocer los requisitos anteriores y actuales en materia de seguridad contra incendios.

56. En los casos en que el poliestireno expandido y el poliestireno extruido se produzcan con arreglo a una exención específica incluida en el anexo A del Convenio de Estocolmo, el Convenio establece que las Partes adoptarán las medidas necesarias para garantizar que el poliestireno

¹³ Li y otros, 2012.

expandido y el poliestireno extruido que contengan hexabromociclododecano puedan identificarse fácilmente, etiquetándolos o por otros medios, durante sus ciclos de vida.

57. Los análisis de fluorescencia de rayos X son un método económico y rápido de detección para determinar si un material contiene bromo. La presencia de este elemento químico en artículos fabricados a base de poliestireno que hayan sido producidos antes de 2014 revela con frecuencia la presencia de hexabromociclododecano. Es posible que otros pirorretardantes bromados distintos del hexabromociclododecano se hayan utilizado para mejorar las propiedades pirorretardantes del poliestireno en el denominado proceso de producción “de dos etapas”, proceso poco habitual que al parecer se utiliza exclusivamente en los Estados Unidos. En esos casos, dado que tanto el hexabromociclododecano como los pirorretardantes utilizados en el proceso “de dos etapas” contienen bromo, la fluorescencia de rayos X no resultará útil para distinguir los productos que contengan hexabromociclododecano de los productos que contengan otros pirorretardantes.

2. Inventarios

58. Al elaborar un inventario, es importante tener en cuenta la vida útil de los artículos y cuándo se han introducido en el mercado. El uso del hexabromociclododecano en artículos ha dependido en gran medida de las prácticas y las normativas locales (actuales y tradicionales), y se podría determinar las épocas en que los pirorretardantes han sido necesarios para los usos de los artículos. El hecho de que hasta hace poco la mayor parte del poliestireno expandido y del poliestireno extruido pirorretardantes se produjeran con hexabromociclododecano, repercute profundamente en los volúmenes de los desechos de COP.

59. La vida útil de los materiales aislantes de espuma de poliestireno y de determinados productos textiles es muy larga, por lo que no se convertirán en desechos hasta décadas después de su introducción en el mercado. Su presencia depende de las normativas locales en materia de seguridad contra incendios vigentes en el momento de la construcción o de su introducción en el mercado. Los equipos eléctricos y electrónicos tienen asimismo una vida útil relativamente larga, pero el hexabromociclododecano ha sido sustituido principalmente por otros productos químicos y es posible que ya se hayan eliminado la mayoría de esos artículos (UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1). Lo mismo sucede con los materiales de embalaje, cuya vida útil es breve, pero en general no contienen hexabromociclododecano. No obstante, es posible que ya hayan contaminado corrientes de reciclaje.

60. El primer paso al elaborar inventarios de hexabromociclododecano es la determinación de los tipos de industrias que pueden haber estado produciendo hexabromociclododecano o utilizándolo para la producción de mezclas o artículos. Los inventarios deberían contener, según proceda, información sobre:

- a) La producción de hexabromociclododecano dentro de un país;
- b) Las importaciones y exportaciones de productos y artículos que contengan hexabromociclododecano;
- c) El uso de los artículos que contengan hexabromociclododecano en el país;
- d) Los requisitos normativos actuales y anteriores (por ejemplo, los códigos de edificación y los requisitos de seguridad contra incendios) para el uso de material aislante y de productos textiles, lo cual ayudaría a determinar si es probable que el material producido en una época dada contenga hexabromociclododecano;
- e) La eliminación de desechos de hexabromociclododecano, incluyendo su posible reciclado para productos nuevos o no pirorretardantes;
- f) Las importaciones y exportaciones de desechos de hexabromociclododecano.

61. Para la elaboración de inventarios es necesaria la cooperación entre los que elaboran los inventarios y las entidades competentes tales como las autoridades responsables de la seguridad contra incendios y la construcción, los posibles fabricantes de hexabromociclododecano, mezclas o fórmulas a base de hexabromociclododecano. Los usuarios intermedios de hexabromociclododecano que produzcan artículos que contengan hexabromociclododecano, los funcionarios de aduanas, el personal de las instalaciones de eliminación de desechos y reciclado y los centros nacionales de coordinación de los convenios de Basilea y de Estocolmo. En algunos casos, tal vez sea menester aprobar reglamentos oficiales para velar por que los poseedores de desechos de hexabromociclododecano informen sobre sus existencias y cooperen con los inspectores públicos.

62. El hecho de reconocer la probabilidad de que la mayor parte del hexabromociclododecano se encuentre en los materiales de aislamiento en el sector de la construcción, el análisis del historial de

las medidas normativas que han regido la utilización de los pirorretardantes en este sector, así como las prácticas de construcción, deberán dar una idea de la magnitud de la labor de inventario requerida y ayudar a reducir el número de posibles poseedores de desechos de hexabromociclododecano. Si el hexabromociclododecano se produjo o se importó en un país para utilizarlo en la preparación de formulaciones de mezclas de hexabromociclododecano, las empresas en cuestión tal vez podrían dar estimaciones o incluso cifras exactas sobre los marcos cronológicos y las cantidades de hexabromociclododecano que se utilizaron en aplicaciones nacionales, y deberían participar en la elaboración de los inventarios.

63. Aunque el hexabromociclododecano se ha estado comercializando internacionalmente desde los años sesenta, su uso se ha incrementado en las últimas décadas en cumplimiento de los requisitos nacionales de seguridad contra incendios que exigen el uso de pirorretardantes. Aun en ausencia de tales requisitos, es posible que los materiales pirorretardantes se utilicen por razones logísticas, por ejemplo, cuando las únicas materias primas disponibles para determinados artículos son pirorretardantes.

64. En gran medida se desconoce el volumen de artículos con hexabromociclododecano como pirorretardante importados y exportados en todo el mundo.

E. Muestreo, análisis y vigilancia

65. Para obtener información general sobre muestreo, análisis y vigilancia, véase la sección IV.E de las directrices técnicas generales.

66. Especialmente en el caso de los desechos de la construcción, los productos textiles y los RAEE. En lo que respecta a los artículos que puedan contener hexabromociclododecano se deberían describir los procedimientos de muestreo, análisis y vigilancia conjuntamente con los procesos de recogida y manipulación de desechos, específicos para cada categoría de desechos.

1. Muestreo

67. El muestreo constituye un elemento importante para determinar y vigilar las preocupaciones ecológicas y los riesgos para la salud humana.

68. Antes de comenzar la campaña de muestreo, deberían establecerse procedimientos estándar y convenir en ellos. El muestreo debería ajustarse a la legislación nacional específica, donde exista, o a las reglamentaciones y normas internacionales. En la actualidad, no existe un método normalizado para el muestreo de hexabromociclododecano en artículos como espumas, muebles y productos textiles.

69. En el caso de los edificios, basándose en un análisis de los requisitos de seguridad contra incendios y los códigos de construcción en el momento de la construcción o la renovación de una edificación o en el momento de introducir materiales de construcción en el mercado, puede determinarse si hay probabilidades de que estos materiales contengan hexabromociclododecano. En tales casos, tal vez el muestreo no resulte necesario. Si no se dispone de los datos requeridos para realizar estos análisis y en los casos en que proceda demostrar que las planchas de espuma de poliestireno de un determinado edificio no contienen hexabromociclododecano, se recomienda realizar un muestreo antes de la demolición del edificio para determinar la presencia de hexabromociclododecano. Tal vez también sea necesario realizar un muestreo de distintas partes del edificio (por ejemplo, la fachada, los suelos, etc.). Respecto a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, se está elaborando actualmente en Europa la especificación técnica *TS 50625-3 -1: Collection, logistics & treatment requirements for WEEE*, en la que se deberá describir un método de muestreo para estos residuos.

70. Entre los tipos de matrices que se suelen muestrear en relación con el hexabromociclododecano figuran:

- a) Líquidos:
 - i) Lixiviados de vertederos;
 - ii) Las aguas (aguas de superficie y aguas subterráneas, el agua potable y los efluentes industriales y municipales);
 - iii) Los fluidos biológicos (la sangre, en el caso de control de la salud de los trabajadores);
- b) Sólidos:

- i) Los fangos cloacales;
- ii) Las muestras biológicas (tejido adiposo);
- iii) Las existencias de hexabromociclododecano, las mezclas y los artículos consistentes en hexabromociclododecano, que lo contengan o que estén contaminados con él;
- iv) El polvo de interiores;
- c) Gases:
 - i) El aire (en el interior y el exterior).

2. Análisis

71. El análisis se refiere a la extracción, purificación, separación, determinación, cuantificación y notificación de las concentraciones de hexabromociclododecano en la matriz de que se trate. Con miras a obtener resultados significativos y aceptables, los laboratorios analíticos deberán contar con la infraestructura necesaria (locales) y experiencia probada.

72. El desarrollo y la difusión de métodos analíticos fiables y la recopilación de datos analíticos de gran calidad son importantes para determinar el impacto ambiental de los productos químicos peligrosos, incluidos los COP.

73. El hexabromociclododecano total (es decir, la suma de todos los isómeros de hexabromociclododecano) se puede analizar mediante espectrómetros de masas acoplados a cromatografía de gases, espectrómetros de masas acoplados a cromatografía en fase líquida y espectrómetros de masas acoplados a cromatografía en fase líquida de alta resolución. Los espectrómetros de masas acoplados a cromatografía en fase líquida de alta resolución también pueden servir para detectar determinados isómeros de hexabromociclododecano. Los detectores de ionización de llama acoplados a cromatografía de gases (GC-FID) utilizando un hexabromociclododecano de referencia también son capaces de detectar y cuantificar el hexabromociclododecano. Se han desarrollado una serie de métodos analíticos para analizar el hexabromociclododecano en muestras ambientales y en espumas, pero hasta el momento ninguno ha sido normalizado internacionalmente. Puede cuestionarse la exactitud y la comparabilidad, especialmente a niveles bajos, hasta que se pueda acceder a métodos normalizados. Para el análisis del hexabromociclododecano en plásticos utilizados para productos eléctricos, se puede aplicar la norma de la CEI 62321-6 *Determination of certain substances in electrotechnical products - Part 6: Determination of polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in polymers and electronics by GC-MS, IAMS and HPLC-UV*. Debería seguir desarrollándose el análisis de hexabromociclododecano en artículos tales como muebles.

74. Los análisis de laboratorio no son medios practicables para determinar la presencia de hexabromociclododecano en materiales y artículos que se han convertido en desechos, ya que resultan demasiado costosos y requieren mucho tiempo. En la actualidad, existen métodos de detección rápidos y económicos que pueden servir para detectar la presencia de bromo en materiales y artículos. La presencia de bromo puede verse como un indicador de la presencia de hexabromociclododecano en artículos de poliestireno expandido y poliestireno extruido introducidos en el mercado antes de 2014 en países donde el hexabromociclododecano era el único pirorretardante utilizado en espumas de poliestireno. Existen métodos para analizar el hexabromociclododecano en los RAEE, aunque no en los productos textiles.

3. Vigilancia

75. La vigilancia y la supervisión constituyen elementos importantes para determinar y vigilar las preocupaciones ecológicas y los riesgos para la salud humana. La información reunida mediante los programas de vigilancia se utiliza en los procesos de adopción de decisiones fundamentadas en criterios científicos y para la evaluación de la eficacia de las medidas de gestión de riesgos, incluidos los reglamentos.

76. Se deberían poner en práctica programas de vigilancia en las instalaciones de manejo de hexabromociclododecano y de desechos de hexabromociclododecano.

F. Manipulación, recogida, embalaje, etiquetado, transporte y almacenamiento

77. Para obtener información general sobre la manipulación, la recogida, el embalaje, el etiquetado, el transporte y el almacenamiento, véase la sección IV.F de las directrices técnicas

generales. Actualmente se está elaborando en Europa la especificación técnica *TS 50625-3 -1: Collection, logistics & treatment requirements for WEEE*, en la que se deberán describir los procesos de manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

1. Manipulación

78. Las organizaciones que manipulen desechos de hexabromociclododecano en estado puro y desechos de mezclas de hexabromociclododecano deberían poner en práctica un conjunto de procedimientos para la manipulación de dichos desechos, y se debería capacitar a los trabajadores al respecto.

79. El hexabromociclododecano se encuentran habitualmente en el polvo doméstico, en muestras ambientales y en el aire interior de casas y vehículos de transporte, a pesar de que no existe información sobre las cantidades de hexabromociclododecano que se liberan de estas fuentes.

80. Si se compacta la espuma de poliestireno para reducir el volumen de los desechos deberán adoptarse medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente de la exposición al hexabromociclododecano liberado de los polímeros degradados. Al manipular los desechos de hexabromociclododecano, se deberán tomar precauciones para evitar emisiones ambientales de hexabromociclododecano debido a la rotura o daño de los artículos.

81. Las corrientes de desechos que contienen hexabromociclododecano se deberían mantener separadas de las corrientes de desechos que no contengan esta sustancia, pese a que puedan tener la misma apariencia, a fin de facilitar la gestión ambientalmente racional de los desechos (por ejemplo, los edificios pueden contener materiales aislantes que sean piroretardantes y otros que no lo sean). La separación no es necesaria únicamente en los casos en que los desechos que no contienen hexabromociclododecano sean manejados de conformidad con lo dispuesto en la sección IV.G de las directrices técnicas generales.

2. Recogida

82. Los mecanismos de recogida que prevean depósitos de desechos químicos de hexabromociclododecano deberán velar por la separación de los desechos de hexabromociclododecano de los demás desechos.

83. Los desechos de hexabromociclododecano tales como material aislante, material de embalaje y desechos textiles que contengan hexabromociclododecano, deberán recogerse por separado de otros desechos que no contengan hexabromociclododecano, a menos que los desechos se incineren o manejen de otro modo de conformidad con lo dispuesto en la sección IV.G de las directrices técnicas generales.

84. Los RAEE pueden contener poliestireno de alto impacto con hexabromociclododecano. Para más información, véase la subsección IV.F.2 de las directrices técnicas en materia de COP-BDE (PNUMA, 2015a). En la actualidad, se está elaborando en Europa la especificación técnica *TS 50625-3-1: Collection, logistics & treatment requirements for WEEE*, en la que se deberá describir un método de muestreo para estos residuos.

85. Los depósitos de recogida no se deben convertir en almacenes a largo plazo de desechos de hexabromociclododecano.

3. Embalaje

86. Los desechos de hexabromociclododecano, de embalajes de hexabromociclododecano y de mezclas de hexabromociclododecano, así como las espumas de poliestireno compactadas que contienen hexabromociclododecano, se deberán embalar debidamente antes de su almacenamiento para facilitar el transporte y como medida de seguridad para evitar fugas o derrames. Los artículos que contienen hexabromociclododecano son generalmente productos de consumo y no requieren un embalaje específico. Sin embargo, si se compactan los desechos deberán adoptarse medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente de la exposición al hexabromociclododecano.

4. Etiquetado

87. Todo contenedor de desechos químicos de hexabromociclododecano deberá poseer, según proceda, en un lugar visible una etiqueta que contenga el rótulo de aviso de peligro, así como una etiqueta con los datos específicos del contenedor y un número de serie único. Estos datos deberían indicar el contenido del contenedor (por ejemplo, las cantidades exactas de equipos, el volumen y el

peso), el tipo de desecho que contiene), el lugar de procedencia para poder rastrearlo, la fecha de todo reembalaje y el nombre y número de teléfono de la persona responsable de la operación de reembalaje.

88. Para facilitar una gestión ambientalmente racional, las corrientes de desechos que contienen hexabromociclododecano deberían estar bien identificadas. Esto es especialmente importante tanto en los casos de los artículos que contienen hexabromociclododecano como de los que no lo contienen. En el Convenio de Estocolmo se establece que, en el caso del poliestireno expandido y del poliestireno extruido producidos con arreglo a la exención específica incluida en el anexo A del Convenio de Estocolmo, las Partes adoptarán las medidas necesarias para garantizar que el poliestireno expandido y el poliestireno extruido que contengan hexabromociclododecano estén claramente indicados mediante el etiquetado o por otros medios, durante sus ciclos de vida.

5. Transporte

89. Deberían adoptarse medidas apropiadas para impedir la dispersión o la fuga de desechos químicos de hexabromociclododecano. Estos desechos se deberían manipular por separado durante el transporte a fin de evitar que se mezclen con otros materiales.

6. Almacenamiento

90. Los desechos de hexabromociclododecano se deberían almacenar en emplazamientos designados, y se deberán adoptar las medidas apropiadas para impedir la dispersión, liberación y filtración subterránea del hexabromociclododecano, así como para controlar la propagación de olores.

91. Deberían adoptarse medidas apropiadas, como obras de compartimentación, para evitar la contaminación con hexabromociclododecano de otros materiales y desechos.

92. Las áreas de almacenamiento de desechos de hexabromociclododecano deberían contar con carreteras de acceso apropiadas para vehículos.

93. Debería protegerse de los incendios las grandes cantidades de desechos de hexabromociclododecano, ya que frecuentemente son materiales inflamables por naturaleza.

G. Eliminación ambientalmente racional

1. Tratamiento previo

94. Para más información, véase la subsección IV.G.1 de las directrices técnicas generales. Si se compactan los desechos de hexabromociclododecano como tratamiento previo antes de la eliminación, deberán adoptarse medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente de la exposición al hexabromociclododecano. La compactación puede también ocasionar liberaciones de otras sustancias indeseables como, por ejemplo, las sustancias que agotan la capa de ozono que se utilizan como agentes expansionantes en la producción de algunas espumas.

2. Métodos de destrucción y transformación irreversible

95. Entre los métodos de destrucción y transformación irreversible para la eliminación ambientalmente racional de los desechos con un contenido de hexabromociclododecano superior a 100 mg/kg o 1000 mg/kg¹⁴ conforme a las directrices técnicas generales, se encuentran, al menos:

- a) La coincineración en hornos de cemento;
- b) La incineración de desechos peligrosos; y
- c) La incineración avanzada de desechos sólidos.

96. Cabe señalar que como resultado de la incineración de desechos de hexabromociclododecano pueden generarse dibenzo-p-dioxinas polibromadas o dibenzofuranos polibromados y dibenzo-p-dioxinas polihalogenadas o dibenzofuranos polihalogenados (Mark y otros, 2015).

97. Para más información, véase la subsección IV.G.2 de las directrices técnicas generales.

¹⁴ *Ibid.* 13.

3. Otros métodos de eliminación cuando la destrucción o la transformación irreversible no representen la opción preferible desde el punto de vista del medio ambiente

98. Para más información, véase la subsección IV.G.3 de las directrices técnicas generales.

4. Otros métodos de eliminación en casos de bajo contenido de COP

99. Para más información, véase la sección IV.G.4 de las directrices técnicas generales.

H. Rehabilitación de los lugares contaminados

100. Para más información, véase la sección IV.H de las directrices técnicas generales.

I. Salud y seguridad

101. Para más información, véase la sección IV.I de las directrices técnicas generales.

1. Situaciones de mayor riesgo

102. Para información, véase la subsección IV.I.1 de las directrices técnicas generales.

103. Las situaciones de mayor riesgo se dan en lugares donde se encuentran elevadas concentraciones de hexabromociclododecano o grandes volúmenes de desechos de hexabromociclododecano y donde existe gran posibilidad de exposición para los trabajadores o la población en general. Causan especial preocupación la exposición dérmica directa y la inhalación de partículas o polvo fino de hexabromociclododecano en el lugar de trabajo. Por ejemplo, se han detectado niveles elevados de hexabromociclododecano en la sangre de trabajadores industriales de plantas que producen poliestireno expandido con hexabromociclododecano (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2). Es necesaria la aplicación de medidas recomendadas de seguridad en el trabajo a fin de limitar los riesgos para los trabajadores (Comisión Europea, 2008).

104. Las situaciones potenciales de mayor riesgo en relación con el hexabromociclododecano pueden ocurrir en:

- a) Emplazamientos de producción de mezclas o productos químicos de hexabromociclododecano;
- b) Instalaciones de producción de materias primas de poliestireno expandido, mezclas madre de poliestireno extruido y revestimientos textiles;
- c) Sitios de construcción donde se instalen o demuelan planchas aislantes que contienen pirorretardantes (UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2) o donde se compactan espumas de poliestireno y pueda liberarse hexabromociclododecano en forma de polvo;
- d) Instalaciones de manejo de desechos de la construcción;
- e) Instalaciones de manejo de desechos textiles y de muebles;
- f) Instalaciones de manejo de RAEE; y
- g) Instalaciones de manejo de vehículos de desecho.

2. Situaciones de menor riesgo

105. Para obtener información sobre las situaciones de menor riesgo, véase la subsección IV.I.2 de las directrices técnicas generales.

J. Respuesta de emergencia

106. Deberían elaborarse planes de respuesta de emergencia en los lugares donde se producen (de estar permitido), utilizan, almacenan, transportan y eliminan productos químicos que contengan hexabromociclododecano. Para más información sobre estos planes, véase la sección IV.J de las directrices técnicas generales.

K. Participación del público

107. Las Partes en el Convenio de Basilea o de Estocolmo deberían instituir procesos de participación de todos los ciudadanos interesados. Para más información, véase la sección IV.K de las directrices técnicas generales.

Annex to the technical guidelines*

Bibliography

- Abdallah, M.A. et al, 2008. "Comparative evaluation of liquid chromatography-mass spectrometry versus gas chromatography-mass spectrometry for the determination of hexabromocyclododecanes and their degradation products in indoor dust", *Journal of Chromatography A*, vol. 1190, pp. 333-341.
- Bromine Science and Environmental Forum (BSEF), 2011. Format for submitting pursuant to Article 8 of the Stockholm Convention the information specified in Annex F of the Convention. January 2011.
- European Chemical Industry Council (CEFIC) and PlasticsEurope, 2013. Best practice for the End-of-Life - EoL management of Polystyrene Foams in Building & Construction. Available from: <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/AdditionalResources/tabid/4740/Default.aspx>.
- Environment Canada and Health Canada, 2011. *Screening Assessment Report on Hexabromocyclododecane*. Available at: <http://www.ec.gc.ca/ese-ees/default.asp?lang=En&n=7882C148-1>.
- EPA, 2010. *Hexabromocyclododecane (HBCD) Action Plan*. Available from: www.epa.gov.
- EPA, 2014. *Flame Retardant Alternatives for Hexabromocyclododecane (HBCD) Chapter 2 HBCD Uses, End-of-Life, and Exposure: Final Report*. Available from: www.epa.gov.
- European Manufacturers of Expanded Polystyrene (EUMEPS), 2011. EUMEPS 2011. Post-Consumer EPS Waste Generation and Management in European Countries 2009. Final Report. 187
- European Commission, 2006. Reference Document Best Available Techniques for Waste Incineration. Available from: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/wi.html>.
- European Commission, 2008. *Risk assessment hexabromocyclododecane, CAS-No.: 25637-99-4, EINECS No.: 247-148-4, Final Report May 2008*. Available from: echa.europa.eu.
- European Chemicals Agency (ECHA), 2009. *Data on Manufacture, Import, Export Uses and Releases of HBCDD as well as Information on Potential Alternatives to Its Use*. Available at: http://echa.europa.eu/documents/10162/13640/tech_rep_hbccd_en.pdf.
- PlasticsEurope, Exiba, Efra and Cefic, 2013. HBCD in Polystyrene Foams: Product Safety Assessment. Available from: <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/AdditionalResources/tabid/4740/Default.aspx>
- Heeb, N.V. et al, 2005. "Structure elucidation of hexabromocyclododecanes - a class of compounds with a complex stereochemistry", *Chemosphere*, vol. 61 No. 1., pp. 65-73.
- Kajiwara, N. et al 2009. "Determination of flame-retardant hexabromocyclododecane diastereomers in textiles", *Chemosphere*, vol. 74 No. 11, pp. 1485-9.
- Li et al., 2012. "Levels and distribution of hexabromocyclododecane (HBCD) in environmental samples near manufacturing facilities in Laizhou Bay area, East China", *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 14, pp. 2591-2597.
- Mark, F.E. et al, 2015. "Destruction of the flame retardant hexabromocyclododecane in a full-scale municipal solid waste incinerator", *Waste Management & Research*, vol. 33 No. 2, pp. 165-174.
- Miyake, Y. et al, 2009. "Exposure to hexabromocyclododecane (HBCD) emitted into indoor air by drawing flame retarded curtain", *Organohalogen Compounds*, vol. 71, pp. 1553-1558. Available at: http://risk.kan.ynu.ac.jp/publish/masunaga/masunaga200908_3.pdf
- PlasticsEurope, 2014. End-of-life treatment of HBCD-containing polystyrene insulation foams. Available from: <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/AdditionalResources/tabid/4740/Default.aspx>
- Rüdel, H. et al, 2012. "Monitoring of hexabromocyclododecane diastereomers in fish from European freshwaters and estuaries", *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 19, pp. 772-783.

* Para reducir costes, no se ha traducido el anexo de este documento.

- Rüdel, H., Nowak, J., Mueller, J., Ricking, M., Quack, M., Klein, R. 2014 “HBCD diastereomer levels in fish and suspended particulate matter from European freshwater and estuary sites - environmental quality standard compliance and trend monitoring”. SETAC Europe Abstract book. P. 127. https://c.ymcdn.com/sites/www.setac.org/resource/resmgr/Abstract_Books/SETAC-Basel-abstracts.pdf?hhSearchTerms=%22HBCD+and+diastereomer%22
- Posner, S., Roos, S. and Olsson, E., 2010. “Exploration of management options for HBCDD”, SWEREA (Scientific Work for Industrial Use) report 09/52.
- Suzuki, S. and Hasegawa, A., 2006. “Determination of hexabromocyclododecane diastereoisomers and tetrabromobisphenol A in water and sediment by liquid chromatography/mass spectrometry”, *Analytical Science*, vol. 22 No. 3, pp. 469-474.
- Tagigami, H., Watanabe, M. and Kajiwara, N., 2014. “Destruction behavior of hexabromocyclododecanes during incineration of solid waste containing expanded and extruded polystyrene insulation foams”, *Chemosphere*, vol. 116, pp. 24-33.
- UNEP, 2015. *General technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants*.
- UNEP, 2015a. *Technical guidelines on the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, or tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether*.
- Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC), 2010. *Risk profile on hexabromocyclododecane*. UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2. Available from: www.pops.int.
- Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC), 2011. *Risk management evaluation on hexabromocyclododecane*. UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1. Available from: www.pops.int
- Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC), 2011. *Addendum to the risk management evaluation on hexabromocyclododecane*. UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3. Available from: www.pops.int.
-