

Estudio

Estudio sobre los retardantes de llama bromados en los países del Mediterráneo

Mediterráneos



Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)
Plan de Acción para el Mediterráneo



Centro de Actividad Regional
para la Producción Limpia



Generalitat de Catalunya
Gobierno de Cataluña
**Departamento de Medio Ambiente
y Vivienda**

Índice

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTADO Y TENDENCIAS DEL USO DE BFRS	4
3. MARCO INTERNACIONAL.....	10
3.1 MARCO LEGAL	10
3.1.1 Internacional.....	10
3.1.2 Europea.....	19
3.2 SITUACIÓN LEGAL INTERNACIONAL DE LOS BFRS.....	22
3.2.1 TBBPA	22
3.2.2 Deca-BDE.....	23
3.2.3 HBCD	25
3.2.4 Penta-BDE and Octa-BDE	26
3.2.5 PBB.....	27
4. ESTADO DEL ARTE DE LAS PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS	28
4.1 TBBPA	28
4.2 DECA-BDE	30
4.3 HBCD.....	32
4.4 PENTA-BDE.....	33
4.5 OCTA-BDE	35
5. ALTERNATIVAS A LOS BFRS ACTUALMENTE UTILIZADOS	38
6. ESTADO DE LOS BFRS EN LA REGIÓN DEL MEDITERRÁNEO.....	41
6.1 MARCO LEGAL Y DE GESTIÓN.....	41
6.1.1 Croacia	42
6.1.2 Chipre	43
6.1.3 Israel.....	43
6.1.4 Libia.....	43
6.1.5 Mónaco	43
6.1.6 Serbia.....	44
6.1.7 Siria.....	44
6.2 PRODUCCIÓN, USOS Y EXISTENCIAS.....	45
6.2.1 Croacia	45
6.2.2 Chipre	46

6.2.3	<i>Israel</i>	46
6.2.4	<i>Libia</i>	46
6.2.5	<i>Mónaco</i>	46
6.2.6	<i>Serbia</i>	46
6.2.7	<i>Siria</i>	46
6.3	ACCIONES RELACIONADAS Y PREOCUPACIONES PRINCIPALES	47
6.3.1	<i>Croacia</i>	47
6.3.2	<i>Chipre</i>	48
6.3.3	<i>Israel</i>	48
6.3.4	<i>Libia</i>	48
6.3.5	<i>Mónaco</i>	49
6.3.6	<i>Serbia</i>	49
6.3.7	<i>Siria</i>	49
7.	CONCLUSIONES	50
8.	PROPUESTAS	52
9.	REFERENCIAS	54

1. Introducción

El Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) es uno de los seis Centros de Actividad Regional del Plan de Acción del Mediterráneo en la Convención para la Protección del Mar Mediterráneo (Convención de Barcelona). La misión del centro es “promover mecanismos que lleven a esquemas de producción y consumo sostenibles, y a una gestión adecuada de los productos químicos en el Mediterráneo”.

En la tercera Conferencia de las Partes (COP¹) de la Convención de Estocolmo, llevada a cabo en Dakar en 2007, el Gobierno de España presentó la candidatura del CAR/PL como Centro Regional para la Convención de Estocolmo al Secretariado. Tras esta presentación, al CAR/PL se le concedió el estado de Centro Nominado para la Convención de Estocolmo, en febrero de 2008. En la decisión tomada por la cuarta COP celebrada en Ginebra, en mayo de 2009, el CAR/PL fue finalmente aprobado como Centro Regional para la capacitación y transferencia de tecnologías bajo la Convención de Estocolmo.

En este contexto, una de las actividades que el CAR/PL planea desarrollar, es un informe sobre los Retardantes de Llama Bromados (BFRs²) en los países del Mediterráneo. El objetivo de esta actividad es recopilar la información disponible en los países del Mediterráneo referente a la producción y consumo de BFRs, identificando los potenciales usuarios entre los diferentes sectores económicos, su potencial de uso, productos que los contienen, y los puestos de trabajo o circunstancias que podrían acarrear exposición a estas sustancias.

¹ Del Inglés *Conference of the Parties*.

² Del Inglés *Brominated Flame-Retardants*.

2. Estado y tendencias en el uso de BFRs

Los polímeros sintéticos han sustituido en gran medida el uso de madera, cristal y materiales metálicos en nuestras casas, oficinas, automóviles, medios públicos de transporte, y otras áreas de uso público. Estos materiales sintéticos con frecuencia están basados en plásticos derivados del petróleo, que son fácilmente inflamables y arden con rapidez (Janssen, 2005). Con el objetivo de cumplir los requerimientos de prevención de incendios, y para reducir la incidencia del fuego, los retardantes de llama han sido añadidos a los productos de consumo durante décadas, en un esfuerzo para reducir los daños a las personas y a las propiedades derivadas de los incendios. Sin embargo, es importante remarcar que los productos con BFRs tienen una menor tendencia a incendiarse, pero siguen siendo inflamables.

La idea de reducir la ocurrencia del fuego con agentes químicos está documentada desde 450 años a.C., cuando los egipcios usaron alúmina para reducir la inflamabilidad de la madera. Más tarde, sobre 200 años a.C., los romanos utilizaron una mezcla de alúmina y vinagre para reducir la combustibilidad de la madera (Hindersinn, 1990, en Alae, 2003).

Hoy en día, existen más de 175 tipos diferentes de retardantes de llama, que son generalmente divididos en clases que incluyen los orgánicos halogenados (normalmente bromados o clorados), los que contienen fósforo, los que contienen nitrógeno, y los retardantes de llama inorgánicos. Los retardantes de llama bromados (BFRs) representan actualmente el grupo de mayor importancia, debido a su bajo coste y alta eficiencia (Birnbaum, *et. al.*, 2004).

Los retardantes de llama bromados son un grupo diverso de sustancias. Los BFRs, como clase química, incluyen éteres difenólicos aromáticos, cíclicos alifáticos, derivados fenólicos, alifáticos, derivados de anhídrido ftálico y otros. Su mayor característica común es que todos ellos son usados para retardar el inicio del fuego, y que todos contienen bromo en su composición (OSPAR Commission, 2001)

Se usan como componentes en una gran variedad de polímeros, como espumas de poliestireno, poliestireno de alto impacto, y resinas epoxídicas. Estos polímeros se usan luego en una gran variedad de productos de consumo, incluyendo ordenadores, equipamiento eléctrico y electrónico, televisiones, textiles, espumas para muebles, espumas aislantes y otros materiales de construcción. La Tabla 1 muestra información más detallada de los usos de los BFRs, y la distribución de BFRs según tipos comerciales de producto. En relación a la importancia en el uso de BFRs por sector, la Figura 1 muestra la distribución para el año 2001. Como puede observarse, los equipos eléctricos y electrónicos son el mayor consumidor de BFRs con diferencia.

Tabla 1. Ejemplos de productos mayoritarios con BFRs por tipo de químico.

Nombre químico	Productos típicos
Éter de pentabromodifenilo (Penta-BDE, PBDE, o Penta)	Espumas de poliuretano: colchones, cojines, muebles tapizados y otros envases de espuma. También: relleno de alfombras, imitación madera, pinturas, paneles de aislamiento de sonido, los pequeños componentes electrónicos, recubrimientos de tela, las resinas epoxi, cintas transportadoras.
Éter de octabromodifenilo (Octa-BDE, OBDE, u Octa)	Plástico de acrilonitrilo -butadieno - estireno (ABS): carcasas para máquinas de fax, ordenadores y otros aparatos electrónicos. También: adornos de automóviles, teléfonos, carcasas de aparatos de cocina, piezas de pequeña electrónica, equipos de audio y vídeo, productos de control remoto.
Éter de decabromodifenilo (Deca-BDE, DBDE o Deca)	Plástico de poliestireno de alto impacto (HIPS): carcasas para televisores, ordenadores, equipos de audio y otros pequeños equipos electrónicos. También: los teléfonos móviles. Diversos plásticos: policarbonatos, resinas de poliéster, poliamidas, cloruro de polivinilo, polipropileno, tereftalatos (PBT y PET), y caucho. También: tapicería (sofás, sillas de oficina, revestimiento), pinturas, cables de goma, de iluminación (paneles, tomas de luz), detectores de humo, equipo eléctrico (conectores, cables, fusibles, cajas, cajas, interruptores), asientos de estadio.
Tetrabromobisfenol A (TBBPA)	Retardantes de llama reactivo: resinas epoxi y de policarbonato. También: placas de circuitos impresos en electrónica (96%), carcasas de equipos de oficina. Retardantes de llama aditivos: plásticos diversos, papel y textiles. También: carcasas de ordenadores, monitores, TV, equipo de oficina, revestimientos adhesivos en papel y textiles.
Hexabromociclododecano (HBCD)	Diversos plásticos: poliestireno (EPS, XPS), HIPS, polipropileno. También: los textiles y la parte posterior de las alfombras, televisiones y carcasas de ordenador, textiles en los automóviles, materiales de construcción (paneles aislantes, bloques de construcción, aislamiento térmico, techos), espuma para tapizados, aglutinantes para el látex.

Fuente: Janssen, 2005

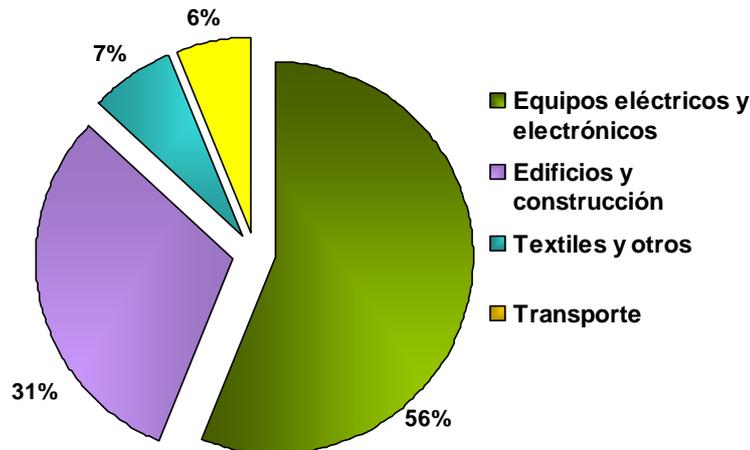


Figura 1. Retardantes de llama bromados en productos comerciales y de consumo. (Fuente: BSEF, 2001)

Los retardantes de llama pueden actuar de dos formas diferenciadas: previniendo el inicio del fuego, o previniendo la expansión del fuego. En primer lugar, la susceptibilidad de ignición de un producto es rebajada, ya que el retardante incrementa la capacidad calorífica neta, i.e., la capacidad de un cuerpo para almacenar calor. Segundo, una vez que el fuego ha comenzado, estos compuestos pueden reducir la tendencia del fuego a extenderse, creando una capa gaseosa no combustible a lo largo del borde del fuego (US EPA 2005).

En productos sin BFRs, la combustión se propaga por una serie de reacciones químicas que ocurren en la fase gaseosa, donde el oxígeno se combina con otros químicos en el producto en llamas. Los BFRs interrumpen algunas de estas reacciones introduciendo los halógenos volatilizados para reaccionar con el producto en lugar del oxígeno, aminorando la velocidad de combustión.

Los retardantes de llama se categorizan bien como aditivos o como reactivos:

- **Aditivos:** pueden ser añadidos a un producto manufacturado sin unirse o reaccionar con el mismo. Se incorporan y se dispersan uniformemente por el producto, pero no hay una reacción química entre el producto y el BFR. En general, los retardantes de llama aditivos reaccionan cuando se calientan y (a) emiten sustancias que sustituyen al oxígeno necesario para la combustión, (b) forman una capa protectora en la superficie de un producto en llamas, limitando el acceso del fuego a la fuente de combustible, o (c) ocurre una combinación de ambas. Más específicamente, los BFRs actúan en la fase gaseosa liberando radicales que contienen bromo. Ejemplos de BFRs aditivos son los PBDEs y el HBCDD.

- **Reactivos:** están químicamente unidos a los polímeros, bien incorporándolos en la estructura del mismo en la reacción de polimerización, o mediante una unión similar a un injerto. De esta manera se previene que el retardante se escape o volatilice. Además, no tienen ningún tipo de efecto plastificante, y no afectan a la estabilidad térmica del polímero. Se usan principalmente en fibras plásticas en las que pueden incorporarse fácilmente, especialmente poliésteres, resinas epoxi y poliuretanos (RIKZ, 2000). Por lo tanto, los retardantes de llama reactivos están típicamente incorporados en las materias primas compradas por el productor final. Un ejemplo de retardante reactivo es el TBBPA.

Desde los comienzos de su producción comercial en los 60, ha habido más de 75 BFRs comercialmente reconocidos. Algunos de ellos incluyen bisfenoles bromados, éteres de difenilo, ciclododecanos, bifenilos, fenoles, fenoxietanos, y los derivados del ácido ftálico. El uso de un determinado tipo de retardante de llama depende del tipo de polímero, rendimiento, durabilidad y estética del producto final (Janssen, 2005). Existen en diferentes formulaciones químicas y composiciones, pero todos contienen al menos un átomo de bromo como factor común.

El bromo es un elemento presente de manera natural en el medio, y puede encontrarse en el agua de mar, mares interiores, y en la corteza terrestre. Tiene multitud de aplicaciones industriales, como purificación de agua, pesticidas agrícolas, baterías de coches, productos farmacéuticos, disolventes y fotografía, aunque el uso predominante a nivel mundial es en la producción de retardantes de llama (Janssen, 2005). La demanda global bromo para uso en retardantes de llama se ha incrementado de un 8% en el año 1975 a un 39% en el 2000, con una tasa de crecimiento media del 2% anual entre los años 1990 y 2000 (Birnbau, et. al., 2004). Sin embargo, hay una limitación de salmueras con una concentración de bromo lo suficientemente elevada para que el proceso de extracción sea comercialmente viable. Algunos ejemplos están situados en Estados Unidos (que produjo 243.000 toneladas en el año 2006, y el Mar Muerto en Israel (179.000 toneladas en el 2006). China es el tercer productor en importancia en el mundo, con 124.000 toneladas en el 2006 (USGS, 2008). En la Unión Europea, el mayor productor es el Reino Unido, con 32.000 toneladas al año, y Japón produce 20.000 toneladas al año (Alaee, 2003). En el año 2006, la producción global de bromo fue de 643.000 toneladas (USGS, 2008).

Con el crecimiento exponencial en ventas de ordenadores personales y otros aparatos electrónicos desde los años 80, la demanda de BFRs creció sustancialmente. De acuerdo con el *Bromine Science and Environmental Forum*, alrededor del 90% de las placas de circuitos eléctricos contienen BFRs (BSEF, 2000), y considerando el creciente número de equipos eléctricos en vida diaria de cualquier persona, se puede deducir la creciente necesidad de BFRs en el Mundo. La Figura 2 muestra la evolución en la demanda global de BFRs desde 1992 al 2004.

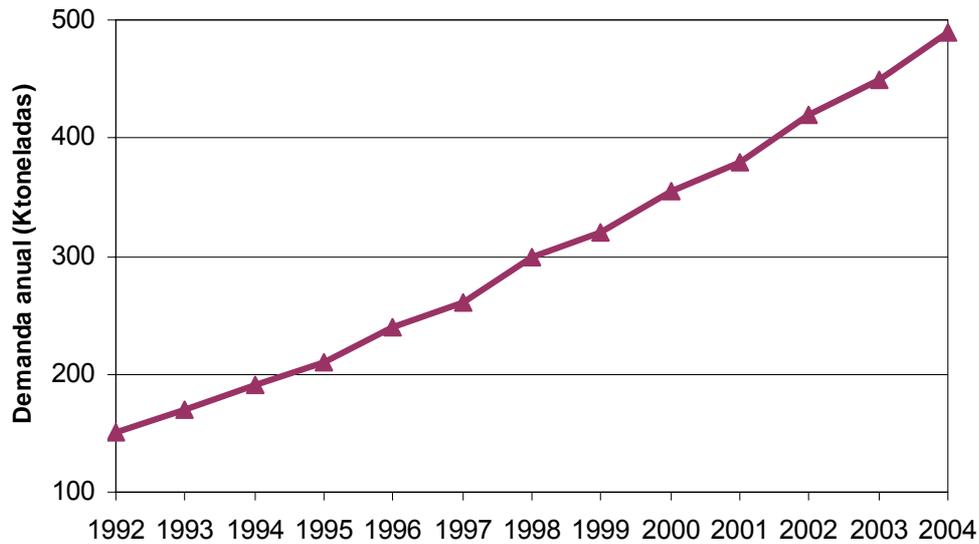


Figura 2: Evolución de la demanda global de BFRs. (Fuente: RIKZ, 2000)

Si bien los retardantes de llama pueden salvar vidas y prevenir daños materiales, existe una creciente preocupación sobre sus impactos medioambientales y efectos sobre la salud. Algunos de ellos ya han sido probados como perjudiciales para el medio ambiente o los seres humanos, y se ha cesado su producción. El caso más conocido es la contaminación accidental de comida de animales con una mezcla comercial de bifenilos policromados (PBBs) en Michigan (Estados Unidos) a principios de los años 70, que resultó en pérdidas de ganado e impactos a largo plazo en la salud de la población local. Tras este incidente, Norte América suspendió la producción de esta familia de químicos en 1979, y el último fabricante europeo cesó su producción en el año 2000 (Janssen, 2005).

A nivel mundial, existen actualmente tres clases de BFRs producidas en grandes volúmenes: polibromodifeniléteres (PBDE), tetrabromobisfenol A (TBBPA), y hexabromociclododecano (HBCD). La demanda mundial total para estas familias de químicos en el año 2001 fue de 203.740 toneladas métricas (BSEF, 2001), si bien hay importantes diferencias regionales. Como puede observarse en la Tabla 2, dos BFRs, TBBPA y Deca-BDE, suponían ya en el año 2001 el 87% de la demanda del mercado, mientras el HBCD representaba el 8%, y otras dos mezclas comerciales de PBDEs contribuían con el 6%. Es importante remarcar que las formulaciones comerciales de PBDEs no consisten en un único compuesto, sino en una mezcla denominada en función del congénere predominante del grupo.

Tabla 2: Demanda total de retardantes de llama bromados (toneladas métricas, 2001)

	Europa	América	Asia	Otros	Total
TBBPA	11.600	18.000	89.400	600	119.600 (59%)
Deca-BDE	7.600	24.500	23.000	1.050	56.150 (28%)
HBCD	9.500	2.800	3.900	500	16.700 (8%)
Penta-BDE	150	7.100	150	100	7.500 (4%)
Octa-BDE	610	1.500	1.500	180	3.790 (2%)
Total	29.460 (14,5%)	53.900 (26,5%)	117.950 (57,9%)	2.430 (1,2%)	

Fuente: BSEF, 2001.

Considerando la distribución por región, Asia es notablemente el mayor consumidor de BFRs, con casi el 60% de la demanda total, seguida de América y Europa. Las diferencias son también importantes en función del tipo de BFR usado en cada región: mientras que Asia requiere prácticamente el 75% de las existencias de TBBPA, América consume la mayor cantidad de Deca-BDE (44%).

La Comisión OSPAR, en un informe del año 2001 (el mismo año que la fuente anterior del BSFE), hace referencia a que el TBBPA y el deca-BDE suponen el 50% de la producción total de BFRs a nivel mundial. El 50% restante está compuesto por un variado número de retardantes de llama bromados, como el octa-BDE y el penta-BDE (OSPAR Commission, 2001).

Si tenemos en cuenta la información facilitada en la Figura 2 y la Tabla 2, y el párrafo anterior, se evidencia que los datos disponibles referentes a la producción global de BFRs varía según la fuente de la que provenga. Sin embargo, independientemente de las diferencias en los datos, parece claro que el TBBPA y los PBDEs (principalmente deca-BDE, octa-BDE y penta-BDE) son los BFRs más utilizados hoy en día, seguidos por el HBCD. Por este motivo, el presente informe se centrará principalmente en esas tres familias de BFRs y sus congéneres más utilizados, si bien a lo largo de documento se realizarán referencias a otras familias debido principalmente a su importancia en el pasado.

3. Marco internacional

3.1 Marco legal

Un marco legal adecuado es la herramienta principal en la producción de químicos y la gestión de emisiones y al medio ambiente. Mediante la normativa, se especifican las medidas de gestión y control necesarias, con el objetivo de reducir los posibles efectos dañinos para los seres humanos y los ecosistemas naturales.

En referencia a los retardantes de llama bromados, la normativa específica es escasa, si bien algunos de los compuestos aparecen en los acuerdos legales internacionales y regionales.

Esta sección es una recopilación de la información disponible en referencia al estado de los BFRs a nivel internacional, desde una perspectiva tanto internacional como europeo. Un análisis más profundo de la situación en los países del mediterráneo se hará en los apartados finales del informe.

3.1.1 Internacional

3.1.1.1 *North Sea Conference (Conferencia del Mar del Norte)*

Seas at Risk es la asociación Europea de organizaciones no gubernamentales medioambientales trabajando para proteger y restaurar la salud de los ecosistemas marinos de los grandes mares europeos, y el área Este del Atlántico Norte. La Conferencia del Mar del Norte fue el objetivo inicial de esta asociación, y sigue siendo una de sus actividades principales. El encuentro más reciente se llevó a cabo en Gotemburgo, en el año 2006, y se centró en la pesca y el transporte marítimo, dos de las principales amenazas para el medio ambiente del Mar del Norte. A pesar de que sus miembros son ONGs Europeas, se ha incluido en esta sección porque sus decisiones y acuerdos tienen un alcance internacional.

En sus comienzos, *Seas At Risk* trabajaba como agente externo a la Conferencia (en la de Londres en 1987 y La Haya, en 1990), pero se convirtieron en un "Observador acreditado" para el encuentro interministerial de Copenhague en 1993. Con este cargo, pasó a desempeñar un papel importante en los encuentros interministeriales de la Conferencia del Mar del Norte que se llevaron a cabo en Esbjerg en 1995, Bergen en 1997 y 2002, y en Gotemburgo en 2006.

Los Ministros de Medio Ambiente decidieron en la Conferencia de 1995, mediante la denominada Declaración de Esbjerg, **empezar las acciones necesarias para sustituir los retardantes de llama bromados por productos menos peligrosos** (RIKZ, 2000).

3.1.1.2 Comisión OSPAR

La Comisión OSPAR para la Protección del Medio Marino del Este del Atlántico Norte es responsable de gestionar el trabajo derivado como consecuencia de la Convención OSPAR de 1992. La Comisión está formada por los gobiernos de 15 Partes Contratantes y la Comisión Europea.

El principal objetivo de la Comisión OSPAR es la reducción y eliminación de la contaminación marina, pero también trabajan en la protección de las especies y hábitats marinos. La Comisión tiene estrategias para la protección y la conservación de la biodiversidad marina y sus ecosistemas, la eutrofización, sustancias peligrosas, la industria del gas y el petróleo situada en el mar, y las sustancias radioactivas, así como una estrategia de monitorización y evaluación del medio marino.

El trabajo de la Comisión OSPAR se organiza bajo seis estrategias, aplicando un enfoque de ecosistema para elaborar las Declaraciones Ministeriales y los Comunicados hechos para la adopción de la Convención y los subsecuentes reuniones Ministeriales de la Comisión OSPAR. Para cada estrategia, se diseña e implementa anualmente un programa de trabajo.

Los retardantes de llama bromados han sido tomados en consideración por la Comisión desde 1990, mediante los estudios en emisiones difusas (conocidos como DIFFCHEM, de sus siglas en inglés). En 1994, Suecia recomendó a la Comisión OSPAR la retirada paulatina de la producción de penta-BDE y deca-BDE, pero no fue aprobado por los estados miembros. Tras varias propuestas, **en 1999, los BFRs fueron incluidos en la lista de sustancias altamente preocupantes.**

El Programa Coordinado de Vigilancia Ambiental de la Comisión OSPAR (CEMP) se enfoca en la vigilancia de las concentraciones y efectos de ciertos contaminantes en el medio marino, tales como los retardantes de llama bromados en seres vivos y sedimentos, entre otros (OSPAR Commission, 2009).

3.1.1.3 Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (Naciones Unidas)

En la sección 4 de este informe, las propiedades toxicológicas de los BFRs serán analizadas con detalle. De acuerdo con sus propiedades químicas, se ha demostrado que algunos BFRs son persistentes y bioacumulativos.

El Convenio de las Naciones Unidas sobre Compuestos Orgánicos Persistentes (Convenio de Estocolmo), es un tratado global cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente de los productos químicos que permanecen en el medio durante períodos largos, que están geográficamente distribuidos a gran escala, y que son susceptibles de acumularse en los tejidos adiposos de los humanos y la fauna salvaje.

Los productos químicos incluidos en los Anexos A o B del Convenio de Estocolmo, están sujetos a eliminación o restricción por los países firmantes. El Anexo C del texto del convenio se refiere a las emisiones unilaterales de químicos (principalmente dioxinas y furanos).

Cualquier Parte está autorizada a enviar una propuesta al Secretariado para incluir un nuevo químico en los Anexos del Convenio. Esta propuesta se remite al Comité de Revisión de COPs (POPRC³), y si se cumplen los criterios necesarios, el Secretariado invita a las Partes y observadores a proveer información técnica, con la cual el POPRC desarrolla un Perfil de Riesgos (*Risk Profile*). Si a raíz de dicho documento el POPRC decide que la propuesta debe seguir adelante, el Secretariado invita a todos los estados Parte y observadores a proporcionar comentarios de índole técnica e información socio-económica para que el POPRC pueda desarrollar un nuevo documento conocido como Evaluación de Gestión de Riesgos (*Risk Management Evaluation*). Tras este proceso, la Conferencia de las Partes decide si incluir el químico propuesto en los anexos, y especifica las medidas de control requeridas para el mismo.

Durante las últimas décadas, varios Miembros han realizado recomendaciones en relación a diferentes retardantes de llama bromados al Convenio de Estocolmo. La Tabla 3 muestra el estado de los BFRs que han sido propuestos al Secretariado para ser incluidos en los anexos del Convenio, y que estaban en evaluación con anterioridad al cuarto encuentro de la Conferencia de las Partes (COP4) que tuvo lugar en mayo del 2009.

³ Del inglés *POPs Review Committee*.

Tabla 3: Resumen del estado de los BFRs bajo el Convenio de Estocolmo

Producto químico	Parte que lo propuso	Año	Estado
Hexabromobifenilo (HBB)	Comunidad Europea	2005	Terminada la Evaluación de Gestión de Riesgos.
Hexabromociclododecano (HBCDD)	Noruega	2008	Propuesta realizada al POPRC.
Octabromodifenil éter (Octa-BDE)	Comunidad Europea	2006	Terminada la Evaluación de Gestión de Riesgos.
Pentabromodifenil éter (Penta-BDE)	Noruega	2005	Terminada la Evaluación de Gestión de Riesgos.

En la COP4, el **Anexo A del Convenio ha sido modificado con la inclusión de los siguientes BFRs** (UNEP, 2009):

- **HBB:** ha sido incluido en el anexo sin excepciones para su producción o uso.
- **Tetra-BDE, penta-BDE, hexa-BDE, hepta-BDE:** han sido incluidos con una excepción específica para aquellos artículos destinados a reciclado, o para el uso y disposición de artículos fabricados a partir de materiales reciclados que contienen dichos compuestos, siempre y cuando se cumplan las condiciones específicas que figuran en la parte IV del Anexo A.

De acuerdo con esta modificación, cada Parte deberá prohibir y tomar las acciones legales y administrativas necesarias para eliminar la producción, uso, exportación e importación de HBB, y deberá establecer medidas de control para asegurar que solamente los usos permitidos por las excepciones se dan lugar en su territorio.

Si consideramos la demanda mundial actual de BFRs descrita en la Tabla 2, tan sólo uno de los BFRs más utilizados, esto es, penta-BDE, ha sido incluido en la modificación del Anexo del Convenio de Estocolmo, y el HBCDD se encuentra en proceso de revisión por el POPRC. Sin embargo, tal y como se explicará más adelante en este informe, el octa-BDE que se comercializa actualmente contiene en su composición hasta un 60% de hexa- y hepta-BDE, por lo que la inclusión de estas dos sustancias implica, *de facto*, la inclusión del octa-BDE.

Las Partes están obligadas a actualizar sus Planes de Implementación Nacional de acuerdo a la modificación del Anexo A del texto del Convenio, incorporando los mencionados productos químicos en su legislación nacional. De acuerdo con el párrafo 3(c) del Artículo 22 del Convenio, las modificaciones a los anexos entrarán en vigor al transcurso de un año de la fecha en la que la modificación tenga validez oficial. En este caso concreto, la modificación entrará en vigor el 26 de agosto de 2010 para todas las

Partes que no hayan enviado una notificación informando de la incapacidad de aceptar las modificaciones de los anexos. Por lo tanto, las Partes deberán tomar las medidas adecuadas para cumplir con los nuevos anexos del Convenio de Estocolmo con anterioridad a dicha fecha.

Esos nuevos químicos incluidos en los anexos del Convenio, deberán ser incluidos en el Plan de Vigilancia Global (*Global Monitoring Plan*), con el objetivo de evaluar las existencias en todas las regiones, e identificar cambios en las cantidades a lo largo del tiempo o proporcionar información sobre su transporte en el medio a nivel global o regional. Sin embargo, la manera de llevar a cabo esta incorporación, y los límites de tiempo para incluir dichos químicos en el plan de vigilancia no ha sido especificada.

3.1.1.4 Convenio de Róterdam (PIC)

El Convenio de Róterdam entró en vigor el 24 de febrero de 2004, con los siguientes objetivos:

- promover una responsabilidad compartida y esfuerzos de cooperación entre las Partes en el comercio internacional de ciertos productos químicos, con la finalidad de proteger la salud de los humanos y el medio ambiente de los daños potenciales;
- contribuir a una gestión ambientalmente adecuada de dichos químicos potencialmente peligrosos, facilitando el intercambio de información sobre sus características, estimulando un proceso de toma de decisiones a nivel nacional sobre las importaciones y exportaciones, y diseminando estas decisiones a las Partes.

La Convención crea obligaciones vinculantes para la implementación del procedimiento conocido como Consentimiento Previamente Informado (*Prior Informed Consent, PIC*). Incluye pesticidas que han sido prohibidos o severamente restringidos por razones de salud o medioambientales. Actualmente el Anexo III del Convenio incluye 39 productos químicos, que, en consecuencia, están sujetos al procedimiento PIC.

En la familia de los retardantes de llama bromados, los bifenilos policromados (PBBs) son los únicos BFRs incluidos en el Anexo III, desde 1993. Según ello, cualquier país Parte que pretenda exportar PBB ha de informar previamente al envío a la Parte importadora que dicha exportación tendrá lugar, y sólo podrá llevarse a cabo si la Parte importadora concede un permiso explícito a la Parte exportadora.

3.1.1.5 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

La OCDE es una de las instituciones internacionales con un mayor número de iniciativas relacionadas con los retardantes de llama bromados. En 1991, el Programa de Reducción del Riesgo llevó a cabo una investigación sobre estos compuestos. En 1994, publicaron un monográfico sobre el ciclo de vida ambiental y comercial de los BFRs (principalmente sobre sustancias añadidas a fibras sintéticas y plásticos). Tras esta publicación los países Miembros de la OCDE y los fabricantes de dichas sustancias mantuvieron una serie de debates sobre las acciones posibles para reducir los riesgos. En 1995, los países Miembros de la OCDE se comprometieron a supervisar el Compromiso Voluntario de la Industria (VIC⁴) acordado por los fabricantes a nivel mundial de BFRs con el objetivo de tomar determinadas acciones encaminadas hacia la gestión del riesgo. En paralelo a este trabajo, la OCDE llevó a cabo una investigación de las prácticas de gestión de residuos en los países Miembros con respecto a los productos que contienen retardantes de llama bromados.

Los Documentos de Información de Riesgos/Peligros para cinco retardantes de llama bromados fueron actualizados en 2008, de acuerdo a la información facilitada por los estados miembros y ciertas organizaciones multinacionales. Dichos Documentos de Información son un resumen descriptivo del estado legal del penta-BDE, octa-BDE, deca-BDE, HBCDD y TBBPA en diferentes países y/o regiones. Un análisis individualizado por producto químico se hará en la sección 3.2 del presente informe, compilando la información más reciente disponible.

3.1.1.6 Protocolo sobre la Evaluación Ambiental Estratégica (Protocolo de Kiev)

El Protocolo de Kiev fue adoptado en una reunión extraordinaria de los estados Parte del Convenio sobre Evaluación de Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo, que tuvo lugar el 21 de mayo de 2003.

El Protocolo, una vez entre en vigor, requerirá a las Partes a evaluar las consecuencias ambientales de los borradores oficiales de los planes y programas previamente a su aprobación definitiva. La evaluación ambiental estratégica (EAE) es una herramienta fundamental para el desarrollo sostenible, ya que se realiza mucho antes que la evaluación de impacto ambiental en el proceso de decisión. El Protocolo también prevé una amplia participación pública en la toma de decisiones gubernamentales en numerosos sectores de desarrollo.

⁴ Del inglés *Voluntary Industry Commitment*.

Bajo el Protocolo de Kiev, todavía no ratificado, los PBDEs estarán sujetos a notificación para las emisiones al agua y suelo que excedan 1 Kg/año por planta.

BSEF opina que el reporte de emisiones es importante para en entendimiento y seguimiento de los niveles de emisión al medio ambiente. Sin embargo, considera que el límite de 1 Kg por planta industrial y año puede ser discriminante hacia los BFRs en comparación con los límites fijados para la emisión de otras sustancias.

3.1.1.7 Convenio sobre Contaminantes Atmosféricos Transfronterizos de Largo Alcance

La historia del Convenio sobre Contaminantes Transfronterizos de Largo Alcance (CLRTAP⁵) comienza en los años 60, cuando la comunidad científica demostró la relación entre las emisiones de azufre en la Europa continental y la acidificación de los lagos escandinavos. Tras la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano llevada a cabo en Estocolmo en 1972, varios estudios confirmaron la hipótesis de que los contaminantes atmosféricos podían viajar miles de kilómetros hasta su deposición en la superficie terrestre. Este descubrimiento implicaba que la cooperación a nivel internacional era necesaria para solucionar los problemas originados por este tipo de contaminantes.

En respuesta a estos problemas, una reunión de Alto Nivel sobre la protección del medio ambiente en el marco de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE⁶) se llevó a cabo a nivel ministerial en noviembre de 1979 en Ginebra. Dicha reunión dio como resultado la firma del CLRTAP por 34 países y la Comunidad Europea (EC). El Convenio fue el primer instrumento internacional legalmente vinculante que trataba los problemas de la contaminación atmosférica en una base regional amplia.

El Convenio entró en vigor en 1983, y ha sido extendido por ocho protocolos específicos. Uno de ellos es el Protocolo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) de 1998, firmado por 29 estados Parte, que entró en vigor el 23 de octubre de 2003. Su objetivo último es eliminar cualquier descarga, emisión o pérdidas de COPs. **El Protocolo prohíbe la producción y uso de determinados productos, entre ellos el hexabromobifenilo**, que aparece en su Anexo A. Las disposiciones del Protocolo obligan a las Partes (actualmente 25) a eliminar paulatinamente la producción y uso del hexabromobifenilo.

⁵ Del inglés *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*.

⁶ Del inglés *United Nations Economic Commission for Europe*.

3.1.1.8 Convenio sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y su Eliminación (Convenio de Basilea)

El Convenio de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos y su Eliminación tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los efectos negativos de la generación, gestión y movimiento transfronterizo y eliminación de los residuos peligrosos y otros residuos. El Convenio de Basilea fue adoptado en 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992.

El Convenio de Basilea regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y otros residuos aplicando el principio de Informe Previamente Consentido (los envíos sin consentimiento específico son ilegales). Los envíos hacia países que no sean Partes, o que provengan de los mismos, están prohibidos si no existe un acuerdo específico. Se requiere a cada Parte, la introducción de una legislación nacional o doméstica para prevenir y penar el tráfico ilegal de residuos peligrosos y otros residuos. El tráfico ilegal es una actividad criminal.

El Convenio obliga a las Partes a asegurar que los residuos peligrosos y otros residuos son gestionados y eliminados de una manera ambientalmente correcta. Con este objetivo, se espera que las Partes lleven a cabo acciones para minimizar las cantidades de residuos que se mueven a través de sus fronteras, así como a tratar y eliminar los residuos lo más próximo posible al punto de generación y a prevenir o minimizar la generación de residuos en origen. Desde el momento de la generación de un residuo peligroso, ha de aplicarse un control estricto a su almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclado, recuperación y disposición final.

En relación a los retardantes de llama bromados, **los PBBs están incluidos en el Anexo I del texto del Convenio como “residuos que deben ser controlados”**, lo que significa que los las Partes firmantes están sujetas a todos y cada uno de los requerimientos del Convenio cuando realicen envíos de residuos que contengan esta sustancia.

Además, la lista A del **Anexo III del Convenio designa como peligrosos todos los residuos que contengan polibromobifenilos (PBBs), o cualquier otro polibromado análogo a estas sustancias, con una concentración igual o mayor a 50 mg/kg**, de acuerdo con el Artículo 1, párrafo 1(a).

3.1.1.9 Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos

El Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (SAICM⁷) fue adoptado por la Conferencia Internacional sobre la Gestión de Químicos (ICCM⁸) el 6 de febrero de 2006 en Dubai (Emiratos Árabes Unidos); SAICM es un marco político para promover la gestión adecuada de los productos químicos.

SAICM fue desarrollado por un Comité Preparatorio multisectorial y con múltiples agentes implicados, y supone el logro de la meta acordada en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible llevada a cabo en Johannesburgo en 2002, que aseguraba que, en el año 2020, los productos químicos serían producidos y utilizados en una forma que se minimizasen los impactos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana.

SAICM comprende tres textos básicos: la **Declaración de Dubai** (que expresa el acuerdo de ministros, jefes de delegación y representantes de la sociedad civil y el sector hacia el SAICM); la **Política de Estrategia Global** (que describe el alcance del SAICM, su necesidad y los objetivos para la reducción del riesgo, conocimiento e información, gobernabilidad, desarrollo de capacidades y cooperación técnica y tráfico internacional ilegal); y el **Plan de Acción Global** (que propone las áreas de trabajo y actividades para implementar el Enfoque Estratégico agrupado bajo temas como la reducción del riesgo, conocimiento e información, gobernabilidad, desarrollo de capacidades y cooperación técnica y tráfico internacional ilegal)

SAICM es un acuerdo voluntario, por lo que este texto no incluye acciones concretas a tomar respecto a los productos químicos. Sin embargo, existen diversos documentos relacionados con los problemas emergentes que deberían ser tenidos en cuenta para el desarrollo de nuevas políticas sobre químicos. La Política de Estrategia Global de SAICM establece en los párrafos 24 y 25, las funciones y agenda de la Conferencia Internacional sobre la Gestión de Químicos. Como resultado de la segunda sesión de la ICCM llevada a cabo en Ginebra, Suiza el 11-15 de mayo de 2009 (ICCM2), la Resolución II/4 sobre asuntos con políticas emergentes, reconoce que **“el vertido de los productos eléctricos y electrónicos fuera de uso, y los que están cercanos a ser fuera de uso son una preocupación creciente en los países en vías de desarrollo, ya que resulta en el transporte transfronterizo de sus componentes peligrosos como metales pesados y retardantes de llama bromados”** (SAICM/ICCM.2/15, 2009). La Conferencia insta a las organizaciones participantes en el Programa Interinstitucional para la gestión adecuada de productos químicos, y a los Secretariados de los Convenios de Basilea y Estocolmo a organizar un taller de trabajo destinado a considerar desde un punto de vista de Ciclo de Vida los problemas relacionados con los productos eléctricos y electrónicos.

⁷ Del inglés *Strategic Approach to International Chemicals Management*.

⁸ Del inglés *International Conference on Chemicals Management*.

3.1.2 Europea

3.1.2.1 REACH

El Reglamento de la Comunidad Europea EC 1907/2006, sobre productos químicos y su uso seguro, versa sobre el Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas (REACH⁹). La nueva normativa entró en vigor el 1 de junio de 2007.

El REACH tiene como objetivo mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente mediante la identificación temprana de las propiedades intrínsecas de las sustancias químicas, incrementando simultáneamente la competitividad y capacidad de innovación de la industria química de la UE (European Commission, 2009).

Bajo esta nueva normativa, los productores, importadores y usuarios han de ser conscientes de que los químicos que estén bajo los requerimientos de REACH han de ser registrados antes de ser producidos, importados o puestos en el mercado en la UE.

Los productos químicos listados en el Inventario Europeo de Sustancias Químicas Existentes Comercialmente (EINECS¹⁰) están definidas como “en fase transitoria” según REACH, y fueron puestas en el mercado en la Comunidad Europea con anterioridad a septiembre de 1981. Esos químicos son considerados como “existentes”, y han de ser registrados bajo REACH, junto con los químicos producidos en los estados miembros, pero que no habían sido puestos en el mercado en los 15 años anteriores a la entrada en vigor de REACH.

Los BFRs que figuran en la lista EINECS son deca-BDE, HBCD, TBBPA y por lo tanto estos compuestos han de ser registrados. De acuerdo con el Panel de la Industria Europea de fabricantes de Retardantes de Llama (EBFRIP¹¹), las tres sustancias están actualmente en la fase de registro bajo REACH.

3.1.2.2 Directiva RoHS

La Directiva 2002/95/EC, sobre la restricción en el uso de ciertas sustancias peligrosas en los aparatos eléctricos y electrónicos, comúnmente conocida como la Directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS¹²), fue adoptada en febrero de 2003 por la

⁹ Del inglés *Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances*.

¹⁰ Del inglés *European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances*.

¹¹ Del inglés *European Brominated Flame Retardant Industry Panel*.

¹² Del inglés *Restriction of Hazardous Substances Directive*.

Unión Europea, y entró en vigor el 1 de julio de 2006, siendo requerida su aplicación para cada Estado Miembro.

La Directiva restringe el uso de seis sustancias en la producción de aparatos eléctricos y electrónicos en cantidades superiores a una cierta concentración por peso de material homogéneo.

Entre las sustancias afectadas por la Directiva RoHS, además del plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente, están incluidos dos BFRs: bifenilos policromados (PBB) y los difeniléteres policromados (PBDE). En el anexo de la directiva, se menciona también que la Comisión deberá, de modo prioritario, evaluar las aplicaciones del deca-BDE para establecer en el menor plazo posible si debería ser incluido en las restricciones.

La Comisión Europea está en la actualidad revisando la Directiva RoHS, y se espera que el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea consideren la propuesta en 2009 o 2010. **En la propuesta de modificación enviada en Diciembre de 2008¹³, el deca-BDE está exento de prohibición, de acuerdo a la evaluación de impactos realizada. Sin embargo, el mismo documento llama la atención sobre otro BFR, el hexabromociclododecano (HBCD), incluyéndolo entre las sustancias que deben ser consideradas para prohibirse, si de su uso se deriva un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente.**

3.1.2.3 Directiva RAEE

La Directiva 2002/96/EC, sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE¹⁴) entró en vigor en febrero del 2003, marcando una fecha límite para la transposición a las normativas nacionales en agosto del 2004.

La Directiva RAEE, tiene como objetivo prevenir los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y si esto no es posible, reciclarlos y recuperarlos para reducir su deposición final y los efectos negativos sobre el medio ambiente que conlleva, a través de un sistema de gestión adecuado.

Obliga a los Estados Miembros a asegurar la existencia de esquemas de recogida y tratamiento que fijen un umbral mínimo de recogida y a incrementar la recogida selectiva, haciendo a los productores responsables de la financiación de los RAEE. La Directiva, por tanto, facilita la existencia de mecanismos de mercado e incentivos económicos

¹³ COM(2008) 809 final

¹⁴ En inglés, WEEE: *Waste Electrical and Electronic Equipment*.

orientados hacia la recogida eficiente, tratamiento adecuado y el “diseño para el reciclado”.

La Directiva establece requisitos de recogida, y un objetivo mínimo de 4 kg por habitante y año de los RAEE provenientes de hogares particulares. En línea con la llamada jerarquía de residuos, se da preferencia a la reutilización de aparatos enteros frente a su gestión. Además, la Directiva establece objetivos mínimos combinados para la reutilización de componentes y objetivos mínimos de reciclado y recuperación.

La Directiva se basa en los principios de responsabilidad del productor y del que contamina paga, tal y como está consagrado e el Tratado. Los productores de aparatos utilizados en los hogares particulares son los responsables de facilitar la financiación requerida para la recogida, tratamiento, recuperación y deposición final de manera ambientalmente correcta de los RAEE depositados en los centros de recogida de residuos. Los productores de equipos utilizados por otros usuarios diferentes a los hogares particulares, son financieramente responsables del coste de la recogida, tratamiento, recuperación y gestión ambientalmente adecuada (European Commission, 2008).

El Anexo II de la Directiva **requiere la retirada de los plásticos que contengan retardantes de llama bromados y las placas de circuitos de los aparatos eléctricos y electrónicos como paso previo a su recuperación y reciclado.**

La Directiva está actualmente bajo proceso de revisión, y el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea considerarán la propuesta en octubre del 2009, si bien no se esperan cambios relacionados con los BFRs.

3.1.2.4 *Directiva Marco del Agua*

La Directiva Marco del Agua (2000/60/EC), entró en vigor en diciembre del año 2000. Establece un marco legal para proteger y restaurar la salud de las aguas a lo largo de Europa, y asegura su uso a largo plazo y sostenible. La directiva crea un nuevo enfoque basado en cuencas hídricas, y establece fechas límite específicas para los Estados Miembros para proteger los ecosistemas acuáticos. Comprende las láminas de agua superficiales interiores, aguas estacionales, aguas costeras y aguas subterráneas.

La Directiva identifica 33 productos químicos como sustancias prioritarias, y entre ellos, 13 están categorizados como *sustancias peligrosas prioritarias* debido a su persistencia,

potencial de bioacumulación y toxicidad. El octa-BDE y el deca-BDE se incluyen como sustancias que han de ser vigiladas, mientras que el penta-BDE se clasifica como sustancia prioritaria, lo que significa que cualquier emisión al medio acuático debe cesar antes del 2020.

3.2 Situación legal internacional de los BFRs

Esta sección incluye una descripción de la situación legal internacional de los BFRs utilizados más comúnmente. La información se presenta agrupada por familia de químicos, facilitando una descripción de la posibilidad de su uso en diferentes regiones o países.

3.2.1 TBBPA

Tetrabromobisfenol-A se utiliza mayoritariamente como retardante de llama reactivo en las placas de circuitos impresos y laminados. Se utiliza también como retardante de llama en carcasas de plásticos ABS (BSEF, 2009).

En los **Estados Unidos**, la Agencia de Protección Ambiental está llevando a cabo un programa llamado "Diseño para el Medio Ambiente" que incluye la llamada "*Printed Circuit Boards Flame Retardancy Partnership*" con el propósito de alcanzar un mejor entendimiento de los aspectos ambientales, de salud y seguridad de los retardantes comercialmente disponibles. La agrupación pretende desarrollar alternativas centrándose en consideraciones ambientales y de salud humana a través de una metodología de ciclo de vida (US EPA, 2009). Un borrador de informe ha sido recientemente publicado estableciendo el riesgo toxicológico del TBBPA, incluyendo prácticas de reciclado y disposición final. El TBBPA no está restringido actualmente en los Estados Unidos bajo ninguna legislación.

En la **Unión Europea**, el TBBPA ha sido sometido a un Análisis de Riesgo para la Salud y el Medio Ambiente de 8 años de duración, cuyas conclusiones se publicaron en junio de 2008. El análisis, y su Estrategia de Reducción del Riesgo no incluyeron ninguna restricción legal para el TBBPA. Concluye que este retardante de llama no presenta riesgos para la salud humana, y tampoco riesgos para el medio ambiente cuando es usado de manera reactiva. Sin embargo, se detectó un riesgo ambiental cuando fue usado como aditivo en una planta productiva europea, lo que se abordó solicitando medidas de reducción de emisiones.

El TBBPA no está restringido bajo la Directiva RoHS, ni siquiera en la revisión del texto propuesto en diciembre de 2008, a pesar de las propuestas de inclusión realizadas por países como Alemania, Suecia o Noruega en varias ocasiones.

La Directiva RAEE requiere que los plásticos que contengan TBBPA y placas de circuitos impresos mayores de 10cm² reciban un tratamiento separado de otros residuos procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos. De acuerdo con el BSEF, la retirada de los plásticos que contienen BFRs no tiene beneficios para la protección del medio ambiente o de la salud de las personas.

En junio de 2005, ciertos químicos fueron declarados como Químicos Existentes Prioritarios en **Australia**, siendo el TBBPA uno de ellos. Como consecuencia, esta sustancia está actualmente siendo evaluada por sus efectos potenciales en la salud humana y el medio ambiente por un organismo denominado Sistema Nacional de Evaluación y Notificación de Químicos Industriales. Información sobre cantidades y usos está siendo actualmente recopilada de los importadores y productores (OECD, 2008).

En el año 2007, **Noruega** realizó una propuesta para restringir el uso de 18 productos químicos, entre los que se incluía el retardante de llama TBBPA. Esta propuesta recibió una oposición general ya que se consideró que era precipitada al adelantarse a las conclusiones del análisis de riesgos de la UE. A la luz de esta reacción, la propuesta fue reducida a 10 sustancias, y el TBBPA se retiró de la lista.

El uso de TBBPA en **Asia** no está restringido bajo ninguna normativa. Por ejemplo, en Corea y China no ha sido incluido en lo que se conoce como la RoHS-Corea (Ley sobre el Reciclado de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y Vehículos) o en la llamada RoHS-China (Reglamento sobre Métodos de Gestión para Controlar la Contaminación causada por Productos Electrónicos de Información).

3.2.2 Deca-BDE

El uso del retardante de llama deca-BDE en los **Estados Unidos** se permite para todos los usos, y no tiene restricciones legales. En los últimos cuatro años, ha habido diferentes intentos de restringir su uso, pero ninguno ha tenido éxito. Hay, sin embargo, restricciones limitadas en los estados de Maine y Washington, que permiten los usos más comunes del deca-BDE, pero prohíbe ciertos usos potenciales (BSEF, 2009[2]). La Ley del Control de Sustancias Tóxicas excluye el deca-BDE de su alcance, aunque diferentes estudios están siendo llevados a cabo para evaluar los riesgos asociados al uso de esta sustancia bajo el programa conocido como Programa Voluntario de Evaluación de Productos Químicos en Niños (VCCEP¹⁵), financiado por industrias. En la actualización del Programa publicada en febrero del 2008, se concluye que a pesar de los posibles efectos negativos para la salud y el medio del deca-BDE, muchos de los estudios

¹⁵ Del inglés *Voluntary Children's Chemical Evaluation Program*.

llevados a cabo desde el 2002 tienen fallos de diseño, metodología, estadísticos, de calidad de datos o de análisis. Este informe asegura que a pesar de la discusión sobre la absorción o metabolismo del deca-BDE, esta sustancia produce mínimos efectos negativos, o incluso nulos (VCCEP, 2008).

Algunos de los Estados han tomado acciones unilaterales sobre los PBDEs, principalmente para el penta y octa-BDE. Por ejemplo, Washington prohíbe el deca-BDE en colchones desde enero del 2008, y pretende prohibir su uso en muebles tapizados y carcasas plásticas de televisión y ordenadores en enero del 2011, si se encuentra una alternativa viable (OECD, 2008).

El deca-BDE en la **Unión Europea** fue excluido de la Directiva RoHS en octubre del 2005, basándose en la evaluación de riesgos finalizada en el 2004. Sin embargo, la decisión fue revocada por la Corte Europea de Justicia en abril del 2008, como consecuencia del procedimiento legal iniciado en 2006 por el Parlamento Europeo y Dinamarca. Por lo tanto, desde julio del 2008, el deca-BDE no puede utilizarse en aparatos eléctricos y electrónicos, pero se permite su uso en otras aplicaciones (BSEF, 2009[2]).

La evaluación de riesgos de 10 años de duración concluyó en 2008 que no era necesario la implantación de medidas relacionadas con el deca-BDE, aunque más proyectos de investigación son necesarios en forma de programa de vigilancia, un programa de bio-vigilancia, y un estudio neurotoxicológico.

En **Australia**, el deca-BDE está también incluido en la lista de productos químicos declarados como Químicos Existentes Prioritarios, por lo que está actualmente siendo evaluado por sus efectos potenciales en la salud humana y el medio ambiente por el Sistema Nacional de Evaluación y Notificación de Químicos Industriales (OECD, 2008).

En **Canadá**, el deca-BDE aparece como tóxico en la Ley de Protección Ambiental Canadiense de 1999, y se prohíbe la producción de esta sustancia en el país. Sin embargo no hay restricciones específicas para su uso (BSEF, 2009[2]).

Desde el 1 de abril de 2008, **Noruega** introdujo la prohibición de producir, importar, exportar, vender y usar deca-BDE como sustancia individual, en preparados y en productos como el caucho celular, textiles y tapicerías (para cantidades mayores de 0,1% en peso de producto). El uso de esta sustancia en aparatos eléctricos y electrónicos ha sido prohibida en el país desde julio del 2006, incluyendo la prohibición de su uso en plásticos (SFT, 2008).

A pesar de que la Comisión Europea permite el uso de deca-BDE para todos los usos excepto para aparatos eléctricos y electrónicos, **Suecia** introdujo una prohibición parcial en enero del 2007. Incluía textiles, muebles y ciertos tipos de cables, y excluía los aparatos eléctricos y electrónicos, motivo por el cual la Comisión comenzó un procedimiento de incumplimiento contra Suecia (EBFRIP, 2009). En el año 2008, el gobierno sueco derogó la prohibición nacional para el uso de deca-BDE en textiles y mobiliario, ya que se consideró que la normativa sobre este tema debía ser abordada desde la perspectiva europea (KEMI, 2009). Un estudio de la Agencia Sueca de Productos Químicos presentado en abril del 2009, concluye que las sospechas sobre persistencia, bioacumulación y toxicidad para el desarrollo del deca-BDE habían sido fortalecidas, por lo que la Agencia permanecerá muy activa en la continuación de la Evaluación de Riesgos de la UE. Sin embargo, debido a la reducción en su uso, se espera que los niveles de exposición para los humanos y el medio ambiente se reduzcan paulatinamente, por lo que no se proponen más acciones de las ya existentes (KEMI, 2009[2]).

En **Asia**, el uso de deca-BDE no está restringido bajo ninguna normativa. La norma equivalente a la RoHS en China y Corea han excluido este BFR de la lista de sustancias restringidas para equipos eléctricos y electrónicos. En Japón, se requiere un seguimiento anual de los volúmenes anuales importados y usados de deca-BDE, que han de ser informados a la agencia de control gubernamental, junto con las descargas al medio ambiente (BSEF, 2009[2]).

3.2.3 HBCD

Un estudio toxicológico de la Academia Nacional de las Ciencias de **Estados Unidos** concluyó que el HBCD era uno de los retardantes de llama que podían ser usados en la tapicería de mobiliario. La Agencia de Protección del Medio Ambiente está llevando a cabo una evaluación de esta sustancia cuya finalización está prevista para el 2012.

En la **Unión Europea**, el HBCD ha estado sujeto a una evaluación de riesgo de 12 años de duración, con el objetivo de evaluar los peligros de esta sustancia para el medio ambiente y la salud humana. Este estudio se terminó en mayo del 2008, y no identificó ningún riesgo para los consumidores o incluso los trabajadores, siempre y cuando se apliquen las medidas estándares de higiene industrial. Sin embargo, se comprobó que según sus características químicas se puede clasificar como persistente, bioacumulativa y tóxica, por lo que los productores y los usuarios están implementando programas voluntarios para controlar y reducir las emisiones de HBCD al medio (BSEF, 2009[3]).

El HBCD ha sido incluido en la lista de sustancias altamente preocupantes bajo REACH, y ha sido recomendado para que su uso esté sujeto a Autorización. La Agencia Europea de Productos Químicos está preparando actualmente la lista definitiva de sustancias que requerirán este procedimiento.

En **Canadá**, se está llevando a cabo una evaluación de riesgo para el HBCD y se espera la publicación de un borrador definitivo en el 2009 (BSEF, 2009[3]).

En **Japón**, el HBCD está considerado como no biodegradable y altamente acumulativo, y está clasificado como sustancia con nivel de monitorización clase 1 por la Ley de Control de Sustancias Químicas, lo que implica la obligación de informar de las cantidades producidas, importadas y usadas anualmente. El Ministerio de Medio Ambiente japonés llevó a cabo un estudio sobre las concentraciones del HBCD en el aire, agua, sedimentos acuosos y seres vivos en el año 2003 (OECD, 2008; BSEF, 2009[3]).

3.2.4 Penta-BDE and Octa-BDE

En los **Estados Unidos**, el penta y el octa-BDE fueron sometidos a un análisis de riesgos bajo el Programa Voluntario de Evaluación de Productos Químicos en Niños, con la conclusión de que se necesitan más datos para poder obtener un análisis de riesgos completo. El único productor de estas dos sustancias en EEUU dejó de producirlas voluntariamente a finales del año 2004, tras lo cual la EPA promulgó una norma que requiere a los potenciales productores a obtener una aprobación específica para poder producir estos compuestos para cualquier tipo de uso. Como complemento a la regulación federal, ciertos han tomado medidas al respecto, prohibiendo la producción, procesado o distribución comercial de productos o partes de productos que contengan más de 0,1% de penta u octa-BDE (OECD, 2008).

La **Unión Europea** llevó a cabo un análisis de riesgo del penta y el octa-BDE, y a la vista de los riesgos ambientales identificados, decidió prohibir, desde agosto de 2004, la comercialización y uso de estas sustancias en concentraciones mayores al 0,1% (24ª enmienda de la Directiva de Comercialización y Uso, 76/769/EC).

Australia está llevando a cabo un análisis de riesgo completo del penta y el octa-BDE, pero basado en un informe de progreso para congéneres similares, decidió prohibir la importación y/o producción de dichos químicos desde marzo del 2007. Los productos o mezclas de productos que contengan estos dos BFRs no pueden ser producidos en Australia sin notificarlo previamente al Sistema Nacional de Evaluación y Notificación de Químicos Industriales. Las únicas excepciones son productos importados o producidos como estándares de laboratorio para determinaciones analíticas.

Tras realizar una evaluación del riesgo ecológico y para la salud humana de los PDBDEs, **Canadá** añadió el penta y el octa-BDE a la Lista de Sustancias Tóxicas. La producción de

estas dos sustancias está prohibida en el país, pero no su uso, venta u ofrecimiento de venta ni su importación.

3.2.5 PBB

Los bifenilos polibromados han sido ampliamente utilizados a nivel mundial, siendo uno de los primeros retardantes de llama distribuidos comercialmente. Entre los muchos compuestos que pertenecen a esta familia, el hexabromobifenilo (HBB) ha sido uno de más comúnmente utilizados durante muchos años.

En la actualidad, el uso de HBB está prohibido e la mayoría de los países mediante acuerdos internacionales referentes al uso y gestión de productos químicos, pero debido a su importancia en el pasado, se considera necesario añadir algunos comentarios respecto a esta sustancia.

En **Estados Unidos**, el único productor de HBB detuvo su producción en 1975. Sin embargo, continuó produciendo otros PBBs (octa y decabromobifenilo) hasta 1979, y para poder reiniciar la producción de cualquier PBB en los EEUU, es necesaria aprobación específica de la EPA (UNEP, 2007).

La producción de PBB en la **Unión Europea** continuó hasta el año 2000. En la fábrica de Atochem situada en Francia, el decabromobifenilo se produjo hasta ese mismo año, y de acuerdo a Darnerud, con el cese de la producción de deca-BB en Francia, ya no se produce PBB en ninguna parte del mundo (Darnerud, 2003).

En resumen, de acuerdo a la información disponible, **la producción y uso de hexabromobifenilo ha cesado en la mayoría, sino en todos los países**. Sin embargo, es posible que esta sustancia todavía se esté produciendo en algunos países en vías de desarrollo, o en países con economías en transición (UNEP, 2007).

4. Estado del arte de las propiedades toxicológicas

El objetivo principal de este informe es analizar la situación de los aspectos relacionados con los BFRs en el área del Mediterráneo, y se considera ajeno al alcance del mismo proporcionar una revisión en profundidad de sus propiedades toxicológicas. Sin embargo, es importante describir ciertos aspectos básicos para comprender completamente sus implicaciones e interacciones con el medio.

4.1 TBBPA

El TBBPA es un polvo cristalino blanco (o incoloro), que contiene un 50% de bromo. El punto de fusión es aproximadamente 180°C, y el punto de ebullición, 316°C. La presión de vapor es mucho menor de 1 mmHg a 20°C. El TBBPA tiene una baja solubilidad en agua (0,72mg/L), pero es muy soluble en metanol o acetona. El coeficiente de partición agua/octanol (log Pow) es 4,5 (WHO, 1995; Birnbaum, et. al., 2004).

La estructura química del TBBPA se muestra en la Figura 3

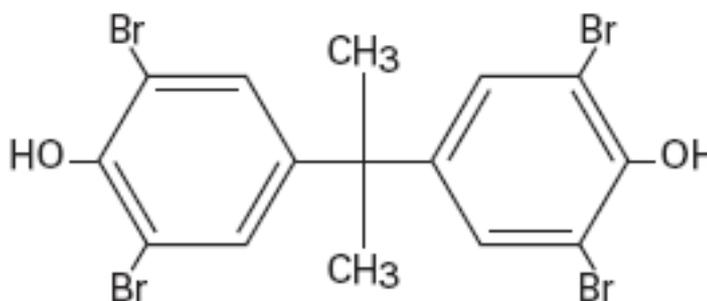


Figura 3: Estructura química de la molécula de TBBPA (Fuente: Janssen, 2005)

Diversos estudios han encontrado cantidades detectable de TBBPA en el aire en las cercanías de los sitios de producción, en suelo y sedimentos. Respecto a la presencia de este compuesto en la biota, los datos encontrados son muy limitados, lo que parece ser una consecuencia de su baja vida media en el aire, agua y sedimentos. Por lo tanto, el compuesto presenta poco potencial de bioacumulación. Sin embargo, en el año 2002 un estudio encontró niveles por encima del límite de detección de TBBPA en el suero de técnicos informáticos (Birnbaum, et. al., 2004; Janssen, 2005).

Se han llevado a cabo estudios sobre la tasa de biodegradación tanto en condiciones aerobias como anaerobias en distintos medios, con un resultado medio de 2 meses. Dependiendo del tipo de suelo, temperatura, humedad, y la composición del suelo,

aproximadamente 40-90% del TBBPA permanecía en el suelo tras 56-64 días. También está demostrada la sensibilidad a la luz de este compuesto, lo que resulta en una vida media por fotodegradación en agua que varía de 7 a 80 días, dependiendo de la estación del año. La vida media del TBBPA en peces es inferior a 1 día, y en ostras, menor de 5 días (WHO, 1995).

Respecto a su toxicidad, el TBBPA se absorbe en el tracto gastrointestinal y se acumula en el tejido adiposo, pero no parece causar efectos inmediatos por toxicidad aguda en dosis medias (Janssen, 2005). Estudios en roedores han indicado que el TBBPA no tiene una toxicidad aguda, debido a la alta LD_{50}^{16} en ratas y ratones, y el mismo resultado se obtuvo con niveles variables del compuesto en la dieta. No se han encontrado evidencias de mutagenicidad en estudios llevados a cabo en bacterias, aunque no hay evidencias de estudios carcinogénicos a largo plazo (WHO, 1995).

La mayor parte de los efectos adversos del TBBPA se han encontrado *in vitro*. Algunas de las preocupaciones más recientes están basadas en su potencial como disruptor endocrino, ya que su estructura es muy similar a la del bisfenol A, que es un conocido estrógeno ambiental débil. Se han encontrado resultados positivos *in vitro* (Birnbaum, *et. al.*, 2004), pero no hay suficientes estudios *in vivo* para asegurar esta característica tóxica del TBBPA, y por lo tanto, se necesitan más estudios para determinar si exposiciones a bajas dosis pueden tener una actividad estrogénica en los humanos u otras especies (Janssen, 2005).

Respecto a las rutas de exposición en humanos, no existen estudios sobre la incorporación mediante la dieta, pero diversos estudios han encontrado trazas de esta sustancia en muestras de polvo de interiores, y, si bien las fuentes de origen del polvo no se pudieron identificar, se puede asumir que provienen de alfombras tratadas, mobiliario, cableado, ordenadores y otros aparatos electrónicos. Debe resaltarse que estos estudios concluyeron la existencia de concentraciones de TBBPA en polvo de interiores 1 a 3 órdenes de magnitud (i.e. 10 a 1000 veces) más bajos que los encontrados de otros BFRs, como por ejemplo los PBDEs (Janssen, 2005).

Según las conclusiones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se considera insignificante el riesgo para la población general por exposición a productos realizados con polímeros que incorporan retardantes de llama. Sin embargo, existe un riesgo ocupacional en las operaciones de envasado o mezclado, que puede ser controlada mediante el uso de protecciones respiratorias o ventilación local. Respecto a su destino en el medio, un factor de bioconcentración relativamente alto parece equilibrarse rápidamente por excreción, por lo que este compuesto no aparece normalmente en muestras biológicas. Sin embargo, la OMS recomienda minimizar la exposición ambiental

al TBBPA tratando apropiadamente los efluentes y emisiones en las industrias que utilicen este compuesto, y mediante la gestión adecuada de los residuos (WHO, 1995).

4.2 Deca-BDE

Existen tres polibromodifeniléteres con propiedades retardantes de llama comercialmente disponibles, conocidos como penta-, octa- y decabromodifeniléter, pero cada uno de ellos es una mezcla de diversos BDEs con diferentes variaciones de bromación (European Communities, 2002). La composición típica de los productos comerciales es aproximadamente un 97% de deca-BDE y 0,3 a 3% de otros BDEs, como nonabromodifeniléter y pequeñas proporciones de octa-BDE y penta-BDE (WHO, 1994; Birnbaum, *et. al.*, 2004).

El deca-BDE es un polvo blanco cristalino y fino, con un punto de fusión aproximado de 300°C, con un punto de ebullición no apreciable y una presión de vapor de $4,63 \times 10^{-6}$ Pa a 21°C. Tiene una solubilidad muy baja en agua (20-30 µg/L) y una solubilidad en disolventes orgánicos que varía de 0,05% a 0,87%, i.e. una solubilidad limitada. El log Kow se calculó en 6,3 a 25°C (WHO, 1994).

La estructura química del deca-BDE se muestra en la Figura 4.

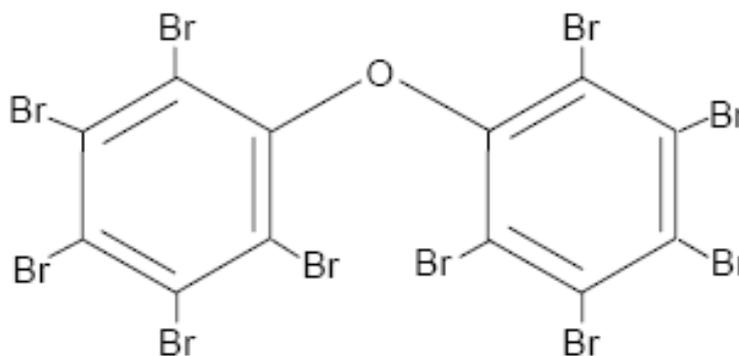


Figura 4: Estructura química de una molécula de deca-BDE (Fuente: *European Communities, 2002*)

Los PBDEs son compuestos muy estables, aunque diversos estudios han demostrado que cuando están disueltos en disolventes orgánicos, existe debromación en presencia de luz UV, y el deca-BDE se descompone en congéneres con un menor número de átomos de bromo (nona- a hexa-BDE), con una vida media menor de 15 minutos. La vida

¹⁶ Dosis letal para el 50% de los individuos.

media en arena, sedimentos y suelos es de 15, 100 y 200 horas respectivamente. La tasa de debromación depende del número de átomos de bromo, siendo menor para aquellos congéneres con mayor número de átomos (Birnbbaum, *et. al.*, 2004).

Respecto a las vías de exposición, un estudio informó de la ingesta por vía alimentaria de 97 ng/día en España, siendo la mayor parte de los congéneres con menor grado de bromación (tetra- y penta-BDE), que provienen principalmente de aceites, grasas, mariscos, carne y huevos (*ibid.*).

Los estudios toxicológicos son limitados, pero en general, las mezclas con menor bromación son más tóxicas que congéneres con mayor número de átomos de bromo, por lo que esencialmente, el deca-BDE no es tóxico para los vertebrados. A pesar de la baja toxicidad de esta sustancia para los organismos de aguas superficiales y predadores en posiciones altas de la cadena alimenticia, existen preocupaciones respecto a las aguas residuales, sedimentos y organismos edáficos. En los vertebrados, los estudios sobre la toxicidad deca-BDE se han realizado en ratas y ratones, y sólo con dosis muy altas de ingesta diaria se produjeron nódulos neoplásicos en el hígado tanto en ratas hembras como machos (*ibid.*). Estudios en animales con los productos comerciales han mostrado que la función endocrina se afectada en cierta medida, alterando el equilibrio hormonal de la tiroides, si bien el potencial del deca-BDE es mucho menor que el del resto de sus congéneres (Janssen, 2005; Birnbbaum, *et. al.*, 2004).

Se ha comprobado que las principales fuentes del deca-BDE hacia el medio ambiente son los centros de producción del compuesto, las fábricas de producción de polímeros durante su vida útil y eliminación, y en el proceso de fabricación, lavado y eliminación de textiles. En cuanto a las cantidades, las emisiones de vertederos o la incineración son el mayor contribuyente, seguido por los suelos de zonas industriales, las aguas superficiales, aguas residuales y el aire, el polvo o vapores.

Como conclusión, de acuerdo con el análisis de riesgo llevado a cabo por la UE, el riesgo de exposición vía aguas superficiales es bajo, y la exposición de organismos vía sedimentos parece ser mucho más relevante. No se han identificado riesgos por los procesos de tratamiento de aguas residuales o del compartimento terrestre, y no se esperan efectos negativos en la atmósfera por la producción y uso del deca-BDE. Sin embargo, la información disponible revela que se necesita más investigación y ensayos de toxicidad, especialmente en los depredadores de la parte alta de la cadena alimenticia (como en pájaros y huevos de pájaro) y mamíferos, o sobre la tasa de degradación bajo condiciones ambientales relevantes en un período de tiempo prolongado. Respecto a la salud humana, “no se necesita en el presente más información y/o ensayos, ni tampoco medidas de reducción más ambiciosas de las que ya se están aplicando” (European Communities, 2002).

4.3 HBCD

La estructura molecular del HBCD es más complicada que la de otros BFRs, y puede presentar diferentes diastereómeros conocidos como α -, β - y γ -HBCD, con una estereoquímica muy complicada, que todavía se está estudiando. El compuesto es un sólido inodoro y blanco, con un punto de fusión que varía de los 172-184 °C a los 201-205 °C, dependiendo del estado de cristalización. El punto de ebullición se sitúa a los 190°C, y el vapor de presión es 6.3×10^{-5} Pa a 21 °C. La solubilidad en agua es baja (66 $\mu\text{g/L}$), y por lo tanto se puede esperar que se acumule en los sedimentos. La solubilidad en solventes orgánicos varía de 33,9% en dimetil formaldehído a los 0,01 en isopentano. El Log Kow se calculó en 5.6 a 25 °C (Birnbbaum, *et. al.*, 2004; Janssen, 2005).

Una representación de la estructura química del HBCD se muestra en la Figura 5.

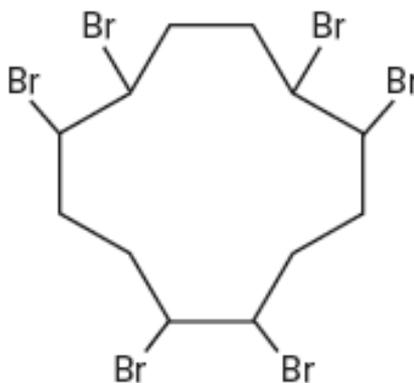


Figura 5: Estructura química de una molécula de HBCD (*Fuente: Janssen, 2005*)

Existen estudios que muestran la fuerte propensión del HBCD a acumularse, demostrada por un factor de bioconcentración de aproximadamente 18.000 en animales acuáticos. También es persistente, con una vida media de 3 días en el aire, y 2 a 25 días en medio acuoso. En estudios llevados a cabo en la fauna salvaje europea, se ha encontrado HBCD en peces, pájaros y mamíferos con concentraciones relativamente elevadas.

La ecotoxicidad del HBCD ha sido estudiada en muy limitadas ocasiones. En algas, los valores de concentración efectiva al 50% (EC_{50}) varían de los 9,3 $\mu\text{g/L}$ a los 0.37mg/L, lo que indica un potencial de toxicidad elevado. Sin embargo, estos valores son mayores que la solubilidad en agua del compuesto, lo que significa que los episodios de intoxicación de organismos acuáticos son poco frecuentes. Estudios en trucha arco iris han demostrado una LC_{50} de 2.5 $\mu\text{g/L}$, mientras que estudios en *daphnia* han demostrado una concentración de 3,1 $\mu\text{g/L}$ sin efecto en un ciclo de vida. Estudios de ingestión a través de la dieta muestran resultados contradictorios, que varían de 13 mg/kg/día como

mínima concentración con efectos adversos observables, a los 1.000 mg/kg/día como concentración sin efectos observables, dependiendo de la fuente. Sin embargo, una disminución en los niveles de la hormona T₄ fue comprobada con 100 mg/kg/día, lo que podría ser un indicador de que el compuesto puede tener efectos de alteración endocrina.

El HBCD no tiene efectos mutagénicos, según estudios llevados a cabo en levaduras y *Salmonella*. Investigaciones desarrolladas en el año 2002 con ratones neonatos tuvieron como resultado cambios espontáneos de comportamiento, aprendizaje y fallos de memoria. De hecho, el potencial del HBCD de causar alteraciones neuroconductuales se ha demostrado también en estudios *in vitro*. Respecto a estudios llevados a cabo en humanos, la información es muy limitada, y los informes disponibles muestran resultados contradictorios respecto a la sensibilización dérmica tras la exposición a telas tratadas con esta sustancia (Birnbaum, *et. al.*, 2004).

En informe de análisis de riesgo concluye que no se necesita más información o estudios para desarrollar nuevas medidas de reducción del riesgo para la mayoría de los compartimentos ambientales o vías de exposición, más allá de las que ya se están aplicando, pero hace especial mención a la necesidad de tener en cuenta las medidas que ya se están aplicando. La única preocupación es la contaminación secundaria de depredadores, debido al efecto de bioacumulación que podría resultar en efectos no predecibles a largo plazo (Swedish Chemicals Agency, 2008).

4.4 Penta-BDE

El penta-BDE disponible comercialmente no es una sustancia pura, sino una mezcla de congéneres, principalmente tetra-, penta- y hexa-BDE. El nombre solamente denota el componente principal de la mezcla, aunque no es posible proporcionar una composición real de la misma, ya que varía entre diferentes productores (European Communities, 2001; Birnbaum, *et. al.*, 2004).

El penta-BDE es un líquido viscoso a 20 °C, con un punto de fusión que varía entre -7 y -3 °C, y un punto de ebullición superior a 200 °C. La presión de vapor es baja, < 10⁻⁷ mmHg, y la solubilidad en agua es insignificante. Es, sin embargo, muy soluble en disolventes orgánicos, con un coeficiente de partición octanol/agua superior a 6 (European Communities, 2001; Birnbaum, *et. al.*, 2004).

Su estructura molecular se muestra en la Figura .

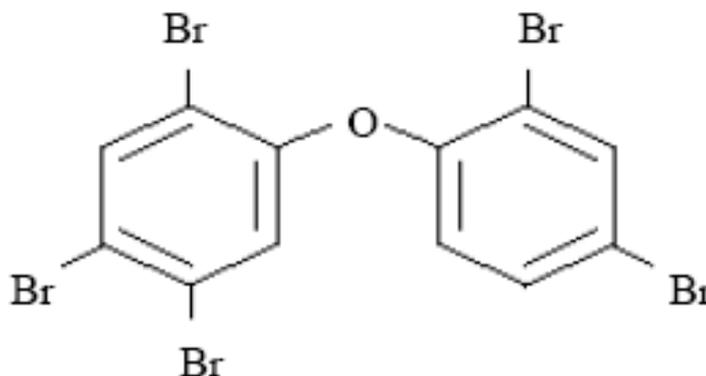


Figura 6: Estructura química de la molécula de penta-BDE (*Fuente: European Communities, 2001*)

Este compuesto químico es muy probablemente persistente y bioacumulativo, con un factor de bioconcentración por encima de 10.000 en carpas. Se ha generado una elevada preocupación en la gestión de residuos que contengan penta-BDE, ya que estudios de pirólisis con temperaturas entre 700-800 °C mostraron la formación de furanos y dioxinas, en presencia de oxígeno. En una atmósfera reductora, se formaron polibromobencenos, polibromofenoles y furanos.

El penta-BDE ha sido encontrado en la biota, sedimentos y muestras de lodos de depuradora en diferentes regiones del mundo, con valores que varían desde los 28 µg/kg peso seco en estuarios y ríos japoneses, hasta los 1,200 µg/kg encontrados en ciertas muestras de sedimento de ríos en Suecia. La vida media del penta-BDE tan sólo ha sido investigada en muestras de grasa perirrenal en ratas, con una media que varió de los 25 a los 47 días, dependiendo del sexo del animal y del tipo de isómero investigado.

Respecto a la captación procedente de las vías oral, pulmonar o dérmica, los datos existentes son muy reducidos, pero por analogía con otros contaminantes orgánicos persistentes, es muy probable que la absorción relativa varíe a concentraciones elevadas. Existe también una relación entre el grado de bromación y el nivel de absorción: el penta-BDE tiene una mayor probabilidad de ser absorbido que sus congéneres con más átomos de bromo (WHO, 1994).

La exposición en humanos ocurre principalmente para los trabajadores, durante la producción de espumas de poliuretano. Si bien el número de trabajadores no pudo establecerse mediante contactos con la industria, debido al uso tan extendido de espumas de poliuretano como retardantes de llama, la cantidad de trabajadores expuestos se estima en varios miles. La exposición a consumidores se considera insignificante, ya que no entran en contacto directo con las espumas de poliuretano. Sin embargo, existe exposición de la población general a través de rutas ambientales, como

la ingestión de alimentos (siendo el pescado el mayor contribuyente), el agua potable, el aire, etc. La exposición combinada ocupacional-ambiental se estima en 2.068 mg/kg/día (European Communities, 2001).

El estudio de análisis de riesgo llevado a cabo por la Unión Europea en el año 2001 concluye que se requiere más información en varios aspectos, como la exposición ocupacional, ambiental y combinada, o la exposición en bebés a través de la leche materna y de vaca. Sin embargo, la producción de penta-BDE ha sido interrumpida, si bien existe la probabilidad de que todavía existan en el mercado artículos que lo contengan. Considerando que esta sustancia desaparecerá del mercado cuando esos artículos alcancen el final de su vida útil, los mayores esfuerzos deberían hacerse en la gestión adecuada de los residuos que contengan penta-BDE, mientras que nuevos esfuerzos en investigación deberían hacerse en los BFRs que actualmente están en producción.

4.5 Octa-BDE

La etiqueta comercial octa-BDE designa una mezcla que contiene otras sustancias similares, principalmente congéneres que van desde el penta- al deca-BDE. La actual composición de la sustancia varía entre diferentes productores, y normalmente es confidencial. Sin embargo, en tests físico-químicos hechos durante varios años, se encontraron cantidades medias de 43% hepta-BDE, % octa-BDE, 10% hexa-BDE y 10% nona-BDE, siendo el resto hasta el 100% trazas de penta- y deca-BDE (European Communities, 2003).

El octa-BDE es un material blanquecino, que se presenta en polvo o en escamas, con un amplio punto de fusión, dependiendo de la composición de la mezcla, que varía de 70 a 257 °C, y un punto de ebullición muy elevado (la sustancia presenta una descomposición del 2% a 330 °C y 40% a 395 °C). La presión de vapor se ha estimado en 6.59×10^{-6} Pa a 21 °C. Su solubilidad en agua ha sido medida en 0.5 µg/L, y en disolventes orgánicos varía de los 2 g/L en etanol a los 250 g/L en estireno. El coeficiente de partición octanol/agua (log Kow) es 6,29 a 25 °C (European Communities, 2003; WHO, 1994).

La estructura molecular de esta sustancia se muestra en la Figura 6.

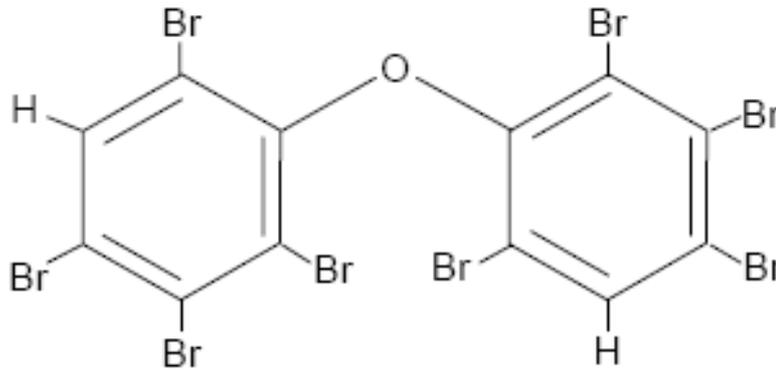


Figura 6: Estructura química de una molécula de octa-BDE (*Fuente: European Communities, 2003*)

Los datos disponibles sobre la persistencia del penta-BDE no son completos, pero existen evidencias que se degrada a PBDEs menos bromados bajo ciertas condiciones (Janssen, 2005). No se ha observado biodegradación aerobia de esta sustancia, pero diversos estudios confirman su degradación bajo condiciones anaerobias en lodos de depuración. Su vida media en la atmósfera se estima en 30 a 160 días. Sin embargo, el octa-BDE en la atmósfera se adsorbe fuertemente sobre las partículas en suspensión y es retirado por deposición húmeda o seca. El factor de bioconcentración desde el agua ha sido estudiado en carpas, con valores por debajo de 9,5 (UNEP, 2007). El factor de bioacumulación por exposición oral en peces de agua dulce varía entre 1 y 3 para el hexa- y el hepta-BDE (dos de las sustancias incluidas en la mezcla comercial del octa-BDE). La biomagnificación en la cadena alimenticia de esta sustancia no ha sido observada, pero sí que ha sido demostrada para el hexa- y el hepta-BDE. La absorción por vía oral o por inhalación ha sido demostrada con acumulación en el hígado, el tejido adiposo y en los pulmones. La absorción por vía dérmica en animales se estima en el 4,5%, pero no existen datos sobre los humanos. Tampoco existen datos sobre la tasa de eliminación o bioacumulación en humanos, pero debido a las características altamente lipofílicas del octa-BDE, se espera su acumulación en el tejido adiposo (European Communities, 2003). En resumen, la presencia de octa-BDE en la biota está bien documentada, pero su potencial de bioacumulación es más bajo de lo esperado según su coeficiente de partición Kow. Este hecho podría estar justificado por una reducción en la disponibilidad o por un metabolismo bajo (UNEP, 2007).

La exposición potencial de animales y humanos a esta sustancia procede de diversas fuentes. Se han encontrado concentraciones medibles en la atmósfera de Estados Unidos, Suecia, Corea, India y otros países a nivel mundial, con niveles que varían desde 0.2 a 8.3 pg/m³. En el agua no se han reportado niveles cuantificables de octa-BDE, pero

sí de congéneres con menor grado de bromación. En un estudio en el Reino Unido del año 1999, se encontraron concentraciones en sedimentos que variaban de 0.44 a 3030 µg/kg, y varios estudios muestran resultados similares en otros países. Concentraciones variables de octa-BDE también han sido encontradas en suelos, efluentes líquidos residuales y fangos de depuración ya tratados (UNEP, 2007).

Se ha informado de la existencia de una exposición real en trabajadores, siendo las principales rutas la inhalación de polvo (aproximadamente 5 mg octa-BDE/m³) y contacto dérmico (calculada en 0.54mg octa-BDE/kg/día). Los mayores niveles de exposición se supone que ocurren en el manejo de la sustancia seca, en el proceso de fabricación y mezclado. Un análisis de riesgo concreto sobre el riesgo para los consumidores no se ha llevado a cabo, pero de acuerdo a la información dispersa localizada, parece ser insignificante (European Communities, 2003).

Los estudios de toxicidad son limitados, si bien la exposición por vía oral y respiratoria en animales de laboratorio ha dado como resultado un incremento del tamaño del hígado y de la glándula tiroideas, junto con una disminución en los niveles de las hormonas tiroideas (Janssen, 2005). Estudios de mutagenicidad en *Salmonella sp.* no obtuvo resultados positivos. Respecto a los posibles efectos carcinogénicos, no hay disponibles estudios crónicos en animales, pero el potencial de esta sustancia se puede anticipar por los estudios subcrónicos llevados a cabo (*ibid.*).

Existen varios estudios confirmando que bajo ciertas condiciones de combustión o pirólisis, el octa-BDE puede formar dibenzofuranos bromados y dibenzo-*p*-dioxinas bromadas. Por lo tanto, se considera altamente preocupante desde un punto de vista de seguridad para la salud y ambiental, la posible liberación de estas sustancias en los procesos de incineración y en fuegos accidentales de plásticos que contengan octa-BDE. La destrucción completa de octa-BDE y cualquier posible producto de descomposición ocurre a temperaturas de 800 °C y superiores durante un mínimo de 2 segundos (*ibid.*).

En conclusión, la estimación del potencial riesgo del octa-BDE comercial conlleva una elevada complejidad, ya que su composición varía entre las diferentes marcas comerciales. Existen estudios ecotoxicológicos y toxicológicos sin efectos observables incluso a concentraciones elevadas hasta niveles irreales. Sin embargo, estos estudios deberían considerarse con reservas, ya que podrían incluir errores de diseño. La razón de que se haga esta afirmación, es que existen evidencias probadas de que el hepta- y el hexa-BDE (componentes mayoritarios del octa-BDE comercial), probablemente pueden acarrear efectos adversos significativos para la salud humana y el medio ambiente (UNEP, 2007).

5. Alternativas a los BFRs actualmente utilizados

Los estándares de seguridad contra el fuego se han ido endureciendo a lo largo de las décadas pasadas. Con el crecimiento exponencial en el uso de aparatos eléctricos y electrónicos, y el crecimiento en el uso de telas sintéticas, grandes volúmenes de químicos retardantes de llama han sido agregados, con el objetivo de cumplir las normas de seguridad. Debido al amplio rango de aplicación de los plásticos y materiales sintéticos, los BFRs terminan en productos en los que no son necesarios, como espumas de las suelas de zapatos de atletismo, o en mandos de control de videojuegos. El exceso de confianza en los aditivos químicos ha llevado a una escasez en los esfuerzos para diseñar productos que cumplan con los estándares de protección contra el fuego sin la adición de productos químicos. Cambios en el diseño y materiales de los productos es una ruta viable para disminuir el uso de retardantes de llama. Para esos casos en los que el uso de materiales alternativos no es posible, existen actualmente en el mercado alternativas más seguras y más adecuadas que el uso de retardantes de llama halogenados (Janssen, 2005).

Algunos de las mejoras en los diseños para evitar el uso de productos químicos en aparatos electrónicos podría ser el desarrollo de componentes que generan temperaturas más bajas, o intentar separa los componentes generadores de calor de aquellos que sean inflamables, por ejemplo, mediante barreras metálicas. El uso de componentes de voltajes reducidos, o la sustitución de plásticos con materiales menos inflamables como metal, piel, cristal, polímeros pre-cerámicos, Kevlar o fibras naturales, son otras opciones para reducir las cantidades de BFRs que se necesitan a nivel mundial (Janssen, 2005).

Respecto a las alternativas comercialmente disponibles, la Agencia de Protección Ambiental de Dinamarca llevó a cabo un informe muy detallado publicado en el año 2000, y ya en aquella época existían numerosas alternativas.

Tabla 4. Alternativas a los BFRs

Nombre	Nº CAS	Información disponible
Fosfato de trifenilo	115-86-6	Bajo impacto en la salud, pero con toxicidad ambiental relativamente elevada.
Fosfato de tris(metilfenilo)	1330-78-5	Bajo impacto en la salud, pero con toxicidad ambiental relativamente elevada.
Bis(fosfato) de m-fenileno y tetrafenilo	57583-54-7	Poca información, no es posible concluir un patrón de efectos.
Fosfonato de dimetilo [3-[(hidroximetil)amino]-3-oxopropil]	20120-33-6	Muy pocos datos identificados. Toxicidad aguda medida en 13 mg/kg masa corporal en ratas y reportados efectos mutágenos. Letal para peces aproximadamente a 1 ml/l.

Nombre	Nº CAS	Información disponible
Hidróxido de aluminio	21645-51-2	Ciertos efectos tóxicos en mamíferos tras la exposición a dosis elevadas. Generalmente no tóxico en los tests disponibles, pero el ión-metal Al puede tener toxicidad aguda en peces y crustáceos a concentraciones menores a 1-10 mg/l.
Hidróxido de magnesio	1309-42-8	Ciertos efectos tóxicos en mamíferos tras la exposición a dosis elevadas. Generalmente no tóxico en los tests disponibles, pero el ión-metal Mg puede tener toxicidad aguda en peces y crustáceos a concentraciones de 65 mg/l.
Polifosfatos de amonio	68333-79-9	Información no disponible
Fósforo rojo	7723-14-0	Estudios no concluyentes. El fósforo amarillo tiene una toxicidad aguda en humanos (1mg/kg), pero la forma alotrópica roja tiene menor toxicidad.
Borato de cinc	1332-07-6	Datos prácticamente no disponibles. Basado en la comparación con el borato de sodio y el ácido bórico, los posibles efectos en humanos son irritación de la piel, ojos y garganta, y daño en niños en gestación. En el medio ambiente, el ión zinc es muy tóxico para los crustáceos.
Melamina	108-78-1	Aparenta tener una toxicidad media en la ingesta por animales. No se ha mostrado evidencia de cancerogénesis. La melamina podría ser dañina para los crustáceos, pero los datos revisados de toxicidad mostraron baja toxicidad acuática. La bioacumulación es baja, y la persistencia se da en condiciones aerobias y anaerobias.
Trióxido de antimonio	1309-64-4	En la UE se clasifica como "tóxico (Xn)" y debe ser etiquetado con la frase de riesgo R-40. Hay estudios que demuestran que la sustancia es teratogénica, y su toxicidad en crustáceos o peces es muy baja.
Carbonato de quinidina	No disponible	No se han identificado datos sobre sus efectos sobre la salud o el medio ambiente. En comparación con la toxicidad del sulfato de quinidina, esta sustancia se supone perjudicial para los crustáceos, pero no para peces.

Fuente: Miljøstyrelsen, 2000

Respecto a las sustancias mencionadas, como ejemplo, un informe realizado por el gobierno alemán determinó que los retardantes de llama hidróxido de aluminio, polifosfato de amonio y fósforo rojo son menos problemáticos en el medio ambiente que los BFRs actualmente empleados (Leisewitz *et. al.*, 2001 in Janssen, 2005).

En un estudio realizado en el marco de la búsqueda de alternativas al penta-BDE en la fabricación de espumas, el fosfato de trifenilo usado como retardante de llama de en forma aditiva, demostró ser menos perjudicial para los humanos y el medio ambiente, con bajo riesgo de cáncer y sensibilización de la piel y menores daños a la reproducción, al desarrollo o neurológicos. La persistencia en el medio y su bioacumulación se encontró también que era baja, si bien con una toxicidad aguda y crónica elevada (US EPA, 2005).

El Comité de Revisión de Productos Químicos del Convenio de Estocolmo, tras su tercer encuentro, mantenido en Ginebra en noviembre de 2007, publicó un informe con las consideraciones sobre el borrador de la Evaluación de Gestión de Riesgos del penta-BDE. Este documento proporciona una lista con diferentes productos químicos alternativos para sustituir el penta-BDE como retardante de llama, y algunos materiales alternativos que reducirían la necesidad de utilizar esta sustancia (UNEP, 2007b).

Ensayos de sustitución de químicos de modo individual también han sido llevados a cabo. Por ejemplo, en el año 2006, la Agencia de Protección Medioambiental danesa evaluó la viabilidad de sustituir deca-BDE, y no pudo identificar ninguna aplicación de esta sustancia en aparatos eléctricos y electrónicos para la cual no existiesen alternativas técnicamente aceptables en el mercado (Danish EPA, 2006). Sin embargo, esta afirmación es contraria a la opinión de los fabricantes de BFRs, que han puntualizado de manera específica las dificultades de la sustitución del deca-BDE en varios tipos de plásticos, debido a la falta de alternativas evaluadas a largo plazo, que puedan proporcionar buenas propiedades ignífugas y mecánicas.

A pesar de esta discusión entre productores y la comunidad científica, la realidad es que debido a la creciente preocupación por la seguridad para humanos y el medio de los BFRs, muchos productores están reduciendo la utilización de estas sustancias. Tanto si es debido a razones publicitarias como bajo el alcance de políticas de Responsabilidad Social Corporativa, productores de ordenadores y equipos electrónicos como *Apple*, *Ericsson*, *IBM*, *Intel*, *Motorola*, *Panasonic*, *Phillips* y *Sony* están utilizando alternativas a los retardantes de llama halogenados. Fabricantes de muebles como *Ikea*, *Crate and Barrel* y *Eddie Bauer* están solicitando a sus proveedores espumas de poliuretano libres de PBDEs. Compañías como *Great Lake Chemical*, el mayor productor de BFRs en los Estados Unidos, acordó de modo voluntario finalizar la producción de penta- y octa-BDE. Por otro lado, iniciativas como el Programa de Acción para el Control Voluntario de Emisiones (VECAP¹⁷), iniciado por la asociación de fabricantes *Bromine Science and Environmental Forum* (BSEF), han nacido con la misión de incrementar el conocimiento sobre los BFRs, así como las emisiones procedentes del uso de BFRs (Janssen, 2005).

¹⁷ Del inglés *Voluntary Emissions Control Action Programme*

6. Estado de los BFRs en la región del Mediterráneo

Con el objetivo de recopilar la información necesaria para la elaboración de este estudio, se desarrolló un cuestionario y se envió a los Puntos Focales Nacionales en los países mediterráneos. Se solicitó a dichos Puntos Focales la distribución del cuestionario a los representantes gubernamentales competentes para completar los distintos bloques de información incluidos en el cuestionario.

De los 22 países comprendidos en los objetivos del estudio, tan sólo 7 Puntos Focales Nacionales han enviado el cuestionario relativo a la situación de los BFRs en su país: Croacia, Chipre, Israel, Libia, Mónaco, Serbia¹⁸ y Siria. Sin embargo, la información proporcionada por estos siete países es escasa.

En las siguientes secciones se analiza la información disponible para cada país, de acuerdo a la proporcionada en los cuestionarios.

6.1 Marco legal y de gestión

Se solicitó información sobre el marco legal y de gestión en lo referente a los retardantes de llama bromados en la región del Mediterráneo a los Puntos Focales Nacionales del Plan de Acción del Mediterráneo.

Se considera esencial tener un marco regulador adecuado bajo el que sea posible desarrollar medidas para realizar una estrategia de gestión adecuada respecto a los BFRs.

La información recopilada se presenta en los párrafos siguientes, y la Figura 7 proporciona una visión general sobre la existencia o ausencia de medidas de gestión en referencia a los BFRs.

¹⁸ El alcance del presente estudio incluye Serbia a pesar de que no pertenece al Plan de Acción del Mediterráneo, debido a que mostró un interés específico en participar. Además, el CAR/PL, como Centro Regional de la Convención de Estocolmo para el desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología, tiene la obligación de promover la transferencia de conocimientos entre los estados Parte.

6.1.2 Chipre

Chipre informa tener medidas para restringir la producción, importación, exportación y uso de BFRs. El HBB está regulado mediante el Reglamento 850/2004/EC del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre Compuestos Orgánicos Persistentes, de abril de 2004.

Existe una normativa específica en el país para el TDBPP¹⁹, bajo el Reglamento de Sustancias Peligrosas (P.I. 292/2002), relativa a la clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y preparados. Este producto químico no podrá ser utilizado en artículos textiles, tales como prendas de vestir, ropa interior y ropa de cama, destinados a entrar en contacto con la piel. El TBDPP no se ha incluido en el presente estudio, ya que no es uno de los BFRs comúnmente utilizados. Sin embargo, es importante remarcar que ciertos países ya están tomando medidas legales sobre sustancias que podrían ser alternativas de los más frecuentemente utilizados en la actualidad.

No se ha facilitado información sobre la existencia de medidas legales o administrativas relativas al penta-BDE, octa-BDE, deca-BDE, TBBPA o HBCD, pero dado que Chipre es un Estado Miembro de la Unión Europea, puede asumirse que los Reglamentos de la Comisión Europea son de aplicación en el país.

6.1.3 Israel

Israel no ha facilitado información sobre la existencia de medidas legales o administrativas para restringir la importación, exportación, producción o uso de BFRs.

6.1.4 Libia

De acuerdo con el cuestionario enviado por Libia, en este país no existen medidas para restringir la importación, exportación, producción y uso de los BFRs. La causa de esta falta de normativa al respecto, es la ausencia de un Plan de Acción relacionado con los retardantes de llama bromados. Por la misma razón, no existen estrategias para identificar o gestionar existencias de estas sustancias, residuos o productos que contengan BFRs.

6.1.5 Mónaco

El Principado de Mónaco informó de no tener medidas legales o administrativas sobre la producción, importación, exportación o uso de los BFRs, ya que este asunto “no es de aplicación en el país”.

6.1.6 Serbia

Medidas sobre la importación, exportación, producción y uso de los BFRs no existen en Serbia. Sin embargo, la siguiente información fue incluida en el cuestionario:

“En la legislación no existente no hay medidas especiales para restringir la importación, exportación producción y/o uso de BFRs. Una nueva Ley sobre Productos Químicos que se encuentra en el Parlamento y será aprobada en breve, establece unas obligaciones básicas necesarias para el establecimiento de restricciones relacionadas con los BFRs en la legislación secundaria, tal y como se establece en la legislación de la UE (Anexo XVII del Reglamento 1907/2006/CE – REACH). Del mismo modo, la nueva Ley sobre gestión de residuos, que se espera que sea aprobada en breve, está armonizada con la Directiva 2002/95/CE sobre la restricción y uso de ciertas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos o electrónicos.”

Serbia informa no tener desarrolladas estrategias para identificar existencias, productos y artículos, o residuos de BFRs o que los contengan. Una nueva ley sobre productos químicos que introducirá restricciones relativas a los BFRs está en desarrollo, junto con la normativa que transpone la legislación europea en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Sin embargo, con el objetivo de mejorar el desarrollo de medidas para estos productos químicos, solicitan asesoramiento y asistencia por parte de otros países, o de organizaciones supranacionales.

Respecto a la existencia de estrategias para identificar lugares contaminados por BFRs, no existen medidas al respecto en el país todavía, pero serán desarrolladas conjuntamente con las estrategias para la identificación de lugares industriales contaminados, y otros lugares contaminados.

6.1.7 Siria

Siria no ha facilitado información sobre la existencia de medidas legales o administrativas para restringir la importación, exportación, producción y/o uso de BFRs.

¹⁹ Tris (2-3-dibromopropyl) phosphate

No fueron notificadas medidas para reducir o eliminar vertidos procedentes de reservas o residuos, y no existen medidas para identificar existencias, productos o artículos y/o residuos que contengan BFRs. No se facilitó información sobre la existencia de medidas para gestionar almacenes de productos o residuos de forma ambientalmente correcta.

6.2.2 Chipre

De acuerdo con el cuestionario enviado por Chipre, nunca ha existido producción de BFRs en el país. Información sobre exportaciones o importaciones no fue facilitada.

6.2.3 Israel

No se facilitó información sobre la producción o exportación de BFRs por parte de Israel, pero a la pregunta de si el país ha importado dichos productos químicos, respondieron negativamente, especificando que “los retardantes de llama bromados se producen localmente en cantidades suficientes.”

6.2.4 Libia

Libia reportó no tener información sobre la producción, importación y exportación de BFRs.

6.2.5 Mónaco

Estrategias para identificar almacenamientos, productos, residuos o lugares contaminados con BFRs no han sido desarrolladas en el país, ya que este tema no es de aplicación en Mónaco.

Sin embargo, a través del cuestionario, Mónaco informó no haber producido, importado o exportado BFRs.

6.2.6 Serbia

Serbia informa no haber producido BFRs, y no existe información sobre la exportación de dichas sustancias. Pequeñas cantidades para uso en estudios de laboratorio han sido importadas, pero las cantidades reales se desconocen.

Respecto a los usos históricos y actuales de los BFRs, Serbia informa no tener información sobre usos pasados, pero investigaciones llevadas a cabo en el área de productos de lucha contra incendios mostraron que los productos que existen en el mercado no contienen dichas sustancias.

6.2.7 Siria

Siria no ha facilitado información en el cuestionario sobre la producción, exportación o importación de BFRs.

concienciación y educación, Croacia informa no haber desarrollado ninguna de ellas, ya que se han identificado otras prioridades, y existe una falta de capacidades técnicas o financieras.

A la pregunta sobre lo que se consideran aspectos emergentes relacionados con los BFRs, la principal preocupación es la falta de un plan de vigilancia que identifique productos y artículos actualmente en uso que contengan o estén contaminados con los retardantes de llama bromados que ya están regulados.

Se identifica como un reto principal tomar medidas en información pública, concienciación y educación referida a estos productos químicos.

6.3.2 Chipre

Chipre informa haber tomado medidas en referencia a información pública, concienciación y educación sobre BFRs mediante la web del Departamento de Inspección de Trabajo. Se publicó en la web información sobre el HBB y el TDBPP, accesible a la población general.

No se han desarrollado en el país programas sobre los efectos en humanos y el medio ambiente, o investigaciones para encontrar alternativas a los BFRs.

6.3.3 Israel

Israel no ha facilitado información sobre los estudios llevados a cabo en relación a los impactos del uso de BFRs sobre la salud humana y el medio ambiente, ni sobre la existencia de programas de investigación para encontrar alternativas, o en información pública, concienciación y educación.

6.3.4 Libia

Respecto a la existencia de programas para sustituir los BFRs, Libia informa carecer de medidas en este sentido, debido a la falta de un Plan de Acción.

Investigación en el tema de los BFRs, tales como estudios, análisis de riesgo y programas de vigilancia no han sido desarrollados en el país, debido a la falta de capacidad técnica y experiencias similares.

No se han promovido en Libia campañas dirigidas a elevar el grado de información, concienciación o educación de la población general.

6.3.5 Mónaco

Dado que el tema de los BFRs no es de aplicación en el país, de acuerdo con el cuestionario, no se ha promovido la investigación en alternativas a los BFRs en Mónaco, o en el desarrollo de estudios, análisis de riesgos o programas de vigilancia en este tema.

6.3.6 Serbia

De acuerdo con el cuestionario, no existen datos sobre la sustitución de retardantes de llama bromados en el país, o sobre estudios, análisis de riesgo o programas de vigilancia llevados a cabo en Serbia con el objetivo de identificar los efectos sobre la salud humana o el medio ambiente de los BFRs.

No hay disponibles medidas en información pública, concienciación o educación sobre BFRs en el país, y esta es una de las mayores dificultades o barreras encontradas por Serbia en este tema, junto con la falta de un inventario de reservas de BFRs y residuos, o la falta de una legislación general relacionada con estos compuestos.

Serbia considera como actividades principales la adopción de un nuevo marco normativo armonizado con la legislación de la UE, el desarrollo de un inventario de residuos y almacenes que contengan BFRs, y la implementación de medidas para incrementar la concienciación de la población sobre estos compuestos.

6.3.7 Siria

De acuerdo con el cuestionario, Siria no ha desarrollado medidas sobre la investigación de alternativas para evitar el uso de BFRs. Estudios, análisis de riesgos o planes de vigilancia en relación a estos compuestos no se han desarrollado en el país, ni tampoco medidas relacionadas con la información pública, concienciación y educación de la población general sobre retardantes de llama bromados.

7. Conclusiones

Una visión general del estado legal de los retardantes de llama bromados en la Región del Mediterráneo revela que los países mediterráneos europeos tienen un marco legal adecuado y en concordancia con la normativa internacional sobre BFRs. Sin embargo, en función de la información recopilada a través de los cuestionarios, los países mediterráneos que no pertenecen a la Unión Europea muestran tener un menor grado de conocimiento y estrategias menos desarrolladas sobre este tema, o incluso una ausencia total de normativa al respecto.

Sin embargo, es importante hacer constar que esta afirmación no debe tomarse como representativa de todos los países no europeos del mediterráneo, ya que incluso entre aquellos que han enviado el cuestionario solicitado, la información no es siempre lo suficientemente completa para llevar a cabo una evaluación precisa de la situación.

Entre aquellos países mediterráneos no pertenecientes a la UE-27, la percepción general es que la normativa europea está siendo tomada como referencia para desarrollar normativa nacional, basándose principalmente en las Directivas RoHS y RAEE.

Adicionalmente a la información obtenida a través de los cuestionarios, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en profundidad durante la elaboración de este informe, con el objetivo de desarrollar una visión global del asunto de los BFRs en el Mediterráneo. La información encontrada fue incompleta y diseminada, refiriéndose principalmente a estudios toxicológicos llevados a cabo en algunos de los países del Mediterráneo, o a normativa general a nivel europeo. Para los países no europeos, se encontró muy poca información. De este hecho, junto con el bajo éxito de respuesta obtenido en el asunto concreto de los BFRs a través de los cuestionarios, se puede deducir que el conocimiento general de este tema en la mayoría de países mediterráneos es muy limitado.

Respecto al impacto de los BFRs en el medio ambiente y en la salud humana, aunque a lo largo de los años se han realizado estudios toxicológicos y ecotoxicológicos, el estudio llevado a cabo durante la elaboración del presente informe revela la necesidad de un mayor grado de información, principalmente para aquellos BFRs que se han usado más recientemente, como sustitutos de las sustancias empleadas en la década de los 70. Se debe promocionar la realización de más estudios, centrándose en los efectos a largo plazo de la utilización de BFRs en los productos usados comúnmente por la población general, con el objetivo de evaluar los posibles riesgos ambientales y de salud asociados a su utilización.

La inclusión de los BFRs en los acuerdos internacionales referentes a la gestión de productos químicos es esencial. Debido a las propiedades químicas de estas sustancias (que favorecen su distribución alrededor del mundo), y el mercado globalizado existente en la actualidad, donde los productos son fabricados y transportados miles de kilómetros para llegar al usuario final, las acciones locales no serán suficientes para abordar el asunto de los BFRs. Últimamente se han realizado progresos en esta dirección con la incorporación de algunos de los BFRs en los anexos del Convenio de Estocolmo, durante el año 2009, pero se necesita trabajar más en este sentido para asegurar la seguridad para la salud y el medio ambiente de aquellos productos químicos que todavía se utilizan como retardantes de llama.

Alternativas a los retardantes de llama bromados han existido en el mercado desde hace años, y algunos productores ya han tomado medidas para reducir el uso de los compuestos halogenados. Aunque no se han localizado datos actualizados de la demanda global de BFRs, la tendencia existente muestra un incremento en el uso de dichos productos químicos.

8. Propuestas

El estudio revela la necesidad de realizar más estudios toxicológicos y ecotoxicológicos sobre los retardantes de llama bromados existentes, especialmente para aquellos BFRs que llevan menos tiempo siendo utilizados. Se deben desarrollar medidas políticas para abordar este asunto, orientadas a regular una gestión adecuada de estos productos químicos, y promover programas de investigación relacionados con los posibles impactos de las tendencias actuales de uso de BFRs.

Algunos de los países del Mediterráneo han informado de la falta de capacidad técnica y/o recursos económicos para invertir en programas de investigación sobre el asunto de los BFRs, o para promover el incremento de la concienciación en la población general. De acuerdo con esta información, parece existir la necesidad de actividades de desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología para incrementar la percepción de la importancia de este tema en los países en vías de desarrollo, con el soporte de aquellos países o regiones donde esta cuestión ha sido gestionada desde hace más tiempo.

Aquellos países con la capacidad técnica y financiera para hacerlo, deben reunir toda la información disponible sobre los usos, comercio y residuos de BFRs, con el objetivo de establecer estrategias futuras relativas a este asunto.

En este contexto, la transferencia de conocimientos entre países es esencial, así como con los diversos Secretariados de los Acuerdos Multilaterales Medioambientales (MEAs²⁰), para compartir información sobre alternativas a los BFRs, estudios, o proyectos de I+D que se estén llevando a cabo.

La existencia de mecanismos para la comunicación con los MEAs relativos a productos químicos debe ser promovida, asegurando la participación y envío de propuestas para la inclusión de los BFRs en las normativas internacionales sobre productos químicos.

Se deben hacer campañas para promover el conocimiento del tema de los BFRs destinadas a la población general, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. El consumidor, es decir, el usuario final de los productos que contienen los BFRs, debería tener la capacidad de elegir entre la variedad de productos disponibles en el mercado, y decidir si quiere evitar aquellos con químicos potencialmente peligrosos. Tales acciones pueden introducir cambios en la demanda de mercado, y podrían ser una herramienta importante para reducir las cantidades de BFRs liberadas al medio ambiente.

²⁰ Del inglés *Multilateral Environmental Agreements*.

Cambios en la demanda de mercado pueden promover que los productores inviertan en el desarrollo de productos que no requieran el uso de químicos piroretardantes, o en la búsqueda de alternativas más seguras.

En línea con el párrafo anterior, se deben promover medidas para sustituir los BFRs, ya que incluso las alternativas disponibles parecen tener efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana en cierta medida. La solución óptima sería alcanzada mediante cambios en el diseño de los productos para reducir la necesidad de productos químicos añadidos con el objetivo de cumplir los estándares de seguridad frente al fuego.

La información toxicológica y ecotoxicológica está disponible para los BFRs comúnmente utilizados, pero es reducida para aquellos que los están sustituyendo mediante las medidas voluntariamente implementadas por algunas compañías productoras. Se debe realizar un seguimiento muy cercano sobre dichas sustituciones, para intentar evitar problemas futuros con los productos químicos que se están empezando a utilizar en el presente.

9. Referencias

- Alaee, M., Arias, P., Sjodin, A., Bergman, A., 2003. *An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of release.*
- Birnbaum, Linda S.; Staskal, Daniele F., 2004. *Brominated Flame Retardants: Cause for Concern?* Environmental Health Perspectives, Volumen 12, número 1.
- BSEF²¹, 2000. *An Introduction to Brominated Flame Retardants.* Bruselas, Bélgica.
- BSEF, 2001. *Brominated Flame Retardants in consumer and commercial products.* Bruselas, Bélgica.
- BSEF, 2009. *TBBPA Fact Sheet. Edition January 2009.* Bruselas.
- BSEF, 2009[2]. *Deca-BDE Fact Sheet. Edition January 2009.* Bruselas.
- BSEF, 2009[3]. *HBCD Fact Sheet. Edition June 2009.* Bruselas.
- Danish EPA²², 2006. *Deca-BDE and Alternatives in Electrical and Electronic Equipment.* Carsten Lassen and Sven Havelund, COWI A/S, Dinamarca Andre Leisewits, Oeko-Recherche GmbH, Alemania, Peter Maxson, Concorde East/West Sprl, Bélgica, Agosto 2006.
- Darnerud, P.O, 2003. *Toxic effects of brominated flame retardants in man and in wildlife.* Environment International., Volumen 29, Número 6 P. 841-853.
- EPFRIP²³, 2009. Consultada en Junio de 2009 de <http://www.ebfrip.org/main-nav/european-regulatory-centre/national-regulations/sweden/>
- European Commission, 2008. *Questions and answers on the revised directive on waste electrical and electronic equipment (WEEE).* MEMO/08/764. Bruselas. Diciembre 2008. Consultado en <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/08/764> en Julio 2009.
- European Commission, 2009. *What is REACH?* Consultada en http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm en junio 2009.

²¹ *Bromine Science and Environmental Forum.*

²² *Danish Environmental Protection Agency.*

²³ *European Brominated Flame Retardant Industry Panel.*

- European Communities, 2001. *European Union Risk Assessment Report. Volume 5: DIPHENYL ETHER, PENTABROMO DERIVATIVE. EUR 20402 EN.* European Chemicals Bureau. Institute for Health and Consumer Protection. Luxemburgo. 2002.
- European Communities, 2002. *European Union Risk Assessment Report. Volume 17: BIS(PENTABROMOPHENYL)ETHER. EUR 19730 EN.* European Chemicals Bureau. Institute for Health and Consumer Protection. Luxemburgo. 2001.
- European Communities, 2003. *Union Risk Assessment Report. Volume 16: Diphenyl Ether, Octabromo derivate. EUR 20403 EN.* European Chemicals Bureau. Institute for Health and Consumer Protection. Luxemburgo. 2003.
- Hindersinn RR, 1990. *Historical aspects of polymer fire retardance.* En: Nelson GL, editor. *Fire and polymers hazard identification and prevention.* American Chemical Society Symposium Series, vol. 415. Nueva York: Sociedad Americana de Químicos; 1990.
- Janssen, S., 2005. *Brominated Flame Retardants: Rising Levels of Concern.* Health Care Without Harm.
- KEMI²⁴, 2009. *Kemi is still active in the EU investigation of deca-BDE.* Consultado en junio 2009 de http://www.kemi.se/templates/News_5645.aspx
- KEMI, 2009[2]. *DekaBDE-rapport från ett regeringsuppdrag.* Kemikalieinspektionen. Marzo 2009.
- Leisewitz A, Kruse H, Schramm E., 2001. *Substituting environmentally relevant flame retardants: Assessment fundamentals UBA-FB 0001.71/1.* Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Berlín. 2001.
- Miljøstyrelsen²⁵, 2000. *Alternatives to brominated flame retardants. Screening for environmental and health data.* Dinamarca. 2000.
- OECD²⁶, 2008. *Brominated Flame Retardants (BFRs): Hazard/Risk Information Sheets.* Consultado en junio 2009 de <http://www.oecd.org/dataoecd/3/6/42073463.pdf>
- OSPAR Commission, 2001. *Certain Brominated Flame Retardants – Polybrominated Diphenylethers, Polybrominated Biphenyls, Hexabromo Cyclododecane (2004 Update).*

²⁴ Kemikalieinspektionen (Swedish Chemical Agency).

²⁵ Danish Environmental Protection Agency

²⁶ Organisation for economic co-operation and development.

- OSPAR Commission, 2009. OSPAR Commission web site. Consultado en <http://www.ospar.org> en mayo 2009.
- RIKZ²⁷, 2000 & BKH Consulting Engineers. *Chemical Study on Brominated Flame-retardants*. RIKZ/2000.017.
- SAICM/ICCM.2/15, 2009. *Report of the International Conference on Chemicals Management on the work of its second session*. PNUMA. Mayo 2009. Ginebra.
- SFT²⁸, 2008. *Ban on deca-BDE. Publication n° 2401/2008*. Consultado en julio 2009 de <http://www.sft.no/publikasjoner/2401/ta2401.pdf>.
- Swedish Chemical Agency, 2008. *Risk Assessment: Hexabromocyclododecane. Final Draft*. Sundbyberg, Suecia.
- UNEP, 2006. *Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting. Addendum. Risk profile on Hexabromobiphenyl (UNEP-POPS-POPRC.2-17-Add.3)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Noviembre 2006. Ginebra.
- UNEP, 2007. *Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its third meeting. Addendum. Risk profile on commercial octabromodiphenyl ether (UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add.6)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Noviembre 2007. Ginebra.
- UNEP, 2007b. *Other information related to uses and data sources provided by the intersessional working group on commercial pentabromodiphenyl ether (UNEP/POPS/POPRC.3/INF/23)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Noviembre 2007. Ginebra.
- UNEP, 2009. *Advanced Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its fourth meeting (UNEP/POPS/COP.4/38)*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Conferencia de las Partes del Convenio de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes. Cuarto encuentro.
- US EPA²⁹, 2005. *Furniture Flame Retardancy Partnership: Environmental Profiles of Chemical Flame-Retardant Alternatives for Low-Density Polyurethane Foam (Volume 1)*.

²⁷ Rijksinstituut voor Kust en Zee (Instituto Nacional para la Gestión de la Costa y del Mar)

²⁸ Statens forurensningstilsyn (Autoridad Noruega de Control de la Contaminación).

²⁹ Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

US EPA, 2009. Página web del *Flame Retardants in Printed Circuit Boards Partnership*. Consultado de <http://www.epa.gov/dfe/pubs/projects/pcb/index.htm> en julio 2009.

USGS³⁰, 2008. *2007 Minerals Yearbook*. Departamento del Interior de los EEUU.

VCCEP³¹, 2008. *Update from the original VCCEP submission dated Dec 17, 2002 and the peer consultation meeting in April 2003. Decabromodiphenyl ether*.

WHO³², 1994. *Environmental Health Criteria n° 162: Brominated Diphenyl Ethers*. International Programme on Chemical Safety. Ginebra. 1994.

WHO, 1995. *Environmental Health Criteria n° 172: Tetrabromobisphenol A and derivates*. International Programme on Chemical Safety. Ginebra. 1995.

³⁰ *United States Geological Survey*

³¹ Programa Voluntario de Evaluación de Productos Químicos en Niños

³² Organización Mundial de la Salud.



Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)

Dr. Roux, 80 - 08017 Barcelona (Spain)
Tel.: + 34 93 553 87 90 - Fax: + 34 93 553 87 95
E-mail: cleanpro@cprac.org
<http://www.cprac.org>



Printed on 100% recycled, chlorine-free paper