

# Fortalecimiento del conocimiento trilateral en torno a los retardadores de flama de preocupación común y su aplicación en productos manufacturados

Análisis de la cadena de abasto de ciertas sustancias ignífugas contenidas en productos manufacturados de uso común en interiores

Informe de síntesis (fase I)

Diciembre de 2015



cec.org

Citar como:

CCA (2015), *Fortalecimiento del conocimiento trilateral en torno a los retardadores de flama de preocupación común y su aplicación en productos manufacturados: análisis de la cadena de abasto de ciertas sustancias ignífugas contenidas en productos manufacturados de uso común en interiores*, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 34 pp.

La presente publicación fue elaborada por el Eastern Research Group, Inc. (ERG) para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene es responsabilidad de los autores y no necesariamente refleja los puntos de vista de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción de este material sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso no tenga fines comerciales y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo "Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada", de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2015

ISBN: 978-2-89700-096-7

*Available in English* – ISBN: 978-2-89700-095-0

*Disponible en français* – ISBN: 978-2-89700-097-4

Depósito legal — Bibliothèque et Archives nationales du Québec, [2015]

Depósito legal — Library and Archives Canada, [2015]

#### Detalles de la publicación

*Categoría del documento:* informe de proyecto

*Fecha de publicación:* diciembre de 2015

*Idioma original:* inglés

*Procedimientos de revisión y aseguramiento de la calidad:*

*Revisión final de las Partes:* julio de 2015

QA256

*Proyecto:* Plan Operativo 2013-2014: *Fortalecimiento del conocimiento trilateral de las sustancias químicas en los productos en América del Norte*

Si desea más información sobre ésta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

#### Comisión para la Cooperación Ambiental

393 rue St-Jacques Ouest, bureau 200

Montreal (Quebec), Canadá, H2Y 1N9

t 514.350.4300 f 514.350.4314

info@cec.org / www.cec.org



## Índice

<b>Acrónimos, siglas y abreviaturas .....</b>	<b>v</b>
<b>Sinopsis .....</b>	<b>vii</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos del estudio .....</b>	<b>1</b>
<b>Resumen general.....</b>	<b>4</b>
<b>Identificación de los 16 retardadores de flama sujetos a estudio .....</b>	<b>5</b>
<b>Resultados más importantes .....</b>	<b>7</b>
Resumen de datos sobre producción e importación en América del Norte.....	8
Resumen del mercado asiático .....	10
Bienes intermedios y productos manufacturados que previsiblemente contienen retardadores de flama de interés .....	11
<b>Efectos derivados de la reglamentación y de las normas industriales .....</b>	<b>18</b>
Boletín Técnico 117 de California .....	18
REACH .....	19
<b>Fabricación de espuma de poliuretano en América del Norte: aportaciones de la industria.....</b>	<b>19</b>
<b>Uso de retardadores de flama en espuma flexible para muebles tapizados residenciales .....</b>	<b>20</b>
Tendencias.....	20
Importaciones .....	21
Fin de vida útil.....	21
Retardadores de flama encontrados en muebles tapizados viejos .....	22
<b>Análisis de lagunas en la información (factores que impiden la caracterización cabal de cada sustancia química).....</b>	<b>23</b>
Aspectos de confidencialidad .....	23
Mercado asiático fragmentado .....	23
Ausencia de sistemas de rastreo de sustancias químicas en Asia.....	24
Falta de especificidad en las bases de datos del comercio de América del Norte.....	24
Opciones de uso de retardadores de flama específicos en función de sus efectos en la calidad del producto.....	24
Opciones de uso de retardadores de flama específicos en función de normas basadas en el desempeño .....	25
<b>Bibliografía.....</b>	<b>26</b>

## **Lista de cuadros**

Cuadro 1. Cuarenta y seis retardadores de flama de interés común .....	2
Cuadro 2. Dieciséis retardadores de flama seleccionados para un estudio detallado .....	6
Cuadro 3. Retardadores de flama importados por México, 2009-2013 .....	8
Cuadro 4. Volúmenes de retardadores de flama producidos o importados por Estados Unidos, 2011 .....	9
Cuadro 5. Uso conocido o probable de retardadores de flama de interés seleccionados en bienes intermedios en América del Norte.....	12
Cuadro 6. Uso conocido o probable de retardadores de flama de interés seleccionados en América del Norte.....	13
Cuadro 7. Productos manufacturados que probablemente contengan retardadores de flama seleccionados.....	14
Cuadro 8. Concentraciones de retardadores de flama en las espumas de poliuretano contenidas en muebles tapizados viejos .....	22

## Acrónimos, siglas y abreviaturas

ABS	acrilonitrilo butadieno estireno (por sus siglas en inglés)
AHFA	Alianza de Muebles para el Hogar de Estados Unidos ( <i>American Home Furnishings Alliance</i> )
CAS	Chemical Abstracts Services [servicio de información sobre productos químicos]
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CDR	Registro de Datos sobre Sustancias Químicas ( <i>Chemical Data Reporting</i> ) de Estados Unidos
DBDPE	decabromodifenil etano (por sus siglas en inglés)
EPA	Agencia de Protección Ambiental ( <i>Environmental Protection Agency</i> ) de Estados Unidos)
EPF	espuma de poliuretano flexible
HBCD	hexabromociclododecano
HC	Health Canada (ministerio de Salud de Canadá)
HCCPD	hexaclorociclopentadieno
HIPS	poliestireno de alto impacto (del inglés: <i>high-impact polystyrene</i> )
IUR	Registro de Actualización de Inventarios ( <i>Inventory Update Reporting</i> ) de Estados Unidos [programa antecesor del CDR]
PentaBDE	pentabromodifenil éter
PIP	fenol, isopropilado, fosfato (3:1) (por sus siglas en inglés)
PVC	policloruro de vinilo (por sus siglas en inglés)
REACH	Marco reglamentario de gestión de las sustancias químicas de la Unión Europea: sistema integrado de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas (del inglés: <i>Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals</i> )
SMAP	sustancia de muy alta preocupación
t	tonelada
TB117	Boletín Técnico 117 de California ( <i>California Technical Bulletin 117</i> )
TBB	ácido 2,3,4,5-tetrabromobenzoico de 2-etilhexilo (por sus siglas en inglés)
TBE	1,1'-[1,2-etanodilbis(oxi)]bis[2,4,6-tribromobenceno] (por sus siglas en inglés)
TBEP	fosfato de tris(2-butoxietilo) (por sus siglas en inglés)
TBPH	tetrabromo ftalato de bis(2-etilhexilo) (por sus siglas en inglés)
TCEP	fosfato de tris(2-cloroetilo) (por sus siglas en inglés)
TCP	fosfato de tricresilo (por sus siglas en inglés)

TCPP	fosfato de tris(2-cloro-1-metiletilo) o fosfato de tris(1-cloro-2-propilo) (por sus siglas en inglés)
TDCPP	fosfato de tris [2-cloro-1-(clorometil)etilo] o fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo) (por sus siglas en inglés)
TEP	fosfato de trietilo (por sus siglas en inglés)
TPP	fosfato de trifenilo (por sus siglas en inglés)
TPU	termoplástico de poliuretano

## **Sinopsis**

Los retardadores de flama son compuestos químicos ignífugos; es decir, con propiedades para evitar o retardar la formación de flamas, por ejemplo, en productos de uso en interiores. Estos compuestos pueden reaccionar químicamente o unirse físicamente a elementos que forman parte de bienes manufacturados y que corren riesgo de propagar las flamas, como plásticos, textiles y revestimientos. El presente estudio evalúa la información disponible sobre 46 retardadores de flama de interés para la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte y presenta información del dominio público sobre la cadena de abasto de 16 sustancias ignífugas seleccionadas, incluidos datos disponibles sobre lo que motiva el empleo de estas sustancias en América del Norte y el mundo, su predominio en los respectivos mercados y la reglamentación en vigor que incide en su uso en productos manufacturados. El estudio también ahonda en la industria de espuma de poliuretano en la región: desde el uso de retardadores de flama en la fabricación de espuma de poliuretano hasta la incorporación de la espuma a bienes de uso comercial y de consumo, y el manejo de la espuma al final de su vida útil, en particular la contenida en muebles tapizados.

## Introducción

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) es una organización intergubernamental creada por Canadá, Estados Unidos y México en virtud del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN). La Comisión tiene el mandato de atender las preocupaciones ambientales de la región, ayudar a prevenir posibles conflictos derivados de la relación entre comercio y medio ambiente, e impulsar la aplicación efectiva de la legislación ambiental.

El Consejo de la CCA, órgano rector de la institución, aprobó el proyecto *Fortalecimiento del conocimiento trilateral de las sustancias químicas en los productos en América del Norte*, con atención específica en los nuevos retardadores de flama, como parte del Plan Operativo 2013-2014, ya que en América del Norte y en todo el mundo se reconoce que las sustancias químicas contenidas en los productos (retardadores de flama incluidos) pueden ejercer efectos adversos significativos en el medio ambiente y la salud humana. Los resultados se usarán para orientar y fundamentar futuras decisiones sobre manejo de riesgo; contribuir a la consecución del objetivo ambiental de largo plazo de reducir de manera importante los impactos negativos de las sustancias químicas de interés, y reducir la exposición de los habitantes de toda América del Norte a esas sustancias.

## Objetivos del estudio

La CCA y el equipo del proyecto (integrado por representantes de las entidades responsables del manejo de sustancias químicas de Canadá, Estados Unidos y México) integraron una lista inicial de 46 retardadores de flama de interés común, a fin de estudiarlos con más detalle para orientar futuras evaluaciones de riesgo (véase el cuadro 1).<sup>1</sup> Buscando lograr un proceso más eficaz, el equipo llevó a cabo una revisión preliminar de información de fácil acceso sobre cada sustancia química específica [esta revisión, resumida en el presente informe, constituye la fase 1 del proyecto] con objeto de identificar un subconjunto de sustancias para un estudio más detallado [en una segunda fase].

El presente estudio tuvo tres objetivos principales; el primero de ellos, doble: identificar los productos que contienen estos retardadores de flama y determinar la cantidad contenida en cada producto. Más en concreto, la meta fue identificar a los principales productores internacionales de las 46 sustancias químicas de interés y determinar su ubicación (sobre todo para caracterizar los mercados asiáticos), así como rastrear el movimiento de un subconjunto de 16 de los 46 compuestos ignífugos originalmente seleccionados a través de la cadena de abasto, desde su producción hasta los bienes finales específicos importados por América del Norte. Se trataba de identificar lo más específicamente posible los productos manufacturados para uso en interiores que contienen retardadores de flama, integrando para ello descripciones de los productos e información sobre usos, denominación comercial y proveedores de América del Norte. (Cabe señalar que las edificaciones comerciales se dejaron, explícitamente, fuera del alcance del estudio.)

El segundo objetivo esencial del estudio consistió en acercarse a representantes de la industria de espuma de poliuretano de América del Norte para obtener información y escuchar puntos de vista sobre usos actuales y futuros de los retardadores de flama en espuma (sobre todo la empleada en muebles tapizados para el hogar). La meta radicó en hablar con al menos tres fabricantes de espuma de poliuretano flexible, tres fabricantes de componentes de lado B de aislamiento de espuma de poliuretano rígido, tres de poliuretano rígido en spray y espuma aislante de poliisocianurato, y seis formuladores y procesadores del producto. Se trataba de identificar productos manufacturados de uso final específicos que contuvieran

---

<sup>1</sup> Este y otros cuadros del informe listan estas sustancias químicas por su número de registro único del servicio de información sobre productos químicos *Chemical Abstracts Service* (CAS), así como por sinónimos comunes y un número de referencia interno para facilitar las referencias cruzadas incluidas en otros apartados del informe.



retardadores de flama y fueran posibles candidatos para la realización de pruebas del producto en la segunda fase de este proyecto.

El tercer objetivo básico fue recopilar información sobre los actuales reglamentos y normas aplicables a los retardadores de flama que inciden en el empleo de dichas sustancias en diversas categorías de productos manufacturados.

Para la consecución de estos objetivos se hizo una recopilación de información pública sobre los mercados y datos no confidenciales de fuentes gubernamentales e industriales, complementados con datos básicos y observaciones de representantes de la industria a todo lo largo de la cadena de abasto.

**Cuadro 1. Cuarenta y seis retardadores de flama de interés común**

Número de referencia	Número CAS	Denominación química*
1	13674-84-5 <sup>a</sup> 6145-73-9 (mezcla de isómeros)	Fosfato de tris(2-cloro-1-metiletilo); fosfato de tris(1-cloro-2-propilo); 2-propanol, 1-cloro-, 2,2',2"-fosfato; 1-propanol, 2-cloro-, fosfato; TCPP
2	13674-87-8	Fosfato de tris [2-cloro-1-(clorometil)etilo]; fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo); 2-propanol, 1,3-dicloro-, fosfato (3:1); TDCPP
3	26040-51-7	Tetrabromo ftalato de bis(2-etilhexilo); ácido 1,2-benzenodicarboxílico, 3,4,5,6-tetrabromo-bis(2-etilhexilo) éster; TBPH
4	84852-53-9	Decabromodifenil etano; 1,1'-(etano-1,2-diil)bis(2,3,4,5,6-pentabromobenceno); 1,2-bis(pentabromofenil) etano; DBDPE
5	183658-27-7	Ácido 2,3,4,5-tetrabromobenzoico de 2-etilhexilo; 2-etilhexil 2,3,4,5-tetrabromo benzoato; 2,3,4,5-tetrabromobenzoato de 2-etilhexilo; TBB
6	77-47-4	Hexaclorociclopentadieno; 1,3-ciclopentadieno, 1,2,3,4,5,5-hexacloro-; HCCPD
7	78-40-0	Fosfato de trietilo; ácido fosfórico, éster trietilico; TEP
8	78-42-2	Fosfato de tris(2-etilhexilo); ácido fosfórico, éster tris(2-etilhexilo); TEHP
9	78-51-3	Fosfato de tris(2-butoxietilo); fosfato de tris(2-butoxietilo) (3:1); fosfato de tributoxietilo; etanol, 2-butoxi, 1,1', 1"-fosfato; fosfato de 2-butoxietanol (3:1); TBEP
10	108-78-1	1,3,5-Triazina-2,4,6-triamina; 2,4,6-triaminosimtriazina; melamina
11	298-07-7	Ácido fosfórico, bis(2-etilhexil) éster; hidrogenofosfato de bis(2-etilhexilo)
12	1330-78-5	Fosfato de tricresilo; ácido fosfórico, tris(metilfenil) éster; fosfato de tris(metilfenilo); TCP
13	3278-89-5	Éter de 2,4,6-tribromofenil alilo; ATE
14	13560-89-9	Bis(hexaclorociclopentadieno) ciclooctano; 1,6,7,8,9,14,15,16,17,17,18,18-dodecacloropentaciclo[12.2.1.1 <sup>6,9</sup> .0 <sup>2,13</sup> .0 <sup>5,10</sup> ]octadeca-7,15-dieno; 1,2,3,4,7,8,9,10,13,13,14,14-dodecacloro-1,4,4a,5,6,6a,7,10,10a,11,12,12a-dodecahidro-1,4:7,10-dimetanodibenzo[a,e]ciclooctano; declorano plus; DP

**Cuadro 1. Cuarenta y seis retardadores de flama de interés común**

Número de referencia	Número CAS	Denominación química*
15	25155-23-1	Fosfato de trixililo; fenol, dimetil-, fosfato (3:1)
16	26446-73-1	Fosfato de fenilo y bis(metilfenilo); ácido fosfórico, bis(metilfenil) fenil éster
17	29761-21-5	Fosfato de difenilo e isodecilo
18	32588-76-4	N,N'-etileno-bis(tetrabromoftalimida); 1,2-bis(tetrabromoftalimido) etano; ftalimida de etilen-1,2- bistetrabromo (BT-93); EBTBP
19	56803-37-3	Fosfato de tert-butilfenilo y difenilo; ácido fosfórico, (1,1-dimetil etil) fenil éster
20	68527-01-5	Alquenos, C12-30 $\alpha$ -, bromo cloro
21	68527-02-6	Alquenos, C12-24, cloro
22	68937-41-7	Fosfato isopropilado de fenol (3:1); fenol, isopropilado, fosfato (3:1); PIP
23	77098-07-8	Ácido 3,4,5,6-tetrabromo-1,2-bencenodicarboxílico mezclado con ésteres de dietilenglicol y propilenglicol; tetrabromo ftalato diol (TBDA diol)
24	20566-35-2	2-(2-hidroxietoxi)etilo 2-hidroxiopropil- 3,4,5,6-tetrabromobenceno dicarboxilato; 3,4,5,6-tetrabromo ftalato de 2-(2-hidroxietoxi)etilo y de 2-hidroxiopropilo
25	7415-86-3	Ftalato de bis(2,3-dibromopropilo); ácido 1,2-bencenodicarboxílico; ácido ftálico
26	115-96-8	Fosfato de tris(2-cloroetilo); tris(2-cloroetil) fosfato; TCEP
27	25637-99-4; 3194-55-6	Hexabromociclododecano (HBCD) y congéneres relacionados
28	3194-57-8	1,2,5,6-Tetrabromociclooctano
29	58965-66-5	1,2,4,5-Tetrabromo-3,6-bis(pentabromofenoxi)benceno; tetradecabromo-1,4-difenoxibenceno
30	61262-53-1	1,1'-[1,2-Etanodiilbis(oxi)]bis[2,3,4,5,6-pentabromobenceno]; 1,2-bis(2,3,4,5,6-pentabromofenoxi) etano
31	37853-59-1	1,1'-[1,2-Etanodiilbis(oxi)]bis[2,4,6-tribromobenceno]; 1,2-bis(2,4,6-tribromofenoxi)etano; TBE
32	25713-60-4	2,4,6-Tris-(2,4,6-tribromofenoxi)-1,3,5-triazina
33	35109-60-5	1,3,5-tribromo-2-(2,3-dibromopropoxi)benceno; DPTE
34	21645-51-2	Hidróxido de aluminio (Al(OH) <sub>3</sub> ); hidrato de alúmina; hidrato de óxido de aluminio; trihidrato de alúmina; trihidróxido de aluminio
35	68333-79-9	Ácidos polifosfóricos, sales de amonio; polifosfato de amonio

**Cuadro 1. Cuarenta y seis retardadores de flama de interés común**

Número de referencia	Número CAS	Denominación química*
36	1309-64-4	Óxido de antimonio (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ); trióxido de antimonio; blanco de antimonio, antimonio (3 +) óxido;
37	1332-07-6	Ácido bórico, sal de cinc; borato de cinc
38	78-33-1	Fenol, 4-(1,1-dimetiletil)-, 1,1',1"-fosfato
39	26265-08-7	Fenol, 4,4'-(1-metiletilideno)bis[2,6-dibromo-, polímero de (clorometil)oxirano y 4,4'-(1-metiletilideno)bis[fenol] (producto de la reacción de tetrabromobisfenol A o TBBPA); D.E.R. 538
40	115-86-6	Fosfato de trifenilo; ácido fosfórico, éster de trifenilo; TPP
41	38051-10-4	Ácido fosfórico, P,P'-[2,2-bis(clorometil)-1,3-propanodiil] P,P,P'-tetrakis(2-cloroetil) éster
42	7782-42-5; 12777-87-6	Grafito expansible
43	26444-49-5	Ácido fosfórico, éster difenil metilfenil
44	2781-11-5	Ácido fosfórico, P-[[bis(2-hidroxietil)amino]metil]-, éster dietílico; ácido fosfórico, dietil ((dietanolamino)metil
45	184538-58-7	Ácido fosfórico, éster trietílico, polímero con oxirano (óxido de etileno) y óxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
46	125997-21-9	Fosfato difenílico de resorcinol

\* *Nota:* El registro CAS es un sistema internacional de identificación de las sustancias químicas mediante un número único de identificación. En cuanto a la nomenclatura química, si bien existen convenciones al respecto, las sustancias no cuentan con un nombre único consensualmente acordado, de manera que suelen encontrarse numerosos sinónimos para una misma sustancia. Es posible, pues, que se conozcan o utilicen variantes aceptadas de las denominaciones que en este cuadro se han asignado a los compuestos ignífugos de interés. Los sinónimos se presentan separados por punto y coma.

<sup>a</sup> El número CAS 13674-84-5 corresponde al TCPP, principal constituyente (>90%) en una mezcla de isómeros que también contiene el número CAS 6145-73-9, isómero presente en cantidades ínfimas. Estos isómeros no están aislados para uso comercial por separado, sino que suelen comercializarse como TCPP.

## Resumen general

Se formuló una estrategia detallada a fin de adquirir la información necesaria que permitiera lograr los tres objetivos principales y formular recomendaciones sobre productos manufacturados que probablemente contienen retardadores de flama de interés. Se identificaron y revisaron alrededor de 300 fuentes de información, entre las cuales figuran datos sobre mercados en línea, documentos revisados por pares, memorias de congresos, informes de evaluación de riesgo y asuntos relacionados, estudios experimentales sobre pruebas de retardación de flama, estudios de mercado, folletos publicitarios de empresas, sitios de Internet, e inventarios y bases de datos gubernamentales. Con el propósito de complementar la información

obtenida de esta revisión bibliográfica, se identificó a expertos industriales, académicos y gubernamentales a los que se entrevistó para obtener información y reflexiones relativas a los mercados de interés.

Se recolectó una cantidad importante de datos y otras clases de información que pueden ser de utilidad al evaluar la cadena de abasto de las sustancias ignífugas de interés, identificar lagunas en los datos y orientar trabajos futuros. Sin embargo, diversos factores (señalados al final de este documento) impidieron la caracterización completa de las cadenas de abasto de ciertas sustancias, originalmente prevista para cumplir los objetivos del estudio. Estos factores hacen difícil el determinar de manera concluyente qué sustancias químicas de interés están presentes en cuáles marcas específicas de productos usados en América del Norte; con todo, el informe brinda una base razonable para identificar los productos que probablemente contienen retardadores de flama.

El presente informe de resumen sintetiza la información recabada que sirvió para caracterizar la cadena de abasto de las 16 sustancias ignífugas de interés y hacer inferencias aceptables sobre los productos manufacturados que pueden contenerlas.

## **Identificación de los 16 retardadores de flama sujetos a estudio**

Como se dijo, el estudio comenzó con una lista inicial de 46 sustancias químicas ignífugas. Se adoptó una metodología para clasificar y evaluar dichas sustancias y luego someter a un análisis más detallado la cadena de abasto de las de mayor interés. La clasificación fue cuantitativa: a cada sustancia química se le asignó un valor numérico (calificación) para cada uno de cuatro criterios de evaluación. Ello permitió la comparación directa de la naturaleza y el alcance de la información general que se recopiló para cada uno de los 46 retardadores de flama. Los cuatro criterios aplicados fueron:

- *Retardadores de flama de mayor interés.* Se identificaron las sustancias de mayor interés para los países, en lo individual y en común, se les asignó una calificación en conformidad (a mayor interés, más alta calificación).
- *Disponibilidad de métodos analíticos.* Los métodos analíticos para caracterizar los 46 retardadores de flama no son comunes y son pocos los métodos aceptados que se conocen. Por ello, cada sustancia se evaluó para determinar si se cuenta con métodos de prueba para su medición o si éstos se encuentran en proceso de elaboración, y si los laboratorios tienen capacidad para analizar la sustancia. Se asignó una calificación alta a los retardadores de flama para los que se dispone de métodos analíticos y capacidades de laboratorio.
- *Demanda del retardador de flama.* Se evaluó la información comercial relativa a cantidades producidas y patrones de uso asociados a cada categoría de retardador. A las sustancias de categorías con volúmenes de producción previsiblemente elevados se les confirió una calificación alta.
- *Penetración en el mercado y disponibilidad de información.* Se evaluó información preliminar sobre los posibles patrones de uso en diversos bienes manufacturados y mercados finales. Las sustancias químicas con uso extendido previsto (y potencial para generar una exposición significativa del consumidor) recibieron una calificación elevada.

Las calificaciones obtenidas por cada criterio se sumaron para obtener la clasificación total general de cada una de las 46 sustancias químicas. Ahora bien, esta calificación general y las subcalificaciones por criterio no fueron el único factor de selección del subconjunto que se sujetaría a ulterior análisis; sí, en cambio, sirvieron de base para las deliberaciones del equipo del proyecto que, a su vez, llevaron a determinar los 16 retardadores de flama seleccionados para un estudio más detallado, mismos que se enlistan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Dieciséis retardadores de flama seleccionados para un estudio detallado**

Número de referencia	Grupos (o categorías) de retardadores de flama	Número CAS	Denominación química
1	Clorados, con contenido de fósforo	13674-84-5 <sup>a</sup> ; 6145-73-9 (mezcla de isómeros)	Fosfato de tris(2-cloro-1-metiletilo); fosfato de tris(1-cloro-2-propilo); 2-propanol, 1-cloro-, 2,2',2"-fosfato; 1-propanol, 2-cloro-, fosfato; TCPP
2	Clorados, con contenido de fósforo	13674-87-8	Fosfato de tris [2-cloro-1-(clorometil)etilo]; fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo); 2-propanol, 1,3-dicloro-, fosfato (3:1); TDCPP
3	Bromados	26040-51-7	Tetrabromo ftalato de bis(2-etilhexilo); ácido 1,2-bencenodicarboxílico, 3,4,5,6-tetrabromo-bis(2-etilhexilo) éster; TBPH
4	Bromados	84852-53-9	Decabromodifenil etano; 1,1'-(etano-1,2-diil)bis(2,3,4,5,6-pentabromobenceno); 1,2-bis(pentabromofenil) etano; DBDPE
5	Bromados	183658-27-7	Ácido 2,3,4,5-tetrabromobenzoico de 2-etilhexilo; 2-etilhexil 2,3,4,5-tetrabromo benzoato; 2,3,4,5-tetrabromobenzoato de 2-etilhexilo; TBB
7	Con contenido de fósforo	78-40-0	Fosfato de trietilo; ácido fosfórico, éster trietilico; TEP
9	Con contenido de fósforo	78-51-3	Fosfato de tris(2-butoxietilo); fosfato de tris(2-butoxietilo) (3:1); fosfato de tributoxietilo; etanol, 2-butoxi, 1,1', 1"-fosfato; fosfato de 2-butoxietanol (3:1); TBEP
12	Con contenido de fósforo	1330-78-5	Fosfato de tricresilo; ácido fosfórico, tris(metilfenil) éster; fosfato de tris(metilfenilo); TCP
16	Con contenido de fósforo	26446-73-1	Fosfato de fenilo y bis(metilfenilo); ácido fosfórico, bis(metilfenil) fenil éster
22	Con contenido de fósforo	68937-41-7	Fosfato isopropilado de fenol (3:1); fenol, isopropilado, fosfato (3:1); PIP
23	Bromados	77098-07-8	Ácido 3,4,5,6-tetrabromo-1,2-bencenodicarboxílico mezclado con ésteres de dietilenglicol y propilenglicol; tetrabromo ftalato diol (TBDA diol)
24	Bromados	20566-35-2	2-(2-hidroxietoxi)etilo 2-hidroxiopropil- 3,4,5,6-tetrabromobenceno dicarboxilato; 3,4,5,6-tetrabromo ftalato de 2-(2-hidroxietoxi)etilo y de 2-hidroxiopropilo

**Cuadro 2. Dieciséis retardadores de flama seleccionados para un estudio detallado**

Número de referencia	Grupos (o categorías) de retardadores de flama	Número CAS	Denominación química
26	Con contenido de fósforo	115-96-8	Fosfato de tris(2-cloroetil); tris(2-cloroetil) fosfato; TCEP
27	Bromados	25637-99-4 3194-55-6	Hexabromociclododecano (HBCD) y congéneres relacionados
31	Bromados	37853-59-1	1,1'-[1,2-Etanodilbis(oxi)]bis[2,4,6-tribromobenceno]; 1,2-bis(2,4,6-tribromofenoxi)etano; TBE
40	Con contenido de fósforo	115-86-6	Fosfato de trifenilo; ácido fosfórico, éster de trifenilo; TPP

*Nota:* El registro CAS es un sistema internacional de identificación de las sustancias químicas mediante un número único de identificación. En cuanto a la nomenclatura química, si bien existen convenciones al respecto, las sustancias no cuentan con un nombre único consensualmente acordado, de manera que suelen encontrarse numerosos sinónimos para una misma sustancia. Es posible, pues, que se conozcan o utilicen variantes aceptadas de las denominaciones que en este cuadro se han asignado a los compuestos ignífugos de interés. Los sinónimos se presentan separados por punto y coma.

<sup>a</sup> El número CAS 13674-84-5 corresponde al TCPP, principal constituyente (>90%) en una mezcla de isómeros que también contiene el número CAS 6145-73-9, isómero presente en cantidades ínfimas. Estos isómeros no están aislados para uso comercial por separado, sino que suelen comercializarse como TCPP.

Se condujo una revisión a profundidad de las fuentes de datos disponibles para cada una de las 16 sustancias ignífugas seleccionadas, lo que incluyó información pública sobre producción y uso, aplicaciones en bienes intermedios y productos manufacturados, concentraciones respectivas del producto y flujos comerciales. Para comprender con más detalle los efectos de las importaciones de América del Norte provenientes de otras partes del mundo, se entró en contacto con multinacionales del sector manufacturero que tienen plantas de producción en la región Asia-Pacífico, a la que corresponde una elevada proporción de la demanda mundial de compuestos ignífugos. También se recurrió a asociaciones de comercio y compañías particulares de América del Norte con participación en varias etapas de la cadena de abasto, incluidos fabricantes de retardadores de flama, poliuretano, espuma y muebles tapizados residenciales.

## Resultados más importantes

Para la realización del presente estudio se recabó y compiló información de cerca de 300 fuentes en relación con el uso en general de retardadores de flama, los mercados mundiales de estos compuestos y sus flujos de intercambio. De dicha revisión se concluyó que los datos de mercado de las sustancias químicas en lo individual son muy limitados, lo que obstaculizó la cabal caracterización por sustancia específica. Sin embargo, sí es posible encontrar datos agregados sobre las distintas categorías de retardadores (en las que se incluyen las sustancias químicas de interés para el presente estudio). Los datos por categoría son útiles porque pueden tomarse como materia prima para realizar análisis de las sustancias químicas de interés específicas, y también pueden ser valiosos en esfuerzos futuros. Los resultados más importantes de la revisión se resumen en este apartado.

## Resumen de datos sobre producción e importación en América del Norte

El Grupo Freedonia (2013) calcula en 443,500 toneladas (t) la demanda de todas las clases de retardadores de flama en América del Norte. La mayor proporción de la demanda de sustancias ignífugas corresponde al trihidróxido de aluminio, seguido por boro, fósforo y compuestos bromados.

La demanda total en Canadá asciende a unas 37,000 t (Freedonia, 2013). Sin embargo, no se pudieron encontrar datos de dominio público sobre los volúmenes de producción, importación y demanda por sustancia específica en ese país. Con todo, la opinión consensuada de los representantes de la industria entrevistados para realizar el estudio es que la producción canadiense de las 16 sustancias químicas de interés es muy reducida. Representantes de los tres principales fabricantes de retardadores de flama del mundo con operaciones en América del Norte afirmaron desconocer si alguno de estos compuestos ignífugos se fabrica en Canadá, pero cabe suponer que la mayoría de estas sustancias químicas se encuentran en bienes intermedios y productos finales a la venta en el mercado canadiense.

En el caso de México, la demanda total de retardadores de flama en 2011 se estimó en 36,000 t (Freedonia, 2013). Gran parte del uso de estas sustancias corresponde a importaciones, siendo la producción interna muy limitada. Sólo se identificó una empresa, Chemtura Corporation México, como posible fabricante de sustancias ignífugas en México. De manera similar a Canadá, los representantes industriales de las principales empresas multinacionales productoras de sustancias ignífugas entrevistados confirmaron que sus plantas en México no producen los compuestos de interés, y señalaron desconocer la existencia de fabricantes menores. En el cuadro 3 se observan los datos recabados sobre las importaciones mexicanas de los retardadores de flama de interés seleccionados.

En Estados Unidos la demanda de sustancias ignífugas totalizó 370,000 t en 2011 (Freedonia, 2013). En contraste con Canadá y México, en ese país los datos sobre cada sustancia en lo individual son de dominio público y se pueden encontrar lo mismo en el Registro de Datos sobre Sustancias Químicas (*US Chemical Data Reporting, CDR*) que en su antecesor, el programa Registro de Actualización de Inventarios (*Inventory Update Reporting, IUR*).<sup>2</sup>

**Cuadro 3. Retardadores de flama importados por México, 2009-2013**

Número de referencia	Número CAS	Número de sitios de importación identificados	Importaciones anuales (t)				
			2013	2012	2011	2010	2009
40	115-86-6	11	70	1	3	<1	<1
12	1330-78-5	12	<1	<1	<1	<1	1
1	13674-84-5	5	240	160	82	40	20
24	20566-35-2	1	<1	0	0	0	0
27	25637-99-4	3	19	<1	0	0	36
7	78-40-0	7	5	0	0	3	0
9	78-51-3	19	35	56	52	50	123
4	84852-53-9	3	9	40	32	4	0

Fuente: Secretaría de Economía, 2014.

<sup>2</sup> Las derechos de confidencialidad limitan a veces el grado de detalle que puede publicarse en estos programas de registro, en particular en cuanto a sustancias químicas manufacturadas o importadas por un pequeño número de entidades. Así, en algunos casos, los volúmenes de producción e importación pueden agregarse e informarse para un conjunto, en lugar de por volúmenes específicos para sustancias en lo individual.

Según el IUR de 2006, Estados Unidos fabricó o importó en 2005 once de las 16 sustancias químicas de interés. El número máximo de sitios que produjeron o importaron cada sustancia ascendió a cuatro, y cuatro de las sustancias químicas se asociaron con sólo dos sitios. Los rangos de volumen más altos de estas sustancias oscila entre 4,540 y 22,700 t, y la mitad de ellas cae en este rango; los volúmenes de las sustancias restantes son inferiores a 4,540 t (EPA, 2014b).

Los datos presentados en el CDR más reciente (2012) muestran que en 2011 se produjeron o importaron 15 de las 16 sustancias químicas de interés. De éstas, tres sólo se produjeron, ocho se produjeron e importaron, dos sólo se importaron, y no se sabe (debido a derechos de confidencialidad) si las dos restantes se produjeron o importaron. El CDR, de dominio público, incluye el volumen agregado por sustancia para el conjunto de las entidades que presentaron registros, siempre y cuando quienes presentan la información no protejan los datos con derechos de confidencialidad comercial. En el cuadro 4 se presenta un resumen de los datos del CDR de 2012.

**Cuadro 4. Volúmenes de retardadores de flama producidos o importados por Estados Unidos, 2011**

Número de referencia	Nombre corto	Número CAS	Producción o importación	Número de sitios identificados	Volumen en 2011 (t)
3	TBPH	26040-51-7	Producción	>2	454-4,554
4	DBDPE	84852-53-9	Producción e importación	>4	22,700-45,454
5	TBB	183658-27-7	Producción	Desconocido	CBI
7	TEP	78-40-0	Producción e importación	7	4,800
9	TBEP	78-51-3	Producción e importación	6	454-4,554
40	TPP	115-86-6	Producción e importación	>6	4,900
22	PIP	68937-41-7	Producción e importación	>3	6,775
12	TCP	1330-78-5	Producción e importación	>3	454-4,554
1	TCPP	13674-84-5 6145-73-9	Producción e importación	10	24,800
23	–	77098-07-8	Producción	1	CBI
27	HBCD	25637-99-4 3194-55-6	Producción e importación	>3	CBI
26	TCEP	115-96-8	Sólo importación	1	CBI
16	–	26446-73-1	Sólo importación	1	CBI
2	TDCPP	13674-87-8	Se desconoce	>2	4,545-22,700
24	–	20566-35-2	Se desconoce	>2	454-4,554

Fuente: EPA, 2014b.

Nota: Los rangos de volumen con clasificación no confidencial se basan en el agregado de todos los volúmenes de producción e importación registrados.



## Resumen del mercado asiático

El estudio incluyó un examen detallado del mercado asiático, en particular de China. Según el Grupo Freedonia, la región Asia-Pacífico da cuenta de 38 por ciento de la demanda mundial de retardadores de flama. China tiene el mercado más grande, de más rápido crecimiento y de mayor dinamismo de la región. Japón y Corea del Sur son los otros mercados importantes de ese continente (Freedonia, 2013).

Las entrevistas con asociaciones de comerciantes, productores mundiales y otros conocedores del mercado de sustancias ignífugas de la región Asia-Pacífico ayudaron a identificar a los fabricantes más importantes en cada una de las grandes categorías de retardadores de flama. Con esta información fue posible ubicar a algunos proveedores de sustancias en lo individual mediante la consulta de fuentes como sitios de Internet con publicidad de venta de las sustancias. Aunque esto fue insuficiente para caracterizar los niveles de actividad globales en cuanto a producción y exportación de estas sustancias químicas, el hecho es que en el informe completo del presente estudio se presenta información adicional significativa. También hay documentación de apoyo que puede usarse para conocer el mercado asiático e identificar categorías de retardadores de flama con mayor predominio de producción y uso. A partir de tal información se pueden inferir patrones de uso de compuestos ignífugos específicos, así como qué bienes manufacturados los incorporan. En los párrafos siguientes se resumen los datos obtenidos respecto de los mercados de China, Japón y Corea del Sur.

China es un productor preponderante de retardadores de flama, tanto clorados como a base de antimonio, y es, en particular, exportador mundial de los segundos (Freedonia, 2013). Asimismo, la producción de retardadores de flama bromados y con contenido de fósforo crece con velocidad en China. Mientras que en los mercados del resto del mundo el predominio corresponde a grandes empresas productoras multinacionales, la producción en China parece estar más fragmentada. De las fuentes de datos públicas y las entrevistas realizadas a representantes de la industria se desprende que hay muchos pequeños y medianos productores de sustancias ignífugas que se especializan en la producción o distribución de un pequeño grupo de retardadores por pedido, según las necesidades de sus clientes locales, los cuales, a su vez, incorporan los compuestos en cuestión en bienes intermedios y productos manufacturados para su venta en el mercado interno o para exportación.

Japón produce la mayor parte de los retardadores de flama que requiere para uso interno y vende parte de su producción a China y otros mercados de la región Asia-Pacífico (Freedonia, 2013). La excepción son los compuestos bromados, que adquiere de las grandes productoras multinacionales, y el trióxido de antimonio, que suele comprar en China.

Corea del Sur tiene una industria manufacturera interna limitada y depende de las importaciones para cubrir la demanda de sus principales sectores: electrónico y automotriz (Freedonia, 2013). Los retardadores clorados y a base de antimonio se importan de Japón y China, en tanto que la demanda de los bromados —empleados en electrónica— se satisface en gran medida con importaciones de Estados Unidos.

Los contactos de la industria de América del Norte entrevistados señalaron que, debido a que las normas y reglamentos sobre inflamabilidad no son específicos por sustancia, en la práctica son consideraciones económicas las que determinan la selección y uso de los retardadores de flama en los productos finales. Los fabricantes de artículos manufacturados en general desconocen qué sustancias específicas se han incorporado a sus productos, toda vez que les importa más el cumplimiento de las normas aplicables. Los entrevistados indicaron también que los importadores de bienes finales no suelen evaluar o siquiera saber qué compuestos ignífugos están presentes en tales productos.<sup>3</sup> En suma, a causa de la intercambiabilidad de los productos, la estructura fragmentada del mercado y la poca supervisión del cumplimiento de leyes

---

<sup>3</sup> Entre las excepciones pueden contarse los casos relacionados con la Propuesta 65 de California, cuyas disposiciones exigen develar los ingredientes específicos de los productos. Tres retardadores de flama de interés están sujetos a los requisitos de notificación estipulados en dicha propuesta.

y reglamentos, no se dispone de un sistema en Asia para identificar y rastrear las exportaciones de sustancias químicas específicas o su posterior incorporación a los productos. Más aún, la información relativa a la producción, venta y uso de retardadores de flama específicos suele considerarse como muy confidencial en ese continente, y no se encontró inventario público de los volúmenes de producción y uso.

## **Bienes intermedios y productos manufacturados que previsiblemente contienen retardadores de flama de interés**

Para identificar las clases de bienes intermedios y productos manufacturados que probablemente contienen retardadores de flama de interés específicos en América del Norte, se consultaron fuentes de datos públicas de Canadá, Estados Unidos y México. La información obtenida se complementó con datos de estudios publicados que incluyen pruebas realizadas con dichos bienes y productos para determinar la presencia y concentración de las sustancias en cuestión.

En el cuadro 5 se identifican las clases específicas de bienes intermedios que contienen o probablemente contengan uno o más de los 16 retardadores de flama de interés. Este resumen se basa en informes de mercado adquiridos para el estudio; revisiones de datos del dominio público obtenidos de los inventarios de sustancias químicas y las bases de datos de los servicios aduaneros de América del Norte; documentos técnicos y estudios que identifican la presencia de compuestos ignífugos en los productos, y las aportaciones de contactos de la industria y otros expertos.

Como se observa en el cuadro, las sustancias químicas de interés se asocian, en su mayor parte, con más de un bien intermedio (desde dos y hasta ocho), y se sabe que la mayoría de las categorías de bienes intermedios contiene o puede contener más de una sustancia química de interés (de cinco a once). Esto no necesariamente implica que si se analizaran los bienes en lo individual, se encontraría que contienen varias de las sustancias. Más bien refleja el hecho de que algunas de las sustancias de interés son funcionalmente similares, y que la elección respecto de cuál utilizar (de ser el caso) dentro de una categoría dada puede basarse en aspectos económicos, de disponibilidad o de desempeño, entre otros factores.

**Cuadro 5. Uso conocido o probable de retardadores de flama de interés seleccionados en bienes intermedios en América del Norte**

Bien intermedio	Número CAS															Referencias	
	Fosfato de trifenilo (TPP) 115-86-6 (núm. ref. 40)	TCEP 115-96-8 (núm. ref. 26)	TCP 1330-78-5 (núm. ref. 12)	TCPP e isómeros 13674-84-5 y 6145-73-9 (núm. ref. 1)	TDCPP 13674-87-8 (núm. ref. 2)	TBB 183658-27-7 (núm. ref. 5)	20566-35-2 (núm. ref. 24)	26446-73-1 (núm. ref. 16)	HBCD y congéneres relacionados 3194-55-6 y 25637-99-4 (núm. ref. 27)	TBE 37853-59-1 (núm. ref. 31)	PIP 68937-41-7 (núm. ref. 22)	77098-07-8 (núm. ref. 23)	TBPH 26040-51-7 (núm. ref. 3)	TEP 78-40-0 (núm. ref. 7)	TBEP 78-51-3 (núm. ref. 9)		DBDPE 84852-53-9 (núm. ref. 4)
Plástico rígido	X	X	X	X	X				X	X				X	X	X	2, 3, 4, 8, 14, 15
Espuma de poliuretano flexible (EPF)	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X			X	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11
Textiles	X	X		X	X				X				X			X	2, 3, 4, 6, 7
Plástico y goma (caucho) flexibles	X		X	X							X		X			X	2, 3, 14, 15
Policloruro de vinilo (PVC)		X	X	X							X		X	X		X	12, 14, 15, 16
Resina		X		X							X		X	X	X	X	4, 6, 7
Espuma de poliuretano rígida		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X					1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11
Espuma en espray		X	X	X	X	X	X	X			X						1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11

Fuentes:

- |                                       |                                       |                              |                                   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. H. Stapleton <i>et al.</i> , 2011. | 5. EPA, 2014a.                        | 9. BIPRO, 2011.              | 13. ILS, 2005.                    |
| 2. S. Chen <i>et al.</i> , 2009.      | 6. H. Stapleton <i>et al.</i> , 2009. | 10. NLM, 2014                | 14. Sino, 2014.                   |
| 3. N. Kajiwara, <i>et al.</i> , 2011. | 7. H. Stapleton <i>et al.</i> , 2012. | 11. Unión Europea, 2008.     | 15. UK Environment Agency, 2009a. |
| 4. Arcadis, 2011.                     | 8. Chemtura, 2010.                    | 12. Gobierno de Canadá, 2012 | 16. UK Environment Agency, 2009b. |

<sup>a</sup> El número CAS 13674-84-5 corresponde al TCPP, principal constituyente (>90%) en una mezcla de isómeros que también contiene el número CAS 6145-73-9, isómero presente en cantidades ínfimas. Estos isómeros no están aislados para uso comercial por separado, sino que suelen comercializarse como TCPP.

Al igual que en el caso de los bienes intermedios, los resultados de la revisión de datos y publicaciones similares sobre productos manufacturados se compartieron con grupos interesados de la industria y la academia concededores del uso de retardadores de flama en América del Norte. En el cuadro 6 se presentan los productos manufacturados en los que cada una de las 16 sustancias ignífugas de interés puede (con certeza o muy probablemente) encontrarse.

**Cuadro 6. Uso conocido o probable de retardadores de flama de interés seleccionados en América del Norte**

Producto manufacturado	Número CAS															
	TCPP e isómeros 13674-84-5 y 6145-73-9a (núm. ref. 1)	TDCPP 13674-87-8 (núm. ref. 2)	DBDPE 84852-53-9 (núm. ref. 4)	TBB 183658-27-7 (núm. ref. 5)	TBPH 26040-51-7 (núm. ref. 3)	TEP 78-40-0 (núm. ref. 7)	TBEP 78-51-3 (núm. ref. 9)	TCP 1330-78-5 (núm. ref. 12)	26446-73-1 (núm. ref. 16)	PIP 68937-41-7 (núm. ref. 22)	77098-07-8 (núm. ref. 23)	20566-35-2 (núm. ref. 24)	TCEP 115-96-8 (núm. ref. 26)	HBCD y congéneres 25637-99-4 y 3194-55-6 (núm. ref. 27)	TBE 37853-59-1 (núm. ref. 31)	Fosfato de trifenilo (TPP) 115-86-6 (núm. ref. 40)
Muebles	X	X	X	X	X			X	X	X		X	X			X
Cables y conductores		X	X		X			X		X						X
Productos eléctricos y electrónicos	X	X	X		X	X	X	X					X	X	X	X
Materiales para la construcción	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Automóviles		X	X			X	X	X	X				X	X	X	X
Textiles, recubrimientos, adhesivos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X

<sup>a</sup> El número CAS 13674-84-5 corresponde al TCPP, principal constituyente (>90%) en una mezcla de isómeros que también contiene el número CAS 6145-73-9, isómero presente en cantidades ínfimas. Estos isómeros no están aislados para uso comercial por separado, sino que suelen comercializarse como TCPP.

Como se ilustra en el cuadro, con excepción del ácido 3,4,5,6-tetrabromo-1,2-bencenodicarboxílico mezclado con ésteres de dietilenglicol y propilenglicol (número CAS 77098-07-8), la mayoría de los retardadores de flama de interés se asocian con dos y hasta seis productos manufacturados, y se sabe o se supone que casi todas las categorías de dichos bienes pueden contener desde cinco hasta 14 de estos compuestos ignífugos. Al igual que en el caso del análisis similar respecto de los bienes intermedios, ello no implica necesariamente que al analizar los productos en lo individual se encontraría que estos contienen varias de las sustancias químicas de interés. El uso de sustancias específicas dentro de una categoría de producto puede depender de cuestiones económicas, disponibilidad, características de desempeño u otros factores.

En el cuadro 7 se identifican por separado los bienes intermedios y los productos manufacturados que se sabe que contienen una o más de las 16 sustancias químicas de interés con base en al menos una fuente reconocida.

**Cuadro 7. Productos manufacturados que probablemente contengan retardadores de flama seleccionados**

Núm. de ref.	Número CAS	Denominación química	Bienes intermedios y productos manufacturados
1	13674-84-5 y 6145-73-9a	Fosfato de tris(2-cloro-1-metiletilo); fosfato de tris(1-cloro-2-propilo); 2-propanol, 1-cloro-, 2,2',2"-fosfato; 1-propanol, 2-cloro-, fosfato; TCPP	Espuma de poliuretano: tapices, ropa de cama, almohadas o cojines para lactancia, almohadillas para cambiar pañales, asientos de automóvil, babinetos, mecedoras para bebé, colchones portátiles, taburetes, reposacabezas de sillas, sillones y otomanas. Espuma de poliuretano rígida: aislamiento térmico de edificaciones y carcasas de refrigeradores. Papel tapiz. También se puede usar en espuma de poliuretano de isocianurato, PVC, EVA y fenólicos, y resina epóxica.
2	13674-87-8	Fosfato de tris [2-cloro-1-(clorometil)etilo]; fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo); 2-propanol, 1,3-dicloro-, fosfato (3:1); TDCPP	Espuma de poliuretano: reposacabezas de asientos de automóvil, portaobjetos de asientos de coches, reposacabezas de sillas altas para niños, andaderas, carriolas, almohadillas para cambiar pañales, almohadas de cuña, colchones para moisés, asientos de auto, colchones para babinetos, arneses para bañar bebés, asientos de seguridad para niños, almohadas para lactancia, sillones, sillas, sofás cama. Textiles, específicamente para tiendas de campaña. Papel tapiz. Componentes de televisores de cristal líquido, componentes de computadoras portátiles.
3	26040-51-7	Tetrabromo ftalato de bis(2-etilhexilo); ácido 1,2-bencenodicarboxílico, 3,4,5,6-tetrabromo-bis(2-etilhexilo) éster; TBPH	Espuma de poliuretano: sofás, asientos de coche, almohadillas para cambiar pañales, colchonetas, mecedoras para bebé, muebles. PVC: cuero de imitación. Caucho de etileno propileno dieno (o EPDM): cables y conductores. Productos de goma (caucho) y plástico, incluidos termoplásticos de poliuretano (TPU, por sus siglas en inglés), hule de estireno butadieno y neopreno. Selladores, adhesivos, construcción y vivienda. Productos eléctricos y electrónicos. Textiles, bajoalfombras, telas recubiertas, recubrimientos de pared.

4	84852-53-9	Decabromodifenil etano; 1,1'-(etano-1,2-diil)bis(2,3,4,5,6-pentabromobenceno); 1,2-bis(pentabromofenil) etano; DBDPE	<p>Espuma de poliuretano: asientos de coche, almohadillas para cambiar pañales, mecedoras para bebé, sofás y muñecos de peluche.</p> <p>Gomas y plásticos. Un contacto industrial señaló que actualmente es el retardador de flama más abundante empleado en poliestireno de alto impacto (HIPS, por sus siglas en inglés). Otras gomas y plásticos incluyen polietileno, polipropileno y caucho de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS, por sus siglas en inglés), termoplásticos para ingeniería, poliolefinas, TPU, poliéster no saturado (UPE, por sus siglas en inglés), epoxi, polibutileno tereftalato (PBT) y PVC-nitrilo.</p> <p>Revestimientos.</p> <p>Textiles, incluidas telas para tiendas de campaña.</p> <p>Interiores de autos.</p> <p>Componentes eléctricos, como computadoras, televisores y aparatos eléctricos.</p>
5	183658-27-7	Ácido 2,3,4,5-tetrabromobenzoico de 2-etilhexilo; 2-etilhexil 2,3,4,5-tetrabromo benzoato; 2,3,4,5-tetrabromobenzoato de 2-etilhexilo; TBB	<p>Espuma de poliuretano: asientos de autos, almohadillas para cambiar pañales, colchones portátiles, mecedoras para bebé.</p>
7	78-40-0	Fosfato de trietilo; ácido fosfórico, éster trietílico; TEP	<p>Espuma de poliuretano: paneles de aislamiento.</p> <p>PVC. También se usa como aditivo o plastificante para celulosa, poliéster y poliuretano.</p> <p>Papel tapiz.</p> <p>Componentes eléctricos y electrónicos (televisores, computadoras portátiles).</p> <p>Producto intermedio en la producción de ésteres de fosfonato y fosfatos de vinilo.</p>
9	78-51-3	Fosfato de tris(2-butoxietilo); fosfato de tris(2-butoxietilo) (3:1); fosfato de tributoxietilo; etanol, 2-butoxi, 1,1', 1"-fosfato; fosfato de 2-butoxietanol (3:1); TBEP	<p>Plastificadores para resinas y elastómeros.</p> <p>Terminados y ceras para pisos.</p> <p>Agente antiespuma (<i>nota</i>: este uso puede no corresponder al de un retardador de flama).</p>

12	1330-78-5	Fosfato de tricresilo; ácido fosfórico, tris(metilfenil) éster; fosfato de tris(metilfenilo); TCP	Espuma de poliuretano: sillones. PVC. Productos de goma. Adhesivos. Dispersores de pigmentos. Aislantes de cables y conductores. Interiores de automóviles. Productos electrónicos, como televisores y computadoras portátiles. Textiles, como papel tapiz, cuero artificial, barretas de vinilo contra la humedad y tapices para muebles, bandas transportadoras (para minería) y placas de vinilo. También como fluido hidráulico, en películas fotográficas y como aditivo lubricante ( <i>nota: éste puede no ser un uso como retardador de flama</i> ).
16	26446-73-1	Fosfato de fenilo y bis(metilfenilo); ácido fosfórico, bis(metilfenil) fenil éster	Espuma de poliuretano flexible: espuma para asientos y ropa de cama.
22	68937-41-7	Fosfato isopropilado de fenol (3:1); fenol, isopropilado, fosfato (3:1); PIP	PVC, TPU, resinas epóxicas, EPF [no se identificaron los productos finales específicos].
23	77098-07-8	Ácido 3,4,5,6-tetrabromo-1,2-bencenodicarboxílico mezclado con ésteres de dietilenglicol y propilenglicol; tetrabromo ftalato diol (TBDA diol)	Espuma de poliuretano rígida y flexible y espuma de isocianurato [no se identificaron los productos finales específicos].
24	20566-35-2	2-(2-hidroxietoxi)etilo 2-hidroxipropil- 3,4,5,6-tetrabromobenceno dicarboxilato; 3,4,5,6-tetrabromo ftalato de 2-(2-hidroxietoxi)etilo y de 2-hidroxipropilo	Espuma de poliuretano rígida; moldeado por inyección-reacción, elastómeros, adhesivos para recubrimientos y fibras, como tetrabromoftalato diol (PHT4-Diol) [no se identificaron los productos finales específicos].
26	115-96-8	Fosfato de tris(2-cloroetilo); tris(2-cloroetil) fosfato; TCEP	Espuma de poliuretano: bambinetos, almohadas para lactancia, carriolas, asientos de autos, almohadas de cuña, almohadillas para cambiar pañales, sostenedores para el baño de bebés, sillones, partes acolchadas de autos, muebles tapizados y aislamiento de techos. PVC. Revestimiento y adhesivos, incluidas resinas de celulosa y poliéster. Textiles, incluidos bajoalfombras.

27	25637-99-4 and 3194-55-6	Hexabromociclododecano (HBCD) y congéneres relacionados	<p>Plásticos: poliestireno extruido o expandido (XPS/EPS), HIPS, látex.</p> <p>Espuma de poliuretano: paneles de aislamiento.</p> <p>Pinturas y revestimientos.</p> <p>Papel tapiz.</p> <p>Textiles (tapizados).</p> <p>Revestimientos textiles frontales, sobre todo en Europa (no en América del Norte) [<i>nota</i>: el representante de la industria entrevistado indicó que se trata de un uso histórico].</p> <p>Tarjetas de circuitos impresos, componentes eléctricos y electrónicos (televisores, computadoras portátiles) [identificado en desechos electrónicos, aunque fuentes contradictorias indican que el HBCD no se usa en carcasas de televisores y computadoras. Esto puede explicar las citas de uso en fuentes más antiguas, en tanto que las recientes señalan que ya no se usa o que se usa cada vez menos].</p>
31	37853-59-1	1,1'-[1,2-Etanodiilbis(oxi)]bis[2,4,6-tribromobenceno]; 1,2-bis(2,4,6-tribromofenoxi)etano; TBE	<p>Plásticos: ABS, policarbonato e HIPS (integrados aditivamente a la matriz).</p> <p>Juguetes de plástico duro u blando.</p> <p>Equipos eléctricos y electrónicos.</p> <p>Materiales para la construcción (selladores de marcos de ventanas, otros adhesivos de consumo).</p>
40	115-86-6	Fosfato de trifenilo; ácido fosfórico, éster de trifenilo; TPP	<p>Espuma de poliuretano: asientos de automóvil, colchones para bambineto, mecedoras para bebés, sillones.</p> <p>Espuma de poliuretano rígida: paneles o placas de aislamiento.</p> <p>PVC.</p> <p>Termoplásticos para ingeniería, como mezclas de éter de polifenileno + HIPS y policarbonato + ABS.</p> <p>También de uso en películas de nitrato de celulosa, revestimientos, películas y láminas de triacetato.</p> <p>Textiles (tela para tiendas de campaña y cuero artificial).</p> <p>Componentes eléctricos y electrónicos (televisores, computadoras portátiles, tarjetas de circuitos impresos), alambres y cables.</p>

*Nota:* La información que se utilizó para compilar este cuadro provino de una amplia gama de fuentes, incluida una lista elaborada por el equipo del proyecto antes de comenzar el estudio.

<sup>a</sup> El número CAS 13674-84-5 corresponde al TCPP, principal constituyente (>90%) en una mezcla de isómeros que también contiene el número CAS 6145-73-9, isómero presente en cantidades ínfimas. Estos isómeros no están aislados para uso comercial por separado, sino que suelen comercializarse como TCPP.



## Efectos derivados de la reglamentación y de las normas industriales

Por lo general, los reglamentos y las normas en materia de retardación de flama no imponen el uso obligatorio de determinados retardadores de flama o de grados de concentración precisos; tampoco disponen el empleo de retardador químico alguno cuando se puede demostrar que se dispone de métodos alternativos para tal efecto, como la aplicación de tecnologías de barrera o de materiales intrínsecamente ignífugos.<sup>4</sup> Los reglamentos más bien definen normas de desempeño con las que han de cumplir los productos. Entre los factores que pueden influir en la selección de los retardadores de flama se incluyen la compatibilidad entre el compuesto ignífugo y el producto; la viabilidad tecnológica de incorporar el retardador de flama; la obligación de aplicar de métodos de prueba específicos para demostrar el cumplimiento de normas y reglamentos; el perfil de los usuarios, y la viabilidad económica. Hay dos normas significativas que al parecer orientan el uso actual y futuro de los retardadores de flama: el Boletín Técnico 117 de California (y sus modificaciones recientes) y el llamado reglamento REACH (marco reglamentario para el registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas de la Unión Europea). Los efectos de cada uno se analizan a continuación.

### Boletín Técnico 117 de California

El Boletín Técnico 117 de California (*California Technical Bulletin 117*, TB117), promulgado e impuesto en ese estado en 1975, ha sido durante muchos años un importante factor de impulso para el uso de retardadores de flama en muebles, tanto en esa entidad como en otras partes. Dado el tamaño del mercado de California y su logística de producción, control de inventarios y distribución, muchos fabricantes que cumplen con el TB117 para productos que venden en California (o que podrían venderse en el estado) optan por aplicar las normas del TB117 en toda su línea de producción. De las publicaciones revisadas se concluye que los datos son insuficientes para calcular la cantidad o el porcentaje de muebles tapizados en América del Norte que cumple con el TB117, pero algunos de los representantes industriales entrevistados especulan que hasta 70 por ciento de los muebles que se compran en América del Norte se apega a las especificaciones del TB117.

Los cambios recientes —estipulados en 2013— a los métodos de prueba establecidos en el TB117 podrían afectar de manera significativa la necesidad de incorporar espuma retardadora de flama en los muebles. Dada la naturaleza de las pruebas de combustión local o latente asociadas al TB117-2013, la carga del cumplimiento recae ahora en los proveedores de telas, y ya no en los fabricantes de espuma. El TB117 exigía originalmente efectuar la prueba de inflamación sometiendo la espuma a la fuente de ignición; en cambio, en el reglamento revisado (TB117-2013) es el revestimiento textil el que se somete a prueba. Hay muchas especulaciones en cuanto a que, debido a estos cambios, los fabricantes de muebles podrían dejar de depender de los retardadores de flama para cumplir con esta norma, aun cuando la norma revisada no prohíbe su uso. Las crecientes preocupaciones de consumidores y grupos ambientalistas en torno al uso de sustancias ignífugas (sobre todo en muebles) podrían también influir en las decisiones al respecto. La norma revisada entró en vigor el primero de enero de 2015, pero ya desde el primero de enero de 2014 se permitió a los fabricantes vender muebles que hubieran pasado la prueba con la leyenda “en cumplimiento del TB117-2013”.

A fin de examinar los efectos de las modificaciones de 2013, se habló con representantes de los fabricantes de espuma flexible y asociaciones de comercio relacionadas con la fabricación de espuma flexible y la manufactura de tapicería de uso final. El consenso es que la revisión del TB117 probablemente se traduzca en una reducción general lo mismo de la concentración de retardadores de flama en la espuma que del porcentaje de espuma en la tapicería que contenga cualquier sustancia ignífuga. Hay quienes

---

<sup>4</sup> Los productos “retardadores inherentes de flama” pueden incluir materiales que tienen resistencia intrínseca a las flamas, lo cual borraría la necesidad de sustancias químicas. Algunos ejemplos son las telas de lana y el grafito.

piensan que hasta 90 por ciento de los fabricantes de tapices de uso final podrían abandonar por completo el uso de sustancias químicas retardadoras de flama en la espuma de tapicería.

## REACH

El marco reglamentario de gestión de las sustancias químicas de la Unión Europea —REACH, por sus siglas en inglés— es un sistema integrado de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas que puede generar efectos significativos en la cadena de abasto de los retardadores de flama, así como en las decisiones en torno al uso de estas sustancias, en todo el mundo. Conforme al reglamento REACH, las sustancias que la Unión Europea determine como de efectos graves y a menudo irreversibles en la salud humana y el medio ambiente pueden clasificarse como sustancias de muy alta preocupación (SMAP). Si una sustancia se identifica como tal, se agrega al grupo de candidatas para su inclusión en la lista de autorización para SMAP. Las sustancias químicas agregadas a esa lista podrán, a la postre, quedar prohibidas, con lo que se impediría su uso, comercialización o importación a territorio de la Unión Europea después de determinada fecha.

Actualmente se han clasificado como SMAP dos de los 16 retardadores de flama de interés:

- Hexabromociclododecano (HBCD) y congéneres relacionados (números CAS 25637-99-4 y 3194-55-6)
- Fosfato de tris(2-cloroetilo) (TCEP) (número CAS 115-96-8)

Se habló con representantes de la Alianza sobre Retardadores de Flama de América del Norte (*North American Flame Retardant Alliance*, NAFRA) y la Asociación sobre Retardadores de Flama de Fósforo, Inorgánicos y de Nitrógeno (*Phosphorus, Inorganic and Nitrogen Flame Retardants Association*, PINFRA) para pedirles su opinión sobre el reglamento REACH y sus posibles repercusiones. Los entrevistados coincidieron en que la identificación de una sustancia como SMAP podría afectar de inmediato las posibilidades de un fabricante de producir e importar a la Unión Europea un producto listado. Además, a la industria le preocupa que tal designación conforme al REACH lleve a dependencias locales y federales de países ajenos a la Unión Europea a observar con más cuidado la producción y el uso de estas sustancias, y también podría llamar la atención de varias organizaciones no gubernamentales. Por ello, es previsible que las empresas opten por incorporar de inmediato las clasificaciones SMAP en sus planes de negocio.

## Fabricación de espuma de poliuretano en América del Norte: aportaciones de la industria

Los representantes industriales relacionados con la fabricación de espuma de poliuretano flexible y rígida y usos ulteriores entrevistados aportaron información y puntos de vista sobre la clase y concentración de los retardadores de flama empleados en las espumas, la manera en que las leyes y reglamentos podrían afectar el uso futuro de tales sustancias, las tendencias de uso de compuestos ignífugos y lo que ocurrirá con las respectivas importaciones.

La espuma de poliuretano flexible (EPF) se usa en varios productos manufacturados de uso común, incluidos, entre otros, tapices y acabados para muebles, interiores de vehículos, colchones, empaques y bajoalfombras. La EPF de determinado fabricante puede adaptarse para su uso en muchos productos; se dice que algunos de los grandes productores han formulado espuma para más de 150 bienes distintos (ONUDI, 2012). Se desconoce el número exacto de fabricantes de EPF de América del Norte, pero los conocedores de la industria especulan que podría haber cientos o una cifra cercana a mil. Se indicó que el mercado comprende a numerosos pequeños fabricantes de cada uno de los tres países de América del Norte.

Los industriales entrevistados para el presente estudio comentaron que el uso de retardadores de flama específicos, así como la concentración empleada en la fabricación de espumas de poliuretano, puede variar de un lote a otro, en parte porque la clase y la cantidad del compuesto ignífugo usado en un lote suele depender de condiciones ambientales, como temperatura, presión y humedad. Al determinar la clase y cantidad del retardador que ha de usarse en un determinado lote, los técnicos y operadores se basan muchas veces en la experiencia, siempre con el propósito de minimizar cualquier efecto perjudicial en el producto.

Además de las variaciones de concentración de los retardadores de flama, los productores de uso final desconocen con frecuencia los compuestos ignífugos específicos usados en sus productos, así como su clase o categoría (por ejemplo, si son a base de fósforo u otros materiales), según se desprende de las opiniones vertidas por la Alianza de Muebles para el Hogar de Estados Unidos (*American Home Furnishings Alliance*, AHFA) y por los fabricantes de espuma (AHFA, 2014).

Con el fin de proteger la propiedad de la información y debido a la variabilidad de las políticas empresariales para determinar la concentración de retardadores de flama en EPF, los industriales entrevistados declinaron informar sobre las sustancias químicas específicas usadas o sus concentraciones. Lo que sí señalaron es que el porcentaje de compuestos ignífugos contenidos en las EPF tiende a ser más alto en las espumas de baja densidad.

Los fabricantes también declinaron identificar cualquier retardador de flama específico que tuvieran previsto usar en el futuro. Sin embargo, tanto fabricantes como representantes de las asociaciones confirmaron que la mezcla comercial de pentaBDE es un retardador que ya no se usa, puesto que la producción y uso en América del Norte está en proceso de eliminación. También se destacó la eliminación gradual, en la medida de lo posible, del grupo de retardadores de flama clorados. Si bien estos compuestos ignífugos se han reemplazado con otros, los entrevistados indicaron que ello no había afectado de manera sustancial las concentraciones de retardadores de flama en las espumas; también apuntaron que las concentraciones usadas en EPF se encuentran, por lo general, en un rango de entre cero y 15 por ciento.

## **Uso de retardadores de flama en espuma flexible para muebles tapizados residenciales**

Uno de los usos básicos de la espuma de poliuretano flexible corresponde a la industria de muebles para el hogar. La EPF se emplea en la manufactura al por mayor de material acojinado que después se manda a los fabricantes de cojines y colchones para su recorte según las especificaciones de uso final, y finalmente se incorpora al producto terminado. Los muebles tapizados para el hogar se ensamblan con espumas de poliuretano previamente cortadas y componentes tapizados, que muy probablemente contienen retardadores de flama. Como se dijo, es difícil, acaso imposible, identificar los compuestos ignífugos específicos contenidos en los productos manufacturados sin hacer una prueba (sobre todo por la variabilidad en el uso durante la producción de los bienes intermedios y por los derechos de confidencialidad).

## **Tendencias**

En el proceso de producción de muebles tapizados, son los fabricantes quienes especifican la clase de espuma deseada, lo cual determina la producción de EPF. A menudo, estas especificaciones se basan en la necesidad del fabricante de muebles de cumplir con el Boletín Técnico 117 de California (TB117), aunque, como se dijo, es probable que las modificaciones al boletín de 2013 tengan un fuerte impacto en la industria. Hay quienes especulan que hasta 90 por ciento de los fabricantes de muebles tapizados podría dejar de usar retardadores de flama en la espuma (aunque algunos grupos interesados advierten que tal porcentaje podría atenuarse debido a la renuencia de los fabricantes a suspender el uso de compuestos ignífugos por motivos de percepción pública y responsabilidad civil).

Un representante de la AHFA señaló —reforzando así las opiniones de los fabricantes de espuma— que el uso de algunos retardadores de flama ha cambiado a raíz de la obligación de eliminar gradualmente ciertas sustancias químicas (como el pentaBDE y el TDCPP). Al tiempo, sin embargo, no ha habido cambios apreciables en las concentraciones de compuestos ignífugos en las espumas. Se especula que los retardadores pueden encontrarse en las espumas de baja densidad en concentraciones de hasta 5 por ciento, en tanto que las de alta densidad suelen tener concentraciones menores, si alguna.

## Importaciones

Los representantes de la industria calculan que alrededor de 30 por ciento de los muebles para el hogar tapizados se importan del extranjero, sobre todo de China. El porcentaje es relativamente más alto en el caso de muebles fabricados con uso intensivo de mano de obra, como los sofás de cuero, ya que los bajos salarios compensan los gastos de envío, lo que confiere a los países con mano de obra barata —como China— una ventaja competitiva. Tanto la AHFS como los principales fabricantes de muebles son de la opinión de que en América del Norte se importan más retardadores de flama ya incorporados al bien manufacturado que como materia prima.

## Fin de vida útil

La duración de los muebles tapizados varía según el producto de que se trate. Los sillones duran alrededor de 30 años (AHFA, 2014), en tanto que las sillas tapizadas suelen tener una vida útil mucho menos extensa. Cuando un mueble tapizado llega al final de su vida útil, se le suele tirar como desecho municipal sólido que se deposita en un relleno sanitario o se incinera (PFA, 2014).

La mayor parte de los muebles desechados termina en rellenos sanitarios. De las conversaciones con los representantes industriales entrevistados se desprende que aunque los muebles también se pueden reciclar a la luz de programas de reciclaje estatales o locales, los procesos de reciclado y recuperación industrial de muebles tapizados son a la fecha poco frecuentes (AHFA, 2014; PFA, 2014). Desde el punto de vista industrial, suele ser más caro volver a tapizar un mueble que fabricarlo de cero debido a los costos de mano de obra. Con todo, los consumidores pueden extender la vida útil de los muebles retapizándolos ellos mismos o donándolos a organizaciones de beneficencia para su distribución en otros hogares. En ocasiones se llegan retirar muebles tapizados de los rellenos sanitarios, se les da otro uso y se venden comercialmente, pero estas actividades ocurren en una escala realmente menor (no se encontraron datos para cuantificarlas). En las plantas de reciclaje que reciben muebles tapizados, los trabajadores eligen las piezas según su posible reutilización y mandan a centros de donación aquellos que pueden volver a usarse. En el caso de los muebles que no se pueden volver a usar, las plantas recicladoras suelen incinerarlos con fines de recuperación de energía como práctica de manejo al final de la vida útil del mueble.

La ausencia de un mercado para espumas recicladas recuperadas a partir de muebles tapizados se puede atribuir a la dificultad de retirar la espuma del mueble que ha dejado de servir (CalRecycle, 2002; PFA, 2014). Por ello, las actividades de reciclaje de espuma en Canadá, Estados Unidos y México tienden a presentarse durante la manufactura de los muebles, más que al término de su vida útil. Los retazos de espuma reciclada pueden generarse ya sea en las plantas manufactureras de espuma flexible, que venden a los fabricantes de muebles tapizados espumas cortadas o terminadas a la medida, o bien en las operaciones de corte y terminado realizadas en sitio por los propios fabricantes de muebles tapizados (EPA, 2005; ONUDI, 2012). En este contexto, los “retazos de espuma” se caracterizan como pedazos, sobrantes y espuma sin especificación generados durante las operaciones industriales de manufactura. En todo caso, suelen ser los fabricantes de espuma quienes generan la mayor parte de estos retazos, ya que casi todos los fabricantes de muebles tapizados compran e incorporan a sus productos espumas previamente cortadas o terminadas (PFA, 2014). Los retazos de espuma originados en Estados Unidos o importados de otros países como Canadá, México y China se dirigen a la industria estadounidense de

manufactura de bajoalfombras (ONUUDI, 2012). No se encontraron datos cuantitativos sobre el volumen de espuma reciclada.

## Retardadores de flama encontrados en muebles tapizados viejos

Se consultaron algunos estudios con objeto de identificar los retardadores de flama presentes en muebles tapizados viejos y sus concentraciones. Investigaciones de la Universidad de Duke han logrado identificar y cuantificar el contenido de compuestos ignífugos en muebles tapizados para el hogar que datan de diferentes periodos y con variaciones en la extensión de su vida útil.

En un estudio, los investigadores de esa universidad recogieron y analizaron 102 muestras de espuma de poliuretano provenientes de sillones residenciales comprados por consumidores de Estados Unidos entre 1985 y 2010 (Stapleton *et al.*, 2012). En el cuadro 8 se resumen las concentraciones promedio de los retardadores de flama de interés. Los resultados corroboran las aseveraciones de los conocedores de la industria en el sentido de que dichas concentraciones pueden variar de una espuma a otra y pueden no depender del retardador de que se trate.

**Cuadro 8. Concentraciones de retardadores de flama en las espumas de poliuretano contenidas en muebles tapizados viejos**

Retardador de flama	Número de muestras	Concentración promedio (mg/g)	Distribución de las muestras según la fecha de compra (porcentaje del total)	
			Antes de 2005	En 2005 o después
TDCPP	42	44.87	10 (24%)	32 (52%)
FM 550 <sup>a</sup>	13	19.76	2 (5%)	11 (18%)
V6/TCEP <sup>b</sup>	1	41.77	0	1 (2%)
TDCPP y PentaBDE <sup>c</sup>	2	22.64	2 (5%)	0
TDCPP y FM 550 <sup>b</sup>	2	19.06	0	2 (3%)
Muestras totales	102	–	41	61

*Abreviaturas:*

FM 550: Firemaster 550 (una mezcla de TBPH con TBB).

PentaBDE: Pentabromodifenil éter.

V6: 2,2-Bis(clorometil)trimetileno bis[bis(2-cloroetil) fosfato].

<sup>a</sup> Las mediciones reflejan la suma de las concentraciones de TBB, TPP y TBPH.

<sup>b</sup> No se especificó la distribución de las concentraciones de retardadores de flama.

<sup>c</sup> El pentaBDE, fuera del alcance del presente estudio, se muestra para dar un panorama más completo.

*Fuente:* Stapleton *et al.*, 2012.

## **Análisis de lagunas en la información (factores que impiden la caracterización cabal de cada sustancia química)**

A fin de caracterizar la cadena de abasto de retardadores de flama y cumplir otros objetivos del proyecto se siguió un enfoque detallado para la adquisición de datos e información. Ello comprendió una revisión de publicaciones científicas, así como de inventarios y bases de datos de los gobiernos de América del Norte; la adquisición y examen de estudios de mercado, y la identificación de expertos gubernamentales, académicos e industriales para su entrevista. Durante el avance del proyecto se presentaron diversos desafíos u obstáculos que impidieron al equipo de estudio completar los objetivos del presente informe. Los principales problemas enfrentados se describen a continuación.

### **Aspectos de confidencialidad**

La industria manufacturera de retardadores de flama y los correspondientes sectores de fabricación de bienes intermedios destacan por ser su competitividad. Por ello, las inquietudes sobre la develación de información que pudiera afectar la ventaja competitiva de una empresa constituyeron la barrera más significativa en la adquisición de información para el estudio.

De entrada se anticipó que por motivos empresariales las compañías podrían estar renuentes a compartir datos específicos de producción y volúmenes de uso. Sin embargo, lo que no se tenía previsto es que casi todas ellas también declinarían identificar las sustancias químicas empleadas y la distribución de sus productos a sectores industriales en eslabones inferiores de la cadena de abasto y sus clientes.

Esta renuencia al parecer obedece, en parte, a que las normas y reglamentos descansan en el desempeño de los productos y no exigen el uso de sustancias químicas específicas (ni siquiera el uso en sí de un retardador de flama químico, cualquiera que sea). Por ello, las empresas están en libertad de elegir los compuestos ignífugos a utilizar en función de su experiencia. En el caso de los sectores manufactureros de bienes intermedios (como la espuma de poliuretano), las empresas basan sus decisiones en años de investigación y experiencia. Por tanto, se niegan a identificar no sólo el índice de uso de los retardadores, sino también las sustancias químicas específicas empleadas, las concentraciones habituales (aun en rangos amplios) y los clientes en eslabones inferiores de la cadena de abasto, pues con ello sus competidores se enterarían de aspectos que podrían comprometer una ventaja competitiva ganada durante años de investigación y experiencia.

### **Mercado asiático fragmentado**

Otra barrera significativa para identificar los eslabones extranjeros en la cadena de abasto de cada sustancia química es la estructura fragmentada del mercado de retardadores de flama en Asia. Con base en la consulta de información pública e informes de mercado, así como en los puntos de vista de los representantes industriales entrevistados, el equipo de trabajo confirmó que la industria de la manufactura y uso de sustancias ignífugas en todo el continente asiático consiste en muchos pequeños productores y distribuidores de sustancias, al igual que pequeños fabricantes de bienes intermedios. No fue viable identificar y entrevistar a suficientes empresarios para recopilar información adecuada, y el equipo de estudio no identificó sistema alguno de rastreo de sustancias químicas o informes de la industria que incluyeran datos de producción o uso. Este mercado representa un desafío, si no una imposibilidad, para el rastreo de la producción y uso de retardadores de flama específicos en productos manufacturados en las escalas nacional o mundial.

Estas pequeñas empresas manufactureras de sustancias químicas suelen producir lotes menores de sustancias a pedido de sus clientes. De igual modo, los fabricantes de bienes intermedios elaboran productos a pedido, para su incorporación a bienes manufacturados finales. Se desconoce el número de estas pequeñas empresas, y los productores internacionales de retardadores de flama no tienen acceso a

inventarios o fuentes que pudieran ayudar a definir qué fabricantes elaboran qué sustancias químicas. Más aún, los representantes industriales entrevistados señalan que dichas compañías, debido a su tamaño relativamente pequeño, con frecuencia cambian de propietario o quiebran. Esta información se corroboró en los informes de mercado con los nombres de los propietarios y en la información pública disponible en sitios de Internet.

## **Ausencia de sistemas de rastreo de sustancias químicas en Asia**

En conformidad con su respectiva reglamentación, los gobiernos de América del Norte exigen la presentación de informes sobre sustancias químicas en diversos registros e inventarios específicos de cada país. La información detallada contenida en estos instrumentos suele ser confidencial y no se tiene acceso a ella para develarla en estudios como el presente. Sin embargo, se dispone de cierta información valiosa de dominio público que puede emplearse para identificar a fabricantes, procesadores y usuarios de sustancias químicas específicas en las respectivas jurisdicciones, junto con los correspondientes volúmenes de producción e importación. Ejemplos de ello son la actualización del inventario de la Lista Nacional de Sustancias (*Domestic Substances List*, DSL) de Canadá y el Registro de Datos sobre Sustancias Químicas (*US Chemical Data Reporting*, CDR) de Estados Unidos. En estos casos, la información, aun cuando se considere confidencial, está disponible para uso interno de las organizaciones ambientales y de salud del país correspondiente. Desafortunadamente, los inventarios comparables de Asia disponibles al público (se revisaron específicamente los de China, Japón y Corea del Sur) no incluyen información de utilidad para el presente estudio. Si bien la mayor parte de las sustancias químicas de interés están incluidas en los inventarios de estos países, el hecho es que no se dispone de datos que permitan identificar las empresas, la producción, las importaciones ni los volúmenes o patrones de uso.

## **Falta de especificidad en las bases de datos del comercio de América del Norte**

Las bases de datos del comercio de Canadá, Estados Unidos y México rastrean las clases generales de los bienes importados a cada país (materias primas, bienes intermedios y productos manufacturados). Sin embargo, los datos públicos disponibles sobre los volúmenes de importación de retardadores de flama son limitados (no se encontró información no confidencial relativa a las importaciones canadienses de las 16 sustancias químicas de interés, y los datos disponibles al respecto para Estados Unidos y México fueron limitados).

De manera similar, las bases de datos sobre el comercio de América del Norte no suelen incluir información sobre las sustancias químicas presentes en los bienes intermedios y los productos manufacturados. En general, estas bases de datos carecen de la especificidad necesaria para determinar de manera concluyente la presencia de sustancias químicas en los bienes importados. Por ejemplo, para identificar los productos y las materias primas del comercio exterior se suele recurrir a los códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (llamado también Sistema Armonizado o SA); sin embargo, en este sistema los retardadores de flama de interés están agregados en grupos más amplios de sustancias (por ejemplo, retardadores bromados o clorados). Por ello, es posible hacer inferencias en cuanto a los bienes importados de Asia y otras partes del mundo que contienen compuestos ignífugos, pero no sacar conclusiones definitivas al respecto.

## **Opciones de uso de retardadores de flama específicos en función de sus efectos en la calidad del producto**

La calidad de algunos bienes intermedios y productos manufacturados puede verse afectada negativamente por el uso de determinados retardadores de flama en las concentraciones empleadas en el proceso de manufactura. Como las normas y reglamentos sobre el grado de retardación de flama se basan en el desempeño, la industria está en libertad de usar cualquier sustancia química o mezcla de sustancias

(o sistemas no químicos) para asegurar su cumplimiento. Esto da lugar a considerables flexibilidad e incluso variabilidad en la selección de los compuestos a utilizar. Las empresas manufactureras que fabrican productos similares definen qué sustancia ignífuga usar en función de aspectos económicos y su experiencia en cuanto a los efectos de estas sustancias en el desempeño. Por ejemplo, los industriales entrevistados indicaron que se dispone de varias opciones químicas y no químicas para cumplir con las normas de desempeño. Sin embargo, el uso de concentraciones elevadas de ciertos compuestos ignífugos puede tener efectos negativos en el producto. Por ello, las empresas hacen la selección comparando el costo asociado a la compra y el uso de retardadores de flama específicos con los posibles efectos perjudiciales, lo que a su vez explica el que diferentes compañías puedan usar retardadores distintos aun cuando fabriquen el mismo tipo de bien intermedio. De ahí el desafío de identificar de manera concluyente las sustancias específicas empleadas en bienes intermedios, a menos que cada empresa estuviese dispuesta a compartir esa información. E incluso si aceptara hacerlo, una empresa puede tener múltiples clientes para la manufactura del producto final, y el fabricante del producto final puede, a su vez, adquirir bienes intermedios de múltiples proveedores, todo lo cual incrementa la incertidumbre en los usos de sustancias químicas en productos manufacturados.

### **Opciones de uso de retardadores de flama específicos en función de normas basadas en el desempeño**

La mayoría de las normas y reglamentos sobre retardación de flama se formulan con base en el desempeño, por lo que los fabricantes y distribuidores de productos manufacturados suelen preocuparse más por cumplir con la normatividad que por las sustancias químicas empleadas (en caso de usarlas). Cuando adquieren bienes intermedios para su ensamblado en productos manufacturados de uso final, los fabricantes por lo general no exigen a sus proveedores información detallada sobre las sustancias químicas empleadas y su concentración, ni tampoco se acostumbra realizar pruebas de los bienes intermedios. Dos representantes industriales entrevistados confirmaron esto último y apuntaron que muy pocos productores de bienes finales (menos de 10 por ciento, según uno de ellos) conocen las sustancias químicas presentes en sus productos. Por tanto, incluso si los fabricantes de productos finales quisieran compartir la información, podrían no estar en condiciones de identificar los retardadores de flama específicos empleados. La excepción son las grandes compañías internacionales que han establecido políticas orientadas a suspender o eliminar gradualmente el uso de ciertos compuestos ignífugos en sus productos. Con todo, incluso en estas empresas las políticas suelen basarse en categorías de retardadores, de manera que resulta difícil determinar las sustancias químicas específicas usadas (e imposible con las fuentes de consulta disponibles para el presente estudio). Por ejemplo, una empresa puede tener la política de eliminar gradualmente los retardadores de flama bromados, pero sin especificar qué sustancias se usan en su lugar.

### **Nota de la CCA sobre la segunda fase del proyecto *Fortalecimiento del conocimiento trilateral en torno a los retardadores de flama de preocupación común y su aplicación en productos manufacturados***

En la segunda fase del proyecto se someterá a pruebas de laboratorio una selección de productos, y la metodología de esta primera fase y los resultados se presentarán en un informe por separado que se publicará al concluir todo el trabajo.



## Bibliografía

- AHFA (2014), *Industry response to FR Mfg/Use questions*, American Home Furnishing Alliance [Alianza de Muebles para el Hogar de Estados Unidos], 2014; CCA, 14 de marzo de 2014 y 9 de abril de 2014.
- Arcadis (2011), *Evaluation of data on flame retardants in consumer products – Final Report*, Comisión Europea.
- BIPRO (2011), *Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs*, Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen [Asesoría para Soluciones Integrales].
- CalRecycle (2002), *“Innovations” case studies: community cleanups – examples of product reuse and recycling*, California Department of Resources Recycling and Recovery (CalRecycle) [Departamento de Reciclado y Recuperación de Recursos de California]; disponible en: [www.calrecycle.ca.gov/LGCentral/Library/innovations/CleanUps/Examples.htm](http://www.calrecycle.ca.gov/LGCentral/Library/innovations/CleanUps/Examples.htm).
- Chemtura (2010), *Flame retardants product guide*, Chemtura/Great Lakes Solutions [Chemtura/Soluciones de los Grandes Lagos].
- Chen, S. *et al.* (2009), “Brominated flame retardants in children's toys: Concentration, composition, and children's exposure and risk assessment”, *Environmental Science and Technology*, 43(11).
- EPA (2005), *Furniture flame retardancy partnership: Environmental profiles for chemical flame-retardant alternatives for low-density polyurethane foam*, EPA/ Design for Environment, US Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos], 2 vols.; disponible en: [www2.epa.gov/saferchoice/environmental-profiles-chemical-flame-retardant-alternatives-low-density-polyurethane](http://www2.epa.gov/saferchoice/environmental-profiles-chemical-flame-retardant-alternatives-low-density-polyurethane).
- EPA (2014a), *Flame retardant alternatives for Hexabromocyclododecane (HBCD), informe final* (EPA Publication 74R14001), US Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos]; disponible en: [www2.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd\\_report.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf).
- EPA (2014b), *2006 Non-CBI Inventory Update Reporting Database*, US Environmental Protection Agency [Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos]; disponible en: [www.epa.gov/cdr/tools/previouslycollected.html](http://www.epa.gov/cdr/tools/previouslycollected.html).
- Freedonia (2013), “World flame retardants”, The Freedonia Group (Grupo Freedonia), en: [www.freedoniagroup.com/industry-study/2987/world-flame-retardants.htm](http://www.freedoniagroup.com/industry-study/2987/world-flame-retardants.htm).
- Gobierno de Canadá (2012), “DecaBDE (Decabromodiphenyl ether) - CAS Registry Number 1163-19-5”, en el sitio sobre sustancias químicas (*Chemical Substances*) del Gobierno de Canadá, en: [www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/fact-fait/decabde-eng.php](http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/fact-fait/decabde-eng.php) (consulta realizada en noviembre de 2012).
- ILS (2005), *Antimony trioxide [CAS No. 1309-64-4] - Brief review of toxicological literature*, National Toxicology Program. Integrated Laboratory Systems (Programa Nacional de Toxicología de Estados Unidos / Sistemas Integrales de Laboratorio); disponible en: [http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem\\_Background/ExSumPdf/Antimonytrioxide\\_508.pdf](http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Antimonytrioxide_508.pdf).
- Kajiwara, N. *et al.* (2011), “Brominated and organophosphate flame retardants in selected consumer products on the Japanese market in 2008”, *Journal of Hazardous Materials*, 192, 2011, pp. 1250-1259; disponible en: [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411008053](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389411008053).
- NLM (2014a), *Substance Name: Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate - RN: 13674-87-8. NIH*, National Medicine Library [Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos]; disponible en: <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/13674-87-8#names>.

- OCDE (s/f), *Triethylphosphate*, Organization for Economic Co-operation and Development/Screening Information Data Sets (OCDE SIDS) [Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Conjuntos de Datos de Información de Monitoreo]; disponible en: [http://esd.lbl.gov/files/about/staff/terryhazen/public\\_share/phoster\\_tep\\_TEP\\_europe.pdf](http://esd.lbl.gov/files/about/staff/terryhazen/public_share/phoster_tep_TEP_europe.pdf).
- ONUDI (2012), *Guidance Document Submission: Flexible polyurethane foam waste management and recycling*, PFA/United Nations Industrial Development Organization [Asociación de la Espuma de Poliuretano, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial]; disponible en: [www.pfa.org/Library/UNIDO\\_PFA\\_submission\\_rev\\_05102012.pdf](http://www.pfa.org/Library/UNIDO_PFA_submission_rev_05102012.pdf).
- PFA (2014), *Industry response to Flame Retardants Mfg/Use questions*, Polyurethane Foam Association [Asociación de Espuma de Poliuretano]; CCA, 12 de enero de 2014 y 9 de abril de 2014.
- Secretaría de Economía (2014), Resultados de la base de datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet, en: [www.economia-snci.gob.mx](http://www.economia-snci.gob.mx).
- Sino (2014), *ris(1-chloro-2-propyl) phosphate (TCPP)*, Sino Harvest Products [Corporación SinoHarvest]; disponible en: [www.sinoharvest.com/products/tcpp.shtml](http://www.sinoharvest.com/products/tcpp.shtml) (consulta realizada en abril de 2014).
- Stapleton, H. *et al.* (2009), “Detection of organophosphate flame retardants in furniture foam and US house dust”, *Environ Sci Technol*, 43(19), octubre de 2009, pp. 7490-7495; disponible en: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2782704/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2782704/).
- Stapleton, H. *et al.* (2011), “Identification of flame retardants in polyurethane foam collected from baby products”, *Environ Sci Technol*, 45, pp. 5323-5331, 18 de mayo de 2011; disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es2007462>.
- Stapleton, H. *et al.* (2012), “Novel and high volume use flame retardants in US couches reflective of the 2005 PentaBDE phase out”, *Environ. Sci. Technol*, 46(24), 2012, pp 13432-13439; disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es303471d>.
- UE (2008), *Tris(2-chloro-1-methylethyl) phosphate (TCCP) Risk Assessment*, Unión Europea.
- UK Environment Agency (2009a), *Environmental risk evaluation report: Tricresyl phosphate (CAS no. 1330-78-5)*, UK Environment Agency [Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido]; disponible en: [www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290861/scho0809bquj-e-e.pdf](http://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290861/scho0809bquj-e-e.pdf).
- UK Environment Agency (2009b), *Using science to create a better place, An overview of the environmental risk evaluation reports for aryl phosphate esters*, UK Environment Agency [Agencia de Medio Ambiente del Reino Unido]; disponible en: [www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290484/scho0809bqtz-e-e.pdf](http://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290484/scho0809bqtz-e-e.pdf).