

Orientación

Orientación sectorial para inventarios de COP y otras sustancias químicas preocupantes en edificios/construcción, aparatos eléctricos y electrónicos y vehículos

GGKP, 2024



EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresados en este documento no reflejan necesariamente las opiniones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), la Green Growth Knowledge Partnership (GGKP), la Secretaría del Convenio de Estocolmo, las partes interesadas en el proyecto o los países del proyecto.

En caso de cualquier incoherencia o conflicto entre la información contenida en este material no vinculante y el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), el texto del Convenio tiene prioridad, teniendo en cuenta que la interpretación del Convenio de Estocolmo sigue siendo prerrogativa de las Partes.

Si bien se han hecho esfuerzos razonables para garantizar que el contenido de esta publicación sea objetivamente correcto y esté debidamente referenciado, el FMAM, el GGKP y los colaboradores individuales no aceptan responsabilidad alguna por la exactitud o integridad del contenido y no serán responsables de ninguna pérdida o daño que pueda ocasionarse, directa o indirectamente, por el uso o la confianza en el contenido de esta publicación.

Esta versión en español ha sido traducida por GGKP con la asistencia de un traductor profesional (Eva-Maria Flus). Si bien se ha hecho todo lo posible para garantizar la precisión de la traducción, en caso de discrepancias o inconsistencias, prevalecerá la versión original en inglés (GGKP (2024). *Sectoral Guidance for Inventories of POPs and Other Chemicals of Concern in Buildings/Construction, Electrical and Electronic Equipment and Vehicles*. Geneva: Green Growth Knowledge Partnership) sobre todas sus versiones traducidas.

Cita recomendada: [GGKP \(2024\). Orientación sectorial para inventarios de COP y otras sustancias químicas preocupantes en edificios/construcción, aparatos eléctricos y electrónicos y vehículos. Ginebra: Green Growth Knowledge Partnership.](#) Esta cita garantiza el reconocimiento y la atribución adecuados de acuerdo con las normas aplicables.



AGRADECIMIENTOS

Esta orientación ha sido elaborado en el marco del proyecto GEF ID 10785 titulado «Desarrollo, revisión y actualización a escala mundial de los Planes Nacionales de Aplicación (PNA) en el marco del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)» y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

El autor de este informe es el Dr. Roland Weber, consultor internacional especializado en contaminantes orgánicos persistentes (COP) y planes nacionales de aplicación para la reducción y el control de los COP, con contribuciones significativas de la Subdivisión de Productos Químicos y Salud del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La Green Growth Knowledge Partnership (GGKP) facilitó el diseño, la composición y la difusión de este informe, garantizando su accesibilidad y alineación con los objetivos mundiales de intercambio de conocimientos.

El FMAM es una conjunto de fondos dedicados a hacer frente a la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la contaminación y las amenazas a la salud de la tierra y los océanos. Sus subvenciones, financiación combinada y apoyo a las políticas ayudan a los países en desarrollo a abordar sus principales prioridades medioambientales y a cumplir los convenios internacionales sobre medio ambiente. En las últimas tres décadas, el FMAM ha proporcionado más de 23.000 millones de dólares y movilizado 129.000 millones de dólares en cofinanciación para más de 5.000 proyectos nacionales y regionales.

El GGKP es una comunidad mundial de organizaciones y expertos comprometidos con la colaboración para generar, gestionar y compartir conocimientos sobre el crecimiento verde. Liderado por el Global Green Growth Institute (GGGI), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Grupo del Banco Mundial, el GGKP reúne a más de 90 organizaciones asociadas. Para más información, visite www.greengrowthknowledge.org.

Tabla de contenidos

Abreviaturas y acrónimos	4
Lista de tablas	6
Lista de figuras	6
Lista de cuadros	6
1 Introducción y método	7
1.1 De los inventarios de COP individuales a un enfoque sectorial del inventario de COP	7
1.2 Opción de abordar otras sustancias químicas preocupantes incluidas en otros acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente (AMMA) o marcos internacionales	8
1.3 Metodologías para elaborar el inventario en sectores específicos que contienen múltiples COP	9
1.3.1 Alcance de este documento	9
1.3.2 Elaboración de un inventario de COP	9
1.4 COP presentes en los sectores	11
1.5 Opción para considerar otras sustancias químicas preocupantes abordadas por otras acciones globales en el marco de determinados AMMA relevantes para los tres sectores.	12
2 Inventario de COP en el sector de la edificación y la construcción y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes	12
2.1 Introducción al sector de la edificación y la construcción e inventario de COP y otros CoC	12
2.1.1 Visión general.....	12
2.1.2 Evaluación e inventario de COP y otros CoC en el sector de la edificación y la construcción	13
2.2 COP utilizados actualmente en el sector de la construcción y evaluación	18
2.2.1 DecaBDE en edificios y construcción.....	18
2.2.2 Las PCCC en los edificios y la construcción	19
2.2.3 UV-328 en edificios y construcción	19
2.2.4 PFOA, PFOS, PFHxS y otros PFAS en edificios y construcción	19
2.3 COP utilizados anteriormente en el sector de la construcción y existencias actuales en edificios	20
2.3.1 HBCD en edificios y construcción	20
2.3.2 PentaBDE en edificios y construcción.....	21
2.3.3 Declorano Plus en edificios y construcción	21
2.3.4 PCBs y NPC en edificios y construcción.....	21
2.3.5 PCP y otros plaguicidas COP en edificios y construcción	22
2.4 Candidatos COP en edificios y construcción	22
2.4.1 PCCM (candidato COP) en edificios y construcción	23
2.5 Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes presentes en edificios y construcciones	23
2.5.1 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en alquitrán y compuestos bituminosos, y negro de humo	24
2.5.2 Ciertos ftalatos en la edificación y la construcción	25
2.5.3 Productos ignífugos organofosforados halogenados en edificios y construcción	25

2.5.4	Determinados metales y metaloides en los edificios y la construcción	25
2.5.5	Tributilestaño en edificios y construcción.....	26
2.5.6	Amianto en edificios y construcciones	27
2.5.7	Clorofluorocarburos (CFC), hidroclorofluorocarburos (HCFC) e hidrofluorocarburos (HFC) en los edificios y la construcción	28
2.5.8	Nanomateriales manufacturados y nanopartículas en edificios y construcción	28
3	Inventario de COP en el sector de la electrónica y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes	29
3.1	Introducción al sector de la electrónica y a la necesidad de inventariar los COP y otros CoC	29
3.1.1	Visión general.....	29
3.1.2	Evaluación e inventario de COP y otros CoC relevantes para el sector AEE/RAEE	29
3.2	Inventario de COP de uso intencional actuales en el sector de los AEE	34
3.2.1	DecaBDE en AEE	34
3.2.2	PCCC en AEE	34
3.2.3	PFOA y sustancias afines en los AEE	35
3.2.4	UV-328 en AEE	35
3.3	COP que se han utilizado anteriormente en AEE y están presentes en existencias en AEE y RAEE	35
3.3.1	C-OctaBDE (hexaBDE/heptaBDE) y c-PentaBDE (tetraBDE/pentaBDE) en (R)AEE	35
3.3.2	Declorano Plus en (R)AEE	36
3.3.3	HBCD en (R)AEE	36
3.3.4	Hexabromobifenilo (HBB) en (R)AEE	36
3.3.5	PCB y NPC en los AEE	37
3.4	Candidatos COP utilizados en AEE	37
3.4.1	PCCM (candidato COP) en (R)AEE	37
3.5	Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes que se utilizan o están presentes en los AEE/RAEE.....	37
3.5.1	Determinados metales y metaloides en la (R)AEE	39
3.5.2	PFAS distintos de los COP-PFAS en (R)AEE.....	40
3.5.3	Determinados ftalatos en los (R)AEE.....	40
3.5.4	Los retardantes de llama organofosforados halogenados en (R)AEE	40
3.5.5	CFC, HCFC y HFC (gases fluorados) en los (R)AEE	41
4	Inventario de COP en el sector del transporte y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes	41
4.1	Introducción al sector del transporte y a la necesidad de evaluar los COP y otras sustancias químicas preocupantes	41
4.1.1	Visión general.....	41
4.1.2	Evaluación e inventario de COP y otros CoC relevantes para el sector del transporte	41
4.2	Inventario de los COP utilizados actualmente de forma intencionada en el sector del transporte	45
4.2.1	DecaBDE en vehículos	45

4.2.2	PCCC en vehículos	46
4.2.3	UV-328 en vehículos	46
4.2.4	PFOA, PFOS, PFHxS y compuestos afines en vehículos	47
4.3	Evaluación de los COP utilizados anteriormente en el sector del transporte	47
4.3.1	C-PentaBDE en vehículos.....	47
4.3.2	HBCD en vehículos	48
4.3.3	HBB en vehículos.....	48
4.3.4	Declorano Plus en vehículos.....	48
4.3.5	PCB en vehículos.....	48
4.4	Candidato COP en el sector del transporte	49
4.4.1	PCCM (candidato COP) en vehículos.....	49
4.5	Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes seleccionadas presentes en el sector del transporte	49
4.5.1	Determinados metales y metaloides en los vehículos	50
4.5.2	PFAS distintos de los COP-PFAS en vehículos.....	51
4.5.3	Determinados retardantes de llama fosforados (PFR) en vehículos.....	51
4.5.4	Ciertos ftalatos en los vehículos.....	51
4.5.5	CFC, HCFC y HFC en vehículos.....	51
4.5.6	Amianto en los vehículos	52
4.5.7	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en vehículos.....	52
5	Anexo: Estudios de caso de inventarios sectoriales de COP	53
5.1	Anexo 1: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector de la edificación y la construcción en el país A	53
5.2	Anexo 2: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector electrónico de Nigeria .	53
5.3	Anexo 3: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector del transporte en Nigeria	53
	Referencias	54

Abreviaturas y acrónimos

ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
ABSy	Sistemas antibloqueo de frenos
RTA	Residuos de trituración de automóviles
BBP	Butilbenciftalato
BFR	Producto ignífugo bromado/ retardante de llama bromado
c-DecaBDE	Éter de decabromodifenilo comercial
c-OctaBDE	Éter de octabromodifenilo comercial
c-PentaBDE	Éter de pentabromodifenilo comercial
CAS	Servicio de Compendio Químicos
CFC	Clorofluorocarburos
CMR	Cancerígeno, mutágeno o reprotóxico
CoC	Sustancias químicas preocupantes
CP	Parafinas cloradas
Residuos de C&D	Residuos de construcción y demolición
DBP	Ftalato de dibutilo
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
decaBDE	éter de decabromodifenilo; BDE-209
DEHP	Ftalato de bis(2-etilhexilo)
DIBP	Diisobutylftalato
DP	Declorano Plus
ECHA	Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos
EDC	Alteradores endocrinos
AEE	Aparatos eléctricos y electrónicos
VFU	Vehículos al final de su vida útil
CPE (EPI)	Cuestión política emergente
EPS	Poliestireno expandido
GAR	Gestión ambientalmente racional
Gases-F	Gases fluorados
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FR	Producto ignífugo/retardante de llama
GEI	Gases de efecto invernadero
PCA	Potencial de calentamiento global
HBB	Hexabromobifenilo
HBCD(D) ¹	Hexabromociclododecano
HCFC	Hidroclorofluorocarburos
heptaBDE	Éter de heptabromodifenilo
hexaBDE	Éter hexabromodifenílico
HFC	Hidrofluorocarburos
PSAI (HIPS)	Poliestireno de alto impacto
AMMA	Acuerdos multilaterales sobre medio ambiente
PCCM	Parafinas cloradas de cadena media
NIAS	Sustancias añadidas de forma no intencionada
PNA	Plan Nacional de Aplicación
ONE	Oficina Nacional de Estadística
SAO	Sustancias que agotan la capa de ozono

¹ La abreviatura de hexabromociclododecano en el Convenio es HBCD, mientras que en la literatura científica se utiliza HBCDD.

OPFR	Producto ignífugo organofosforado
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
PBDDs	Dibenzo-p-dioxinas polibromadas
PBDEs	Éteres difenílicos polibromados
PBDFs	Dibenzofuranos polibromados
PCB/BPC	Bifenilos policlorados
PCDDs	Dibenzo-p-dioxinas policloradas
PCDF	Dibenzofuranos policlorados
NPC (PCN)	Naftalenos policlorados
PCP	Pentaclorofenol y sus sales y ésteres
PeCB	Pentaclorobenceno
PFAS	Sustancias alquiladas perfluoradas y polifluoradas
PFBS	Sulfonato de perfluorobutano
PFHxS	Ácido perfluorohexano sulfónico
PFOA	Ácido perfluorooctanoico; Perfluorooctanoato
PFOS	Ácido perfluorooctano sulfónico; Sulfonato de perfluorooctano
PFOSF	Fluoruro de perfluorooctano sulfonilo
PIR	Poliisocianurato
CECOP	Comité de Examen de los COP
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
PUR	Poliuretano
PVC	Cloruro de polivinilo
RoHS	Restricción de sustancias peligrosas
SAICM	Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional
SC	Convenio de Estocolmo
PCCC	Parafinas cloradas de cadena corta
SF6	Hexafluoruro de azufre
t	Toneladas; toneladas métricas
tetraBDE	Éter tetrabromodifenílico
CEPE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
USEPA	Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos
UV-328	2-(2H-Benzotriazol-2-il)-4,6-di-terc-pentilfenol
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
XPS	Poliestireno extruido

Lista de tablas

Tabla 1 : Lista de documentos de orientación sobre inventarios de COP del Convenio de Estocolmo	8
Tabla 2 : COP presentes en los tres sectores y su uso	11
Tabla 3 : COP utilizados en el sector de la edificación y la construcción, información de inventario que puede recopilarse, fuentes de datos y nivel de prioridad estimado	15
Tabla 4 : Concentración de COP en polímeros/plásticos* en la construcción (PNUMA 2021b con adiciones).....	18
Tabla 5 : HBCD en aplicaciones de EPS y XPS en edificios (PNUMA 2017c).....	20
Tabla 6 : Otros CoC identificados en edificios y construcción relacionados con los AMMA o el SAICM.....	23
Tabla 7 : Resumen de aplicaciones documentadas y presencia de plomo en productos potencialmente relevantes para el sector de la edificación y la construcción (PNUMA 2021f).....	26
Tabla 8 : Resumen de aplicaciones documentadas y presencia de compuestos de tributilestaño en productos potencialmente relevantes para el sector de la edificación y la construcción (PNUMA 2021f).....	27
Tabla 9 : Resumen de los nombres e identidades químicas de los minerales de amianto anfíboles	28
Tabla 10 : COP utilizados en el sector de la electrónica, información de inventario que puede recopilarse, posibles fuentes de datos y nivel de prioridad estimado	32
Tabla 11 : Concentraciones de hexa/heptaBDE (de c-octaBDE) y decaBDE en polímeros en categorías de AEE relevantes (PNUMA 2021a; datos de Europa; Wäger <i>et al.</i> , 2010; Hennebert & Filella 2018)	34
Tabla 12 : CoC seleccionados (distintos de los COP) en AEE relacionados con los AMMA o el SAICM.....	38
Tabla 13 : COP utilizados en el sector del transporte, información de inventario que puede recopilarse, posibles fuentes de datos y nivel de prioridad estimado.....	43
Tabla 14 : Resumen no exhaustivo del sector del transporte en el que se utilizó/utiliza decaBDE, usos finales identificados y aplicaciones (PNUMA 2021a).....	45
Tabla 15 : CoC seleccionados (distintos de los COP) en vehículos relacionados con los AMMA y el SAICM.....	49

Lista de figuras

Figura 1 : Enfoque en cinco etapas para la elaboración de inventarios de COP (PNUMA 2020a)	10
---	----

Lista de cuadros

Cuadro 1 : Fórmula de cálculo para estimar los PBDE en un coche de tamaño medio (PNUMA 2021b).....	46
---	----

1 Introducción y método

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) industriales están presentes en los plásticos y la madera de los edificios y la construcción, en los plásticos de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), los vehículos/transportes, los textiles y otros bienes de consumo. Estos usos dan lugar a la exposición humana en interiores, a emisiones al medio ambiente y a la contaminación de la cadena alimentaria, así como a la generación de residuos contaminados por COP y a ciclos de reciclado, especialmente en el caso de los plásticos (PNUMA 2023a). Dado que los COP pueden causar defectos de nacimiento, cáncer, disfunción del sistema inmunitario y problemas reproductivos en los seres humanos y la fauna silvestre (Carpenter 2013), la exposición a estos productos y usos debe reducirse al mínimo; es necesario eliminar la transferencia a los procesos de reciclado. Para la gestión ambientalmente racional de los COP y los materiales que contienen COP, es necesario desarrollar inventarios sólidos para facilitar el control de los productos que contienen COP al final de su vida útil y para reducir y minimizar la exposición de los seres humanos y la liberación en el medio ambiente.

1.1 De los inventarios de COP individuales a un enfoque sectorial del inventario de COP

Un inventario de COP recopila información sobre la producción pasada y presente y los usos, existencias y residuos actuales de un producto químico incluido en el Convenio de Estocolmo (SC) sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes en el país. Dado que muchos COP se utilizan en la fabricación de productos/artículos que pueden tener una larga vida útil, un inventario exhaustivo debería estimar la cantidad de COP en los productos/artículos del país (por ejemplo, en edificios, AEE o vehículos) a lo largo de todo el ciclo de vida, contribuyendo así a las disposiciones del artículo 6 del Convenio sobre la gestión de residuos. Un inventario también podría abordar los lugares que pueden haber sido contaminados por la producción, el uso o las emisiones accidentales de COP.

El objetivo principal de la elaboración de un inventario es adquirir información para regular y gestionar adecuadamente los COP y los residuos de COP y actualizar el Plan Nacional de Aplicación (PNA) de un país y los planes de acción conexos para la gestión y destrucción de COP a fin de cumplir los requisitos del SC (por ejemplo, el artículo 15 sobre presentación de informes; el artículo 6 sobre residuos). Los objetivos se describen con más detalle en las orientaciones generales de los inventarios de COP (PNUMA 2020a).

Se ha elaborado una serie de documentos de orientación para inventarios² en el marco del Convenio de Estocolmo para COP individuales (véase

Tabla 1) para apoyar a las Partes en la elaboración y actualización de sus PNA. En los inventarios de COP, los COP individuales se abordan a menudo basándose en documentos de orientación para inventarios. Sin embargo, es prudente que un equipo de inventario de COP recopile información exhaustiva sobre todos los COP presentes y relevantes para un sector específico. Además, en la gestión final de los residuos de un sector, debería disponerse de información sobre todos los COP potencialmente pertinentes.

Esta orientación pretende facilitar una evaluación sectorial de los inventarios de COP para mejorar la coordinación en la recopilación de información. El enfoque sectorial debería garantizar que las partes interesadas individuales de los distintos sectores o ministerios gubernamentales sean

² <http://www.pops.int/Implementation/NationalImplementationPlans/Guidance/tabid/7730/Default.aspx>

abordadas por un único equipo de inventario para obtener datos sobre los COP, ahorrando así tiempo y dinero en el proceso de elaboración del inventario.

Tabla 1 : Lista de documentos de orientación sobre inventarios de COP del Convenio de Estocolmo

Título	Fuente
Orientacion generales sobre el inventario de COP	PNUMA 2020a
Orientacion para la elaboración de inventarios de PBDE, incluido el decaBDE	PNUMA 2021a
Orientacion para la elaboración de inventarios de hexabromociclododecano (HBCD)	PNUMA 2021b
Orientacion para la elaboración de inventarios de NPC	PNUMA 2021c
Orientacion para la elaboración de inventarios de PCP	PNUMA 2021d
Orientacion detallada sobre la preparación de inventarios de PCCC	PNUMA 2019a
Proyecto de orientacion sobre la preparación de inventarios de PFOS y sustancias químicas afines	PNUMA 2017a
Orientacion para la elaboración de inventarios de PFOS, PFOA y PFHxS	PNUMA 2023b
Orientacion sobre muestreo, detección y análisis de COP	PNUMA 2021e

1.2 Opción de abordar otras sustancias químicas preocupantes incluidas en otros acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente (AMMA) o marcos internacionales.

Los COP son sólo una de las categorías de sustancias químicas preocupantes (CoC) en estos sectores. Los Convenios de Basilea y Rotterdam, el Convenio de Minamata sobre el Mercurio y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, por ejemplo, abordan otros CoC relacionados. Además, en el marco del Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM) se han señalado una serie de CoC como "Cuestiones políticas emergentes" (por ejemplo, las sustancias peligrosas en el ciclo de vida de los productos eléctricos y electrónicos, el plomo en las pinturas y las sustancias químicas alteradoras endocrinas) u "Otras cuestiones preocupantes" (sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS)).

A la hora de elaborar inventarios de COP, la recopilación de información sobre otros CoC puede tomarse como una opción teniendo en cuenta el enfoque sinérgico de otros AMMA relacionados con los productos químicos y los residuos, y con el objetivo de una gestión integrada de los COP y otros CoC cuando proceda.

En los tres sectores (AEE, transporte y construcción/edificios), la mayoría de los COP están contenidos en plástico y otros polímeros, que constituyen una parte relevante de las existencias totales de plástico en todo el mundo: aproximadamente el 30 % de la producción de plástico se utiliza en estos tres sectores (Geyer *et al.*, 2017). Teniendo en cuenta la larga vida útil de estos tres sectores (Geyer *et al.*, 2017), es probable que más del 50 % de todas las existencias de plástico se encuentren en estos sectores en la actualidad y que adquieran mayor relevancia para la gestión y el reciclaje del plástico en el futuro. Solo una parte de los plásticos de estos sectores se ve afectada por los COP. Un inventario de COP y plásticos en estos sectores puede contribuir a la gestión ambientalmente racional (GAR) y a una economía circular más segura para el plástico, que es un objetivo de diferentes agencias y programas de la ONU.³

³ <https://buildingcircularity.org/plastics/>; <https://www.unido.org/events/circular-economy-solutions-address-plastic-pollution>; <https://www.undp.org/publications/plastics-and-circular-economy-community-solutions>

1.3 Metodologías para elaborar el inventario en sectores específicos que contienen múltiples COP

1.3.1 Alcance de este documento

El enfoque de esta guía es apoyar la recopilación de información de inventario de tres sectores con presencia múltiple de COP y otros CoC, facilitando así la recopilación de datos y una visión general de los sectores:

- COP en el **sector de la edificación y la construcción** y opciones para evaluar otros CoC (Sección 2)
- COP en el **sector de los AEE** y opciones para evaluar otros CoC (Sección 3)
- COP en el **sector del transporte** y opciones para evaluar otros CoC (Sección 4)

Estos sectores se consideran especialmente preocupantes debido a la presencia de múltiples COP y al riesgo de exposición relacionado a mezclas de COP y otros CoC que pueden afectar negativamente a la salud humana (Imm *et al.*, 2003; Takahashi *et al.*, 2017; Lucattini *et al.*, 2018). Los sectores fueron seleccionados ya que estos COP múltiples están impactando en grandes categorías de materiales y residuos relevantes para una economía circular. Además, los productos químicos peligrosos en el ciclo de vida de los AEE son una cuestión política emergente del SAICM. Un informe del SAICM sobre "Sustancias químicas preocupantes en el sector de la edificación y la construcción" ofrece una visión general de los retos que plantean los CoC en este sector hacia una economía circular (PNUMA 2021f).

1.3.2 Elaboración de un inventario de COP

Las Partes están obligadas a tomar medidas sobre los COP para eliminar o reducir las emisiones con el fin de prevenir y minimizar los efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. La preparación de un inventario que ofrezca una imagen completa de cómo se utilizan los COP requiere diversas fuentes y métodos de recopilación de datos. La orientación general sobre un inventario de COP (PNUMA 2020a) describe un proceso metodológico general que debe seguirse para hacer un inventario, que consiste en un enfoque de cinco etapas (Figura1 ; para más detalles, véase PNUMA 2020a). Dicho enfoque también se utiliza en los documentos de orientación sobre inventarios para COP individuales (

Tabla 1) y se recomienda para recopilar datos sobre COP para los tres sectores, teniendo en cuenta los documentos de orientación sobre inventarios detallados.

Se pueden seleccionar y utilizar varias metodologías diferentes de recopilación de datos para recopilar información para los inventarios de COP (Etapa 2), es decir, el método indicativo, el método cualitativo y el método cuantitativo. Para más información sobre estas metodologías, consulte la Sección 2.3 de la "Orientación general sobre la elaboración de inventarios de COP" (PNUMA 2020a).

La recopilación de datos relacionados con el inventario (Etapa 3) es un proceso de varios pasos que puede incluir un enfoque escalonado (Figura1). Este enfoque ofrece flexibilidad a las Partes con distintas prioridades y capacidades⁴ y permite ampliar el trabajo en función de los resultados (PNUMA 2020a). Se lleva a cabo una evaluación inicial (Nivel I) para obtener una visión general de los usos pertinentes y de las partes interesadas con las que hay que ponerse en contacto en el sector clave que está siendo investigado. Los métodos del Nivel I suelen basarse en la bibliografía

⁴ La complejidad va desde el uso de estadísticas (en el nivel más bajo) hasta la recopilación de datos con un uso intensivo de recursos y el seguimiento específico de cada país (en los niveles más altos).

disponible, búsquedas en Internet y estadísticas, en combinación con cálculos basados en información ya existente, como perfiles de riesgo y documentos de evaluación de la gestión de riesgos adoptados por el Comité de Examen de los COP.

El inventario principal (Nivel II) sigue a la evaluación del Nivel I y genera datos detallados sobre los principales sectores mediante entrevistas y cuestionarios a las partes interesadas nacionales, e identifica además la información que falta. Esto incluiría acciones como la recopilación de información detallada de la oficina nacional de estadística, las aduanas, la industria y otras partes interesadas, y posiblemente incluiría visitas de campo.

Si es necesario y se dispone de recursos, puede realizarse un inventario más exhaustivo, que incluya muestreo y análisis (nivel III), tras evaluar los datos recopilados en el inventario de nivel II. Los métodos de nivel superior implican actividades de recopilación de datos que requieren más recursos y suelen arrojar resultados más precisos. Para algunas aplicaciones, podría considerarse la posibilidad de llevar a cabo acciones específicas para cada país o región; por ejemplo, en cooperación con centros regionales.

Figura 1 : Enfoque en cinco etapas para la elaboración de inventarios de COP (PNUMA 2020a)

Etapa 1:	<u>Iniciar el proceso de elaboración del inventario</u>
	Crear un equipo nacional de inventario
	Identificar a las partes interesadas pertinentes
	Definir el alcance del inventario
	Elaborar un plan de trabajo
	Contactar con las partes interesadas
Etapa 2:	<u>Elegir las metodologías de recogida de datos</u>
	Método indicativo
	Método cualitativo
	Método cuantitativo
Etapa 3:	<u>Recoger y compilar datos</u>
	Nivel 1: Evaluación inicial
	Nivel 2: Inventario principal
	Nivel 3: Inventario exhaustivo
Etapa 4:	<u>Gestionar y evaluar los datos</u>
Etapa 5:	<u>Preparar el informe del inventario</u>

Esta orientación sectorial pretende racionalizar y armonizar los inventarios de COP. Ayuda a los equipos de inventario a coordinar la recopilación de datos y el desarrollo de inventarios en los tres sectores. Se solicita a las partes interesadas toda la información pertinente sobre los COP de forma coordinada, lo que minimiza el tiempo y el esfuerzo tanto de los equipos de inventario como de las partes interesadas. La guía también apoya la fase de planificación, proporcionando una visión general del uso de los COP en varios sectores (véase Tabla 3, Tabla 10 y Tabla 13)

La evaluación de los tres sectores puede incluir otros CoC relevantes para la gestión de los materiales de los sectores, en particular en el final de la vida útil y el reciclado (véase la sección 1.5)

Una vez recogidos y compilados los datos de los tres sectores, la información recopilada deberá analizarse y evaluarse (Etapa 4) e incorporarse a los informes de inventario de los distintos grupos de COP (Etapa 5) y al informe del PNA (Figura1). Deberán señalarse los supuestos y las

estimaciones y describirse las incertidumbres. También deben señalarse las lagunas en los datos y registrarse las limitaciones para validar la información y las sugerencias para recopilar más datos, posiblemente mediante muestreo y análisis (Nivel III).

Para elaborar la parte del inventario relativa a los residuos, establecer una clasificación de los residuos que se utilice de forma coherente ayudará a garantizar la comparabilidad de la información del inventario recogida de diversas fuentes y a lo largo del tiempo. Los residuos también deben clasificarse de forma que sirvan a los objetivos de elaboración del inventario, como la planificación de las instalaciones de eliminación. Esto es sencillo en el caso de los tres sectores considerados en esta guía con los flujos de residuos relacionados: residuos de construcción y demolición (RCD), residuos electrónicos y vehículos al final de su vida útil (VFU).

1.4 COP presentes en los sectores

Hasta la fecha, 34 sustancias o grupos de sustancias figuran en la lista de COP del Convenio de Estocolmo. Se agrupan en plaguicidas, productos químicos industriales y COP no intencionales. Quince de los COP industriales están presentes en al menos uno de los tres sectores a los que se dirige esta orientación sectorial (Tabla 2). Para la mayoría de estos COP existen documentos de orientación detallados sobre inventarios que pueden consultarse para una evaluación detallada de los mismos (Tabla 1).

Los COP candidatos a PCCM propuestos para su inclusión en la lista por el Comité de Examen de los COP (CECOP⁵) (Tabla 2) en la COP12 en 2025 se incluyen en la evaluación y la orientación actual. Los COP que se siguen utilizando y los COP utilizados anteriormente para los tres sectores se distinguen en las secciones sectoriales individuales. En el caso de los COP cuya producción ha cesado, sólo es necesario evaluar las existencias actuales en uso y los residuos y el reciclado, mientras que en el caso de los COP que todavía se utilizan en la producción, es necesario evaluar todo el ciclo de vida, incluida la producción, la importación y el uso actual. En el caso de estos COP, se menciona el período de producción/uso para que el inventario pueda dirigirse a los edificios construidos o a los AEE y vehículos producidos en esos períodos.

Tabla 2: COP presentes en los tres sectores y su uso

COP (período principal de producción y uso)*.	Edificación y construcción	Material eléctrico y electrónico	Transporte
c-PentaBDE (1970-2004)	Uso anterior	Uso anterior menor	Uso anterior principal
c-OctaBDE (1970-2004)	Uso anterior menor	Uso principal	Uso anterior menor
decaBDE (desde los años 70)	Uso principal	Uso principal	Uso principal
HBCD (1980 a 2021)	Uso anterior principal	Uso anterior menor	Uso anterior menor
HBB (1970 a 1976)		Uso anterior	Uso anterior
PCCC (desde los años 30)	Uso principal	Uso menor	Uso menor
PCCM ⁶ (Desde los años 30)	Uso principal	Uso	Uso
PFOS (1960 a 2012)**	Uso anterior	Uso anterior	Uso anterior
PFOA (desde los años 60)	Uso anterior	Uso menor en el producto	Uso
PFHxS (1960 a 2021)	Uso anterior	Uso anterior	Uso anterior
PCB (1940 a 1980)	Uso anterior principal	Uso anterior	Uso anterior menor

⁵<http://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ChemicalsProposedforListing/tabid/2510/Default.aspx>

⁶ Se sugiere que las PCCM se incluyan en la lista de COP12 en 2025 (PNUMA 2023c)

COP (período principal de producción y uso)*.	Edificación y construcción	Material eléctrico y electrónico	Transporte
NPC (de 1930 a los años 70)	Uso anterior menor	Uso anterior menor	Uso anterior menor
PCP (1930 a 2015)	Uso anterior principal	No relevante	Uso anterior menor
DDT, aldrina, dieldrina, endosulfán, lindano, mirex (1940 a 2000)	Uso anterior	No relevante	No relevante
Declorano Plus (DP)	Uso	Uso	Uso
UV-328	Uso principal	Uso principal	Uso principal

*Período principal de producción y uso en estos sectores

**La mayor parte de la producción/uso fue interrumpida en 2002 por 3M.

1.5 Opción para considerar otras sustancias químicas preocupantes abordadas por otras acciones globales en el marco de determinados AMMA relevantes para los tres sectores.

Un componente importante de la gestión eficaz de los COP es el uso o la ampliación de las sinergias entre los distintos convenios sobre productos químicos y residuos, así como el SAICM. A la hora de elaborar inventarios de COP, puede considerarse la posibilidad de recopilar información sobre otros CoC para alinearse con el enfoque sinérgico de otros AMMA relacionados con los productos químicos y los residuos, con el fin de lograr una gestión integrada de los COP y los CoC cuando proceda.

Para el control/la identificación y selección de otros CoC en esta guía, se han recopilado los productos químicos prioritarios abordados por otros AMMA relevantes para los tres sectores. Entre ellos se incluyen el Convenio de Basilea, el Convenio de Minamata, el Convenio de Rotterdam y el Protocolo de Montreal, así como el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM) (ahora Marco Mundial sobre los Productos Químicos). En el caso de algunos convenios, se elaboran inventarios que pueden coordinarse para estos sectores en un enfoque sinérgico (por ejemplo, para el mercurio), aunque no se han realizado actividades particulares de inventario para los temas de preocupación del SAICM. Este enfoque metódico apoya la sinergia de los convenios sobre productos químicos y la gestión internacional de productos químicos promovida por el PNUMA (PNUMA 2015, 2017b, 2022). En el caso de los CoC (distintos de los COP) que se abordan en los AMMA o el SAICM, se ha recopilado información sobre los usos en los sectores respectivos (véase las secciones 2.5, 3.5 y 4.5).

2 Inventario de COP en el sector de la edificación y la construcción y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes

2.1 Introducción al sector de la edificación y la construcción e inventario de COP y otros CoC

2.1.1 Visión general

El sector de la edificación y la construcción es uno de los más intensivos en productos químicos de la industria química. Impulsado por la rápida aceleración de la urbanización, se prevé que el sector mundial de la construcción crezca un 3,5% anualmente y que su mercado de productos químicos crezca un 6,2% anualmente entre 2018 y 2023 (PNUMA 2019b). Algunos de los productos químicos presentes en el plástico y otros materiales de la edificación y la construcción son COP (por ejemplo, HBCD, PBDE, PCCC, PCB, PFOA) u otros CoC (PNUMA 2021f). Contaminan el ambiente interior

y suponen una amenaza para la salud humana y el medio ambiente (Lucattini *et al.*, 2018; Blumenthal *et al.*, 2022).

Los residuos de construcción y demolición (C&D) son el mayor flujo de residuos y representan más del 30% de todos los residuos, con una cantidad total de 10.000 millones de toneladas/año, y están aumentando en todo el mundo, con la mayor proporción de residuos eliminados en vertederos (Wu *et al.*, 2019; Purchase *et al.*, 2021; Al-Otaibi *et al.*, 2022)

Dados los grandes volúmenes de residuos que habrá que gestionar en el futuro, los países industrializados están realizando una transición hacia una economía más circular para los residuos de C&D. Esto implica una deconstrucción controlada para recuperar mejor las fracciones individuales de residuos y gestionar los contaminantes (Agencia de Medio Ambiente de Baviera 2019; USEPA 2022). Como parte del enfoque de deconstrucción, los materiales plásticos de los edificios también deben gestionarse de forma ambientalmente racional, con una posible separación del plástico que contenga COP y el reciclado de las fracciones plásticas libres de COP y otros CoC (PNUMA 2021f; PNUMA 2021g). Se han llevado a cabo proyectos iniciales para evaluar el potencial de reciclado del plástico procedente de los residuos de C&D (por ejemplo, Agencia Alemana de Medio Ambiente 2021).

La vida útil de los edificios y los materiales de construcción puede abarcar desde varias décadas hasta más de un siglo (Li *et al.*, 2016; PNUMA 2021f). En consecuencia, una parte significativa de los materiales plásticos y espumas con aditivos COP utilizados en los últimos 70 años sigue utilizándose en edificios y en la construcción. Lo mismo ocurre con otros productos químicos o materiales preocupantes. Durante esta larga vida útil, diversos actores, incluidos los residentes que viven en los edificios, los trabajadores y las personas que participan en la construcción, renovación o demolición, pueden entrar en contacto con productos de construcción que contienen COP u otros CoC.

La gestión ambientalmente racional de los residuos de C&D que contienen COP y otros CoC es crucial para garantizar que se minimizan los impactos de las sustancias químicas heredadas sobre la salud humana y el medio ambiente. La identificación y el inventario de las existencias de materiales en el entorno construido que contienen CoC es el primer paso, que permite un desmantelamiento ambientalmente racional. Para aumentar el reciclado de materiales y evitar la reintroducción de CoC en las materias primas secundarias, debe avanzarse en la investigación y el desarrollo de tecnologías para el reciclado y la separación racionales de los productos de construcción que contienen CoC (PNUMA 2021f).

Una parte del plástico de los edificios contiene COP que todavía se producen y utilizan (Sección 3.2) o algunos COP heredados cuya producción ha cesado, pero que todavía se utilizan en edificios (Sección 4.3), o sustancias químicas que tienen propiedades de COP y que actualmente se están evaluando para su inclusión en la lista del Convenio de Estocolmo (Sección 2.4). Otros CoC pueden encontrarse en materiales de construcción plásticos o no plásticos (Sección 2.5).

2.1.2 Evaluación e inventario de COP y otros CoC en el sector de la edificación y la construcción

El sector de los edificios y la construcción es una de las principales áreas de uso de plásticos que contienen aditivos catalogados como COP, como los retardantes de llama bromados (HBCD y PBDE) en espumas aislantes (Li *et al.*, 2016; PNUMA 2021a), o PBDEs utilizados en una amplia gama de otros materiales plásticos en la construcción (Tabla 4, 2.2.1 y 2.3.2), PCCC y PCCM⁶ en PVC, poliuretano (PUR) y otros polímeros (Guida *et al.*, 2020; Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021) (Secciones 2.2 y 2.3)

La Tabla 3 ofrece una visión general de los COP en los edificios y la construcción, así como de su uso principal o secundario y su período de utilización. También indica qué información debe recopilarse para el inventario y quiénes son las principales partes interesadas que posiblemente dispongan de información, como los ministerios gubernamentales o las oficinas nacionales de estadística (ONE). Además, la Tabla 3 enumera las referencias a las respectivas orientaciones

sobre inventarios en las que se puede encontrar información detallada sobre los distintos COP y el cálculo para la elaboración de inventarios.

Además de los COP, en la construcción se utilizaron y se siguen utilizando otros CoC, como el plomo en las pinturas (cuestión de política emergente del SAICM⁷) y otros materiales de plomo, los PFAS (cuestión preocupante del SAICM⁸) y el amianto (véase la sección 2.5), que podrían evaluarse en un enfoque de inventario sectorial junto con los COP. Esto parece especialmente pertinente en el caso de aplicaciones como las pinturas, en las que se utilizaron COP (PCCC/PCCM⁶, PCB, HBCD, PFAS, PCP), y plomo, aceite de alquitrán (HAP) y organoestánnicos en la misma aplicación.

El inventario de COP y otros CoC en edificios y construcción es esencial para la gestión ambientalmente racional de los residuos de C&D. Las instituciones gubernamentales y otras partes interesadas responsables de planificar, orientar y supervisar la gestión de los residuos de C&D deben conocer los COP y otros CoC presentes para orientar y supervisar los residuos de C&D de forma eficaz. Esto asegura una recuperación óptima de los recursos, incluidos los plásticos y la GAR de los COP y otros materiales que contienen CoC. El inventario de COP debe recopilar la cantidad de plásticos/productos impactados y COP relacionados, y describir el estado actual de la gestión de residuos de las fracciones individuales de residuos que contienen COP.

En el sector de la construcción, los COP están presentes principalmente en plásticos y otros polímeros. En la evaluación del inventario para el sector de la construcción, se debe compilar la cantidad total de categorías de plásticos impactados por COP u otros CoC y se debe describir en el inventario la gestión actual de residuos de las fracciones plásticas individuales que contienen COP u otros CoC. Esto puede contribuir a un inventario global de plásticos y a la gestión de los residuos plásticos que contienen COP u otros CoC (PNUMA 2023a).

⁷ <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

⁸ <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

Tabla 3 : COP utilizados en el sector de la edificación y la construcción, información de inventario que puede recopilarse, fuentes de datos y nivel de prioridad estimado

COP	Aplicación en edificación y construcción	Periodo de uso*	Información que debe recogerse para el inventario (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
DecaBDE	Aislamiento PUR y XPS, paneles de revestimiento, láminas PE/PP, cables y conductos eléctricos y accesorios o aislamiento de tuberías.	Usos actuales y anteriores. Se permite un nuevo uso en espuma de poliuretano (PUR) para aislamiento de edificios.	Importación actual/nuevo uso para la construcción. Cantidad de plástico utilizado en la construcción de 1970 a 2020 que contiene o puede contener decaBDE. Cantidad y gestión del plástico en los residuos de C&D.	ONE; Ministerio de Construcción; asociación del plástico; aduanas, productores e importadores de plástico, agencia de gestión de residuos (AGR); departamentos de planificación/permisos ; agencias de gestión de catástrofes;	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Alta (Nivel II y III)
c-PentaBDE (tetraBDE y pentaBDE)	Retardantes de llama en espuma PUR, PVC en cables, alambres, alfombras, láminas industriales	Uso anterior (1970 a 2004)	Cantidad de plástico utilizado en la construcción de 1970 a 2004 que contiene o puede contener c-PentaBDE. Cantidad y gestión en los residuos de C&D.	Productores e importadores de EPS/XPS	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Media (Nivel II y III)
HBCD	Principal retardante de llama en EPS/XPS; textiles interiores (por ejemplo, persianas enrollables)	Uso anterior (1970 a 2021)	Cantidad de EPS/XPS utilizado en la construcción de 1970 a 2021; período de uso de HBCD en EPS/XPS en el país y cantidad. Cantidad y gestión de los residuos de C&D.	Productores e importadores de EPS/XPS	Orientaciones sobre inventario de HBCD (2021b)	Alta (Nivel II)
PCCC (y PCCM ⁶)	En PVC en cables, suelos y tejados; espuma PUR en aerosol, adhesivos, caucho, sellantes, pinturas y revestimientos.	Usos actuales y anteriores. Las PCCC están exentas para su uso en PVC, pinturas y adhesivos.	Importación actual/nuevo uso para la construcción. Cantidad total de PVC/espuma en aerosol de PUR utilizado en la construcción desde 1970 hasta hoy; proporción de PVC que contiene plastificante; cantidad de PCCC/PCCM ⁶ en estos plásticos. Cantidad y gestión de los residuos de C&D.	Ministerio de Construcción; asociación de plásticos; productores e importadores de PVC, sellantes y pinturas, agencia GR	Orientación sobre inventarios del PCCC (PNUMA 2019a)	Alta (Nivel II y III)
PCB	Sellantes, pinturas, yeso, adhesivos, acabados de suelos, cables, revestimientos anticorrosión	Uso anterior (de 1950 a 1975 aproximadamente)	Uso anterior de PCB en sellantes, pinturas/revestimientos, cables en el país. Uso actual restante en la construcción; cantidad y gestión en los residuos de C&D.	ONE; Ministerio de Construcción; productores e importadores de selladores, pinturas, cables	Orientación sobre inventarios de PCB (PNUMA 2019e)	Media (Nivel II y III)

COP	Aplicación en edificación y construcción	Periodo de uso*	Información que debe recogerse para el inventario (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
NPC	Pinturas y revestimientos, cables y tratamiento de la madera	Uso anterior (1940 a 1980)	Antiguo uso de NPC en sellantes, pinturas/revestimientos y cables en el país.	Productores de sellantes, pinturas, cables	Orientación sobre inventarios de PCN (PNUMA 2021c)	Baja (Nivel I)
PFOA	Pinturas, lacas y sellantes, alfombras y revestimientos de suelos sistemas fijos de extinción de incendios	Usos actuales y anteriores	Uso actual del PFOA en la construcción; Uso anterior en estas aplicaciones y cantidad en uso y gestión al final de su vida útil	Ministerios de Construcción e Industria; asociaciones, productores e importadores de pinturas, revestimientos, lacas, selladores; productores/importadores de alfombras sintéticas para suelos	Orientación sobre inventarios de PFOA/PFOS (PNUMA 2023b)	Media (Nivel I y II)
PFOS	Alfombras y revestimientos de suelos, pinturas y barnices, revestimientos; espuma en sistemas fijos de extinción de incendios	Usos anteriores (uso principal antes de 2002) Espuma contra incendios hasta ahora	Uso anterior en estas aplicaciones y cantidad en uso; cantidad y gestión en los residuos de C&D (por ejemplo, alfombras; espumas contra incendios).	No	Media (Nivel I y II)	
PFHxS	Alfombras y revestimientos de suelos, pinturas, revestimientos, yeso, paneles de yeso, materiales para fachadas, aislamiento textil y plástico,	Uso anterior (hasta 2021)	Uso anterior en estas aplicaciones y cantidad en uso; Cantidad y gestión en los residuos de C&D.			
PCP	Se utiliza como conservante en productos de madera	Uso anterior (1940 a 2015; algunos países lo eliminaron antes)	Período de uso del PCP en el tratamiento de la madera en el país; cantidad de madera tratada; tipo de uso de la madera tratada; cantidad y gestión de los residuos de madera tratada y de C&D	ONE; Ministerios de Construcción, Silvicultura y Agricultura; industria maderera e importadores	Orientación sobre inventarios de PCP (PNUMA 2021d)	Media (Nivel II y III)
Plaguicidas COP	plaguicidas COP utilizados como insecticidas o fungicidas en la madera de construcción (DDT, aldrina, clordano, dieldrina, endosulfán, lindano, mirex)	De 1950 a 1990; en algunos países se sigue utilizando el DDT para la fumigación residual de interiores.	Período de uso de plaguicidas COP en el tratamiento de la madera en el país; cantidad de madera tratada; áreas de uso de la madera tratada; cantidad y gestión de la madera tratada en los residuos de C&D.	ONE; Ministerios de Construcción, Silvicultura y Agricultura; industria maderera e importadores	No	De baja a alta dependiendo de la región (Nivel II)
Declorano Plus	Retardante de llama en polímeros en materiales para tejados y otros materiales de construcción,	Desde 1960 hasta 2024 (la última	Cantidad de DP utilizada en la construcción hasta ahora. Período de uso de DP en PVC y materiales de techo en el país y cantidad.	Ministerio de Construcción; asociación del plástico y el PVC; productores	No	Media (Niveles I y III)

COP	Aplicación en edificación y construcción	Periodo de uso*	Información que debe recogerse para el inventario (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
	papel pintado de PVC no tejido, pintura de látex, tarimas laminadas, tableros de fibra, selladores, tuberías, espuma fonoabsorbente y EPS.	producción se detuvo en 2023).	Cantidad y gestión de los residuos de C&D.	e importadores de plástico y las aplicaciones de la columna 2		
UV-328	Absorbente de UV en materiales poliméricos, masillas, pinturas, lacas, barnices, adhesivos, revestimientos de madera	Desde 1970 hasta ahora	Cantidad de UV-328 utilizada en la construcción. Periodo de uso de UV-328 en un país relacionado con las aplicaciones de la columna 2; cantidad y gestión en residuos de C&D.	Ministerio de Construcción; Asociación de la industria; productores e importadores de las aplicaciones de la columna 2	No	Media (Niveles I y III)

*Los plásticos y la mayoría de los usos en la construcción tienen una larga vida útil de varias décadas hasta más de un siglo.

**Los detalles sobre las partes interesadas a las que se puede consultar se recogen en los documentos de orientación de cada inventario.

2.2 COP utilizados actualmente en el sector de la construcción y evaluación

Los COP que se siguen utilizando en el sector de la construcción son el decaBDE, el PFOA, las PCCC y el UV-328 (Tabla 3). Para estos COP, toda la cadena de suministro y el ciclo de vida (producción - importación/exportación - uso - fin de vida) deben evaluarse en un inventario para abordar y controlar adecuadamente los COP individuales y los materiales impactados utilizados en el sector de la construcción.

2.2.1 DecaBDE en edificios y construcción

El decaBDE fue uno de los principales retardantes de llama utilizados en la construcción hasta aproximadamente 2017, cuando se incluyó en la lista del Convenio de Estocolmo. Se estima que el 20% de la producción total de c-DecaBDE, aproximadamente 320.000 toneladas, se utilizó en la construcción (Abbasi *et al.*, 2019). Suponiendo una concentración del 5 al 10% de c-DecaBDE en polímeros de construcción (Tabla 4), esto se traduce en 3,2 a 6,4 millones de toneladas de polímeros que contienen decaBDE en edificios, lo que pone de relieve la necesidad de un inventario y una gestión adecuados.

El decaBDE se ha utilizado en una amplia gama de plásticos, como el poliestireno extruido (XPS), la espuma aislante de PE y las láminas de plástico de PE, PP y PVC (Tabla 4). El decaBDE también recibió una exención específica para su uso en espuma aislante PUR en la construcción, por lo que su uso podría continuar (PNUMA 2021a). Debido a su larga vida útil, la mayor parte de los polímeros que contienen PBDE utilizados en los últimos 40 años en la construcción siguen utilizándose en gran medida. Por lo tanto, en el inventario de COP, lo siguiente debe evaluarse para la presencia de decaBDE:

- Si el decaBDE se sigue utilizando en la espuma PUR nueva en la construcción y cantidad estimada.
- Si el decaBDE se sigue utilizando en otros usos nuevos del plástico no exentos (véase Tabla 4) y cantidad estimada.
- Cantidad de todos los polímeros que contienen decaBDE en uso actual en edificios instalados en los últimos 50 años (véase Tabla 4)
- Cantidad de residuos plásticos en los residuos de construcción y demolición (total) y proporción de plástico que contiene decaBDE y otros COP utilizados actualmente y en el pasado (véase más abajo).

Tenga en cuenta que la proporción de polímeros individuales que contienen PBDE no se conoce y debe evaluarse mediante un inventario de nivel III para un país.

Tabla 4 : Concentración de COP en polímeros/plásticos* en la construcción (PNUMA 2021b con adiciones)

POP	Usos	Contenid o (% peso)**	Referencias
HBCD	Poliestireno expandido (EPS)	0.5-1%	PNUMA 2021c
HBCD, DecaBDE	Poliestireno extruido (XPS)	1-3%	Morf <i>et al.</i> , 2003
DecaBDE, PentaBDE	Espuma PUR en el aislamiento	4-13%	Leisewitz y Schwarz 2000
DecaBDE, PentaBDE	Rellenos de espuma PUR	22%	Leisewitz y Schwarz 2000
DecaBDE	Espuma aislante de PE	20%	Morf <i>et al.</i> , 2003
DecaBDE	Láminas de plástico PE y PP	10%	Morf <i>et al.</i> , 2003
DecaBDE, PentaBDE, HBCD	Persiana enrollable y cortina	4%	Kajiwara <i>et al.</i> , 2013
DecaBDE	Capa adhesiva de cintas reflectantes	1-5%	RPA 2014
DecaBDE, PentaBDE	Pintura intumescente	2.5-10%	RPA 2014
PCCC/PCCM ⁶ , (DecaBDE)	Lona de plástico PVC	5-20% (5%)	Morf <i>et al.</i> , 2003; Chen <i>et al.</i> , 2021

PCCC/PCCM ⁶	Mangueras de PVC para fontanería	0.5%-10%	Chen <i>et al.</i> , 2021
PCCC/PCCM ⁶	Suelos, tejados y papel pintado de PVC	0.5%-10%	Chen <i>et al.</i> , 2021
PCCC/PCCM, ⁶ PCB, NPC	Cables	0.5%-10%	Chen <i>et al.</i> , 2021
PCCC/PCCM ⁶	Sellantes PUR	10-50%	Chen <i>et al.</i> , 2021; Brandsma 2021

*Tenga en cuenta que sólo una pequeña parte desconocida del polímero contiene COP

**Rango de concentración del aditivo POP intencional.

2.2.2 Las PCCC en los edificios y la construcción

Las parafinas cloradas de cadena corta (PCCC) han sustituido a los bifenilos policlorados (PCB) en algunos materiales de construcción (sellantes, pinturas y aditivos para cables). Los principales usos de las PCCC⁹ (y las PCCM candidatas a COP; véase la sección 2.4.1) en la construcción se utilizaron como plastificantes en el cloruro de polivinilo (PVC) (Chen *et al.*, 2021; Babayemi *et al.*, 2022; Chen *et al.*, 2022). Además, las PCCC (y las PCCM) también se utilizan como plastificantes y retardantes de llama en pinturas, adhesivos, sellantes, caucho y otros materiales poliméricos (PNUMA 2019a). Las PCCC se incluyeron en la lista de COP en 2017 con una serie de exenciones (PVC, pinturas impermeabilizantes e ignífugas, adhesivos) y todavía se utilizan en una amplia gama de materiales en edificios y construcción. PCCM⁶ están siendo evaluados actualmente por el CECOP para su inclusión en el Convenio de Estocolmo. Se evaluarían para un inventario las siguientes:

- Si las PCCC (y las PCCM) se siguen utilizando en materiales de construcción nuevos (PVC, espuma PUR en aerosol, caucho, pinturas) y la cantidad correspondiente.
- Si las PCCC (y las PCCM) se siguen utilizando en otros usos no exentos (por ejemplo, sellantes) y cantidad correspondiente.
- Cantidad de polímeros que contienen PCCC (y PCCM⁶) instalados en los últimos 50 años en el parque actual de edificios.
- Cantidad de residuos plásticos en los residuos de construcción y demolición (total) y proporción de plástico que contiene PCCC y PCCM⁶

2.2.3 UV-328 en edificios y construcción

El 2-(2H-benzotriazol-2-il)-4,6-di-terc-pentilfenol (UV-328; CASRN 25973-55-1) es un benzotriazol fenólico sustituido (BZT), y está incluido en la lista del Convenio de Estocolmo (UNEP 2023d).

El UV-328 se utiliza como absorbente de UV en muchos polímeros (por ejemplo, poliolefinas, poliuretanos, PVC, poliacrilato, poliéster insaturado, policarbonato y elastómeros) y productos. En el sector de edificios, el UV-328 se utilizaba y se sigue utilizando en pinturas y revestimientos, sellantes, masillas, lacas, barnices y revestimientos de madera (PNUMA 2021f). La UV-328 puede evaluarse junto con otros COP (PCCC, decabDE, PCB) en pinturas, revestimientos y sellantes.

2.2.4 PFOA, PFOS, PFHxS y otros PFAS en edificios y construcción

Los PFOS, PFOSF y compuestos relacionados están incluidos en el Convenio de Estocolmo desde 2009, y el PFOA y compuestos relacionados y el PFHxS y compuestos relacionados se incluyeron en 2019 y 2022, respectivamente. Los ácidos perfluorocarboxílicos de cadena larga (PFCA), sus sales y compuestos relacionados han sido evaluados por el CECOP y se propone su inclusión en la lista de COP12 en 2025 (PNUMA 2023c).

El PFOA y los compuestos relacionados se utilizan en polímeros fluorados de cadena lateral en pinturas y lacas en pinturas y selladores arquitectónicos para exteriores e interiores (PNUMA 2021f). En el pasado, los PFOS y los PFHxS y compuestos afines se utilizaban en edificios y en la construcción (Green Science Policy Institute 2021; PNUMA 2021f). Los PFOS y compuestos afines

⁹ Si las PCCC aparecen en mezclas en concentraciones superiores o iguales al 1% en peso, se consideran COP y se incluyen en la lista del Convenio de Estocolmo.

se han utilizado en alfombras y revestimientos de suelos, revestimientos, pinturas y barnices, sellantes y productos adhesivos. En cuanto a los PFHxS, se ha informado de su presencia en los mismos usos y en materiales plásticos para fachadas, aislamiento de espuma/plástico/textil, paneles de yeso, pintura, escayola, agentes de pulido y productos antihumedad/impregnantes (PNUMA 2021f).

2.3 COP utilizados anteriormente en el sector de la construcción y existencias actuales en edificios

Debido a su larga vida útil (Sección 2.1), la mayor parte de los COP que se han utilizado en el sector de la construcción en los últimos 70 años siguen presentes en los edificios y deben tenerse en cuenta en el inventario de COP. Estos COP utilizados anteriormente en el sector de la construcción incluyen el HBCD, el c-PentaBDE, los PCB, los NPC y el PCP, para los que existen documentos de orientación sobre inventarios (

Tabla 1).

2.3.1 HBCD en edificios y construcción

El HBCD fue uno de los principales aditivos ignífugos utilizados en la construcción en las espumas de poliestireno expandido y extruido (EPS/XPS) (PNUMA 2017c; 2021b) desde 1970 hasta 2021, el año en que se suspendió la exención sobre su producción y uso. Los materiales de EPS y XPS se utilizan en diversas aplicaciones en todo el sector de la construcción (Visión general, Tabla 5). Dependiendo de las normas de inflamabilidad de cada país, es posible que se haya utilizado HBCD en estas aplicaciones identificadas.

Para el inventario, se evaluarían las cantidades de EPS y XPS instaladas como espuma aislante en edificios desde los años 70 hasta 2021. Se estimaría la proporción de espuma de EPS/XPS que sigue presente y que probablemente contiene HBCD y se calcularía la cantidad de HBCD relacionada (PNUMA 2017c; 2021b).

Tabla 5 : HBCD en aplicaciones de EPS y XPS en edificios (PNUMA 2017c)

Tipo de PE	Antiguo uso de HBCD en poliestireno
EPS (concentración de HBCD de 0,5 a 0,7%)	Aislamiento de EPS ignífugo, incluyendo: - Aislamiento de tejados planos; aislamiento de tejados inclinados - Aislamiento del suelo; aislamiento de la "losa sobre el suelo" - Sistemas de suelo de hormigón aislado - Aislamiento de paredes interiores con placas de yeso - Aislamiento de paredes exteriores o sistemas compuestos de aislamiento exterior - Placas de aislamiento de paredes huecas y relleno suelto - Moldes de hormigón aislado (ICF) - Sistemas de cimentación y otros sistemas de formación de huecos - Aplicaciones de cimentación de carga - Material de núcleo para EPS utilizado en paneles sándwich y paneles de piel tensada - Calefacción por suelo radiante - Aislamiento acústico en suelos flotantes - Placas de drenaje de EPS
EPS	Ladrillos de hormigón EPS, hormigón EPS

Tipo de PE	Antiguo uso de HBCD en poliestireno
EPS	Espuma de estabilidad del suelo (para uso en ingeniería civil)
EPS	Aislamiento sísmico
EPS	Otros artículos moldeados de EPS, como adornos, decoraciones, logotipos, etc.
XPS (concentración de HBCD de 0,8 a 3%)	<ul style="list-style-type: none"> - Placas aislantes XPS: - Suelos aislantes de puentes fríos - Paredes de sótano y cimientos - Tejados invertidos; techos; aislamiento de cavidades - Paneles compuestos y laminados

2.3.2 PentaBDE en edificios y construcción

Se estima que se han utilizado 27.000 toneladas de c-PentaBDE (20% de la producción total) en edificios desde la década de 1970 hasta 2004 (cese de la producción), con un uso mayoritario en Estados Unidos (Abbas *et al.*, 2019). El C-PentaBDE se ha utilizado en el sector de la construcción en el aislamiento de espuma rígida PUR (PNUMA 2021a) (Tabla 4). El c-PentaBDE puede evaluarse en edificios junto con el decaBDE y el inventario de PCCC/PCCM⁶ en espumas PUR con una estimación del uso anterior.

2.3.3 Declorano Plus en edificios y construcción

El declorano Plus (n.^o CAS 13560-89-9) es un retardante de llama policlorado que contiene dos estereoisómeros, el syn-DP (n.^o CAS 135821-03-3) y el anti-DP (n.^o CAS 135821-74-8). Los isómeros están presentes en el producto técnico en una proporción aproximada de 1:3, es decir, un 25 % de syn-DP y un 75 % de anti-DP (PNUMA 2019c). Se incluyó en la lista del Convenio de Estocolmo en 2023 con exención (PNUMA 2023d); la producción cesó en diciembre de 2023 (GGKP 2024).

El declorano Plus se ha utilizado como producto ignífugo en muchos polímeros y como producto ignífugo no plastificante en termoplásticos (ej., polipropileno, poliéster, acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), caucho natural, tereftalato de polibutileno (PBT), nailon y copolímero en bloque de caucho de estireno butadieno (SBR)) y termoestables (ej., resinas epoxi y de poliéster, espuma de poliuretano, caucho de silicona, caucho de monómero de etileno propileno dieno y neopreno).p. ej., resinas epoxi y de poliéster, espuma de poliuretano, caucho de poliuretano, caucho de silicona, caucho de monómero de etileno propileno dieno y neopreno). La cantidad de DP en estos materiales oscila entre el 8% en el tereftalato de polibutileno y el 40% en el caucho de silicona. En el sector de la construcción, el DC se incluye, por ejemplo, en revestimientos de cables, materiales plásticos para tejados, papel pintado de PVC no tejido, pintura de látex, tarimas laminadas, tableros de fibra, tableros de madera maciza, pegamento, sellantes, tuberías de PVC, espumas fonoabsorbentes y paneles de EPS (PNUMA 2021f).

2.3.4 PCBs y NPC en edificios y construcción

Se estima que aproximadamente el 25% de la producción mundial total de PCB (unas 375.000 toneladas) se utilizó en aplicaciones abiertas, principalmente en el sector de la construcción (PNUMA 2021c; PNUMA 2021f). Los PCB y los NPC se han utilizado en la construcción, en particular en sellantes, revestimientos, pinturas, adhesivos y cables (PNUMA 2019e; PNUMA 2021c). En general, el uso de PCB en estos usos fue considerablemente mayor que el de NPC. La mayor utilización de PCB en usos abiertos se produjo entre los años 1950 y 1975, mientras que los NPC se utilizaron principalmente entre 1930 y 1960 (PNUMA 2021c). Los PCB se detectan en edificios industriales, públicos y residenciales. Entre los ejemplos del sector industrial se incluyen centrales hidroeléctricas, nucleares, de carbón/gas, plantas de tratamiento de aguas e instalaciones militares (PNUMA 2019e).

El principal uso de los PCB en los edificios era en sellantes elásticos, sin que se haya informado de ningún uso de NPC. Las pinturas y los revestimientos anticorrosión fueron otra de las principales aplicaciones abiertas de los PCB hasta los años 70 y posiblemente hasta los principios de los 80 (PNUMA 2021c). Los NPC se han utilizado en pinturas y lacas subacuáticas hasta principios de la década de 1980 (PNUMA 2021c; Potrykus *et al.*, 2015).

En general, se cree que las aplicaciones abiertas de los PCB se eliminaron a principios de los años 80. Sin embargo, debido a la larga vida útil de estos productos, los PCB siguen estando presentes en el entorno construido.

Uno de los principales usos de los NPC fue como retardante de llama en cables entre 1930 y 1960 (Jakobsson & Asplund 2000). Los cables que contienen PCB (utilizados en los años 60 y 70) y PBDE (utilizados desde los años 70) se han utilizado más recientemente, así como los que contienen PCCC.

Los PCB y NPC han sido sustituidos por PCCC/PCCM⁶ en los principales usos en la construcción (sellantes, pinturas, revestimientos y adhesivos) (véase la sección 2.2.2) y deben evaluarse y cuantificarse conjuntamente.

2.3.5 PCP y otros plaguicidas COP en edificios y construcción

El PCP era un importante conservante de la madera para uso en interiores y exteriores desde la década de 1930, por ejemplo, en edificios de madera como casas de entramado de madera, en ventanas, puertas, cerchas de tejados, escaleras o barandillas de escaleras, en revestimientos de madera de paredes o techos, en establos, en vallas y otras construcciones. El uso para postes de servicios públicos y crucetas sigue estando exento (PNUMA 2021d). Algunos países eliminaron progresivamente el PCP en el tratamiento de la madera ya en la década de 1980, mientras que otros siguieron utilizándolo hasta hace poco. En el caso de la madera tratada con PCP, deben tenerse en cuenta en el inventario los altos niveles de PCDD/PCDF no intencionales presentes en el PCP, así como la contaminación conexa del medio ambiente con PCP y PCDD/PCDF procedentes de la madera tratada a lo largo del ciclo de vida y las emisiones y sitios contaminados conexos¹⁰ (sitios de tratamiento de la madera, uso de madera tratada con PCP y gestión al final de su vida útil) (Huwe *et al.*, 2004; Weber *et al.*, 2018; PNUMA 2021d; Petrik *et al.*, 2022).

Además, el DDT, la aldrina, la dieldrina, el endosulfán, el lindano, el mirex y el clordano y posiblemente otros plaguicidas COP se han utilizado como insecticidas o fungicidas en la madera en la construcción desde la década de 1940 hasta la década de 1990 (Kurata *et al.*, 2005; PNUMA 2021e) y se incluirían en el inventario si se utilizaran en el tratamiento de la madera en el país/ región.

Se estimaría la cantidad total de madera tratada en edificios y construcción, así como la proporción de madera tratada con PCP y la proporción de otros COP. También se evaluaría la cantidad y el porcentaje de otros conservantes peligrosos de la madera, como la creosota de arseniato de cobre cromado que contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (véase la sección 2.5.1), los compuestos de tributilestaño (sección 2.5.5) o la pintura con plomo. Se evaluaría la gestión al final de la vida útil de la madera en los residuos de C&D y se garantizaría que los residuos de madera contaminados con COP no se reciclen en muebles o astillas de madera para camas de animales, sino que se eliminen de forma ambientalmente racional.

2.4 Candidatos COP en edificios y construcción

Un candidato a COP (PCCM) se utiliza como aditivo plástico en la construcción. Para este candidato a COP, aún no se han elaborado orientaciones sobre inventarios, pero pueden tenerse en cuenta las orientaciones sobre inventarios de PCCC. En un primer inventario preliminar se recopilaría la

¹⁰ En la orientación sobre inventarios de PCP (PNUMA 2021d) se ofrecen algunos estudios de casos sobre emplazamientos contaminados. En el apéndice 1 de las orientaciones sobre la CPF (PNUMA 2021d) figura una tabla de factores de emisión basada en los detalles de esta sección.

información disponible de todas las partes interesadas. Dado que sólo se dispone de información limitada sobre la frecuencia y la concentración en edificios y construcciones, sería útil generar datos de seguimiento (nivel III). Teniendo en cuenta el artículo 9 del Convenio de Estocolmo, los estudios/datos validados pueden enviarse a la Secretaría de BRS, que actúa como mecanismo de intercambio de información sobre los COP (PNUMA 2021j).

2.4.1 PCCM (candidato COP) en edificios y construcción

Las parafinas cloradas con longitudes de cadena de carbono en el intervalo C14-17 (nº CAS: 85535-85-9) y niveles de cloración iguales o superiores al 45% de cloro en peso (PCCM) cumplen los criterios del anexo D (PNUMA 2021h).

Las PCCM se producen en grandes volúmenes y los edificios y la construcción son uno de los principales sectores de uso, principalmente en PVC, espuma PUR an aerosol y caucho (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). Las PCCM también se utilizan en adhesivos, incluidos revestimientos de caucho clorado, polisulfuro, sellantes acrílicos y butílicos en la edificación y la construcción y en sellantes para ventanas de doble y triple acristalamiento. Además, las PCCM se emplean como plastificantes y retardantes de llama en pinturas y revestimientos. Estas pinturas son utilizadas principalmente por pintores profesionales, pero en cierta medida también se emplean en los hogares privados.

Las PCCM se utilizan en las mismas aplicaciones que las PCCC y se consideraron alternativas antes de que las PCCM se evaluaran como COP (PNUMA 2019d), por lo que las dos mezclas de PC pueden evaluarse juntas. La medición inicial de cables de PVC en residuos de C&D contenía 99 000 mg de PCCM/kg (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021).

2.5 Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes presentes en edificios y construcciones

El objetivo de esta sección es ofrecer una visión general de determinados CoC del sector de la edificación y la construcción incluidos en otros AMMA y/o en el SAICM, con el fin de lograr un enfoque sinérgico de la aplicación de los AMMA y una gestión integrada de los COP y otros CoC cuando proceda. El objetivo es proporcionar una primera visión general de cómo determinados CoC se vinculan a los productos del sector de la edificación y la construcción y proporcionar información inicial para considerar posiblemente estos CoC coordinados con las actividades de inventario de COP como base para una (futura) gestión integrada específica del sector.

Tabla 6 ofrece una visión general de los CoC seleccionados y su uso principal en el sector de la edificación y la construcción como base para su identificación. Puede encontrarse información más detallada en el documento del SAICM sobre "Sustancias químicas preocupantes en el sector de la edificación y la construcción" (PNUMA 2021f) y en Huang *et al.*, (2022).

Tabla 6 : Otros CoC identificados en edificios y construcción relacionados con los AMMA o el SAICM

CoC	AMMA o SAICM	Breve descripción	Uso en edificación y construcción	Relevancia
Amianto	Convenio de Rotterdam	Clasificado como cancerígeno	Se utiliza en diversos materiales de aislamiento de edificios	Alta
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Convenio LRTAP de la CEPE	Muchos HAP son cancerígenos, mutágenos o reprotoxicos (CMR).	Madera tratada (creosota); revestimiento y pintura anticorrosión; cubiertas de alquitrán; asfalto; adhesivos a base de alquitrán;	Media
Ftalatos	SAICM EPI (EDC)	EDC (DEHP, DBP, BBP, DIBP)	Plastificante en suelos de PVC blando, papel pintado y cables	Media

CoC	AMMA o SAICM	Breve descripción	Uso en edificación y construcción	Relevancia
OPFR halogenado	SAICM EPI ¹¹	Ciertos OPFR halogenados son cancerígenos o reprotoxicos	Principales retardantes de llama en espumas PUR y de poliisocianurato (PIR); otros plásticos	Media
CFC, HCFC, HFC	Protocolo de Montreal	Sustancias que agotan la capa de ozono; GEI	Agentes espumantes presentes en espumas aislantes y de aire acondicionados	Alta
Plomo	El plomo en las pinturas es un EPI del SAICM	Efectos adversos en todos los grupos de edad, especialmente en el sistema nervioso en desarrollo de los niños	Pigmentos en pinturas: estabilizadores en PVC (perfiles de ventanas, tuberías, accesorios, suelos y tejados); láminas de plomo para paredes, attenuación acústica e impermeabilización, tuberías de plomo	Alta
Compuestos de mercurio	Convenio de Minamata	Daña el sistema nervioso, el cerebro, el corazón y los riñones; afecta al desarrollo neurológico.	Utilizado en lámparas y como catalizador en elastómeros de PU; contenido en cargas de cenizas.	Media
Compuestos de tributilestaño	Anexo III del Convenio de Rotterdam	Neurotóxicos e inmunotóxicos	Biocidas en pinturas antiincrustantes, conservantes de la madera y otros. Impureza de los estabilizadores organoestánnicos (PVC)	Media
Nanomateriales manufacturados	EPI en el marco del SAICM	La combinación del tamaño de las partículas con determinados peligros puede afectar a los impactos	Varios usos	Baja

2.5.1 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en alquitrán y compuestos bituminosos, y negro de humo

Los HAP figuran en el Convenio de la CEPE sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia. El alquitrán contiene altos niveles de HAP y se utilizaba en la construcción en una serie de productos. Se distingue entre alquitrán (alto contenido en HAP) y betún (bajo contenido en HAP). El aceite de alquitrán se utilizaba en el pasado y puede estar presente en edificios y construcciones antiguas, mientras que el betún se ha utilizado predominantemente en las últimas décadas. Las aplicaciones más comunes de los productos que contienen HAP en los edificios son los adhesivos que contienen alquitrán y brea, el parquet bajo de la madera, el asfalto fundido y los paneles asfálticos para suelos, así como los filtros para tejados y las láminas de impermeabilización hechas de alquitrán o betún. El alquitrán se aplicaba y las pinturas bituminosas se siguen aplicando en la base de edificios y construcciones para impermeabilizar paredes o aislamientos que tienen contacto directo con el suelo. Los revestimientos de alquitrán o bituminosos también se encuentran a veces en tuberías interiores y también pueden contener amianto. El corcho de alquitrán (paneles de corcho granulado aglomerado con alquitrán) se utilizaba en interiores para el aislamiento de tuberías y paredes.

Los aceites de creosota/alquitrán se utilizaban a gran escala como conservantes de la madera en las traviesas de ferrocarril. Las traviesas de madera se reutilizaban/reutilizan como materiales de

¹¹ <https://saicmknowledge.org/epi/hazardous-chemicals-electronics>

construcción (muros de contención, escaleras, mesas y asientos exteriores, areneros) en zonas residenciales urbanas, parques públicos, campos de deportes, recintos escolares y parques infantiles, lo que está restringido en algunos países (Held 2008; UNECE & FAO 2021). También se aplicaron aceites de creosota/alquitrán en postes de madera, vallas, encimeras negras y lechadas para juntas.

Los materiales plásticos y de caucho pueden estar contaminados con HAP cuando contienen aceites minerales como plastificante y/o negro de humo como pigmento (UBA 2016).

2.5.2 Ciertos ftalatos en la edificación y la construcción

Los ftalatos se utilizan principalmente (>90%) como plastificantes en el PVC blando. Grandes cantidades de PVC plastificado que contiene ftalatos se han utilizado y se utilizan en edificios y en la construcción en cables, tuberías, láminas y revestimientos de tejados, sellantes, artículos extruidos (por ejemplo, mangueras o revestimientos de piscinas y otros perfiles de plástico conformados sin fin), persianas, suelos y papeles pintados/revestimientos desde hace más de 60 años y representan la mayor reserva de ftalatos.

Algunos ftalatos son alteradores endocrinos (EDC). Los EDC son una cuestión política emergente (EPI) del SAICM. La UE ha restringido el DEHP, el dibutilftalato (DBP), el bencilbutilftalato (BBP) y el diisobutilftalato (DIBP) en juguetes, artículos de puericultura y todos los artículos de interior y exterior con contacto prolongado con la piel humana (Comisión Europea 2018).

2.5.3 Productos ignífugos organofosforados halogenados en edificios y construcción

Los retardantes de llama organofosforados halogenados (OPFR) son los principales retardantes de llama utilizados en las espumas aislantes PUR y PIR en la construcción. Los OPFR halogenados tienen propiedades peligrosas, como el fosfato de tris(2-cloroetilo) (TCEP; tóxico para la reproducción), el fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo) (TDCPP; carcinógeno) y el fosfato de tris(2-cloroisopropilo) (TCPP; tóxico para la reproducción) (Van der Veen y de Boer *et al.*, 2012; Comisión Europea 2022). Las elevadas liberaciones de los cancerígenos TDCPP y TCPP en lixiviados de vertederos de África (Sibiya *et al.*, 2019), Brasil (Cristale *et al.*, 2019) y China (Qi *et al.*, 2019) indican una eliminación relevante de residuos que contienen OPFR, como polímeros procedentes de residuos de C&D (y RAEE o vehículos) en vertederos.

2.5.4 Determinados metales y metaloides en los edificios y la construcción

2.5.4.1 Plomo en edificios y construcciones

El plomo se ha utilizado en la construcción principalmente en pinturas y en tuberías de agua. El plomo en las pinturas era y es una de las principales aplicaciones del plomo en la construcción. El plomo se añade a la pintura para aumentar su durabilidad y resistir la humedad que causa la corrosión. El plomo puede encontrarse en pinturas para interiores y exteriores de viviendas, escuelas y edificios públicos y comerciales (PNUMA 2021f). El SAICM identificó la pintura con plomo como una cuestión política emergente.¹² Otras aplicaciones del plomo en los edificios incluyen estabilizadores en productos de PVC, como en perfiles de ventanas, tuberías, accesorios, suelos y tejados. Las aplicaciones del plomo también incluyen láminas para revestimiento de paredes, attenuación del ruido e impermeabilización.

Para el inventario, se evaluaría el uso pasado y actual de pinturas con plomo, tuberías de agua y otros usos del plomo en los edificios, así como la situación de la gestión al final de la vida útil de los materiales que contienen plomo en los residuos de C&D.

¹² <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

Tabla 7 : Resumen de aplicaciones documentadas y presencia de plomo en productos potencialmente relevantes para el sector de la edificación y la construcción (PNUMA 2021f)

Aplicaciones	Productos/material
Plomo en las pinturas	Gran reserva de uso antiguo; aún se utiliza en la construcción en algunos países
Plomo en las tuberías de agua	Todavía en uso en fontanería, la soldadura blanda, utilizada principalmente para soldar juntas de tuberías de hojalata y cobre, es una aleación de plomo y estaño. También en grifería y accesorios
Plomo en tejados y cornisas	Láminas de plomo para tejados, especialmente zonas de conexión (chimenea y claraboya).
Plomo en PVC	Estabilizadores en productos de PVC: perfiles de ventanas, tuberías, suelos y tejados
Otros usos	El plomo se utiliza en revestimientos de tanques y conductos eléctricos

2.5.4.2 Mercurio en edificios y construcción

El mercurio y los compuestos de mercurio se han utilizado en diversos productos, algunos de los cuales son relevantes para el sector de la edificación y la construcción. Una de las aplicaciones del mercurio en los edificios (y dentro de la categoría de residuos electrónicos; véase también 3.5.1.4) son las lámparas fluorescentes (tubos y lámparas fluorescentes compactas (LFC)), las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) (vapor de mercurio, halogenuros metálicos, (la mayoría) sodio de alta presión, descarga de mercurio de baja presión, etc.), las fuentes de luz de cátodo frío (ultravioleta y (algunas) de "neón") y las lámparas de mercurio de bajo consumo que actualmente se están eliminando progresivamente en virtud del Convenio de Minamata, que exigía la prohibición de la importación, exportación y fabricación para 2020.

Otras aplicaciones de mercurio documentadas en el sector de la edificación y la construcción incluyen el uso de compuestos de mercurio como catalizadores en elastómeros de PU (ONU Medio Ambiente 2019) que se utilizaban en productos como endurecedores y resinas para materiales plásticos, materiales plásticos para suelos o compuestos para juntas, y el uso de compuestos de mercurio como biocidas en pinturas. Los niveles en suelos de PUR (por ejemplo, Tartan) eran de 1000 a 2000 mg/kg (ATSDR 2006).

Unas pocas instalaciones fijas en edificios construidos entre 1930 y la década de 1960 contenían equipos que contenían mercurio, como reguladores de presión de gas que contenían mercurio y sistemas de calefacción de calderas que contenían mercurio (USEPA 2011). Además, algunos termostatos contienen interruptores de mercurio donde el mercurio está contenido en una o más bombillas de vidrio dentro del termostato (USEPA 2011). Para el inventario en edificios, el uso pasado y actual de mercurio en edificios se evaluaría en el marco del Convenio de Minamata y el inventario de mercurio relacionado teniendo en cuenta el Instrumental del mercurio (ONU Medio Ambiente 2019).

2.5.5 Tributilestaño en edificios y construcción

Los compuestos de tributilestaño, como el óxido de tributilestaño, el benzoato de tributilestaño, el cloruro de tributilestaño, el fluoruro de tributilestaño, el linoleato de tributilestaño, el metacrilato de tributilestaño y el naftenato de tributilestaño, son un grupo de sustancias químicas que se caracterizan por tener tres grupos butilo unidos covalentemente a un centro de estaño tetravalente.

Las principales aplicaciones de los compuestos de tributilestaño en la construcción son como biocidas en pinturas antiincrustantes, conservantes de la madera (cubiertas, tejas, tablones, revestimientos de madera, vallas, barandillas, suelos, muebles de exterior, madera estructural,

vigas, maderas, alféizares, carpintería, tejados, molduras, tablillas, madera contrachapada, porches) y conservantes para otras aplicaciones (USEPA 2008).

Los compuestos de tributilestaño figuran en el anexo III del Convenio de Rotterdam desde 2008 y, en 2017, esta lista se amplió con los usos industriales de los compuestos de tributilestaño (PNUMA 2017d). Debido a la preocupación por la persistencia, el potencial de bioacumulación y la alta toxicidad de los compuestos de tributilestaño para el ambiente acuático, muchos países han restringido severamente o prohibido el uso de estos compuestos como biocidas en pinturas antiincrustantes.

Tabla 8 : Resumen de aplicaciones documentadas y presencia de compuestos de tributilestaño en productos potencialmente relevantes para el sector de la edificación y la construcción (PNUMA 2021f)

Aplicaciones	Productos/material
Conservantes de la madera	Pinturas, tintes e impermeabilizantes para aplicar a la madera exterior, como cubiertas, tejas, tablillas, revestimientos de madera, vallas, barandillas, suelos, madera estructural, vigas, maderas, alféizares, tejados, madera contrachapada, tablones y porches. Impregnación a presión o al vacío de madera para usos industriales
Material conservante/biocida	Tableros de yeso, compuestos para juntas, tableros de fibra de densidad media, tableros de partículas; adhesivos para materiales de construcción; espumas de poliuretano Polímeros utilizados para suelos, baldosas y moquetas
Impurezas en los estabilizadores organoestánnicos para PVC	Aplicaciones de construcción rígida láminas espumadas, para uso en cubiertas y barandillas exteriores, láminas que incluyen paneles espumados, minipersianas de vinilo Tuberías y molduras, incluidos todos los tipos de tuberías, como las de alcantarillado, pluviales y de agua potable Extrusión de perfiles para ventanas, bastidores de puertas, puertas y perfiles decorativos

2.5.6 Amianto en edificios y construcciones

En función de su composición química y de la morfología de sus fibras, los minerales de amianto se clasifican en dos grupos: amianto anfibólico y serpentina (OMS 2007; PNUMA 2021f). El término "amianto anfibólico" se refiere a cinco minerales fibrosos naturales, a saber, la crocidolita, la amosita, la tremolita, la actinolita y la antofilita. El crisotilo pertenece al grupo de "amianto serpentina" y se encuentra con mayor frecuencia en los materiales de construcción. Los seis minerales de amianto han sido clasificados como cancerígenos para los seres humanos por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC 2018).

Los cinco minerales anfíboles del amianto se han incluido en el anexo III del Convenio de Rotterdam. Sólo el amianto crisotilo no figura en el Anexo III de Rotterdam. El amianto crisotilo era un producto químico candidato recomendado por el Comité de Examen de Productos Químicos para su inclusión en el Anexo III del Convenio de Rotterdam, pero para el que la Conferencia de las Partes (COP) aún no ha podido alcanzar un consenso. Los minerales anfíboles y serpentina del amianto se han utilizado ampliamente y representan aún peligros relevantes en una amplia variedad de materiales de construcción, por ejemplo, en elementos de aislamiento térmico (tuberías, calderas, presión, recipientes, caloríferos), cartón fresado, chapas perfiladas de cemento, productos bituminosos (fieltros y tejas para tejados, cubiertas bituminosas, etc.), enlucidos murales, masillas, plásticos reforzados y compuestos de resina. Para el inventario, se evaluaría el uso pasado y actual de los productos de amianto en los edificios y se puede relacionar con los Perfiles Nacionales de Amianto promovidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS 2007; BAuA 2014; Arachi *et al.*, 2021).

Tabla 9 resume los nombres y las identidades químicas de los seis minerales de amianto. Además de estos minerales, otros minerales fibrosos son estructuralmente similares, pero no están clasificados técnicamente como amianto (PNUMA 2021f).

Tabla 9 : Resumen de los nombres e identidades químicas de los minerales de amianto anfíboles

	Número CAS	Incluido en el anexo III de Rotterdam
Amianto anfibólico		
Crocidolita	12001-28-4	Sí
Amosita	12172-73-5	Sí
Tremolita	77536-68-6	Sí
Actinolita	77536-66-4	Sí
Antofilita	77536-67-5	Sí
Amianto serpentina		
Crisotilo	12001-29-5	No

2.5.7 Clorofluorocarburos (CFC), hidroclorofluorocarburos (HCFC) e hidrofluorocarburos (HFC) en los edificios y la construcción

Los clorofluorocarburos (CFC) y los hidroclorofluorocarburos (HCFC) están incluidos en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, que obliga a la eliminación progresiva de las SAO.¹³ Los gases fluorados, como los hidrofluorocarbonos (HFC), no contribuyen a la destrucción de la capa de ozono, pero son potentes gases de efecto invernadero (GEI) y están contemplados en la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, que exige una reducción global del uso de HFC. El hexafluoruro de azufre tiene el mayor potencial de calentamiento global (PCG) conocido y se ha utilizado en ventanas de acristalamiento aislante como relleno para mejorar sus prestaciones de aislamiento térmico y acústico (Harnisch y Schwarz 2003).

Los CFC, HCFC y HFC se han utilizado ampliamente como agentes espumantes para productos de espuma, algunos de los cuales son relevantes para el sector de la edificación y la construcción en aislamientos (poliuretano (PUR), EPS/XPS, fenólico, PIR). Las SAO contenidas en el aislamiento de edificios (los llamados "bancos de SAO") y los gases fluorados en la espuma aislante pueden evaluarse e inventariarse junto con los COP en este uso (HBCD, PBDE, PCCC/PCCM)

Las actividades de inventario se coordinarían con el Protocolo de Montreal y las evaluaciones de GEI para la CMNUCC. El Protocolo de Montreal no contempla la gestión ambientalmente racional de las reservas existentes de sustancias que agotan la capa de ozono en los materiales de construcción, lo que representa un punto ciego para el Protocolo (Blumenthal *et al.*, 2022). Por lo tanto, además de la cooperación en actividades de inventario, las futuras actividades sobre destrucción de COP para espumas aislantes en el marco del Convenio de Estocolmo podrían apoyar la destrucción de las grandes existencias de CFC, HCFC y HFC en estos usos.

2.5.8 Nanomateriales manufacturados y nanopartículas en edificios y construcción

La nanotecnología y los nanomateriales manufacturados son cuestiones políticas emergentes en el marco del SAICM.¹⁴ El sector de los edificios y la construcción es un campo relevante de aplicación de nanomateriales y nanopartículas, principalmente en revestimientos de superficies, hormigón, cristales de ventanas, aislamiento y acero (Zhu *et al.*, 2005; Pacheco-Torgala y Jalalib 2011; Mohajerani *et al.*, 2019). Siguiendo el principio de precaución, un inventario preliminar podría evaluar qué nanomateriales se utilizan y/o qué sustancias están presentes en forma de nanomateriales en la construcción. Esto puede servir de apoyo a la evaluación de los impactos reales en el uso y/o la gestión de C&D en una fase posterior, caso por caso. Para algunas sustancias, el tamaño de las partículas aplicadas y el área de aplicación, en combinación con sus peligros, como los nanotubos de carbono y otras nanofibras (Gibb *et al.*, 2017; Kobayashi *et al.*,

¹³ <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol>

¹⁴ <https://saicmknowledge.org/program/nanotechnology>

2017), pueden afectar a la gravedad de los impactos adversos para la salud o el medio ambiente. En particular, es necesario seguir evaluando la gestión y el destino al final de la vida útil (Suzuki *et al.*, 2018).

3 Inventario de COP en el sector de la electrónica y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes

3.1 Introducción al sector de la electrónica y a la necesidad de inventariar los COP y otros CoC

3.1.1 Visión general

En 2022, se generaron 62 millones de toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE; residuos electrónicos) que contenían más de 12 millones de toneladas de plástico que debían gestionarse de forma ambientalmente racional; se prevé que este volumen de residuos electrónicos aumente en el futuro (Forti *et al.*, 2020; PNUMA 2021g; Baldé *et al.*, 2024). Aunque la calidad y el valor del plástico pueden ser elevados, las tasas de reciclado son bajas debido a la presencia de aditivos heredados catalogados como COP (por ejemplo, PBDE y HBCD) en el plástico de los RAEE y a la complejidad de las mezclas de plástico de los RAEE (PNUMA 2021g).

Las emisiones de sustancias peligrosas procedentes de los AEE/RAEE pueden afectar a la salud humana y al medio ambiente en todas las fases del ciclo de vida de los AEE: durante la fabricación, los trabajadores y las comunidades circundantes pueden entrar en contacto directo con los CoC, lo que puede provocar efectos adversos significativos (OIT 2012). Muchos COP y otros CoC no están unidos químicamente y pueden liberarse en la fase de uso de los AEE desde los materiales plásticos tratados al ambiente interior (por volatilización, lixiviación y abrasión) contaminando el aire y el polvo con la exposición humana relacionada (Rauert & Harrad 2015; Lucattini *et al.*, 2018; Jin *et al.*, 2019).

Los AEE usados y los residuos electrónicos a menudo se exportan de los países industrializados a los países en desarrollo, donde se producen grandes liberaciones y contaminación por la quema abierta de plástico de RAEE (OIT 2012; Lebbie *et al.*, 2021; Petrlik *et al.*, 2022). Esto incluye la liberación de aditivos COP del plástico y metales pesados, así como PCDD/PCDF altamente tóxicos y análogos bromados y bromados-clorados (PXDD/PXDF; PCDD/PCDF), que se forman durante la combustión (Weber *et al.*, 2003; Shaw *et al.*, 2010; Houessionon *et al.*, 2021). Por otro lado, en muchos países se recuperan metales valiosos de los RAEE mediante el reciclado formal e informal.

El plástico RAEE clasificado de forma deficiente da lugar a la contaminación de los reciclados con sustancias restringidas y peligrosas, lo que se traduce en la contaminación por COP de nuevos productos, como juguetes infantiles y utensilios de cocina (Puype *et al.*, 2015; Kuang *et al.*, 2018, Kajiwara *et al.*, 2020; PNUMA 2023a). Además, PBDD/PBDF, que han sido propuestos recientemente como COP por Suiza para su evaluación en el CECOP (PNUMA 2024), están presentes en altas concentraciones en el plástico de los RAEE que contiene BFR (Sindiku *et al.*, 2015) y se transfieren, por ejemplo, a los juguetes infantiles en niveles significativos (Petrlik *et al.*, 2018, Behnisch *et al.*, 2023).

Uno de los principales problemas es que los fabricantes no suelen divulgar información sobre los aditivos en los plásticos y, por tanto, no se dispone de información al final de la vida útil. Esta falta de información sobre la presencia de CoC en productos y residuos complica la separación y el reciclado, socava el enfoque de la economía circular y puede suponer un riesgo para los recicladores y los consumidores de productos reciclados.

3.1.2 Evaluación e inventario de COP y otros CoC relevantes para el sector AEE/RAEE

Teniendo en cuenta la necesidad de avanzar hacia una economía más circular para la electrónica (PNUMA 2021i), la gestión y el reciclado al final de la vida útil requieren mejoras considerables. A la hora de reciclar y recuperar plásticos y otros materiales de los RAEE, es importante tener en

cuenta que una parte de los plásticos de los RAEE contiene COP. Esto incluye tanto los COP producidos y usados actualmente (Sección 3.2), como los COP heredados, que ya no se producen, pero siguen presentes en los AEE que siguen en uso (Sección 3.3; Tabla 10).

Además, el plástico y otras partes de los AEE/RAEE contienen otros CoC (Sección 3.5), incluidos los candidatos a COP (Sección 3.4). Los COP y otros CoC deben gestionarse al final de su vida útil de una manera ambientalmente racional, con la destrucción del plástico que contiene COP, o la eliminación de otros CoC y contaminantes y el reciclado de las fracciones de plástico limpias (PNUMA 2021g). El inventario de COP y otros CoC en AEE y RAEE es una de las bases para el establecimiento de una gestión ambientalmente racional de los RAEE, que incluya la desintoxicación y el reciclado del plástico correspondiente.

Las instituciones gubernamentales (y otras partes interesadas) responsables de planificar, orientar y supervisar la gestión de los residuos electrónicos al final de su vida útil deben conocer los COP y otros contaminantes presentes, así como los materiales valiosos presentes en los residuos electrónicos para garantizar una recuperación óptima de los recursos, incluidos los plásticos, y una gestión ambientalmente racional de los COP y otros contaminantes. Los AEE son una de las principales áreas de uso de plásticos que contienen aditivos catalogados como COP, como los retardantes de llama bromados (PBDE y, en menor medida, HBCD) en diferentes materiales plásticos principales, como ABS, HIPS y otros (Tabla 10).

Tabla 10 ofrece una visión general de los COP en los AEE, su uso mayor o menor y su período de uso. Tabla 10 también ofrece una visión general de la información necesaria para el inventario, las principales partes interesadas, como ministerios u oficinas nacionales de estadística (ONE), que podrían disponer de esta información, y referencias a orientaciones detalladas sobre inventarios de COP individuales y métodos de cálculo.

El inventario de COP y otros CoC en AEE/RAEE es esencial para la gestión ambientalmente racional (GAR) de los RAEE. Las instituciones gubernamentales y otras partes interesadas responsables de la gestión de los AEE/RAEE deben tener una visión general de los COP (secciones 3.2 y 3.3) y otros CoC (véase la sección 3.5) para supervisar la recuperación de recursos de los RAEE, incluidos los plásticos, y para garantizar la GAR de los materiales que contengan estas sustancias.

En la evaluación del inventario deberá recopilarse la cantidad de COP presentes en los AEE nuevos, especialmente en los componentes plásticos de los AEE actualmente en uso y en existencias (Tabla 10). Además, deberá calcularse la cantidad de fracciones de RAEE que contengan COP y evaluarse la situación de la gestión y el reciclado de residuos.

Se espera que el inventario de COP en plásticos de AEE/RAEE aborde lo siguiente:

- La cantidad total de plástico presente en los AEE y RAEE y la proporción de plástico que contiene COP.
- Para los COP producidos actualmente, el uso en nuevos productos AEE producidos e importados en usos exentos y no exentos.
- COP en AEE de segunda mano importados en el año de inventario (y en años anteriores).
- COP en existencias de AEE en uso y/o almacenados en hogares e instituciones y organizaciones de los sectores público y privado.
- Los COP que entran en el flujo de residuos en el plástico de los RAEE (sinergia Convenio de Basilea).
- COP en plásticos de RAEE utilizados en el reciclado (procedentes de plásticos de RAEE nacionales e importados).
- Cantidad total de COP eliminados en vertederos en el pasado.

Todas las sustancias químicas peligrosas en los AEE son una cuestión política emergente del SAICM,¹¹ en particular los CoC se utilizaron en los AEE, como los PFAS (cuestión preocupante del

SAICM¹⁵), los metales pesados como el mercurio o el plomo, los ftalatos (EDC, cuestión política emergente del SAICM) y el amianto (véase la sección 3.5), que podrían evaluarse en un enfoque de inventario sectorial junto con los COP.

En la evaluación del inventario, se debe compilar la cantidad total de plásticos con impacto de COP y la cantidad de COP relacionados (véase, por ejemplo, PNUMA 2021a). Se recomienda establecer una estimación global aproximada de plástico en AEE/RAEE teniendo en cuenta que el contenido medio de plástico de los AEE es del 20% (PNUMA 2021a) y, por lo tanto, puede estimarse si se conoce la cantidad de AEE y RAEE. El estado de la gestión actual de los residuos de las fracciones individuales de plástico (y otros residuos) que contienen COP también debe describirse en el inventario de COP. Esto puede contribuir a un inventario general de plásticos como base para una GAR de residuos plásticos (PNUMA 2023e) considerando los COP y otros CoC presentes en el plástico (PNUMA 2023a).

¹⁵ <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

Tabla 10 : COP utilizados en el sector de la electrónica, información de inventario que puede recopilarse, posibles fuentes de datos y nivel de prioridad estimado

COP	Aplicación en AEE	Periodo de uso*	Información que debe recopilarse (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
c-DecaBDE	Retardante de llama con uso en muchos tipos de plástico en carcasa de AEE, cables y otras piezas de plástico en AEE.	Usos actuales y anteriores. Se permite el uso continuado de determinadas carcasa de aparatos electrónicos	Importación actual/nuevo uso en RAEE. Cantidad de plástico en AEE que contiene decabDE y cantidad de decabDE. Cantidad/gestión del plástico de los RAEE	Oficina Nacional de Estadística (ONE), Ministerio de Medio Ambiente, Ministerios de Industria y Telecomunicaciones; aduanas, productores, importadores y minoristas de AEE.	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Alta (Nivel II y III)
c-OctaBDE (hexaBDE y heptaBDE)	Retardante de llama con uso anterior principalmente en carcasa de tubos de rayos catódicos en TV y ordenadores, equipos de oficina.	Uso anterior (1970 a 2004)	Cantidad de plástico en AEE que contiene c-OctaBDE y cantidad de c-OctaBDE. Cantidad y gestión del plástico de los RAEE	Productores y vendedores de retardantes de llama Sector de la gestión de RAEE; sector del reciclado de plásticos	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Media (Nivel II)
c-PentaBDE (tetraBDE/pentaBDE)	Retardante de llama en cables de PVC, circuitos impresos y espuma de poliuretano	Uso anterior (1970 a 2004)	Cantidad de plástico en AEE que contiene c-PentaBDE y cantidad de c-PentaBDE. Cantidad y gestión del plástico de los RAEE	Productores y vendedores de retardantes de llama Sector de la gestión de RAEE; sector del reciclado de plásticos	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Baja (Nivel II)
HBCD	Retardante de llama menor utilizado en HIPS en carcasa de TRC y otras piezas de plástico	Uso anterior (1970 a 2013)	Cantidad de HBCD que contiene HIPS en los AEE. Cantidad, gestión y reciclado de HIPS en RAEE.		Orientaciones para el inventario de HBCD (2021b)	Baja (Nivel I)
PCCC (y PCCM***)	Plastificante y retardante de llama en cables y otras piezas de PVC y caucho	Usos actuales y anteriores. La PCCC está exenta para su uso en PVC	Importación actual/nuevo uso en AEE Porcentaje de cables y PCCC que contienen PVC/caucho en AEE Cantidad y gestión de cables.	Ministerios de Medio Ambiente e Industria; productores e importadores de AEE	Orientación sobre inventarios del PCCC (PNUMA 2019a)	Media (Nivel II y III)

COP	Aplicación en AEE	Periodo de uso*	Información que debe recopilarse (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
PCB y NPC	Condensadores en determinados equipos, como los balastos de las lámparas fluorescentes; cables (PVC y otros)	Uso anterior (PCB de 1950 a 1980; NPC de 1930 a 1960)	Antiguo uso de PCB en condensadores en EEE y cables; Cantidad, gestión y reciclaje de cables.	ONE; Ministerios de Medio Ambiente e Industria; Investigación internacional; Sector de residuos	Orientación sobre inventarios de NPC y PCB (PNUMA 2021c; (PNUMA y PEN 2016; PNUMA 2019e).	Alta (PCB) Baja (NPC) (Nivel II y III)
PFOA	Dispositivos médicos; no intencional en fluoropolímeros	Usos actuales y anteriores	Uso actual; uso anterior en estas aplicaciones y gestión del final de la vida útil de equipos	ONE; Asociaciones de Ministerios de Sanidad, productores e importadores de Dispositivos médicos	Orientación sobre inventarios de PFOA, PFOS y PFHxS (PNUMA 2023b)	Baja (Nivel I) (pequeña cantidad)
PFOS	Dispositivos médicos	Principalmente antes de 2002	Uso anterior en estas aplicaciones y gestión del final de la vida útil de	Ministerios de Medio Ambiente e Industria; fabricación de productos específicos; ONE		Baja (Nivel I) (pequeña cantidad)
Declorano Plus	Uso ignífugo para carcasas de cables y placas de circuitos impresos, otros plásticos y piezas de caucho	Usos anteriores y actuales	Uso actual y anterior y fin de la vida útil		No desarrollado	Media (Nivel I y Nivel III)
UV-328	Absorbente de UV en pantallas de cristal líquido	Desde los años 70	Cantidad de pantallas de cristal en dispositivos médicos y de diagnóstico in vitro y en pantallas de cristal líquido en instrumentos		Aún no desarrollado	Media (Niveles I y III)

*Los AEE y los plásticos de los AEE tienen una amplia vida útil, desde unos pocos años (por ejemplo, los teléfonos móviles) hasta algunos AEE con una vida útil de más de 30 años.

**Los detalles sobre las partes interesadas a las que se puede consultar se recopilan en los documentos individuales de orientación sobre inventarios (véase la columna "Orientación sobre inventarios").

3.2 Inventario de COP de uso intencional actuales en el sector de los AEE

Algunos COP se siguen utilizando en mayor o menor medida en los nuevos AEE. Entre ellos se incluyen el decaBDE (con ciertas exenciones para los AEE), las PCCC (principalmente en PVC), el PFOA y el UV-328. Además, el candidato a POP PCCM se utiliza en plásticos (principalmente en PVC) en electrónica (Sección 3.4). Para estos COP actualmente en uso, es esencial evaluar toda la cadena de suministro y el ciclo de vida, abarcando las etapas de producción, importación/exportación, uso, reciclado y fin de vida.

3.2.1 DecaBDE en AEE

El decaBDE ha sido uno de los principales retardantes de llama en los plásticos de los RAEE desde la década de 1980. Debido a las restricciones en el uso del c-DecaBDE en los AEE (por ejemplo, en Europa en 2006), muchas grandes empresas de AEE han abandonado el uso del decaBDE ya antes de 2010 y la mayor parte del uso finalizó en torno a 2015 (PNUMA 2021a). Se permite cierto uso continuado en carcásas de plástico y piezas utilizadas para calentar electrodomésticos. El contenido medio típico de decaBDE en fracciones poliméricas de distintas categorías de RAEE (véase Tabla 11) se ha recopilado siguiendo las directrices del Convenio de Estocolmo sobre inventarios de PBDE. Los detalles sobre el desarrollo del inventario pueden encontrarse en la guía para el desarrollo del inventario de decaBDE/PBDE (PNUMA 2021a).

Tabla 11 : Concentraciones de hexa/heptaBDE (de c-octaBDE) y decaBDE en polímeros en categorías de AEE relevantes (PNUMA 2021a; datos de Europa; Wäger *et al.*, 2010; Hennebert & Filella 2018)

AEE pertinente	Fracción polimérica total (media)	Contenido (medio) de Σ hexa/heptaBDE en los plásticos	Contenido (medio) de decaBDE en plásticos
	$f_{\text{Polímero}}$ [en % en peso]	$C_{\Sigma \text{hexa/heptaBDE;Polímero}} \text{ en } [\text{kg/tonelada}]^*$.	$C_{\text{decaBDE;Polímero}} \text{ en } [\text{kg/tonelada}]^*$
Aparatos de refrigeración/congelación; lavadoras	25%	<0.05	<0.05
Aparatos de calefacción	30%	<0.05	0.8
Pequeños electrodomésticos	37%	<0.05	0.17
Equipos TIC. sin monitores	42%	0.12	0.8
Carcasas de monitores TRC	30%	1.37	3.2
Equipos de consumo sin monitores (1 muestra compuesta)	24%	0.08	0.8
Carcasas de monitores TRC	30%	0.47	4.4
Televisores de pantalla plana (LCD)	37%	0.009	2.7

*El límite RoHS para el c-OctaBDE es de 1.000 mg/kg o 1 kg/t. Los bajos contenidos provisionales de COP de Basilea para los PBDE son 1.000 mg/kg (1 kg/t), o 500 mg/kg (0,5 kg/t) o 50 mg/kg (0,050 kg/t) (PNUMA 2019b).

3.2.2 PCCC en AEE

Las PCCC (y las PCCM candidatas a COP; véase la sección 3.4.1) se utilizan como plastificantes y retardantes de llama en plásticos, cables, caucho y materiales poliméricos en AEE, especialmente en PVC. Las PCCC se incluyeron en la lista como COP en 2017, con una serie de exenciones que expiraron recientemente, y todavía se utilizan en AEE. El CECOP propone que las PCCM se incluyan en la lista de la COP12 en 2025 (PNUMA 2023c) y también se utilizan actualmente. En un inventario se evaluaría lo siguiente:

- Si se siguen utilizando PCCC y PCCM en productos AEE (por ejemplo, en cables de PVC) y la cantidad correspondiente.
- Si las PCCC (y las PCCM) siguen presentes en los productos AEE en otros usos no exentos y la cantidad correspondiente.

Un primer seguimiento de diferentes trituradoras de plástico procedentes de RAEE encontró niveles de PCCC entre 1 mg/kg y 140 mg/kg (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). A partir de los datos iniciales existentes, se sugiere un factor de impacto de 25 mg/kg de PCCC en plástico de RAEE para calcular el contenido de PCCC en el inventario de plástico de RAEE.

3.2.3 PFOA y sustancias afines en los AEE

Los polímeros relacionados con los PFOA se han utilizado ampliamente en alambres, cables, cintas, aislantes y manguitos de soldadura en la industria electrónica (PNUMA 2023b). El PFOA y otros PFAS se utilizan/utilizaron en la industria electrónica en la producción de placas de circuitos impresos, altavoces, transductores, cámaras digitales, teléfonos móviles, impresoras, escáneres, sistemas de comunicación por satélite, sistemas de radar y muchos otros productos (PNUMA 2023b). Una parte de los fluoropolímeros presentes en los AEE (incluidos determinados dispositivos médicos) contienen hasta cierto punto PFOA y pueden formar PFOA en procesos de degradación térmica (FOEN 2017).

El PFOA y los compuestos relacionados se utilizan/utilizaron en la industria de semiconductores y están contenidos en equipos utilizados para fabricar semiconductores (PNUMA 2023b). Los PFOA/PFOS y compuestos relacionados también se han utilizado en dispositivos médicos, como endoscopios de vídeo y filtros de color CCD, pero los niveles son bajos (PNUMA 2023b) y no son relevantes para un inventario.

Para realizar un inventario, se recopilaría el uso actual y anterior en las aplicaciones pertinentes, así como la cantidad en uso y la gestión al final de la vida útil.

3.2.4 UV-328 en AEE

El 2-(2H-benzotriazol-2-il)-4,6-di-terc-pentilfenol (UV-328; CASRN 25973-55-1) es un benzotriazol fenólico sustituido (BZT), y ha sido incluido en la lista del Convenio de Estocolmo con una serie de exenciones, incluida la producción (PNUMA 2023d).

UV-328 se utiliza en AEE como absorbente de UV en pantallas de cristal líquido de instrumentos de análisis, medición, control, supervisión, pruebas, producción e inspección (como grabadoras, termómetros de radiación infrarroja, oscilloscopios de almacenamiento digital e instrumentos de prueba radiográfica) que no sean para aplicaciones médicas (PNUMA 2023d). No hay datos de la proporción de pantallas tratadas ni de los niveles medios en el plástico de RAEE.

3.3 COP que se han utilizado anteriormente en AEE y están presentes en existencias en AEE y RAEE

Una serie de COP se han utilizado anteriormente en plásticos de aparatos electrónicos. Debido a que la vida útil máxima de algunos aparatos electrónicos es de más de 25 años (Charbonnet *et al.*, 2020), la mayoría de las COP heredadas utilizadas anteriormente en AEE siguen estando presentes en algunas existencias de AEE y RAEE y deben tenerse en cuenta.

3.3.1 C-OctaBDE (hexaBDE/heptaBDE) y c-PentaBDE (tetraBDE/pentaBDE) en (R)AEE

La producción y el uso de c-OctaBDE y c-PentaBDE cesaron en 2004. Por lo tanto, sólo los RAEE producidos antes de 2004 contienen estos PBDE como retardantes de llama. La principal aplicación del c-OctaBDE (aprox. 90%) era en polímeros ABS que se utilizaban principalmente para carcásas de plástico de TRC y equipos de oficina como fotocopiadoras e impresoras comerciales. Los factores de impacto para calcular el hexaBDE/heptaBDE en fracciones de plástico de AEE se recopilan en Tabla 11 y los detalles sobre el inventario se pueden encontrar en la guía de inventario

de PBDE (PNUMA 2021a). El c-PentaBDE sólo se utilizó en menor cantidad en AEE en cables y placas de circuitos impresos y las concentraciones en plástico de RAEE son muy bajas (2,4 mg/kg) con una relevancia menor (Taverna *et al.*, 2017).¹⁶

3.3.2 Declorano Plus en (R)AEE

El declorano Plus (DP; nº CAS 13560-89-9) es un retardante de llama policlorado que contiene dos estereoisómeros, el syn-DP (nº CAS 135821-03-3) y el anti-DP (nº CAS 135821-74-8). El DP se incluyó en la lista del Convenio de Estocolmo en 2023 (PNUMA 2023d) y su producción se detuvo recientemente (GGKP 2024).

El declorano Plus se utilizaba como retardante de llama no plastificante en termoplásticos (por ejemplo, polipropileno, poliéster, ABS, caucho natural, tereftalato de polibutileno (PBT)) y termoestables (por ejemplo, resinas epoxi y de poliéster, espuma de poliuretano, caucho de poliuretano, caucho de silicona). El DP se incluye en estos plásticos en los AEE (PNUMA 2021f). El DP se utiliza como retardante de llama en cables y placas de circuitos impresos, carcásas, otros plásticos y piezas de caucho en AEE como aplicaciones de imagen médica y dispositivos(instalaciones de radioterapia. Un primer inventario nacional sólido con cuantificación del contenido de retardante de llama en plástico de RAEE en Suiza indica que el DP es en general un retardante de llama menor en plástico de RAEE con una concentración media de 33 mg/kg para RAEE o 110 mg/kg de plástico de RAEE).

Un seguimiento reciente de algunas fracciones de plástico de RAEE en Noruega detectó DP sólo en las fracciones rechazadas a niveles mensurables (15 mg/kg), mientras que el plástico de RAEE separado estaba por debajo del límite de cuantificación (1 mg/kg), lo que indica que los niveles medios de DP en el total de fracciones de plástico de RAEE medidas eran de unos 5 mg/kg (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). Sobre la base de este seguimiento, se sugiere un factor de impacto preliminar de DP para el plástico de los RAEE de 40 mg/kg. El DP está presente en los AEE en una concentración considerablemente menor que, por ejemplo, el DecaBDE (aproximadamente 1/10) (Taverna *et al.*, 2017; Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). Por lo tanto, no se recomienda un inventario específico de DP en AEE (excepto para considerar exenciones), sino un inventario general de plástico RAEE que contenga halógenos que cubra los COP bromados, clorados y fluorados (PBDE, HBCD, HBB, PCB, DP, PCCC, PFOS, PFOA, PFHxS y PCCM candidatas).

DP se incluyó en la lista con una serie de exenciones (PNUMA 2023d): Dispositivos médicos de imagen y radioterapia y piezas de recambio de instrumentos de análisis, medición, control, seguimiento, pruebas, producción e inspección, determinados dispositivos médicos y dispositivos de diagnóstico in vitro. (PNUMA 2023d).

3.3.3 HBCD en (R)AEE

El HBCD ha sido un aditivo ignífugo menor utilizado en el poliestireno de alto impacto (HIPS) para carcásas (equipos informáticos y televisores) y otras partes de los AEE. Un sólido inventario de plásticos RAEE de Suiza indica que la concentración media de HBCD en plásticos RAEE era de 42 mg/kg y, por lo tanto, inferior al 4 % del contenido medio de decaBDE en plásticos RAEE (Taverna *et al.*, 2017), por lo que tiene una prioridad baja.

3.3.4 Hexabromobifenilo (HBB) en (R)AEE

Dado que la producción conocida de HBB cesó en la década de 1970, la mayoría de los productos y artículos que contienen HBB se eliminaron en su mayor parte hace décadas. En consecuencia, no se recomienda realizar un inventario de HBB (PNUMA 2021a).

¹⁶ Los RAEE de la década de 1980-1990 contenían niveles medios de c-PentaBDE considerablemente más altos, de 32 mg/kg (Taverna *et al.*, 2017).

3.3.5 PCB y NPC en los AEE

El mayor uso de PCB se daba en transformadores y condensadores. Estos aparatos terminan en parte en el reciclado de residuos electrónicos con contaminación por PCB en los sitios de residuos electrónicos (Petrlik *et al.*, 2022). Los PCB se han utilizado en pequeños condensadores de diferentes AEE (por ejemplo, balastos de lámparas fluorescentes, lavadoras) hasta la década de 1980. El reciclaje dio lugar a cierta contaminación y liberación de PCB al triturar los RAEE (PNUMA 2008). El PCB también se utilizó como retardante de llama en cables antes de la década de 1970 y aún podría afectar al reciclado de cables (PNUMA 2008)

Los NPC también se han utilizado en cables y condensadores, pero en menores volúmenes y principalmente entre 1930 y 1960 (PNUMA 2017e). Por lo tanto, tienen poca relevancia para el reciclaje de RAEE y el inventario relacionado

El resto de PCB presentes en los cables podría abordarse en el marco de un inventario y una evaluación globales de los COP presentes en los cables (PCB, NPC, PBDE, HBCD, PCCC, DP y PCCM candidatos a COP).

Un estudio nacional suizo de seguimiento halló una concentración media de PCB de 2 mg/kg en RAEE y afirmó que proceden principalmente de condensadores (Taverna *et al.*, 2017).

3.4 Candidatos COP utilizados en AEE

La PCCM, candidata a COP, se utiliza como aditivo plástico en los AEE. Aún no se han elaborado orientaciones para el inventario de las PCCM. Sin embargo, el uso de las PCCM es similar al uso de las PCCC y pueden aplicarse las orientaciones sobre inventarios de PCCC. Dado que sólo se dispone de información limitada sobre la frecuencia y concentración de plásticos en AEE, es necesario generar datos de seguimiento de las PC en AEE/RAEE (Nivel III). Teniendo en cuenta el artículo 9, los estudios/datos validados pueden enviarse a la Secretaría de la BRS, como mecanismo de intercambio de información sobre COP (PNUMA 2021j).

3.4.1 PCCM (candidato COP) en (R)AEE

Las parafinas cloradas con longitudes de cadena de carbono en el intervalo C14-17 (Nº CAS: 85535-85-9) y niveles de cloración iguales o superiores al 45% de cloro en peso (PCCM) cumplen los criterios del Anexo D del Convenio (PNUMA 2021h) y el CECOP propuso la inclusión de las PCCM en la próxima COP12 en 2025 (PNUMA 2023c⁶)

Las PCCM⁶ se siguen produciendo en grandes volúmenes (aprox. 0,7 millones de t/año con frecuencia en mezclas) (Chen *et al.*, 2022) y se utilizan, por ejemplo, en PVC, caucho y PUR (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). Los principales usos del PVC en los AEE son los cables y los componentes plásticos de PVC. Las PCCM se utilizan en las mismas aplicaciones que las PCCC (Sección 3.2.2), por lo que las dos mezclas de PC pueden evaluarse y gestionarse conjuntamente. El primer seguimiento de trituradoras de plástico procedentes de RAEE arrojó niveles de PCCM de entre 16 mg/kg y 1.700 mg/kg (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). Sobre la base de estos datos iniciales, podría suponerse una concentración media preliminar de 100 mg/kg de PCCM en el plástico de los RAEE.

3.5 Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes que se utilizan o están presentes en los AEE/RAEE

Todas las sustancias químicas peligrosas en el ciclo de vida de los productos electrónicos son una cuestión política emergente del SAICM.¹⁷ Además de los COP, otros CoC pueden reintroducirse en los productos de consumo mediante el reciclado, por ejemplo, el antimonio (un sinergista de los retardantes de llama) y metales pesados como el cadmio, el cromo VI, el mercurio y el plomo.

¹⁷ <https://saicmknowledge.org/epi/hazardous-chemicals-electronics>

El objetivo de esta sección es ofrecer una visión general de determinados CoC relevantes en el sector de los AEE incluidos en otros AMMA y/o abordados por el SAICM con el fin de lograr un enfoque sinérgico de la aplicación de los AMMA y la gestión integrada de los COP y otros CoC cuando proceda

El siguiente aspecto plantea un reto particular en el sector de los AEE. Los productos electrónicos y eléctricos contienen varios CoC más, entre ellos metales pesados como el plomo, el mercurio y otros metales, retardantes de llama fosforados y determinados ftalatos. Además de las sustancias químicas contempladas en los AMMA y el SAICM, la Directiva RoHS de la UE¹⁸ también se tiene en cuenta en el sector de los AEE, ya que representa explícitamente una regulación específica de sustancias para el sector de los AEE y define varias categorías de AEE, un enfoque que ya se ha adoptado de forma similar en países de todo el mundo.¹⁹

El objetivo es ofrecer una primera visión general de cómo determinados CoC se relacionan con los productos del sector de los AEE y proporcionar información inicial para considerar estos CoC coordinados con las actividades de inventario de COP como base para una (futura) gestión integrada específica del sector.

Tabla 12 ofrece una visión general de los CoC seleccionados y su uso principal en el sector de la AEE como base para su consideración.

Tabla 12 : CoC seleccionados (distintos de los COP) en AEE relacionados con los AMMA o el SAICM

CoC	AMMA o SAICM	Descripción breve	Uso en AEE	Relevancia
Metales pesados como plomo, cadmio y mercurio	SAICM, Convenio de Minamata	Metales tóxicos, trastorno del neurodesarrollo	Utilizado en diversos productos AEE	Alta
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)	Convenio LRTAP de la CEPE	Muchos HAP son cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos.	Trazas de contaminantes no intencionados en plásticos negros y piezas de caucho;	Media
Otros PFAS (no COP)	SAICM	muy persistente, muy móvil (compuestos o producto de degradación)	Retardante de llama (PFBS); NIAS en fluoropolímeros (y productos de degradación térmica)	Media
Ftalatos	SAICM EPI (EDC)	Ciertos ftalatos son EDC y reprotóxicos	Plastificante en cables y otras piezas de plástico (principalmente PVC)	Media
OPFR halogenado	SAICM EPI ¹¹	Algunos OPFR halogenados son cancerígenos o reprotóxicos	Principales retardantes de llama en carcasa y otras piezas de plástico	Media
Amianto	Anexo III del Convenio de Rotterdam	Clasificado como cancerígeno para los seres humanos	Cuadros eléctricos, aislamiento de cables, envoltura de cables y papel eléctrico	Media

¹⁸ La directiva RoHS de la UE restringe el uso de varios materiales peligrosos en los AEE. Todos los AEE vendidos en la UE deben cumplir la directiva RoHS. RoHS restringe actualmente el uso de diez sustancias peligrosas.

¹⁹ <https://rohsguide.com/rohs-future.htm>

CoC	AMMA o SAICM	Descripción breve	Uso en AEE	Relevancia
CFC, HCFC, HFC	Protocolo de Montreal	Sustancias que agotan la capa de ozono; GEI	Refrigerantes en acondicionadores de aire, equipos de refrigeración; bombas caloríficas	Alta

3.5.1 Determinados metales y metaloides en la (R)AEE

Un grupo especialmente destacado de aditivos peligrosos está formado por metales preocupantes, como el cadmio, el plomo, el mercurio, el cobalto, el estaño y el zinc. El mercurio, el plomo y el cadmio son los que más preocupan a efectos de esta guía debido a su contaminación en el medio ambiente y a que la exposición ambiental de bajo nivel en niños que antes se consideraba segura está asociada a resultados adversos en el neurodesarrollo.

Antinomio, arsénico, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y mercurio son los metales pesados más comunes en los AEE. Los metales pesados son recursos importantes y es necesario recuperarlos en las fundiciones MDT que funcionan de acuerdo con las mejores prácticas ambientales (MPA), así como en la GAR de cenizas y escorias. En las fundiciones simples o si se someten los RAEE a la quema abierta, los metales y metaloides se liberan parcialmente al medio ambiente, con la consiguiente exposición ambiental y humana.

3.5.1.1 Plomo en (R)AEE

El plomo es una sustancia importante y en parte indispensable en algunas piezas y componentes utilizados en AEE y está regulado específicamente, por ejemplo, por las Directivas RoHS para AEE en diferentes países, entre ellos China, la UE, India, Japón y Corea).¹⁹ Existen exenciones RoHS que permiten concentraciones superiores al límite umbral del 0,1% para determinadas piezas, componentes, casos de uso y funciones. El plomo se utiliza en soldaduras, componentes electrónicos (por ejemplo, chipsets, transistores, diodos, resistores, condensadores), revestimiento de cables, conectores de AA, blindaje contra rayos X y en el vidrio de tubos de rayos catódicos o AEE. Para el inventario, se evaluaría y cuantificaría el uso pasado y actual del plomo en los AEE, así como el flujo en los RAEE, como base para el control y la recuperación.

3.5.1.2 Cadmio en (R)AEE

Alrededor del 75% del cadmio utilizado en la fabricación se destina a la producción de baterías recargables de cadmio-níquel en algunos AEE. Las pilas no están restringidas por la directiva RoHS dentro de un límite umbral del 0,01%. Otros usos en AEE son en semiconductores (que se encuentran en la mayoría de los productos de AEE) como seleniuro de cadmio y como material de chapado para la resistencia al uso como escudo protector contra la corrosión en la electrónica y la corrosión de otros metales. El cadmio también se ha utilizado como estabilizador en el PVC y otros plásticos utilizados en AEE (por ejemplo, cables).

3.5.1.3 Mercurio en (R)AEE

El mercurio y los compuestos de mercurio se han utilizado en una serie de productos, algunos de los cuales son relevantes para el sector de los AEE. El mercurio en los AEE se utiliza en pilas, interruptores, termostatos y lámparas fluorescentes. En estas orientaciones, las lámparas también se mencionan para el sector de la construcción (véase la sección 2.5.4.2), pero sólo deben tenerse en cuenta una vez.

El desarrollo de un inventario de mercurio en AEE/RAEE se llevaría a cabo en el marco del Convenio de Minamata considerando las sinergias con las actividades de inventario del Convenio de Estocolmo.

3.5.1.4 Compuestos de cromo (en particular Cr(VI) hexavalente) en (R)AEE

El cromo y los compuestos de cromo se aplicaron para obtener colores amarillos, rojos y verdes en PVC, polietileno, polipropileno o rojo de sulfato de molibdato de cromato de plomo aplicado en general en todos los tipos de plásticos, donde se utilizan pigmentos rojos (Hansen *et al.*, 2014). En particular, el Cr(VI) hexavalente es cancerígeno (Grupo 1 de la IARC) y muy preocupante.

3.5.1.5 Otros metales o metaloides peligrosos en (R)AEE

Otros metales o metaloides preocupantes presentes en cierta medida en los AEE son el antimonio (Sb), el arsénico (As), el bario (Ba), el berilio (Be), el níquel (Ni) y los compuestos organoestánnicos (EPA sueca 2011).

3.5.2 PFAS distintos de los COP-PFAS en (R)AEE

Todos los PFAS son motivo de preocupación en el marco del SAICM. El sulfonato de perfluorobutano (PFBS) (y posiblemente otros PFAS) se utiliza como retardante de llama para resinas de policarbonato (Garg *et al.*, 2020). El PFBS se detecta en altas concentraciones en suelos de sitios de residuos electrónicos de Ghana (275 µg/kg) y Nigeria (266,5 µg/kg y 242,5 µg/kg) (Eze *et al.*, 2023). La sal de litio de los PFAS, como el bis(fluorosulfonil) imida de litio (LiFSI) y la 4,5-dicyano-2-trifluorometil-imidazolida de litio (LiTDI) se utilizan en pilas de combustible y electrolitos de baterías (Brückner *et al.*, 2020; Garg *et al.*, 2020). Los PFAS también se utilizan en impresoras (en la tinta correspondiente).

Los fluoropolímeros se utilizan en electrónica en cables, semiconductores, placas de circuitos impresos y revestimientos antirreflectantes (The Chemours Company 2020). Los fluoropolímeros pueden contener PFOA y también formar PFOA y otros ácidos alquílicos perfluorados de cadena corta y larga cuando se tratan térmicamente a una temperatura inferior a 700° C aproximadamente (Ellis *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Schlummer *et al.*, 2015; FOEN 2017), lo que ocurre con frecuencia en la quema abierta de plástico de RAEE y en la combustión de placas de circuitos impresos en economías emergentes.

3.5.3 Determinados ftalatos en los (R)AEE

Los ftalatos son plastificantes que se utilizan principalmente en el PVC y se encuentran en los AEE (es decir, cables, alambres, conectores y carcasa de plástico). Los ftalatos también se utilizan en dispositivos médicos, incluidos los dispositivos médicos *in vitro*, y en instrumentos de vigilancia y control. La RoHS restringe cuatro ftalatos: DEHP, BBP, DBP y DIBP, con un límite umbral del 0,1% (Comisión Europea 2015).

3.5.4 Los retardantes de llama organofosforados halogenados en (R)AEE

Los retardantes de llama organofosforados halogenados (OPFR) son los principales retardantes de llama utilizados en los plásticos para AEE. Los OPFR halogenados tienen propiedades peligrosas, como el fosfato de tris(2-cloroetilo) (TCEP; tóxico para la reproducción), el fosfato de tris(1,3-dicloroisopropilo) (TDCPP; carcinógeno), el fosfato de tris(2-cloroisopropilo) (TCPP; tóxico para la reproducción) (Van der Veen y de Boer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Comisión Europea 2022) y, por lo tanto, se tienen en cuenta en la cuestión política emergente del SAICM.¹¹ Se ha informado de altos niveles de contaminación por OPFR en los vertederos africanos de residuos electrónicos (Eze *et al.*, 2023), lo que pone de relieve su importancia para los países en desarrollo. Las elevadas liberaciones de los cancerígenos TDCPP y TCPP en lixiviados de vertederos de África (Sibiya *et al.*, 2019), Brasil (Cristale *et al.*, 2019) y China (Qi *et al.*, 2019) indican una eliminación relevante de residuos que contienen OPFR, como polímeros de RAEE (y residuos de C&D o vehículos) en vertederos.

3.5.5 CFC, HCFC y HFC (gases fluorados) en los (R)AEE

Los CFC, HCFC y HFC se siguen utilizando y están presentes en varios tipos de AEE. Los CFC, HFC eran o son refrigerantes de consumo y comerciales en equipos de refrigeración; aire acondicionado y bombas de calor. Las actividades de inventario se coordinarían con las actividades del Protocolo de Montreal y el inventario de SAO y GEI.

4 Inventario de COP en el sector del transporte y opciones para evaluar otras sustancias químicas preocupantes

4.1 Introducción al sector del transporte y a la necesidad de evaluar los COP y otras sustancias químicas preocupantes

4.1.1 Visión general

Los vehículos constituyen un gran flujo de materiales que abarca automóviles, vehículos industriales, trenes, barcos y aviones. En la actualidad, hay 1.475 millones de vehículos en todo el mundo, de los cuales 1.100 millones son automóviles de pasajeros.²⁰ Estos automóviles de pasajeros contienen aproximadamente 200 millones de toneladas de plásticos. Con una vida media de unos 15 años, cada año se generan unos 14 millones de toneladas de residuos plásticos sólo de automóviles de pasajeros, que deben gestionarse por GAR. Los metales valiosos -ferrosos y no ferrosos, incluidos los metales preciosos- se recuperan en gran medida mediante el reciclado formal e informal. En cambio, los plásticos y los textiles sintéticos de los vehículos no suelen reciclarse ni recuperarse, sino que acaban como residuos de trituración de automóviles (RTA) de unos 300 kg para un coche de tamaño medio.

Teniendo en cuenta la necesidad de avanzar hacia una economía más circular y una mejor recuperación de los recursos, los plásticos y otros polímeros de los vehículos deben reutilizarse, reciclarse y recuperarse mejor, tal como exige, por ejemplo, la Directiva de la UE sobre vehículos al final de su vida útil (Unión Europea 2000). A la hora de aumentar los índices de recuperación y reciclado, hay que tener en cuenta que los vehículos contienen una serie de sustancias químicas peligrosas como los COP (Sección 4.2 y 4.3; Tabla 13), candidatos a COP (Sección 4.4) en algunos de los plásticos, incluidos los textiles sintéticos. Los vehículos también contienen otros CoC (Sección 4.5; Tabla 13) que deben gestionarse de forma ambientalmente racional.

El inventario de COP y otros CoC en el sector del transporte y los VFU es una de las bases para la gestión medioambiental de este sector. Se han desarrollado algunos factores de impacto de COP para automóviles de pasajeros (por ejemplo, PNUMA 2021a; véase más adelante), mientras que para otras categorías (por ejemplo, trenes, aviones, cruceros) no se dispone de datos suficientes para los factores de impacto.

4.1.2 Evaluación e inventario de COP y otros CoC relevantes para el sector del transporte

El sector del transporte era un área de uso relevante de plásticos que contenían aditivos catalogados como COP, como los retardantes de llama bromados (PBDE y HBCD), las PCCC/PCCM y el PFOA (Sección 4.2 y 4.3). Tabla 13 ofrece una visión general de los COP y candidatos a COP en el sector del transporte, su uso principal o secundario y el periodo de uso. Tabla 13 también ofrece una visión general de la información que debe recopilarse para el inventario y de las referencias a las respectivas orientaciones sobre inventarios, donde puede encontrarse información detallada sobre cada COP y el cálculo para la elaboración del inventario.

²⁰ <https://hedgescompany.com/blog/2021/06/how-many-cars-are-there-in-the-world/>

Además, en el sector del transporte están presentes otros CoC (sección 2.5), como el plomo (cuestión política emergente del SAICM²¹), los PFAS (cuestión preocupante del SAICM²²) y el amianto (incluido en lista del Convenio de Rotterdam), que podrían evaluarse en un enfoque de inventario sectorial junto con los COP.

El inventario de COP y otros CoC en el sector del transporte es una de las bases para la GAR de los vehículos al final de su vida útil. Las instituciones gubernamentales (y otras partes interesadas) responsables de planificar, orientar y supervisar la gestión de los vehículos al final de su vida útil deberían conocer los COP y otros contaminantes, así como los materiales valiosos presentes en los vehículos para garantizar la GAR de los COP y otros contaminantes en los vehículos al final de su vida útil, en particular durante el desguace de los vehículos y la gestión de los residuos de trituración de automóviles (RTA) para una recuperación óptima de los recursos, incluidos los plásticos.

En la evaluación del inventario, se debe compilar la cantidad total de COP impactados por el plástico y la cantidad de COP relacionados (Tabla 13). Se recomienda establecer una estimación general aproximada de la cantidad de plástico en los VFU, teniendo en cuenta que el contenido medio de plástico/polímero de un automóvil medio es de 200 kg (PNUMA 2021a) y, por lo tanto, puede estimarse si se conoce el número de automóviles. Asimismo, el estado de la gestión actual de los residuos de las fracciones individuales de plástico (y otros residuos) que contienen COP debe describirse en el inventario de COP. Esto puede contribuir a un inventario general de plásticos como base para una GAR de residuos plásticos (PNUMA 2023e) considerando las COP y otros CoC presentes en el plástico.

Por lo tanto, un inventario/visión general de las COP en el sector del transporte podría:

- Estimar la cantidad total de plástico y otros polímeros presentes en los vehículos y generados a partir de la gestión de los VFU (para el año de inventario).
- Considerar la concentración respectiva de las COP individuales en los vehículos (véase las secciones siguientes) para estimar la cantidad total de las COP individuales en los polímeros.
- Obtener información sobre la proporción de polímeros de VFU que se reciclan y los productos fabricados.
- Obtener información sobre la proporción de polímeros de VFU que no se reciclan y el tratamiento final de los residuos.

²¹ <https://saicmknowledge.org/program/lead-paint>

²² <https://saicmknowledge.org/program/perfluorinated-chemicals>

Tabla 13 : COP utilizados en el sector del transporte, información del inventario que puede recopilarse, posibles fuentes de datos y nivel de prioridad estimado

COP	Aplicación en el sector del transporte	Periodo de uso*	Información que debe recopilarse (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
DecaBDE	Uso en transporte privado y público; en transporte marítimo, aéreo y terrestre, así como en astronáutica.	Usos actuales y anteriores. Se permite el uso continuado para una serie de piezas de plástico en el transporte	Importación actual/nuevo uso en el transporte. Cantidad de plástico en vehículos que contienen decaBDE y cantidad de decaBDE. Cantidad y gestión del plástico en los VFU/RTA	ONE, ministerios (Transporte, Industria, Medio Ambiente), aduanas, industria; importadores; sector de gestión de VFU; agencia de gestión de residuos, industria de reciclaje de metales, chatarreros.	Orientación sobre inventarios de PBDE (PNUMA 2021a)	Alta (Nivel II y III)
c-PentaBDE (tetra/penta BDE)	Retardantes de llama en espuma de poliuretano (asiento, reposacabezas) y textiles en vehículos de EE.UU.	Antiguo uso en vehículos (1970 a 2004)	Cantidad de c-PentaBDE en el transporte y cantidad y gestión del plástico en los VFU y RTA			Alta debido al riesgo de exposición (Nivel II y III)
HBCD	Aislamiento de EPS/XPS en camiones frigoríficos. Uso menor en textiles de transporte (asientos, revestimientos de suelos).	Uso anterior (1970 a 2013)	Cantidad de camiones frigoríficos. Cantidad de HBCD en textiles de transporte. Cantidad y gestión del plástico en VFU y RTA.		orientación sobre inventario de HBCD. (PNUMA 2021b)	Baja (Nivel I)
PCCC (y PCCM) ⁶	Plastificante y retardante de llama en cables y otras piezas de PVC y caucho en vehículos	Usos actuales y anteriores. El uso de PCCC está exento en PVC	Importación actual/nuevo uso. Porcentaje de cables y PVC/caucho que contienen PCCC en VFU y RTA; cantidad y gestión.		Orientación sobre invent. del PCCC (PNUMA 2019a)	Media (Nivel II y III)
PFOA	Polímeros fluorados de cadena lateral en textiles/alfombras; impureza en fluoropolímeros	Usos actuales y anteriores	Uso actual/anterior y cantidad en uso y gestión del final de la vida útil (RTA)	Ministerios (Transporte, Industria, Medio Ambiente), industria; importadores; sector de gestión de VFU; ONE.	Orientación sobre inventarios de PFOA, PFOS y PFHxS (PNUMA 2023b)	Media (Nivel II y III)
PFOS	Polímeros fluorados de cadena lateral en textiles/alfombras	Usos anteriores (uso principal antes de 2002)	Cantidad en uso; cantidad y gestión VFU y RTA			Baja (Nivel I)
Declarano Plus	Uso como retardante de llama en plásticos del	Uso anterior (cese de la producción en 2023)	Uso actual y anterior en componentes de aviación y automoción	Ministerios (Transporte, Industria, Medio Ambiente),	No	Media (Nivel II y III)

COP	Aplicación en el sector del transporte	Periodo de uso*	Información que debe recopilarse (a lo largo del ciclo de vida)	Fuente potencial de datos**	Orientación sobre inventarios	Prioridad (Nivel recom.)
	sector de la automoción y la aviación			industria; importadores; sector de gestión de VFU; ONE.		
UV-328	Paneles y medidores de cristal líquido; pintura; resina utilizada para piezas interiores/exteriores	Uso continuado	Uso actual y anterior en componentes de aviación y automoción; cantidad y gestión		No	Media (Nivel II y III)

*Los vehículos y los plásticos de los vehículos tienen una larga vida útil, sobre todo en las economías emergentes, a menudo de 30 años o más.

**Los detalles sobre las partes interesadas a las que se puede consultar se recopilan en los distintos documentos de orientación sobre inventarios (véase la columna "Orientación sobre inventarios").

4.2 Inventario de los COP utilizados actualmente de forma intencionada en el sector del transporte

Los COP que en cierta medida se siguen utilizando en los vehículos son el decaBDE, las PCCC y el PFOA. Algunos COP evaluados actualmente por el CECOP también se utilizan probablemente en los plásticos de los vehículos, como las PCCM (principalmente en cables de PVC y otras piezas de PVC). En el caso de estos COP, es necesario inventariar toda la cadena de suministro y el ciclo de vida (producción - importación/exportación - en uso - fin de vida útil) para evaluar adecuadamente los COP utilizados en los vehículos.

4.2.1 DecaBDE en vehículos

El decaBDE está exento para el uso en polímeros en vehículos con una descripción muy detallada de los usos.²³ Uno de los principales usos del decaBDE era en los vehículos (textiles de los asientos y una amplia gama de piezas de plástico), donde no existía una restricción temprana (como en el caso de la electrónica por la directiva RoHS). Japón, por ejemplo, eliminó progresivamente el uso de decaBDE en vehículos a finales de 2016 (Liu *et al.*, 2019). En Norteamérica, se utilizó un total de 380.000 toneladas de decabDE entre 1970 y 2013, de las cuales 133.000 toneladas (35%) se utilizaron en vehículos (Abbasi *et al.*, 2015). También en Japón, el decaBDE fue el principal retardante de llama detectado en vehículos (Kajiwara *et al.*, 2014) y en residuos de trituradoras de automóviles. Tabla 14 (PNUMA 2021a) se muestra una lista no exhaustiva de los lugares en los que se ha utilizado o se utiliza el decaBDE.

Para el inventario, se estima que los vehículos producidos antes de 2004 contienen una media de 80 gramos de decaBDE, mientras que los vehículos producidos entre 2005 y 2016 contienen una media de 20 gramos de decaBDE. Además, existe una diferencia regional para el c-PentaBDE en los Estados Unidos²⁴ (Cuadro 3; véase PNUMA 2021a y Sección 4.3.1).

Tabla 14 : Resumen no exhaustivo del sector del transporte en el que se utilizó/utiliza decaBDE, usos finales identificados y aplicaciones (PNUMA 2021a)

Sector/industria	Aplicaciones	Uso final
Transporte público y privado	Automóviles/transporte de masas	<ul style="list-style-type: none">▪ tejido (revestimiento posterior del artículo)▪ plásticos reforzados▪ polímeros bajo el capó o el salpicadero<ul style="list-style-type: none">- bloque de terminales/fusibles- aislamiento de alambres y cables de amperaje elevado (cable bujía de encendido)▪ equipos eléctricos y electrónicos
Marítimo, aviación y aeronáutica	Buques, barcos, aviones, transbordadores espaciales, cohetes	<ul style="list-style-type: none">▪ cableado eléctrico y cables▪ equipos eléctricos y electrónicos (como los anteriores)▪ conductos de aire para sistemas de ventilación<ul style="list-style-type: none">- conductos y accesorios eléctricos- interruptores y conectores▪ cinta adhesiva▪ materiales compuestos, por ejemplo, epoxi

²³ <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.8-SC-8-10.English.pdf>

Cuadro 1 : Fórmula de cálculo para estimar los PBDE en un coche de tamaño medio (PNUMA 2021b)

El contenido medio de PBDE en los vehículos según las orientaciones del inventario de PBDE (PNUMA 2021b)

- 80 gramos de decaBDE para los vehículos producidos hasta 2004 en todas las regiones, excepto en EE.UU.,²⁴ con un uso elevado de c-PentaBDE; en el caso de EE.UU., se supone que un coche contiene 40 gramos de decaBDE y 40 gramos de c-PentaBDE.
- 20 gramos de decaBDE para los vehículos producidos entre 2005 y 2016.
- 0 gramos de decaBDE/PBDE para los vehículos producidos a partir de 2017 (si no se establece una exención para el decaBDE).

Basándose en este enfoque práctico, se puede utilizar la siguiente fórmula para estimar la cantidad de PBDE en los vehículos:

PBDE en vehículos = Vehículos (1970-2004) x 80 g de decaBDE*/vehículo + Vehículos (2005-2017) x 20 g/vehículo

*Para EE.UU., se supone que el contenido es de 40 gramos de decaBDE y 40 gramos de c-PentaBDE²⁴ se incluían en los vehículos medios antes de 2005.

La estimación puede ajustarse para coches o autobuses más grandes o más pequeños, según proceda (PNUMA 2021b). Si se dispone de datos propios y sólidos sobre los PBDE para un país o región, pueden utilizarse dichos datos en lugar de los factores de impacto de PBDE sugeridos.

4.2.2 PCCC en vehículos

Las PCCC se han utilizado en el acabado textil como retardante de llama y agente hidrófugo para textiles con revestimiento posterior, incluida la tapicería de asientos en aplicaciones de transporte, y textiles de interior como persianas y cortinas. Las PC se utilizan como aditivo en el PVC. Las mediciones iniciales en RTA en Japón (2 a 8 mg/kg) (Matsukami *et al.*, 2019) y Europa (16 mg/kg) (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021) indican que los niveles son bajos y corresponden a una concentración media de aproximadamente 2,4 g de PCCC/coche)²⁵ mientras que los niveles de PCCM eran aproximadamente 20 veces superiores (véase la sección 4.4.1).

4.2.3 UV-328 en vehículos

El 2-(2H-benzotriazol-2-il)-4,6-di-terc-pentilfenol (UV-328; CASRN 25973-55-1) es un benzotriazol fenólico sustituido (BZT) y ha sido incluido en la lista del Convenio de Estocolmo en 2023 (PNUMA 2023d). El UV-328 es un absorbente de la luz ultravioleta y se utiliza en diversas aplicaciones y productos para proteger las superficies contra la decoloración y la intemperie bajo la luz solar. El UV-328 se fabrica desde hace 50 años y sigue produciéndose.

Se ha informado de que el UV-328 tiene tres usos principales en el sector del automóvil: en placas polarizadoras ópticas y películas polarizadoras para paneles de cristal líquido y medidores montados en vehículos; en pintura; y en resina utilizada para piezas interiores y exteriores (por ejemplo, manillas y palancas de puertas) (JAPIA 2021). Las exenciones de uso enumeradas son: piezas de vehículos de motor (que abarcan todos los vehículos terrestres: coches, motocicletas, vehículos agrícolas y de construcción y camiones industriales), como sistemas de parachoques, parrillas de radiador, alerones, guarniciones de coche, módulos de techo, capotas blandas/duras, tapas de maletero y limpiaparabrisas traseros. También está exento el uso en aplicaciones de revestimiento industrial para vehículos de motor, máquinas de ingeniería, vehículos de transporte ferroviario y revestimientos de alta resistencia para grandes estructuras de acero (PNUMA 2023d).

²⁴ Se calcula que en Estados Unidos se utilizaron 85.000 toneladas de c-pentabDE, el 36% en el transporte, el 60% en muebles y el 4% residual en otros artículos (Alcock *et al.*, 2003).

²⁵ Considerando una cantidad media de RTA de 300 kg por coche (20% de RTA de un vehículo de tamaño medio de 1500 kg).

UV-328 sería inventariado. Actualmente no existen datos de seguimiento de la cantidad media de UV-328 en los vehículos.

4.2.4 PFOA, PFOS, PFHxS y compuestos afines en vehículos

El PFOA, el PFOS, el PFHxS y los compuestos relacionados están presentes en los vehículos en polímeros fluorados de cadena lateral en textiles para asientos de automóviles y alfombras (Comisión Europea 2021; Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). Los compuestos relacionados con el PFOA también están presentes en los fluoropolímeros como contaminantes traza no intencionados procedentes del proceso de producción a niveles bajos de ppm y sub-ppm (Wang *et al.*, 2014; Comisión Europea 2021).²⁶ Los fluoropolímeros se utilizan en vehículos en aislantes, semiconductores, manguitos de soldadura, diversos componentes mecánicos (por ejemplo, cableado, tubos, tuberías, juntas, empaquetaduras, cables), juntas tóricas, correas trapezoidales y accesorios de plástico para interiores de automóviles; materia prima para componentes como cojinetes y juntas de baja fricción (Comisión Europea 2021). Los PFOS tenían una exención para su uso en textiles, tapicería y alfombras, pero el CECOP concluyó en 2012 que su uso probablemente ha terminado y no es necesaria ninguna exención (PNUMA 2012).

En un primer seguimiento de²⁷ PFOA extraíble en RTA en Europa, los niveles se situaron entre 0,048 y 0,067 mg/kg²⁸ (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021), lo que corresponde a una media de ~15 mg/coche.²⁵ Los niveles de²⁷ PFOS extraíbles fueron inferiores, de 0,006 a 0,020 mg/kg²⁸, lo que corresponde a ~3 mg/coche.²⁵ Los niveles de PFHxS extraíbles²⁷ eran más bajos, entre 0,0006 y 0,0008 mg/kg²⁹ (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021), lo que corresponde a ~0,2 mg/coche.²⁸ Es probable que la cantidad total de PFOA, PFOS, PFHxS y compuestos afines sea considerablemente mayor debido a la gran cantidad de compuestos relacionados. Sin embargo, no se dispone actualmente de ningún método para cuantificar adecuadamente el total de compuestos relacionados (PNUMA 2021e), en particular en los fluoropolímeros de cadena lateral, que probablemente no se extraen o sólo se extraen en pequeñas cantidades.²⁷ Además, algunos fluidos hidráulicos de aviación contenían PFOS anteriormente.

4.3 Evaluación de los COP utilizados anteriormente en el sector del transporte

En el sector del transporte se han utilizado anteriormente una serie de COP en plásticos y textiles sintéticos. Debido a una vida útil de 15 años en los países industrializados y una vida considerablemente mayor en los países en vías de desarrollo, los vehículos fabricados en los años 80 y 90 siguen funcionando con frecuencia en los países en vías de desarrollo. Los coches de más de 20 años reciben un interés creciente en los países industrializados a medida que aumenta la demanda de coches clásicos a pesar de que podrían contener COP heredados como PCB, c-PentaBDE o HBCD.

4.3.1 C-PentaBDE en vehículos

El c-PentaBDE se ha utilizado en parte en la espuma de poliuretano (PUR) de los asientos o reposacabezas de coches, camiones y otros vehículos, principalmente en los Estados Unidos (Abbasí *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2019). El c-PentaBDE se utilizó en los Estados Unidos hasta 2004. Para el inventario, se estima un contenido medio de PBDE de 40 g de c-PentaBDE (y 40 g de decaBDE) para un automóvil de pasajero estadounidense individual fabricado antes de 2005 (véase la guía para el inventario de PBDE PNUMA 2021a).

²⁶ Los principales fabricantes de fluoropolímeros de EE.UU., Japón y la UE se comprometieron a eliminar progresivamente el PFOA y sus sales en sus operaciones hasta finales de 2015 para el Programa de gestión de la USEPA (Comisión Europea 2021).

²⁷ Los residuos de la trituradora se extrajeron con metanol.

²⁸ Estos niveles se detectaron tras aplicar el ensayo TOP del extracto (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021).

²⁹ A la concentración detectada, el PFHxS podría considerarse un co-contaminante involuntario del PFOS.

4.3.2 HBCD en vehículos

El HBCD se ha utilizado en menor medida en el sector del automóvil en textiles interiores como revestimientos de suelos (Kajiwara *et al.*, 2014) y asientos, y también en textiles interiores de trenes, aviones y barcos. En general, el uso en automóviles parece pequeño y un estudio de inventario japonés (Liu *et al.*, 2019) ha establecido una media de 3 gramos de HBCD por automóvil de pasajero producido entre 1980 y 2013, que puede utilizarse para estimar el inventario. Además, se utilizaron XPS que contenían HBCD y pueden encontrarse en camiones y furgonetas frigoríficos producidos entre 1980 y 2021.

4.3.3 HBB en vehículos

El HBB se ha utilizado como retardante de llama en vehículos desde 1970 hasta 1976 en EE.UU.; los coches producidos después de 1976 no contienen HBB. Para realizar un inventario de vehículos no es necesario tener en cuenta el HBB, salvo por su posible presencia en coches clásicos fabricados en EE.UU. entre 1970 y 1976 (PNUMA 2021a).

4.3.4 Declorano Plus en vehículos

El declorano Plus (DP; nº CAS 13560-89-9) es un retardante de llama policlorado que contiene dos estereoisómeros, el syn-DP (nº CAS 135821-03-3) y el anti-DP (nº CAS 135821-74-8). El DP ha sido incluido en la lista 2023 del Convenio de Estocolmo (PNUMA 2023d) y se ha detenido su producción (GGKP 2024).

El Declorano Plus se utiliza como retardante de llama no plastificante en termoplásticos y termoestables. El DP se ha utilizado en plásticos de vehículos (cables y placas de circuitos impresos) y aviación (por ejemplo, paneles interiores de cabina, conductos, motores) (PNUMA 2021f). En un control inicial realizado en trituradoras europeas de automóviles, los niveles máximos de DP fueron de 12 mg/kg, mientras que la mayoría de las muestras estaban por debajo de 1 mg/kg (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021), lo que indica que la concentración media de Declorano Plus en VFU en Europa es probablemente inferior a 3 g/vehículo.²⁵

Se enumeran exenciones específicas para el uso de DP en aplicaciones aeroespaciales, espaciales y de defensa, así como para piezas de repuesto y reparación de artículos que se aplicarán cuando el Declorano Plus se haya utilizado originalmente en la fabricación de vehículos de motor, abarcando todos los vehículos terrestres, como coches, motocicletas, vehículos agrícolas y de construcción y camiones industriales; las aplicaciones incluyen cables, mazos de cables, conectores y cintas aislantes (PNUMA 2023d).

Dado que sólo se dispone de información limitada sobre la frecuencia y la concentración de DP en el sector del transporte, sería útil generar datos de seguimiento (Nivel III). Teniendo en cuenta el artículo 9 del Convenio de Estocolmo, los estudios/datos validados pueden enviarse a la Secretaría de BRS, y actuar como mecanismo de intercambio de información sobre los COP (PNUMA 2021j).

4.3.5 PCB en vehículos

Los PCB se han utilizado en líquidos de frenos y refrigerantes de coches fabricados antes de la década de 1980 (USEPA 2018). Además, los PCB estaban contenidos en condensadores que también se instalaron en equipos eléctricos de vehículos, por ejemplo, en la iluminación y los faros antes de la década de 1990. Por lo tanto, los residuos de trituradoras de automóviles pueden estar contaminados con PCB procedentes de PCB en automóviles producidos antes de 1990 (USEPA 1991). La concentración de PCB en RTA en 1990 tenía niveles de PCB entre 1,7 mg/kg y 210 mg/kg (USEPA 1991; Boughton 2007) que disminuyen con el tiempo.

4.4 Candidato COP en el sector del transporte

4.4.1 PCCM (candidato COP) en vehículos

Las parafinas cloradas con longitudes de cadena de carbono en el intervalo C14-17 (nº CAS: 85535-85-9) y niveles de cloración iguales o superiores al 45% de cloro en peso (PCCM) cumplen los criterios del Anexo D del Convenio (PNUMA 2021h). Las PCCM se siguen produciendo en grandes volúmenes (1 millón de t/año) (Chen *et al.*, 2022) y se añaden al PVC y al caucho (Brandsma *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021). El seguimiento de RTA en Japón encontró concentraciones de PCCM de 54-260 mg/kg (Matsukami *et al.*, 2019) y en RTA europeos de 130-210 mg/kg. Esto corresponde a unos 50 g/vehículo (16-78 g/vehículo).

Dado que sólo se dispone de información limitada sobre la frecuencia y la concentración en el sector del transporte, sería útil generar datos de seguimiento de PCCM (Nivel III). Teniendo en cuenta el artículo 9 del Convenio de Estocolmo, los estudios/datos validados pueden enviarse a la Secretaría BRS, y actuar como mecanismo de intercambio de información sobre los COP (PNUMA 2021j).

4.5 Evaluación de otras sustancias químicas preocupantes seleccionadas presentes en el sector del transporte

Esta sección pretende ofrecer una visión general de determinados CoC del sector del transporte/vehículos incluidos en otros AMMA y/o SAICM con el objetivo de lograr un enfoque sinético para la aplicación de los AMMA y la gestión de los COP y otros CoC cuando proceda.

La recogida y evaluación de datos sobre la presencia de CoC en el sector del transporte, coordinada con las actividades de inventario de COP, podría servir de base para una (futura) gestión integrada específica del sector. La Tabla 15 proporciona una visión general de los CoC seleccionados, y su uso principal en el sector del transporte/vehículos como base para su consideración.

Tabla 15 : CoC seleccionados (distintos de los COP) en vehículos relacionados con los AMMA y el SAICM

CoC	AMMA o SAICM	Descripción breve	Uso en vehículos	Relevancia
Plomo	actividades relacionadas con las baterías de plomo-ácido en el marco del Convenio de Basilea; El plomo en las pinturas es un EPI del SAICM.	El plomo es un metal tóxico que provoca efectos adversos a niveles muy bajos; en particular, trastornos del neurodesarrollo en los niños.	Baterías de plomo-ácido; soldadura	Alta
Compuestos de mercurio	Convenio de Minamata	Daña el sistema nervioso, el cerebro, el corazón y los riñones. Impacta en el neurodesarrollo	Se utiliza en lámparas, sistemas de frenos antibloqueo (ABSy) de tracción a las cuatro ruedas y de descarga de alta intensidad (HID), sistemas de control activo de la suspensión (principalmente antes de 2004)	Alta (para vehículos fabricados antes de 2004)
CFC, HCFC, HFC	Protocolo de Montreal; CMNUCC	Sustancias que agotan la capa de ozono; GEI	El HFC 134 se utilizó ampliamente como refrigerante para el aire acondicionado de	Alta

CoC	AMMA o SAICM	Descripción breve	Uso en vehículos	Relevancia
			los vehículos, con un alto potencial de GEI.	
Otros PFAS (no COP)	Tema de preocupación del SAICM	muy persistentes, muy móviles (compuestos o productos de degradación)	Aditivo para electrolitos en baterías de iones de litio; fluoropolímeros de cadena lateral en textiles/alfombras; NIAS en fluoropolímeros (y productos de degradación térmica).	Media
OPFR halógena -do	EPI ¹¹ de SAICM	Algunos OPFR halogenados son cancerígenos o reprotoxicos	Principales retardantes de llama en textiles y espuma PUR	Alta

4.5.1 Determinados metales y metaloides en los vehículos

4.5.1.1 Plomo en los vehículos

El principal uso del consumo mundial total de plomo es para la producción de baterías de plomo-acido utilizadas principalmente en vehículos motorizados (PNUMA 2017f). Las baterías contienen grandes cantidades de plomo, ya sea como metal sólido o como polvo de óxido de plomo. Una batería de plomo media de un automóvil contiene 8,4 kg de plomo (PNUMA 2003a). El plomo también se ha utilizado en vehículos en soldaduras, acabados en terminaciones de componentes o sistemas de conectores. Aunque estas aplicaciones del plomo están reguladas, por ejemplo, por la Directiva de la UE 2000/53,³⁰ y han sido eliminando en gran medida en los últimos 20 años en otras regiones para cumplir con las importaciones de coches a la UE o con normativas similares en otros países (por ejemplo, la RoHS coreana¹⁹), los vehículos fabricados antes de 2004 contienen niveles de plomo más elevados.

4.5.1.2 Mercurio en los vehículos

Históricamente, el mercurio se ha utilizado en los vehículos en los sistemas antibloqueo de frenos (ABSy) de tracción a las cuatro ruedas y de descarga de alta intensidad (HID), en los sistemas de control activo de la conducción, en los faros delanteros y traseros y bajo el capó y en la iluminación de los camiones (ONU Medio Ambiente 2019; Departamento de Protección Medioambiental de Nueva Jersey 2022). Los vehículos más antiguos (anteriores a 1994) contenían interruptores de mercurio en el módulo sensor de choque de los airbags.³¹ Muchos coches fabricados antes de 2004 contienen interruptores de mercurio en el ABSy.³¹

En los EE.UU., en la década de 1990, se utilizaban unas 9 toneladas de mercurio al año en interruptores basculantes (como las luces del maletero) y en ABSy en automóviles, con 155-222 toneladas de mercurio en automóviles en circulación en los EE.UU. en 2001 (Griffith *et al.*, 2001) y 15-22 toneladas de mercurio en automóviles entraron en el sistema de tratamiento de chatarra a principios de 2000 en los EE.UU. (ONU Medio Ambiente 2019). Dado que el mercurio se utilizaba en estas aplicaciones principalmente antes de 2004,³¹ hoy en día muchos de estos vehículos han

³⁰ La Directiva relativa a los vehículos al final de su vida útil (Directiva VFU) prohíbe el uso de sustancias peligrosas en la fabricación de vehículos nuevos (especialmente plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente), salvo en excepciones definidas cuando no existan alternativas adecuadas. Las exenciones se enumeran en el anexo II de la Directiva. Un valor máximo de concentración de hasta el 0,1 % en peso en material homogéneo para el plomo.

³¹ <https://www.newmoa.org/prevention/mercury/projects/legacy/automobiles.cfm>

sido exportados y operan en países en vías de desarrollo. El desarrollo de un inventario de mercurio en vehículos se llevaría a cabo en el marco del Convenio de Minamata considerando la sinergia con las actividades de inventario del Convenio de Estocolmo. Dado que para los PBDE también se recopilan datos particulares de los vehículos fabricados antes de 2004 (PNUMA 2021a), estos datos también pueden utilizarse para el inventario de mercurio y viceversa.

4.5.2 PFAS distintos de los COP-PFAS en vehículos

Todos los PFAS son motivo de preocupación en el marco del SAICM. Tras la sustitución del PFOA en fluoropolímeros de cadena lateral en textiles y alfombras en vehículos (Sección 4.2.3), se utilizan otros PFAS en estas aplicaciones. Los fluoropolímeros se utilizan en vehículos en cables, semiconductores, placas de circuitos impresos y revestimientos antirreflectantes (The Chemours Company 2020). Los fluoropolímeros pueden contener PFOA y otros PFAS utilizados en la producción y pueden formar PFOA y otros ácidos alquílicos perfluorados de cadena corta y larga cuando se tratan térmicamente a una temperatura inferior a aproximadamente 700° C (Ellis *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2003; Schlummer *et al.*, 2015; FOEN 2017), lo que es frecuente en la quema abierta de plásticos y la combustión lenta de placas de circuitos impresos. Los análisis de PFAS no poliméricos en RTA mostraron niveles de hasta 2 mg/kg (principalmente PFBS), lo que corresponde²⁵ a 0,6 g de PFAS para un automóvil de este tipo (Agencia Noruega de Medio Ambiente 2021). En algunos electrolitos de baterías de vehículos y pilas de combustible se utilizan altos volúmenes de PFAS, como bis(fluorosulfonil) imida de litio (LiFSI) y 4,5-dicyano-2-trifluorometil-imidazolida de litio (LiTDI) (Brückner *et al.*, 2020; Garg *et al.*, 2020).

4.5.3 Determinados retardantes de llama fosforados (PFR) en vehículos

Los retardantes de llama organofosforados halogenados (OPFR) son los principales retardantes de llama utilizados en espumas PUR y textiles en vehículos y dan lugar a una elevada exposición en los automóviles (Hoehn *et al.*, 2024). Se han encontrado OPFR halogenados en asientos de coche para bebés (Stapleton *et al.*, 2011). Los OPFR halogenados tienen propiedades peligrosas, como el tris(2-cloroethyl) fosfato (TCEP; tóxico para la reproducción), el tris(1,3-dicloroisopropil) fosfato (TDCPP; carcinógeno), el tris(2-cloroisopropil) fosfato (TCPP; tóxico para la reproducción) (Van der Veen y de Boer *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2019; Comisión Europea 2022).

El seguimiento inicial de los OPFR en fracciones de RTA mostró un nivel elevado entre 14 y 870 mg/kg, con el nivel más alto en la fracción de RTA que contiene textiles y PUR (Matsukami *et al.*, 2019). Esto corresponde a aproximadamente 5 a 100 g de OPFR/vehículo. Las elevadas liberaciones del carcinógeno TDCPP y del TCPP en lixiviados de vertederos de África (Sibiya *et al.*, 2019), Brasil (Cristale *et al.*, 2019) y China (Qi *et al.*, 2019) indican una eliminación relevante de residuos que contienen OPFR, como polímeros de vehículos al final de su vida útil (y residuos de C&D o RAEE) en vertederos.

4.5.4 Ciertos ftalatos en los vehículos

Los ftalatos son plastificantes utilizados principalmente en el PVC. En los vehículos, el PVC se utilizaba para cables, alambres, conectores y piezas de plástico; los ftalatos se detectan en altas concentraciones en RTA (ELVES 2016). Cuatro ftalatos (DEHP, BBP, DBP y DIBP) están restringidos en la UE en virtud de REACH, con exenciones para las piezas de los vehículos (Comisión Europea 2018).

4.5.5 CFC, HCFC y HFC en vehículos

Desde la década de 1990, el refrigerante predominante en todo el mundo para el aire acondicionado móvil de coches, autobuses y vehículos ferroviarios es el 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC 134a). El HFC 134a es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global (PCG) de 1.430. Antes de 1994, el CFC diclorodifluorometano (R-12), con un PCG de 10.900, se utilizaba en la mayoría de las aplicaciones de aire acondicionado de los vehículos. El HFC 134a se sustituye en

algunas regiones (por ejemplo, la UE lo prohibió en los coches nuevos desde 2017), pero sigue siendo el principal refrigerante en vehículos producidos antes de 2017. Podría elaborarse un inventario de gases fluorados en vehículos en el marco del Protocolo de Montreal en sinergia con la elaboración de inventarios de COP en el sector del transporte.

4.5.6 Amianto en los vehículos

Se sabe que las siguientes piezas de automóvil contienen amianto.

- Revestimientos de capó
- Frenos
- Embragues
- Recubrimiento
- Carcasa del aire acondicionado
- Material de juntas, sellos térmicos, anillos de válvulas y empaquetaduras

El amianto se utilizaba en trenes y barcos. Se ha elaborado una directriz técnica del Convenio de Basilea para el desmantelamiento de buques que incluye una sección sobre el amianto (PNUMA 2003b). Para el inventario, se evaluarían los usos pasados del amianto en el sector del transporte y pueden relacionarse con los Perfiles Nacionales de Amianto promovidos por la OMS (OMS 2007; BAuA 2014; Arachi *et al.*, 2021).

4.5.7 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en vehículos

Los neumáticos de los automóviles se fabrican utilizando aceites diluyentes que contienen HAP (ECHA 2017). Estos HAP son liberados por los automóviles debido a la abrasión de los neumáticos. La Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) concluyó que la presencia de HAP cancerígenos en gránulos en la concentración permitida en estas mezclas en la UE supone un riesgo para algunos atletas que juegan en césped sintético fabricado con neumáticos reciclados (ECHA 2017) y se propone la reducción de los límites de HAP para el reciclado de neumáticos (PNUMA 2013; RIVM 2018)

5 Anexo: Estudios de caso de inventarios sectoriales de COP

5.1 Anexo 1: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector de la edificación y la construcción en el país A

El estudio de caso puede descargarse en <https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/case-study-inventory-pops-building-and-construction-sector-country>

5.2 Anexo 2: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector electrónico de Nigeria

El estudio de caso puede descargarse en <https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-electrical-and-electronic-equipment-eee-and-related-waste-weee-nigeria>

5.3 Anexo 3: Estudio de caso: Inventario de COP en el sector del transporte en Nigeria

El estudio de caso puede descargarse en <https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-transport-sector-nigeria>

Referencias

- Abbasi, G., Buser, A.M., Soehl, A., Murray, M.W. and Diamond, M.L. (2015). Stocks and flows of PBDEs in products from use to waste in the US and Canada from 1970 to 2020 (Existencias y flujos de PBDE en productos desde su uso hasta su desecho en EE. UU. y Canadá desde 1970 hasta 2020). *Environmental science & technology* 49(3), 1521-1528.
- Abbasi G, Li L, Breivik K. (2019). Global Historical Stocks and Emissions of PBDEs (Reservas históricas mundiales y emisiones de PBDE). *Environ Sci Technol.*, 53(11), 6330–6340. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b07032>
- Al-Otaibi A, Bowan PA, Abdel daiem MM, Said N, Ebohon JO, Alabdullatif A, Al-Enazi E, Watts G. (2022). Identifying the Barriers to Sustainable Management of Construction and Demolition Waste in Developed and Developing Countries. *Sustainability* (Identificación de las barreras para la gestión sostenible de los residuos de construcción y demolición en países desarrollados y en vías de desarrollo. Sostenibilidad). 14(13), 7532. <https://doi.org/10.3390/su14137532>
- Arachi D, Furuya S, David A, Mangwiyo A, Chimed-Ochir O, Lee K, Tighe P, Takala J, Driscoll T, Takahashi, K. (2021). Development of the "National Asbestos Profile" to Eliminate Asbestos-Related Diseases in 195 Countries (Desarrollo del «Perfil Nacional del Amianto» para eliminar las enfermedades relacionadas con el amianto en 195 países). *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1804. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041804>
- ATSDR (Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades). (2006). Mercury-Containing Polyurethane Floors in Minnesota Schools (Suelos de poliuretano que contienen mercurio en las escuelas de Minnesota). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU. Disponible en URL: <http://www.atsdr.cdc.gov/HAC/pha/MercuryVaporReleaseAthleticPolymerFloors/MercuryVaporRelease-FloorsHC092806.pdf>
- Babayemi JO, Nnorom IC, Weber R (2022). Initial assessment of imports of chlorinated paraffins into Nigeria and the need of improvement of the Stockholm and Rotterdam Convention (Evaluación inicial de las importaciones de parafinas cloradas en Nigeria y la necesidad de mejora de los Convenios de Estocolmo y Rotterdam). *Emerg. Contam.* 8, 360-370 <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.07.004>
- Baldé CP, Kuehr R, Yamamoto T, et al. (2024). Global E-waste Monitor 2024 (Monitor Global de Residuos Electrónicos 2024). Informe de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y el Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR). Ginebra/Bonn.
- BAuA (German Federal Institute for Occupational Safety and Health) (Instituto Federal Alemán de Seguridad y Salud en el Trabajo) (2014) National Asbestos Profile for Germany (Perfil nacional del amianto para Alemania).
- Bavarian Environment Agency (Agencia de Medio Ambiente de Baviera) (2019). Rückbau schadstoffbelasteter Bausubstanz - Arbeitshilfe Rückbau: Erkundung, Planung, Ausführung. (in German) (Deconstrucción de materiales de construcción contaminados - Guía de deconstrucción: exploración, planificación, ejecución. (en alemán))
- Behnisch P, Petrlik J, Budin C, Besselink H, Felzel E, Strakova J, Bell L, Kuepouo G, Gharbi S, Bejarano F, Jensen GK. (2023). Global survey of dioxin-and thyroid hormone-like activities in consumer products and toys (Estudio global de las actividades similares a las dioxinas y a las hormonas tiroideas en productos de consumo y juguetes). *Environment International*. 178, 108079.
- Blumenthal, J., Diamond, M.L., Liu, G. and Wang, Z. (2022). Introducing “Embedded Toxicity”: A Necessary Metric for the Sound Management of Building Materials (Introducción a la «toxicidad integrada»: una métrica necesaria para la gestión racional de los materiales de construcción). *Environmental science & technology*, 56(14), 9838-9841.
- Boughton, B. (2007). Evaluation of shredder residue as cement manufacturing feedstock (Evaluación de los residuos de trituración como materia prima para la fabricación de cemento). *Resources, Conservation and Recycling*, 51(3), 621-642.
- Brandsma SH, Brits M, de Boer J, Leonards P (2021). Chlorinated paraffins and tris (1-chloro-2-propyl) phosphate in spray polyurethane foams - A source for indoor exposure? (¿Parafinas cloradas y fosfato de tris (1-cloro-2-propilo) en espumas de poliuretano en spray: ¿una fuente de exposición en interiores?). *Journal of hazardous materials*, 416, 125758. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125758>

Brückner, L., Frank, J., Elwert T (2020). Industrial Recycling of Lithium-Ion Batteries—A Critical Review of Metallurgical Process Routes (Reciclaje industrial de baterías de iones de litio: una revisión crítica de las rutas de procesos metalúrgicos). *Metals* 10, 1107. <https://doi.org/10.3390/met10081107>.

Carpenter DO (2013) Effects of persistent and bioactive organic pollutants on human health (Efectos de los contaminantes orgánicos persistentes y bioactivos en la salud humana). ISBN 978-1-118-15926-2, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, Nueva Jersey.

Charbonnet J, Weber R, Blum A (2020). Flammability standards for furniture, building insulation and electronics: Benefit and risk (Normas de inflamabilidad para muebles, aislamiento de edificios y productos electrónicos: Beneficios y riesgos). *Emerg. Contam* 6, 432-441, <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.05.002>

Chen C, Chen A, Li L, Peng W, Weber R, Liu J. (2021). Distribution and Emission Estimation of Short- and Medium-Chain Chlorinated Paraffins in Chinese Products through Detection-Based Mass Balancing (Estimación de la distribución y emisión de parafinas cloradas de cadena corta y media en productos chinos mediante el equilibrio de masas basado en la detección). *Environ. Sci. Technol.* 55, 7335–7343. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07058>

Chen C, Chen A, Zhan F, Wania F, Zhang S., Li L, Liu J. (2022). Global Historical Production, Use, In-Use Stocks, and Emissions of Short-, Medium-, and Long-Chain Chlorinated Paraffins (Producción histórica mundial, uso, existencias en uso y emisiones de parafinas cloradas de cadena corta, media y larga). *Environmental Science & Technology* 56, 7895–7904, <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00264>

Cristale J, Belé TGA, Lacorte S, de Marchi MRR (2019). Occurrence of flame retardants in landfills: A case study in Brazil (Presencia de retardantes de llama en vertederos: un estudio de caso en Brasil). *Environmental research*, 168, 420-427.

Ellis DA, Mabury SA, Martin JW, Muir DCG (2001). Thermolysis of fluoropolymers as a potential source of halogenated organic acids in the environment (Termólisis de fluoropolímeros como fuente potencial de ácidos orgánicos halogenados en el medio ambiente). *Nature* 412, 321–324.

Ellis DA, Martin JW, Muir DCG, Mabury SA (2003). The use of 19F NMR and mass spectrometry for the elucidation of novel fluorinated acids and atmospheric fluoroacid precursors evolved in the thermolysis of fluoropolymers (El uso de la RMN 19F y la espectrometría de masas para la elucidación de nuevos ácidos fluorados y precursores de fluoroácidos atmosféricos evolucionados en la termólisis de fluoropolímeros). *Analyst* 128, 756–764.

ELVES (ELV Environmental Services CLG) (2016). Analysis of Automotive Shredder Residue from the Composition, Recycling and Recovery Trial for End of Life Vehicles in the Republic of Ireland (Análisis de los residuos de fragmentadoras de automóviles del ensayo de composición, reciclaje y recuperación de vehículos al final de su vida útil en la República de Irlanda).

Unión Europea (2000). DIRECTIVA 2000/53/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de septiembre de 2000, relativa a los vehículos al final de su vida útil. Diario Oficial de las Comunidades Europeas 21.10.2000L 269/34

Comisión Europea (2015). DIRECTIVA DELEGADA (UE) 2015/863 DE LA COMISIÓN de 31 de marzo de 2015 por la que se modifica el anexo II de la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a la lista de sustancias restringidas. Diario Oficial de la Unión Europea L 322/14.

Comisión Europea (2018). REGLAMENTO (UE) 2018/2005 DE LA COMISIÓN de 17 de diciembre de 2018 por el que se modifica el anexo XVII del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH), en lo que respecta al ftalato de bis(2-etilhexilo) (DEHP), al ftalato de dibutilo (DBP), ftalato de butilo y bencilo (BBP) y ftalato de diisobutilo (DIBP).

Comisión Europea (2021). Estudio para apoyar la evaluación de los impactos asociados a la revisión de los valores límite en los residuos de los COP enumerados en los anexos IV y V del Reglamento (UE) 2019/1021. Informe final para la DG de Medio Ambiente.

Comisión Europea (2022). DOCUMENTO DE TRABAJO DEL PERSONAL DE LA COMISIÓN. Hoja de ruta de restricciones en el marco de la Estrategia para la sostenibilidad de las sustancias químicas SWD (2022) 128 final, Bruselas, 25.4.2022.

Eze CT, Otitoloju AA, Eze OO, et al. (2023). West African e-waste-soil assessed with a battery of cell-based bioassays (Residuos electrónicos de África Occidental: evaluación del suelo con una batería de

bioensayos basados en células). The Science of the total environment, 856, 159068. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159068>

FOEN (2017). Additional Information in Relation to the Risk Management Evaluation of PFOA, its Salts, and Related Compounds. Prepared by ETH Zurich on behalf of the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN) (Información adicional en relación con la evaluación de la gestión de riesgos del PFOA, sus sales y compuestos relacionados. Preparado por ETH Zurich en nombre de la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente (FOEN)). <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/POPRC12Followup/PFOAComments/tabid/5950/Default.aspx>

Forti V, Baldé CP, Kuehr R, Bel G (2020). The Global E-waste Monitor 2020 - Quantities, flows, and the circular economy potential. (El monitor global de residuos electrónicos - Cantidadas, flujos y el potencial de la economía circular). https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf

Garg S, Kumar P, Mishra V, Guijt R, Singh P, Dumée LF, Sharma RS (2020). A review on the sources, occurrence and health risks of per-/poly-fluoroalkyl substances (PFAS) arising from the manufacture and disposal of electric and electronic products (Una revisión de las fuentes, la aparición y los riesgos para la salud de las sustancias per-/polifluoroalquilo (PFAS) derivadas de la fabricación y eliminación de productos eléctricos y electrónicos). Journal of Water Process Engineering, 38, 101683.

Agencia Alemana de Medio Ambiente (2021). Promoting the high-quality recycling of plastics from demolition waste and enhancing the use of recycled materials in construction products in accordance with the European Plastics Strategy (Promover el reciclaje de alta calidad de plásticos procedentes de residuos de demolición y mejorar el uso de materiales reciclados en productos de construcción de acuerdo con la Estrategia Europea de Plásticos).

Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made (Producción, uso y destino de todos los plásticos fabricados hasta la fecha). Sci Adv 19, 3(7). e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.

GGKP (2024). Production, use and trade of POPs newly listed in the Stockholm Convention 2009 to 2022 (Producción, uso y comercio de los COP recientemente incluidos en el Convenio de Estocolmo 2009 a 2022). <https://www.greenpolicyplatform.org/research/production-use-and-trade-pops-newly-listed-stockholm-convention-2009-2021>

Gibb A, Jones W, Goodier C, Bust P, Song M, Jin J (2017). Nanotechnology in construction and demolition: what we know, what we don't (Nanotecnología en la construcción y demolición: lo que sabemos, lo que no sabemos). Informe presentado al Comité de Investigación de IOSH.

Green Science Policy Institute (2021). BUILDING A BETTER WORLD - Eliminating Unnecessary PFAS in Building Materials (CONSTRUIR UN MUNDO MEJOR: Eliminación de PFAS innecesarios en materiales de construcción). <https://greensciencepolicy.org/docs/pfas-building-materials-2021.pdf>

Griffith C, Gearhart J, Posset H, et al. (2001). Toxics in vehicles: Mercury (Sustancias tóxicas en los vehículos: Mercurio). Ecology Center, Great Lakes United and University of Tennessee Center for Clean Products & Clean Technologies, <https://p2infohouse.org/ref/19/18304.pdf>

Guida Y, Capella R, Weber R (2020). Chlorinated paraffins in the technosphere: A review of available information and data gaps demonstrating the need to support the Stockholm Convention implementation (Parafinas cloradas en la tecnosfera: Una revisión de la información disponible y las lagunas de datos que demuestran la necesidad de apoyar la implementación del Convenio de Estocolmo). Emerging Contaminants 6, 143-154. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2020.03.003>

Hansen E, Nilsson NH, Lithner D, Lassen C (2014). Hazardous substances in plastic materials. Survey of chemical substances in consumer products (Sustancias peligrosas en materiales plásticos. Estudio de sustancias químicas en productos de consumo). Publicado por la Agencia Danesa de Protección del Medio Ambiente, n.º 132.

Harnisch J, Schwarz W (2003). Final report on the costs and the impact on emissions of potential regulatory framework for reducing emissions of hydrofluorocarbons, perfluorocarbons and sulphur hexafluoride (Informe final sobre los costes y el impacto en las emisiones del posible marco regulador para reducir las emisiones de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre). Ecofys GmbH.

Held D (2008). Eisenbahnschwellen im Garten? Problematische Inhaltsstoffe schränken die Einsatzmöglichkeiten stark ein (¿Traviesas de ferrocarril en el jardín? Los componentes problemáticos restringen gravemente las posibilidades de uso). Umweltpraxis Nr. 54, 29-32, Oktober 2008.

Hennebert P, Filella M (2018). WEEE plastic sorting for bromine essential to enforce EU regulation (La clasificación de plásticos de RAEE para el bromo es esencial para hacer cumplir la normativa de la UE). Waste Manage 71, 390-399.

Hoehn RM, Jahl LG, Herkert NJ, Hoffman K, Soehl A, Diamond ML, Blum A, Stapleton HM. (2024) Flame retardant exposure in vehicles is influenced by use in seat foam and temperature (La exposición a los retardantes de llama en los vehículos está influenciada por el uso en la espuma de los asientos y la temperatura). Environmental Science & Technology. 58(20), 8825-8834.

Houessonon M, Ouendo ED, Bouland C, Takyi SA, Kedote NM, Fayomi B, Fobil JN, Basu N. (2021). Environmental Heavy Metal Contamination from Electronic Waste (E-Waste) Recycling Activities Worldwide: A Systematic Review from 2005 to 2017 (Contaminación ambiental por metales pesados de las actividades de reciclaje de residuos electrónicos (e-waste) en todo el mundo: una revisión sistemática de 2005 a 2017). Int. J. Environ. Res. Public Health 18, 3517.

Huang L, Fantke P, Ritscher A, Jolliet O. (2022) Chemicals of concern in building materials: a high-throughput screening (Sustancias químicas preocupantes en materiales de construcción: un cribado de alto rendimiento). Journal of Hazardous Materials. 424, 127574.

Huwe JK, Davison K, Feil VJ, Larsen G, Lorentzen M, Zaylskie R, Tiernan TO (2004). Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in cattle raised at agricultural research facilities across the USA and the influence of pentachlorophenol-treated wood (Niveles de dibenzo-p-dioxinas y dibenzofuranos policlorados en el ganado criado en instalaciones de investigación agrícola en EE. UU. e influencia de la madera tratada con pentaclorofenol). Food Addit Contam. 21(2), 182-194.

IARC (2018) Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts (Arsénico, metales, fibras y polvos). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C (Monografías del IARC sobre la evaluación de riesgos carcinogénicos para los seres humanos, volumen 100C).

OIT (Organización Internacional del Trabajo) (2012). The global impact of e-waste. Addressing the challenge (El impacto global de los residuos electrónicos. Abordar el desafío).

Imm P, Knobeloch L, Buelow C, Anderson HA (2009). Household exposures to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a Wisconsin Cohort (Exposición de los hogares a los éteres difenílicos polibromados (PBDE) en una cohorte de Wisconsin). Environmental health perspectives, 117, 1890–1895. <https://doi.org/10.1289/ehp.0900839>

Jakobsson E, Asplund L (2000). Polychlorinated Naphthalenes (CNS) (Naftalenos policlorados (NPC)). En: J. Paasivirta, ed. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 3 Anthropogenic Compounds Part K, New Types of Persistent Halogenated Compounds. Berlin, Springer-Verlag.

JAPIA (Japan Auto Parts Industries Association) ((Asociación de Industrias de Recambios de Automóvil de Japón)) (2021). Response submitted to ECHA's public consultation on the draft risk profile of UV-328 (Respuesta presentada a la consulta pública de la ECHA sobre el borrador del perfil de riesgo del UV-328).

Jartun M, Ottesen RT, Steinnes E, Volden T (2009) Painted surfaces--important sources of polychlorinated biphenyls (PCBs) contamination to the urban and marine environment (Superficies pintadas: fuentes importantes de contaminación del medio ambiente urbano y marino por bifenilos policlorados (PCB)). Environ Pollut. 157(1), 295-302.

Jin MT, Li LJ, Zheng JX, Shen SJ, Wang DR (2019) Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in dust in typical indoor public places in Hangzhou: Levels and an assessment of human exposure (Éteres difenílicos polibromados (PBDE) en el polvo de lugares públicos interiores típicos de Hangzhou: Niveles y evaluación de la exposición humana). Ecotoxicology and Environmental Safety 169, 325-334.

Kajiwara N, Desborough J, Harrad S, Takigami H. (2013). Photolysis of brominated flame retardants in textiles exposed to natural sunlight (Fotólisis de los retardantes de llama bromados en los textiles expuestos a la luz solar natural). Environ Sci Process Impacts. 15(3), 653–660.

Kajiwara N, Takigami H, Kose T, Suzuki G, Sakai S. (2014). Brominated flame retardants and related substances in the interior materials and cabin dusts of end-of-life vehicles collected in Japan (Retardantes de llama bromados y sustancias relacionadas en los materiales interiores y el polvo de la cabina de los

vehículos al final de su vida útil recogidos en Japón). Organohalogen Compounds 76, 1022-1025. Consultado el 12.07.2021 at <http://dioxin20xx.org/wp-content/uploads/pdfs/2014/1015.pdf>

Kajiwara N, Matsukami H, Malarvannan G, Chakraborty P, Covaci A, Takigami H (2022). Recycling plastics containing decabromodiphenyl ether into new consumer products including children's toys purchased in Japan and seventeen other countries (Reciclaje de plásticos que contienen decabromodifenil éter en nuevos productos de consumo, incluidos juguetes infantiles, comprados en Japón y otros diecisiete países). Chemosphere, 289, 133179.

Kobayashi N, Izumi H., Morimoto Y (2017). Review of toxicity studies of carbon nanotubes (Revisión de estudios de toxicidad de nanotubos de carbono). Journal of Occupational Health, 59(5), 394–407. <https://doi.org/10.1539/joh.17-0089-RA>

Kuang J, Abdallah MAE, Harrad S. (2018). Brominated flame retardants in black plastic kitchen utensils: Concentrations and human exposure implications (Retardantes de llama bromados en utensilios de cocina de plástico negro: concentraciones e implicaciones para la exposición humana). Science of The Total Environment, 610, 1138-1146.

Kurata Y, Watanabe Y, Ono Y, et al. (2005). Concentrations of organic wood preservatives in wood chips produced from wood wastes (Concentraciones de conservantes orgánicos de la madera en astillas de madera producidas a partir de residuos de madera). J Mater Cycles Waste Manag 7, 38–47. <https://doi.org/10.1007/s10163-004-0124-z>

Lebbie T S, Moyebi OD, Asante KA et al. (2021). E-Waste in Africa: A Serious Threat to the Health of Children (Residuos electrónicos en África: una grave amenaza para la salud de los niños). Int. J. Environ. Res. Public Health, 18, 8488. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168488>

Leisewitz A, Schwarz W. (2000) Erarbeitung von Bewertungsgrundlagen zur Substitution umweltrelevanter Flammenschutzmittel (Desarrollo de bases de evaluación para la sustitución de retardantes de llama relevantes para el medio ambiente). Flammhemmende Ausrüstung ausgewählter Produkte - anwendungsbezogene Betrachtung: Stand der Technik, Trend, Alternativen. Report no. 01/27 (Tratamiento ignífugo de productos seleccionados: consideración relacionada con la aplicación: estado de la técnica, tendencia, alternativas. Informe n.º 01/27). UBA-Texte. 000171/2. La Agencia del Medio Ambiente de Alemania.

Li L, Weber R, Liu J, Hu J (2016). Long-term emissions of hexabromocyclododecane as a chemical of concern in products in China (Emisiones a largo plazo de hexabromociclododecano como sustancia química preocupante en productos en China). Environ Int. 91, 291-300. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.03.007>

Liu H, Yano J, Kajiwara N, Sakai S. (2019). Dynamic stock, flow, and emissions of brominated flame retardants for vehicles in Japan (Dinámica de existencias, flujo y emisiones de retardantes de llama bromados para vehículos en Japón). Journal of Cleaner Production 232, 910–924.

Lucattini L, Poma G, Covaci A, Boer J d, Lamoree MH, Leonards PEG (2018). A review of semi-volatile organic compounds (svocs) in the indoor environment: Occurrence in consumer products, indoor air and dust (Una revisión de los compuestos orgánicos semivolátiles (svocs) en el ambiente interior: Presencia en productos de consumo, aire interior y polvo). Chemosphere 201, 466–482.

Matsukami H, Kajiwara N, Kuramochi H. (2019). Chlorinated paraffins and organophosphorus flame retardants in automobile shredder residues from an end-of-life vehicle recycling facility in Japan (Parafinas cloradas y retardantes de llama organofosforados en residuos de trituradoras de automóviles de una instalación de reciclaje de vehículos al final de su vida útil en Japón). Abstract Book SETAC North America 40th Annual Meeting, Toronto, Canada.

Mohajerani A, Burnett L, Smith JV, Kurmus H, Milas J, Arulrajah A, Horpibulsuk S, Abdul Kadir, A. (2019). Nanoparticles in Construction Materials and Other Applications, and Implications of Nanoparticle Use (Nanopartículas en materiales de construcción y otras aplicaciones, e implicaciones del uso de nanopartículas). Materials, 12(19), 3052. <https://doi.org/10.3390/ma12193052>

Morf L, Taverna R, Daxbeck H, Smutny R. (2003). Selected polybrominated flame retardants PBDEs and TBBPA (Retardantes de llama polibromados seleccionados PBDEs y TBBPA). Análisis de flujo de sustancias. Environmental Series No. 338. Environmental hazardous substances. Agencia Suiza de Medio Ambiente, Bosques y Paisaje.

Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey (2022). Vehicle Recycling General Permit Information Mercury Switches and Polychlorinated Biphenyls (Información sobre el permiso general de

reciclaje de vehículos. Interruptores de mercurio y bifenilos policlorados), https://www.nj.gov/dep/dwq/auto_mercurypcb.htm

Agencia Noruega de Medio Ambiente (2021). Environmental Pollutants in Post-Consumer Plastics (Contaminantes ambientales en plásticos posconsumo). Fraunhofer y Rambol para la Agencia Noruega de Medio Ambiente, número de caso M-2059|2021.

Pacheco-Torgala F, Jalalib S (2011). Review Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials (Revisión de la nanotecnología: ventajas e inconvenientes en el campo de la construcción y los materiales de construcción). Construction and Building Materials 25, 582-590 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.07.009>

Petrlik J, Behnisch P, DiGangi J. (2018). Toxic Soup: Dioxins in Plastic Toys (Sopa tóxica: dioxinas en juguetes de plástico). Arnika, HEAL, IPEN and BUND. <https://arnika.org/en/publications/toxic-soup-dioxins-in-plastic-toys>

Petrlik J, Bell L, DiGangi J, Allo'o SJ, Kuepouo G, Ochola GO, Grechko V, Jelinek N, Strakova J, Skalsky M, Drwiega YI, Hogarh J, Akortia E, Adu-Kumi S, Teebthaisong A, Carcamo M, Beeler B, Behnisch P, Baitinger C, Herold C, Weber R. (2022). Review: Monitoring of Dioxins and PCB in Eggs as Sensitive Indicator for Environmental Pollution and Contaminated Sites and Recommendations for Reducing and Controlling Releases and Exposure (Revisión: Seguimiento de dioxinas y PCB en huevos como indicador sensible de contaminación ambiental y sitios contaminados y recomendaciones para reducir y controlar las emisiones y la exposición). Emerging Contaminants 8, 254-279 <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.05.001>

Potrykus A, Milunov M, Weißenbacher J (2015). Identification of potentially POP-containing Wastes and Recyclates – Derivation of Limit Values (Identificación de residuos y reciclados que pueden contener COP: Derivación de valores límite). Informe n.º (UBA-FB) 002097/E.

Purchase CK, Al Zulayq DM, O'Brien BT, Kowalewski MJ, Berenjian A, Tarighaleslami AH, Seifan M. (2021). Circular Economy of Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Lessons, Challenges, and Benefits (Economía circular de los residuos de construcción y demolición: una revisión de la literatura sobre lecciones, desafíos y beneficios). Materials. 15(1), 76. <https://doi.org/10.3390/ma15010076>

Puype F, Samsonek J, Knoop J, Egelkraut-Holtus M, Ortlieb M. (2015). Evidence of waste electrical and electronic equipment (WEEE) relevant substances in polymeric food-contact articles sold on the European market (Evidencia de sustancias relevantes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en artículos poliméricos en contacto con alimentos vendidos en el mercado europeo). Food Additives & Contaminants: Part A, 32(3), 410-426.

Qi C, Yu G, Zhong M, Peng G, Huang J, Wang B. (2019). Organophosphate flame retardants in leachates from six municipal landfills across China (Retardantes de llama organofosforados en lixiviados de seis vertederos municipales de China). Chemosphere, 218, 836-844.

Rauert C, Harrad, S. (2015). Mass transfer of PBDEs from plastic TV casing to indoor dust via three migration pathways - A test chamber investigation (Transferencia masiva de PBDE de la carcasa de plástico del televisor al polvo interior a través de tres vías de migración: una investigación en cámara de pruebas). Sci. Total Environ, 536, 568–574.

RIVM (2018). ANNEX XV Restriction Report – PAHs in synthetic turf infill granules and mulches (ANEXO XV Informe de restricción: HAP en gránulos de relleno y mantillos de césped sintético). ANNEX XV Restriction report proposal for a restriction (ANEXO XV Propuesta de informe de restricción para una restricción).

RPA (Risk & Policy Analysts). (2014). Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE) (Apoyo a un expediente del anexo XV sobre el éter de bis(pentabromofenilo) (decaBDE)). Multiple Framework Contract with Reopening of competition for Scientific Services for ECHA. Reference: ECHA/2011/01 Service Request SR 14 (Contrato marco múltiple con reapertura de concurso para servicios científicos para la ECHA. Referencia: ECHA/2011/01 Solicitud de servicio SR 14).

Schlummer M, Sölich C, Meisel T, Still M, Gruber L, Gerd W. (2015). Emission of perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCA) from heated surfaces made of polytetrafluoroethylene (PTFE) applied in food contact materials and consumer products (Emisión de ácidos carboxílicos perfluoroalquílicos (PFCA) de superficies calentadas hechas de politetrafluoroetileno (PTFE) aplicadas en materiales en contacto con alimentos y productos de consumo). Chemosphere 129, 46-53.

Shaw SD, Blum A, Weber R, Kannan K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum LS (2010). Halogenated Flame Retardants: Do the Fire Safety Benefits Justify the Risks? (Retardantes de llama halogenados: ¿ los beneficios de seguridad contra incendios justifican los riesgos?) *Reviews on Environmental Health* 25(4) 261-305,

Sibiya I, Poma G, Cuykx M, Covaci A, Adegbenro PD, Okonkwo J (2019). Targeted and non-target screening of persistent organic pollutants and organophosphorus flame retardants in leachate and sediment from landfill sites in Gauteng Province, South Africa (Detección selectiva y no selectiva de contaminantes orgánicos persistentes y retardantes de llama organofosforados en lixiviados y sedimentos de vertederos de la provincia de Gauteng, Sudáfrica). *Science of the total environment*, 653, 1231-1239.

Sindiku O, Babayemi JO, Tysklind M, Osibanjo O, Weber R, Schlummer M, Lundstedt S (2015). Polybrominated Dioxins and Furans (PBDD/Fs) in e-waste plastics in Nigeria (5). Dioxinas y furanos polibromados (PBDD/Fs) en plásticos de desechos electrónicos en Nigeria). *Environ Sci Pollut Res Int.* 22, 14462-14470. DOI 10.1007/s11356-015-5260-6

Stapleton HM, Klosterhaus S, Keller A, Ferguson PL, Van Bergen S, Cooper E, et al. (2011). Identification of flame retardants in polyurethane foam collected from baby products (Identificación de retardantes de llama en espuma de poliuretano recogida de productos para bebés). *Environ Sci Technol.* 45(12), 5323-5331.

Suzuki, S., Part, F., Matsufuji, Y., Huber-Humer, M. (2018). Modeling the fate and end-of-life phase of engineered nanomaterials in the Japanese construction sector (Modelización del destino y la fase de fin de vida de los nanomateriales artificiales en el sector de la construcción japonés). *Waste Management*, 72, 389-398.

EPA de Suecia (2011). Recycling and disposal of electronic waste - Health hazards and environmental impacts (Reciclaje y eliminación de residuos electrónicos: riesgos para la salud e impactos medioambientales). Informe 6417, Marzo 2011.

Takahashi S, Tue NM, Takayanagi C, Tuyen LH, Suzuki Go (2017). PCBs, PBDEs and dioxin-related compounds in floor dust from an informal end-of-life vehicle recycling site in northern Vietnam: contamination levels and implications for human exposure (PCB, PBDE y compuestos relacionados con dioxinas en el polvo del suelo de un vertedero informal de reciclaje de vehículos al final de su vida útil en el norte de Vietnam: niveles de contaminación e implicaciones para la exposición humana). *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 19, 1333-1341.

Taverna R, Gloor R, Zennegg M, Birchler E (2017). Stoffflüsse im Schweizer Elektronikschrott (Flujos de materiales en los residuos electrónicos suizos). Report for the Swiss Federal Office for the Environment (Informe para la Oficina Federal Suiza de Medio Ambiente). Umwelt-Zustand Nr. 1717, 164 pp.

The Chemours Company (2020). The Role of Fluoropolymers in Consumer Electronics and Communications for Smart Cities (El papel de los fluoropolímeros en la electrónica de consumo y las comunicaciones para las ciudades inteligentes).

ONU Medio Ambiente (2019). Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Sources, Reference Report and Guideline for Inventory Level 2, Version 1.5 November 2019 (Caja de herramientas para la identificación y cuantificación de fuentes de mercurio, informe de referencia y directrices para el inventario de nivel 2, versión 1.5, noviembre de 2019). ONU Medio Ambiente, Subdivisión de Productos Químicos y Salud, Ginebra, Suiza.

UNECE and FAO (2021). Draft Catalogue of wood waste classifications in the UNECE Region (Proyecto del Catálogo de clasificaciones de residuos de madera en la región de la UNECE).

PNUMA (2003a). Directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de las baterías de plomo-ácido usadas.

PNUMA (2003b). Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional del desguace total y parcial de embarcaciones.

PNUMA (2008). Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes; Parte III Categoría de fuentes (k): Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos al final de su vida útil.

PNUMA (2012). Informe del Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes relativo a la labor realizada en su octava reunión. UNEP/POPS/POPRC.8/16.

PNUMA (2013). Directrices técnicas revisadas para la gestión ambientalmente racional de neumáticos usados y de desecho. Directriz técnica del Convenio de Basilea.

PNUMA (2015). Cooperation and coordination between the secretariats of the Basel, Rotterdam and Stockholm conventions and the Strategic Approach (Cooperación y coordinación entre las secretarías de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo y el Enfoque Estratégico). SAICM/ICCM.4/INF/24

PNUMA y PEN (Red de Eliminación de PCB) (2016). Polychlorinated Biphenyls (PCB) Inventory Guidance (Guía de inventario de bifenilos policlorados (PCB)).
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/31250>

PNUMA (2017a). Guidance for the inventory of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and related chemicals listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Draft Revised January 2017 (Orientación para el inventario de ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) y sustancias químicas afines incluidas en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Borrador revisado en enero de 2017)

PNUMA (2017b). Informe de antecedentes Hacia un planeta sin contaminación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenia.

PNUMA (2017c). Guidance for the inventory of Hexabromocyclododecane (HBCD) (Draft March 2017) (Orientación para el inventario de hexabromociclododecano (HBCD) (borrador de marzo de 2017))
<http://www.pops.int/Implementation/NIPs/Guidance/GuidanceforHBCD/tqid/5332/Default.aspx>

PNUMA (2017d). Listing of tributyltin compounds in Annex III to the Rotterdam Convention' (Listado de compuestos de tributilestaño en el Anexo III del Convenio de Rotterdam). Secretaría de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, RC-8/5.

PNUMA (2017e). Draft guidance on preparing inventories of polychlorinated naphthalenes (PCNs). Draft March 2017 (Proyecto de orientación para la preparación de inventarios de naftalenos policlorados (NPC). Borrador de marzo de 2017. UNEP/POPS/COP.8/INF/19

PNUMA (2017f). Draft practical guidance for the development of inventories of used lead-acid batteries (Borrador de guía práctica para el desarrollo de inventarios de baterías de plomo-ácido usadas.). Secretaría del Convenio de Basilea.

PNUMA (2019a). Detailed guidance on preparing inventories of short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) (Orientación detallada sobre la preparación de inventarios de parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)). Secretaría de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2019b). 'Global Chemicals Outlook II', Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, 2019

PNUMA (2019c). Propuesta para incluir el declorano Plus (n.º CAS 13560-89-9) y su isómero sin (n.º CAS 135821-03-3) e isómero anti (n.º CAS 135821-74-8) en los anexos A, B y/o C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. UNEP/POPS/POPRC.15/3.

PNUMA (2019d). Preliminary draft guidance on alternatives to short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) (Borrador preliminar de orientación sobre alternativas a las parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)). UNEP/POPS/COP.9/INF/21.

PNUMA (2019e). Consolidated Guidance on PCB in Open Applications (Orientación consolidada sobre PCB en aplicaciones abiertas). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra. Disponible en:
<http://www.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PCB/Guidance/tqid/665/Default.aspx> -> open applications

PNUMA (2020a). General guidance on POPs inventory development. Revised from document UNEP/POPS/COP.9/INF/19/Add.1 (Orientación general sobre la elaboración de inventarios de COP. Revisado a partir del documento UNEP/POPS/COP.9/INF/19/Add.1). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2020b). Propuesta de inclusión del UV-328 en el anexo A del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. UNEP/POPS/POPRC.16/4

PNUMA (2021a). Draft guidance on preparing inventories of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Proyecto de guía para la preparación de inventarios de éteres difenílicos polibromados (PBDE) incluidos en el Convenio de

Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021b). Guidance on preparing inventories of hexabromocyclododecane (HBCD) (Orientación sobre la preparación de inventarios de hexabromociclododecano (HBCD)). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021c). Guidance on preparing inventories of PCN (Orientación sobre la preparación de inventarios de NPC). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021d). Guidance on preparing inventories of PCP (Orientación sobre la preparación de inventarios de PCP). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021e). Draft guidance on sampling, screening and analysis of persistent organic pollutants in products and recycling (Proyecto de directrices sobre muestreo, detección y análisis de contaminantes orgánicos persistentes en productos y reciclaje). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021f). Chemicals of Concern in the Building and Construction Sector (Productos químicos preocupantes en el sector de la edificación y la construcción). Ginebra, 5 de mayo de 2021. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35916/CoCBC.pdf>

PNUMA (2021g). Guidance on best available techniques and best environmental practices relevant to the polybrominated diphenyl ethers listed under the Stockholm Convention (Orientación sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales pertinentes para los difeniléteres polibromados enunciados en el Convenio de Estocolmo). UNEP/POPS/COP.10/INF/18

PNUMA (2021h). Proposal to list chlorinated paraffins with carbon chain lengths in the range C14-17 and chlorination levels at or exceeding 45 per cent chlorine by weight in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Propuesta para incluir las parafinas cloradas con longitudes de cadena de carbono en el rango C14-17 y niveles de cloración iguales o superiores al 45 por ciento de cloro en peso en los anexos A, B y/o C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes)

PNUMA (2021i). Towards a Circular Economy for the Electronics Sector in Africa: Overview, Actions and Recommendations (Hacia una economía circular para el sector de la electrónica en África: visión general, acciones y recomendaciones).

PNUMA (2021j). Guidance for strengthening regulatory framework and voluntary agreements for regular monitoring of products or articles that may contain new POPs (Orientaciones para reforzar el marco reglamentario y los acuerdos voluntarios para la vigilancia periódica de los productos o artículos que puedan contener nuevos COP). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2023a). Chemicals in Plastic: A technical report (Productos químicos en el plástico: un informe técnico). <https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report>

PNUMA (2023b). Guidance on preparing inventories of PFOS, PFOA and PFHxS (Orientación sobre la preparación de inventarios de PFOS, PFOA y PFHxS). Secretaría de los convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2023c). Informe del Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes sobre la labor realizada en su 19^a reunión. UNEP/POPS/POPRC.19/9

PNUMA (2023d). Informe de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes acerca de la labor realizada en su 11^a reunión. UNEP/POPS/COP.11/31

PNUMA (2023e). Directrices técnicas sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos plásticos. UNEP/CHW.16/6/Add.3/Rev.1.

PNUMA (2024) Propuesta de inclusión de las dibenzoparadioxinas y los dibenzofuranos polihalogenados en el anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. UNEP/POPS/POPRC.20/5

USEPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) (1991). PCB, lead, cadmium levels in shredder waste materials (Niveles de PCB, plomo y cadmio en materiales de desecho de trituradoras), report EPA 560/5-90-008A; 1991

USEPA (2008). Reregistration Eligibility Decision for the Tributyltin Compounds: Bis(tributyltin) oxide, Tributyltin benzoate, and Tributyltin maleate (Case 2620) (Decisión de elegibilidad para el re-registro de los compuestos de tributilestaño: óxido de bis(tributilestaño), benzoato de tributilestaño y maleato de tributilestaño (caso 2620)).

USEPA (2011). Fact Sheet: Before You Tear it Down, Get the Mercury Out (Hoja informativa: Antes de derribarlo, saque el mercurio). https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/before_you_tear_it_down.pdf

USEPA (2018). Preventing and Detecting PCB Contamination in Used Oil Best management practices for commercial and municipal used oil collection centers and recyclers (Prevención y detección de la contaminación por PCB en el aceite usado. Mejores prácticas de gestión para centros de recogida y reciclaje de aceite usado comerciales y municipales). https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/pcbs_in_used_oil_fact_sheet_corrected2.pdf

USEPA (2022). Deconstruction Manuals for Construction and Demolition (C&D) Projects (Manuales de deconstrucción para proyectos de construcción y demolición (C&D)). <https://www.epa.gov/smm/deconstruction-manuals-construction-and-demolition-cd-projects>

Van der Veen, I. and de Boer, J. (2012). Phosphorus flame retardants: properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis (Retardantes de llama de fósforo: propiedades, producción, incidencia medioambiental, toxicidad y análisis). Chemosphere 88(10), 1119-1153.

Wäger P, Schluep M, Müller E (2010) RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment (Sustancias RoHS en plásticos mixtos procedentes de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos). Final Report Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology Empa (Informe final Laboratorio Federal Suizo de Ciencia y Tecnología de Materiales Empa).

Wagner U, Schneider E, Watson A, Weber R (2014) Management of PCBs from Open and Closed Applications – Case Study Switzerland (Gestión de PCB de aplicaciones abiertas y cerradas: estudio de caso de Suiza). Informe para GIZ.

Wang, Z., Cousins, I. T., Scheringer, M., Buck, R. C., Hungerbühler, K. (2014). Global emission inventories for C4-C14 perfluoroalkyl carboxylic acid (PFCA) homologues from 1951 to 2030, Part I: production and emissions from quantifiable sources (Inventarios de emisiones globales de homólogos de ácido carboxílico perfluoroalquílico C4-C14 (PFCA) de 1951 a 2030, Parte I: producción y emisiones de fuentes cuantificables). Environment international, 70, 62–75. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.04.013>

Weber R, Kuch B (2003) Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans (Relevancia de los BFR y las condiciones térmicas en las vías de formación de dibenzodioxinas y dibenzofuranos bromados y bromoclorados). Environ Int. 29, 699-710.

Weber R, Herold C, Hollert H, Kamphues J, Blepp M, Ballschmiter K (2018). Reviewing the relevance of dioxin and PCB sources for food from animal origin and the need for their inventory, control and management (Revisión de la relevancia de las fuentes de dioxinas y PCB para los alimentos de origen animal y la necesidad de su inventario, control y gestión). Environmental Sciences Europe. 30, 1-42.

OMS (2007). Esquema para la elaboración de programas nacionales de eliminación de las enfermedades relacionadas con el asbestos. <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/65845/retrieve>

Wu H, Zuo J, Yuan H, Zillante G, Wang J. (2019). A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management (Una revisión de los métodos de evaluación del rendimiento para la gestión de residuos de construcción y demolición). Resour. Conserv. Recycl. 150, 104407.

Zhu W, Bartos PJM, Porro A. (2004). Application of nanotechnology in construction (Aplicación de la nanotecnología en la construcción). Materials and Structures 37, November 2004, 649-658.