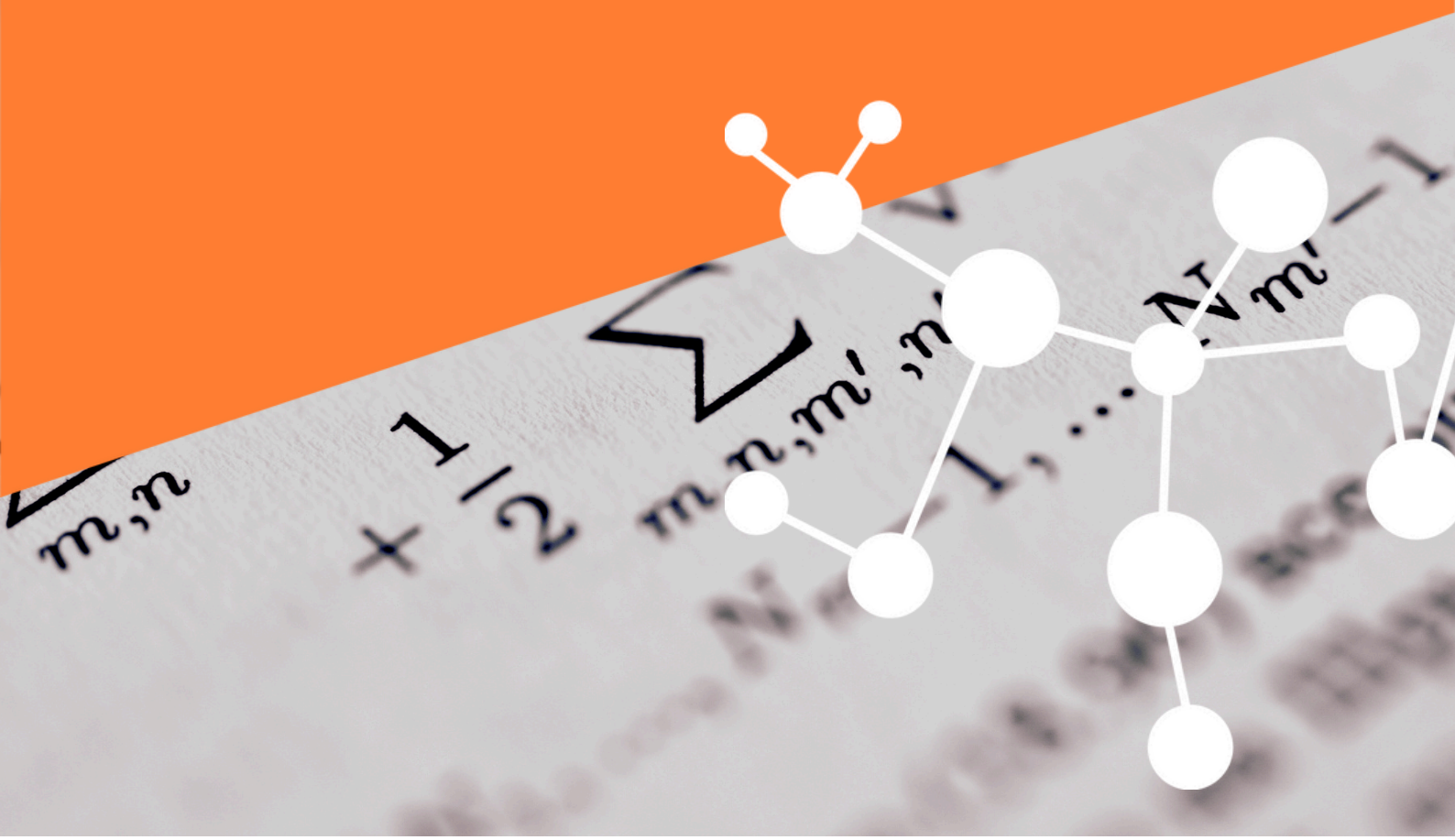
Orientación

Breve orientación sobre la aplicación de la garantía de calidad y el control de calidad (GC/CC) para la validación de datos de inventarios de COP

GGKP, 2024



GGKP

gef global environment facility INVESTING IN OUR PLANET

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). Short Guidance on Implementing Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) for POPs Inventories Data Validation. Geneva: Green Growth Knowledge Partnership*) sobre todas sus versiones traducidas.

Cita recomendada: GGKP (2024). Breve orientación sobre la aplicación de la garantía de calidad y el control de calidad (GC/CC) para la validación de datos de inventarios de COP. Ginebra: Green Growth Knowledge Partnership. Esta cita garantiza el reconocimiento y la atribución adecuados de acuerdo con las normas aplicables.

GGKP

gef global environment facility INVESTING IN OUR PLANET

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.

La orientación fue revisada por Markus Blepp (Büro für Umweltwissenschaften, Friburgo, Alemania) y Christine Herold (POPs Environmental Consulting).

GGKP

gef global environment facility INVESTING IN OUR PLANET

Tabla de Contenidos

Lista de tablas **2**

Lista de figuras **2**

Lista de cuadros **2**

Abreviaturas y acrónimos **3**

1 Introducción y enfoque **5**

1.1 Antecedentes de los datos del inventario de COP y necesidad de GC/CC 5

1.2 GC/CC como buena práctica 6

1.3 Consideraciones prácticas 7

2 Mecanismos y elementos para la GC/CC de los COP y los datos de inventario **8**

2.1 Responsabilidades 9

2.2 Plan GC/CC 9

2.3 Control de calidad 10

2.3.1 Calidad de los datos 10

2.3.2 Exhaustividad: evaluación de si se han abordado todas las áreas principales del inventario 11

2.3.3 Cantidad de contenido total de COP frente a la cantidad de productos y residuos que contienen COP 15

2.3.4 Mejora de la calidad de los inventarios de COP a lo largo del tiempo y mantenimiento de los datos 16

2.3.5 Series temporales 17

2.3.6 Análisis del flujo de materiales y sustancias 17

2.3.7 Lagunas en la evaluación de las principales áreas de inventario y medidas para subsanarlas 18

2.3.8 Evaluación y descripción de incertidumbres y supuestos 19

2.4 Garantía de calidad y revisión 19

2.5 Evaluación de la plausibilidad 20

2.5.1 Producción actual de COP y comparación con los datos de producción mundial 20

2.5.2 COP en los productos y comparación con la producción/uso total mundial y la vida útil 21

2.5.3 Comparación con los inventarios de COP de otros países 23

2.5.4 Comparación con fuentes de datos internacionales 23

2.5.5 Comparación con mediciones o controles 24

2.6 Documentación de cómo se calculó el inventario y pruebas en el informe de inventario 24

3 Vigilancia de COP para inventarios/aplicación y GC/CC relacionados **25**

3.1 Introducción 25

3.2 Representatividad de las muestras y los datos 25

3.3 GC/CC de las mediciones de laboratorio 26

3.4 Casos prácticos de vigilancia de los COP en productos en estudios revisados por expertos 27

Referencias **29**

Anexo 1: Datos de producción mundial y época de producción de los COP intencionalmente producidos **34**

Lista de tablas

Tabla 1: Lista de COP y áreas prioritarias de inventario en relación con la producción, los usos, las existencias, los residuos y los lugares contaminados (para más detalles, véase las orientaciones individuales sobre inventarios). 12

Tabla 2: Algunos ejemplos en los que es útil informar sobre la cantidad total de un COP, la cantidad de productos que contienen COP y la cantidad total de categorías de productos afectados por COP. 16

Lista de figuras

Figura 1: Enfoque en cinco etapas para la elaboración de inventarios de COP (PNUMA 2020)5

Figura 2: Sistema general de GC/CC (adoptado de IPCC 2006)..... 8

Figura 3: Producción mundial anual media* de los 25 COP producidos intencionalmente desde la década de 1930 hasta la de 2010. (Li *et al.,* 2023)..... 34

Lista de cuadros

Cuadro 1: Algunas definiciones de términos de GC/CC (Naciones Unidas 2019) 6

Cuadro 2: Lista de objetivos de calidad de los datos para los inventarios de COP..... 6

Cuadro 3: Métodos para colmar lagunas y mejorar la calidad de los datos..... 18

Cuadro 4: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad de los resultados del inventario de PFOS con datos de producción mundial..... 21

Cuadro 5: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad de un inventario PCCC/PCCM y de los datos de producción mundial..... 22

Cuadro 6: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad del inventario de decaBDE en el plástico de AEE/RAEE y en vehículos en Nigeria y los datos de producción mundial de decaBDE 22

Cuadro 7: Comparación con los datos internacionales sobre residuos electrónicos de la Asociación Mundial de Estadísticas sobre Residuos Electrónicos 23

Cuadro 8: Comparación con la recopilación mundial de posesión per cápita de vehículos ... 24

Cuadro 9: Elementos recomendados de un informe de inventario..... 24

Cuadro 10: Procedimientos comunes para la GC/CC de los análisis cuantitativos de COP (PNUMA 2021b) 26

Cuadro 11: Seguimiento de PBDE en los residuos electrónicos de plástico de Nigeria (Sindiku *et al.,* 2015)..... 27

Cuadro 12: Seguimiento de PBDE y HBCD en automóviles en Japón (Liu *et al.,* 2019) 27

Cuadro 13: Seguimiento de las PCCC y las PCCM en las principales zonas de uso de China (Chen *et al.,* 2021) 28

Abreviaturas y acrónimos

AFFF	Espuma acuosa formadora de película
BFR	Producto ignífugo bromado / retardante de llama bromado
CBRE (BRS)	Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo
CAS	Servicio de Resúmenes Químicos
c-DecaBDE	Éter de decabromodifenilo comercial
c-OctaBDE	Éter de octabromodifenilo comercial
c-PentaBDE	Éter de pentabromodifenilo comercial
PC	Parafina clorada
TRC (CRT)	Tubo de rayos catódico
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
decaBDE; BDE-209	Éter de Decabromodifenil
AEE	Aparatos eléctricos y electrónicos
VFU	Vehículo al final de su vida útil
EPS	Poliestireno expandido
GEI	Gases de efecto invernadero
HBB	Hexabromobifenilo
HBCD(D)	Hexabromociclododecano
HCBD	Hexaclorobutadieno
HCH	Hexaclorociclohexano
heptaBDE	Éter de heptabromodifenilo
hexaBDE	Éter de hexabromodifenílico
Códigos SA	Códigos del Sistema Armonizado
PCCM	Parafinas cloradas de cadena media
AFM/AFS	Análisis del flujo de materiales y sustancias
PNA	Plan Nacional de Aplicación
SAO (ODS)	Sustancia que agota la capa de ozono
PCB	Bifenilos policlorados
NPC (PCN)	Naftalenos policlorados
PCP	Pentaclorofenol y sus sales y ésteres
PeCB	Pentaclorobenceno
pentaBDE	Éter de pentabromodifenílico
PFAS	Sustancias alquiladas perfluoradas y polifluoradas
PFHxS	Ácido perfluorohexano sulfónico
PFOA	Ácido perfluorooctanoico; perfluorooctanoato
PFOS	Ácido perfluorooctano sulfónico; sulfonato de perfluorooctano
PFOSF	Fluoruro de perfluorooctano sulfonilo
COP	Contaminantes orgánicos persistentes
CECOP	Comité de Examen de los Contaminantes Orgánicos Persistentes
PVC	Cloruro de polivinilo

GC	Garantía de calidad
CC	Control de calidad
PCCC	Parafinas cloradas de cadena corta
t	Toneladas; toneladas métricas
tetraBDE	Éter de tetrabromodifenílico
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNITAR	Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones
UNU	Universidad de las Naciones Unidas
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
XPS	Poliestireno extruido

1 Introducción y enfoque

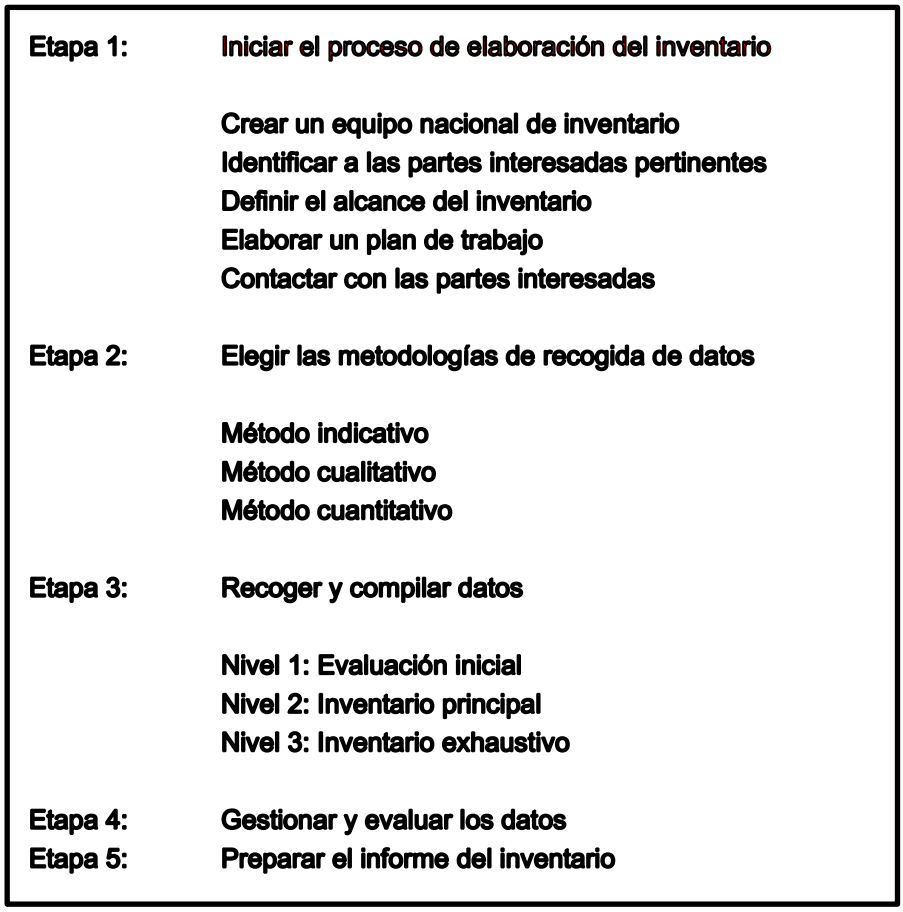
1.1 Antecedentes de los datos del inventario de COP y necesidad de GC/CC

El principal objetivo de la elaboración de inventarios de contaminantes orgánicos persistentes (COP) es adquirir información sobre la gestión de los COP para elaborar y revisar los planes nacionales de aplicación (PNA) y para cumplir los diversos requisitos de información del Convenio de Estocolmo (por ejemplo, la presentación de informes con arreglo al Artículo 15). Los inventarios de COP deben proporcionar información suficiente para determinar las prioridades nacionales establecidas en los PNA o para elaborar proyectos de eliminación. Por lo tanto, es imperativo contar con datos precisos y fiables sobre las cantidades de COP que se producen, utilizan, almacenan y generan como desechos en el país (PNUMA 2020).

Para elaborar inventarios de COP sólidos y validados, es necesario llevar a cabo una etapa de evaluación integrada de los datos recopilados. Por lo tanto, dentro del enfoque de cinco etapas sugerido por la orientación sobre inventarios de COP (Figura 1), la Etapa 4 se refiere a la "gestión y evaluación de los datos (Figura 1; para más detalles, véase PNUMA 2020).

En la Etapa 4 del inventario, debe evaluarse la exhaustividad y plausibilidad de los datos; ya se mencionan brevemente algunos elementos de un sistema de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC) como primera línea de base (PNUMA 2020). Sin embargo, ningún documento informa específicamente sobre la GC/CC para los inventarios de COP. Por esa razón, el presente documento sirve de breve orientación sobre la aplicación de un sistema más completo de GC/CC para la generación y validación de datos en los inventarios de COP.

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



1.2 GC/CC como buena práctica

Se recomienda la aplicación de un sistema de garantía de calidad/control de calidad (GC/CC) y de procedimientos de plausibilidad como buena práctica en la elaboración de inventarios de COP para cumplir plazos, transparencia, consistencia (coherencia), comparabilidad, exhaustividad (véase la sección 2.3.2), mejora y exactitud (IPCC 2006 y Naciones Unidas 2019). En el Cuadro 1 se ofrecen algunas definiciones de estos términos utilizados en esta orientación, pero los países que elaboren los PNA pueden tener sus propias definiciones (Naciones Unidas 2019). Los procedimientos descritos en esta orientación también sirven para impulsar la mejora de los inventarios.

En el Cuadro 2 se recopila una lista de objetivos de calidad de los datos para los inventarios de COP, que también da una idea de la práctica de la GC para los inventarios de COP.

Cuadro 1: Algunas definiciones de términos de GC/CC (Naciones Unidas 2019)

Coherencia: la capacidad de combinar de forma fiable datos (y estadísticas) de diferentes maneras y para diversos usos. La consistencia se utiliza a menudo como sinónimo de coherencia.

Comparabilidad: el grado en que las diferencias en los datos (o estadísticas) de distintas regiones geográficas/países o a lo largo del tiempo pueden atribuirse a diferencias entre los valores reales de los datos (o estadísticas).

Precisión: la proximidad de las estimaciones a los valores exactos o verdaderos que los datos (o estadísticas) pretendían medir.

Transparencia: los términos y condiciones de los datos (o estadísticas) están a disposición del público y documentan cómo se generaron los datos y como se calcularon las cantidades.

Cuadro 2: Lista de objetivos de calidad de los datos para los inventarios de COP

- Se consideran todas las áreas principales de inventario en la medida de lo posible y razonable (Sección 2.3.2) para garantizar la exhaustividad en el país y para garantizar la coherencia y comparabilidad entre países.
- Comprobar el grado en que un conjunto de datos de un inventario cumple los requisitos para garantizar su exhaustividad.
- Los datos son más completos y sólidos que en el inventario anterior (comparación con el inventario anterior) para mejorar la precisión, coherencia y comparabilidad.
- Los datos serán más fiables, coherentes, representativos, transparentes y reproducibles (para cumplir los principios de calidad correspondientes).
- Tener fuentes claras y trazables (y referencias cuando proceda); los datos deben basarse en datos primarios nacionales sólidos, datos validados recopilados en el proceso de inventario o datos publicados revisados por homólogos para garantizar la transparencia, la precisión y la coherencia.
- El análisis del flujo de materiales y el análisis del flujo de sustancias (AFM/AFS) de las importaciones, las existencias y los residuos son coherentes (por ejemplo, véase los casos prácticos ‘Anexos de Weber y Babayemi 2023’) para garantizar la coherencia, la transparencia, la exhaustividad y la comparabilidad.
- Las cantidades de COP individuales se han sometido a una evaluación de plausibilidad (por ejemplo, comparándolas con los datos globales de producción y uso; Sección 2.5) para garantizar la coherencia.

- Los datos medidos propios se basan en sólidos criterios de GC/CC en los laboratorios (véase la sección 3.3) para mejorar la precisión.
- Compruebe si el cálculo es reproducible y si se observan tendencias inusuales e inexplicables en los datos de actividad u otros parámetros de las series temporales utilizadas para garantizar la coherencia, la precisión y la comparabilidad.
- Basar las decisiones, en la medida de lo posible, en resultados que no sean controvertidos entre las principales partes interesadas, incluidos los expertos y la investigación. Si hay opiniones controvertidas, la información adicional de los expertos o de la comunidad investigadora podría ayudar a tomar una decisión basada en hechos y en la ciencia para garantizar la transparencia, la precisión y la coherencia.

Las actividades de GC/CC y plausibilidad deben ser parte integrante del proceso de inventario de COP. Los resultados de las evaluaciones de GC/CC y plausibilidad pueden dar lugar a la reevaluación de los análisis de la incertidumbre de los inventarios de COP y a las mejoras subsiguientes de los inventarios, el PNA, la presentación de informes con arreglo al Artículo 15 y, en última instancia, una mejor aplicación del PNA.

La metodología descrita en esta orientación tiene en cuenta otros documentos de orientación cuya lectura se recomienda:

- Manual de los marcos nacionales de garantía de calidad de las Naciones Unidas para las estadísticas oficiales, que incluye recomendaciones, el marco y orientaciones para su aplicación, División de Estadística del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, ST/ESA/STAT/SER.M/100 Naciones Unidas Nueva York, 2019 (Naciones Unidas 2019)
- Orientación general sobre el inventario de COP (PNUMA 2020)
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) Garantía de calidad/control de calidad y verificación. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, capítulo 6:GC/CC y verificación (IPCC 2006; y perfeccionamiento de 2019 IPCC 2019).
- Guía metodológica del Convenio de Basilea para la elaboración de inventarios de desechos peligrosos y otros desechos en el marco del Convenio de Basilea (PNUMA 2016).

Esta guía de GC/CC también considera las experiencias y desafíos enfrentados por países y expertos durante el desarrollo de inventarios de COP y de los PNA en diferentes países (PNUMA 2018).

1.3 Consideraciones prácticas

En la práctica, los equipos de inventario disponen de recursos y tiempo limitados. Por lo tanto, los requisitos de GC/CC, la mejora de la exactitud y la reducción de la incertidumbre deben equilibrarse con los requisitos de puntualidad y rentabilidad. Un sistema de buenas prácticas para la GC/CC pretende lograr ese equilibrio y permitir la mejora continua de las estimaciones de los inventarios (IPCC 2006).

En cuanto a la aplicación de los procedimientos de GC/CC, no debería haber ninguna diferencia entre los datos confidenciales y los de acceso público; ambos deben llevar descripciones de los procedimientos de medición y cálculo y de las medidas adoptadas para comprobar y verificar los valores notificados. Estos procedimientos pueden ser aplicados a los datos confidenciales por el proveedor de la información o por el equipo encargado del inventario y, en ambos casos, los datos fuente confidenciales deberán protegerse y archivarse en consecuencia. Sin embargo, los procedimientos de GC/CC que se apliquen

deben ser transparentes y su descripción debe estar disponible para su revisión. El informe debe contener una descripción de los procedimientos pertinentes de GC/CC aplicados (IPCC 2006).

2 Mecanismos y elementos para la GC/CC de los COP y los datos de inventario

Las siguientes secciones ofrecen una visión general de la aplicación de los procedimientos de garantía y control de calidad (GC/CC) para los inventarios sectoriales de COP.

A continuación, se enumeran los principales elementos de un sistema general de GC/CC que se recomienda aplicar en un inventario de COP (véase la figura 2), y que se tratan en detalle en las secciones siguientes (IPCC 2006).

- Responsabilidades
- Plan GC/CC
- Calidad de los datos
- Procedimientos de CC y de revisión
- Evaluación de la plausibilidad
- Documentación e informes (documentación sobre cómo se ha calculado el inventario y pruebas documentales de los datos).

Figura 2: Sistema general de GC/CC (adoptado de IPCC 2006)

Estos elementos se recomiendan para la recopilación de datos sobre COP teniendo en cuenta los documentos de orientación sobre inventarios para COP individuales, la orientación sobre inventarios sectoriales (GGKP 2024a), el documento sobre producción, uso y comercio de COP (GGKP 2024b), la metodología de orientación para fortalecer la colaboración con las oficinas nacionales de estadística (GGKP 2024c) y la orientación sobre vigilancia de COP en productos y reciclaje (PNUMA 2021a). Debería aplicarse sistemáticamente un procedimiento de GC/CC a la compilación del inventario.

2.1 Responsabilidades

Las orientaciones sobre la elaboración de los PNA sugieren que se designe un organismo rector nacional que asuma la responsabilidad de establecer la estructura y los mecanismos para elaborar, revisar y actualizar los PNA (PNUMA 2017). El marco para la GC/CC de los datos del PNA puede debatirse una vez que se hayan establecido la unidad de coordinación del proyecto y el comité nacional de coordinación. Una opción es que un miembro del comité nacional de coordinación se encargue de garantizar que se establezca un marco de GC/CC para el desarrollo del inventario y todos los datos generados e incluidos en el PNA y en los informes nacionales. La garantía y el control de calidad en la elaboración de inventarios revisten especial importancia. Por lo tanto, la responsabilidad de GC/CC y el marco también pueden decidirse al establecer el equipo del inventario de COP (véase PNUMA 2020, documentos de orientación sobre inventarios de COP individuales) y definir las funciones/responsabilidades de GC/CC para la generación de datos para el inventario. Dentro del equipo del inventario, se puede designar a un coordinador como responsable del proceso de GC/CC.

El coordinador de GC/CC, en cooperación con el equipo del inventario, debe asegurarse de que las demás organizaciones que participan en la preparación del inventario sigan los procedimientos de GC/CC y de que se disponga de la documentación apropiada de esas actividades (IPCC 2006). El coordinador y el equipo del inventario también son responsables de garantizar que se elabore y aplique un plan de GC/CC (véase la sección 2.2) a lo largo de todo el proceso de elaboración de los inventarios de COP y del PNA y para todos los datos recopilados.

2.2 Plan GC/CC

Un plan de GC/CC debe ser un elemento desde el inicio de los inventarios y las actualizaciones de los PNA hasta el informe final. El plan debe, en general, esbozar una descripción clara de las actividades de GC/CC que se llevarán a cabo para los inventarios de COP y otros datos.

El plan de GC/CC es un documento interno para organizar y llevar a cabo actividades de GC/CC que garanticen que el inventario es adecuado para el fin perseguido y permitan introducir mejoras. Una vez elaborado, puede consultarse y utilizarse en posteriores preparaciones del inventario, o modificarse según convenga (en particular, cuando se produzcan cambios en los procesos o por consejo de revisores independientes).

Un componente clave de un plan de GC/CC es la lista de objetivos de calidad de los datos (véase el Cuadro 2), que se tienen en cuenta en el desarrollo del inventario y con respecto a los cuales se puede medir un inventario en una revisión (IPCC 2006).

Los objetivos de calidad de los datos son metas concretas que deben alcanzarse en la elaboración del inventario. Deben ser apropiados y realistas (teniendo en las circunstancias nacionales) y permitir una mejora del inventario. Cuando sea necesario (lagunas de datos) y posible, se recomienda la recogida de datos adicionales o el cribado (Nivel III). En los países en desarrollo, esos datos de seguimiento podrían generarse en la región o en el marco de la cooperación Sur-Norte o Sur-Sur.

Como parte del plan de GC/CC, es una buena práctica dar cabida a los cambios de procedimiento y a la retroalimentación de la experiencia (IPCC 2006). Las conclusiones y lecciones aprendidas de inventarios y revisiones anteriores deben utilizarse para mejorar los procedimientos. Tales cambios también pueden afectar a los objetivos de calidad de los datos (véase el Cuadro 2) y al propio plan de GC/CC.

La revisión periódica y posiblemente la revisión del plan de GC/CC es un elemento que

impulsa la mejora continua del inventario. Todos los detalles específicos de un sistema de GC/CC deben definirse en el plan de GC/CC y deben tenerse en cuenta las circunstancias nacionales.

Al elaborar y aplicar el plan de GC/CC, sería útil remitirse a normas internacionales genéricas, como:

- ISO 9000:2000 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario
- ISO 9001:2000 Sistemas de gestión de la calidad - Requisitos
- ISO 9004:2000 Sistemas de gestión de la calidad - Directrices para la mejora del rendimiento
- ISO 10005:1995 Gestión de la calidad - Directrices para los planes de calidad
- ISO 10012:2003 Sistemas de gestión de la medición - Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición y
- Procedimientos nacionales de GC/CC

2.3 Control de calidad

Los procedimientos de control de calidad (CC) incluyen comprobaciones de calidad genéricas relacionadas con los cálculos, el procesamiento de datos, la integridad, las lagunas e incertidumbres y la documentación que se aplican al inventario. Las siguientes comprobaciones de CC, que se presentan en las secciones siguientes, deberían utilizarse de forma rutinaria a lo largo de la preparación del inventario:

- Calidad de los datos (Sección 2.3.1)
- Exhaustividad (Sección 2.3.2)
- Cantidad de COP frente a la cantidad de contenido de COP en residuos o productos (Sección 2.3.3)
- Lagunas e incertidumbres (Sección 2.3.7)
- Evaluación y descripción de las incertidumbres
- Series temporales (Sección 2.3.5)

Una vez recopilados los datos para el inventario de COP, los datos deben ser evaluados (CC) por las partes interesadas nacionales pertinentes y, posiblemente, por expertos nacionales o internacionales. Esto puede ser realizado dentro de un taller y enviando los informes de inventario para su validación por adelantado para su evaluación y retroalimentación en el taller o antes del mismo. Los resultados de estas actividades y procedimientos de CC deben documentarse en la Etapa 5 de presentación de informes de la orientación general sobre COP (PNUMA 2020).

2.3.1 Calidad de los datos

Los objetivos de calidad de los datos para los inventarios de COP se recopilan en el Cuadro 2 (véase la sección 1.2). Deben tenerse en cuenta durante la recopilación de datos y al compilarlos y actualizarlos.

Para recopilar información para los inventarios de COP pueden seleccionarse y utilizarse varias metodologías o niveles diferentes de recopilación de datos, que dan lugar a distintos niveles de calidad de los datos, es decir, método indicativo, método cualitativo y método cuantitativo. Para obtener más información sobre esas metodologías, consulte la Etapa 2 de la "Orientación general sobre la elaboración de inventarios de COP" (PNUMA 2020). Si bien los datos cuantitativos sólidos tienen una alta calidad de datos, podrían no ser factibles dentro de un plazo determinado, o con los recursos humanos disponibles o con la asignación

de recursos. Las distintas metodologías pueden variar en función del marco jurídico, los recursos y el tiempo disponibles para el inventario. El informe sobre datos de producción y comercio/uso (GGKP 2024b) debe tenerse en cuenta al elaborar y evaluar las estimaciones de inventario. Son igualmente aplicables a las áreas de inventario en las que se utilizan valores por defecto o datos nacionales como base para las estimaciones.

Durante el procesamiento de los datos, todos los supuestos y factores de conversión adoptados debido al juicio de expertos, cuando sea necesario, deben anotarse/registrarse y referenciarse cuando se presenten los resultados. No obstante, la gestión de los datos recopilados y documentados debe cumplir los objetivos de calidad (Cuadro 2 de la Sección 1.2).

Los datos incoherentes pueden ser correctos y utilizables, pero también pueden ser erróneos debido a unas condiciones de prueba incorrectas o poco realistas. Si ciertos datos son controvertidos, pero no puede demostrarse que sean erróneos, pueden utilizarse para indicar la necesidad de seguir investigando a fin de cerrar una determinada brecha necesaria para llegar a una decisión. Además, muchas organizaciones estadísticas nacionales tienen sus propios procedimientos para evaluar la calidad de los datos, independientemente de cuál sea su uso final. Los datos nacionales deben compararse con los del año anterior que se está evaluando y debe comprobarse si hay errores en los datos. Además, en la medida de lo posible, podría ser útil una comprobación comparativa de los datos nacionales con fuentes de datos de actividad recopilados de forma independiente.

Siempre que sea posible, las pruebas de los datos deberán incluirse en los informes de inventario y en el PNA, posiblemente como anexos (por ejemplo, fichas de datos de seguridad de los materiales o mediciones de espumas contra incendios que prueben la presencia de PFOS/PFOA; fotografías de etiquetas de transformadores de PCB, etc.).

2.3.2 Exhaustividad: evaluación de si se han abordado todas las áreas principales del inventario

La falta de exhaustividad es una comprobación en la que los datos no están disponibles, ya sea porque el área de inventario (Tabla 1) aún no se ha abordado, porque los datos no estaban disponibles o porque aún no existe un método de recopilación de datos. Normalmente, esta causa puede conducir a una conceptualización incompleta, lo que provoca un sesgo, pero también puede contribuir a un error aleatorio según la situación.

La comprobación de la exhaustividad de los inventarios de COP evalúa:

- Si se cubren todos los COP pertinentes enumerados en el Convenio de Estocolmo.
- Si se abordaran todas las áreas principales del inventario (Tabla 1).
- Si se completa la cobertura de los principales sectores con múltiples COP (edificios, transporte, aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y residuos relacionados (RAEE); GGKP 2024a).
- Si se han evaluado las sinergias con otros inventarios (por ejemplo, inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) y de sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)) que abordan los mismos sectores para los datos ya generados y si las actividades de inventario podrían combinarse para reducir al mínimo el tiempo y los recursos.
- Si las estimaciones y supuestos están documentados y referenciados.
- Si no se da información errónea y si la información incompleta puede rellenarse.
- Si se han seleccionado factores de impacto o de emisión apropiados (por ejemplo, de la caja de herramientas del PNUMA o de documentos de orientación para inventarios).
- Si se han seleccionado factores de impacto y emisión propios, debe garantizarse que

explica cómo se han seleccionado.

- Si se cubren todas las obligaciones de notificación de datos.
- Si se evalúan las importaciones con los códigos pertinentes del Sistema Armonizado (SA) para las importaciones (véase GGKP 2024b).

En Tabla 1 se indican las principales zonas de producción, importación, uso, existencias y sitios contaminados, así como su importancia para los distintos COP, a fin de que sirva de apoyo para la comprobación de la exhaustividad. Aquí el equipo del inventario puede ver qué áreas se consideran críticas en relación con la producción y uso de COP o con las existencias de COP para la mayoría de los países (véase también GGKP 2024b). Los riesgos para la salud de los COP nuevamente incluidos en la lista se describen en otro documento (PNUMA 2021a).

Si no se incluyen las áreas importantes en el inventario, deberá indicarse:

- si no se incluyeron por no estar presentes en un país; o
- si pudieran estar presentes en el país, pero que no se pudiera llevar a cabo una evaluación y recopilación de datos; y
- si se han previsto o se están llevando a cabo otras actividades para generar datos de inventario.

Aunque la Tabla 1 ofrece una primera visión general, deben consultarse los documentos orientativos de los inventarios individuales para conocer los detalles de cada uno de los COP.

Tabla 1: Lista de COP y áreas prioritarias de inventario en relación con la producción, los usos, las existencias, los residuos y los lugares contaminados (para más detalles, véase las orientaciones individuales sobre inventarios).

COP	**Área de inventario**	**Comentario**	**Países/Partidos (prioridad)**
decaBDE	Producción	China como último productor	Pocos (alto)
	Importación, uso	Importación y determinada producción para usos exentos	Algunos (moderados)
	Plástico AEE/RAEE	Uso mayoritario; impacto en el reciclado de plásticos	Todos (alto)
	Transporte (plástico/textiles)	Principales usos y residuos	Todos (alto)
	Plástico de construcción	Mayor uso y residuos; larga vida útil; mayor stock actual	Todos (alto)
TetraBDE/ pentaBDE (c-PentaBDE) HexaBDE/ hepaBDE (c-OctaBDE)	Producción	Detenido 2004 (c-PentaBDE, c-OctaBDE)	Pocos (moderados)
	Importación, uso	En algunos productos fabricados antes de 2004	Algunos (moderados)
	Plástico AEE/RAEE	Uso mayoritario; impacto en el reciclado de plásticos	Todos (moderados)
	Transporte (plástico/PUR/textil)	Principales usos y residuos (EE.UU. antes de 2004)	Todos (alto)
	Muebles (espuma PUR)	Principales usos y residuos (EE.UU. antes de 2004)	Pocos (moderados)
	Construcción, plástico y espuma PUR	Mayor uso y residuos; larga vida útil; mayor stock actual	Todos (moderados)

HBCD	Producción	Cese de la producción en 2021	Pocos
	Espuma aislante, construcción	Mayor uso y residuos con una larga vida útil	Todos (alto)
	Residuos electrónicos de plástico	Uso menor y residuos	Todos (bajo)
	Textiles	Uso menor y residuos	Todos (moderados)
HBB	(AEE; vehículos, construcción)	Producción menor; parada en 1976	No[1] (bajo)
PFOS, PFOSF (PFHxS)	Producción	Toda la producción detenida; (existencias potenciales)	Algunos (alto)
	Espuma contra incendios	Aún en uso o en existencias en muchos países; lugares contaminados relacionados	Todos (alto)
	Chapado de metales y plásticos	Aún se utiliza en muchos países	Muchos (alto)
	Insecticida (finalidad aceptable)	Usado en algunos países sudamericanos	Pocos (alto)
	Alfombras, textiles, papel, cuero...	Uso interrumpido; existencias importantes en uso	Todos (alto)
	Perforación petrolífera, fluido de aviación	Uso anterior	Algunos (moderados)
	Zonas contaminadas	Área de inventario más relevante	Todos (alto)
PFOA	Producción, exportación	Pocos países	Pocos (alto)
	Producción de fluoropolímeros	Pocos países; alta contaminación	Pocos (alto)
	Espuma contra incendios	Aún en uso/en existencias en muchos países	Todos (alto)
	Textiles	Utilización en la producción en algunos países Utilización y residuos en la mayoría de los países;	Todos (alto) Algunos(alto)
	Producción de semiconductores	Uso en producción y liberación	Pocos (alto)
	Fotolitografía; fotorresistencia	Uso en producción y liberación	Algunos (alto)
	Fluoropolímero en uso	Remanentes de la producción	Todos (moderados)
	envases de plaguicidas (USEPA)	Es probable que se utilice en la mayoría de los países	Todos (alto)
	Zonas contaminadas	Los países tienen lugares contaminados por su antiguo uso	Todos (alto)
PCCC (y PCCM[2])	Producción y exportación	Continúan en varios países, a menudo en mezclas PC	Algunos (alto)
	Aditivo en PVC	Mayor uso importado a los países	Todos (alto)

[1] La producción y el mayor uso se dieron en EE.UU. entre 1970 y 1976. En 1973 se produjo un envenenamiento masivo de la población en Michigan debido al uso no intencionado de varios cientos de kg de HBB como pienso para animales; OMS (1994) https://undark.org/2017/12/18/pbb-michigan- epigenetics.

[2] Las PCCM son evaluadas actualmente por el CECOP y cumplen los criterios del anexo D. Los mismos usos que las PCCC.

	Aditivo en el caucho	Uso principal importado a países	Todos (alto)
	Aditivo en la espuma PUR en aerosol	Uso principal importado a países	Todos (alto)
	Pinturas y revestimientos	Es probable que se utilice en muchos países	Todos (moderados)
	Lubricantes; fluidos para trabajar el metal	Es probable que se utilice en muchos países	Todos (alto)
	Engrase del cuero	Es probable que se utilice en muchos países	Todos (moderados)
PCB	Transformadores y otros equipos y aceites usados	Grandes existencias y residuos; 2025 fin de utilización; 2028 GAR de todas las existencias/residuos	La mayoría (alto)
	Usos abiertos (pinturas, sellantes)	Mayor uso en los países industrializados	Algunos (alto)
	Zonas contaminadas	Amplia contaminación; riesgo para el ganado	Todos los países
NPC	Producción como intermediario para la producción de PFN	Un país registrado para la exención	Un país
	Producción involuntaria	En el anexo C, partes II y III, fuentes	Todos (bajo)
	Otros usos	Parado hace más de 20 años	Algunos (menores)
HCBD	Producción/uso probablemente detenido	Uso probablemente interrumpido	Pocos (alto)
	Producción involuntaria	Producción de disolventes clorados	Pocos (alto)
	Zonas contaminadas (incluyen HCB, PeCB, NPC)	Sitios (anteriores) de producción de disolventes clorados	Pocos (alto)
Plaguicidas COP (anexo A)	Existencias y depósitos de residuos	Sin producción; existencias restantes	La mayoría (alto)
	Uso (de reservas y residuos)	Plaguicida ilegal	Pocos (moderados)
	Zonas contaminadas	Lugares de producción, almacenamiento y utilización	La mayoría (alto)
PCP	Tratamiento de madera (exención)	Mayor uso anterior; larga vida útil	Todos (alto)
	Tratamiento del cuero	Mayor uso anterior; larga vida útil	Todos (moderados)
	Lugares contaminados por el uso anterior de pentaclorofenol (incluidos PCDD/PCDF)	Gran relevancia para la mayoría de los países del tratamiento de la madera	Algunos (alto)
Lindano	Producción	Detenida; posibles existencias	Pocos (alto)
α-/β-HCH	Lugares contaminados	Grandes depósitos de residuos alrededor de antiguos lugares de producción	Pocos (alto) (Vijgen et al., 2011; 2022)
Dicofol, Endosulfan	Cese reciente de la producción y el uso	Las existencias restantes podrían seguir comercializándose y utilizándose	Pocos (alto)

DDT	Producción y formulaciones	Queda una producción; pocas formulaciones	Pocos (alto)
	Uso	Uso exento; posible uso ilegal	Pocos (alto)
	Residuos y existencias	Producción y uso anteriores	Muchos (alto)
	Zonas contaminadas	De antigua producción y uso	Muchos (alto)

Un área de inventario adicional para todos los países es la evaluación de la necesidad de exenciones y el uso de alternativas en los usos exentos.

2.3.3 Cantidad de contenido total de COP frente a la cantidad de productos y residuos que contienen COP

Para casi todos los COP presentes en los productos, el contenido de COP representa sólo una parte del producto o del residuo. Para los datos, es esencial garantizar que ambas cantidades se describan y distingan claramente. En la comprobación de CC de los inventarios de COP, es necesario evaluar los datos para COP individuales si se describen ambos conjuntos de datos (sobre la cantidad del contenido total de COP y sobre la cantidad de productos/residuos que contienen COP).

Esto significa que, por ejemplo, en el caso de los PCB, es necesario distinguir claramente en el inventario la cantidad de aceites altamente contaminados con PCB (PCB > 5000 mg/kg)[3] del aceite contaminado con PCB que contenga menos de 500 mg de PCB/kg[4].

También es necesario describir claramente si sólo se ha realizado una prueba de cloro indicativa o si los datos se han verificado y cuantificado por medición (véase también el capítulo 3), y distinguir claramente la cantidad total de equipos confirmados que contienen PCB o aceite contaminado con PCB y la cantidad de equipos que potencialmente contienen aceites con PCB.

En el caso de las espumas contra incendios, es necesario indicar claramente la cantidad total de PFOS y PFOA en la espuma acuosa formadora de película (AFFF), la cantidad total de espumas que contienen PFOS o PFOA y la cantidad total (estimada) de PFOS o PFOA en estas espumas.

Asimismo, en el caso de los PBDE presentes en el plástico de los AEE/RAEE, debe comunicarse la cantidad estimada de PBDE en el plástico y la cantidad total de plástico que contiene PBDE. Teniendo en cuenta que todo el plástico de RAEE necesita una gestión ambientalmente racional y que las fracciones que contienen PBDE deben separarse del plástico de RAEE, la cantidad total de plástico de RAEE también es información valiosa para la gestión global de PBDE (y otros COP) en este plástico y para el inventario global de plástico en el país.

Las unidades para la cantidad de COP en el inventario deben utilizar el Sistema Internacional de Unidades (SI) (toneladas, kg). Se recomienda realizar una comprobación sólida de la exactitud de las unidades.

[3] La mayoría de los transformadores con un contenido de PCB superior a 5.000 mg/kg son transformadores Askarel con un contenido de PCB superior a 400.000 mg/kg.

[4] Un transformador con 800 mg/kg puede ser rescatado con un cambio de aceite y el transformador después queda por debajo de 50 mg/kg.

Tabla 2: Algunos ejemplos en los que es útil informar sobre la cantidad total de un COP, la cantidad de productos que contienen COP y la cantidad total de categorías de productos afectados por COP.

	Contenido POP total	**Cantidad total de producto que contiene COP**	**Cantidad total de producto a evaluar/gestionar*.**
PBDE en AEE/RAEE	Cantidad de PBDE en plástico en AEE/RAEE	Cantidad de plástico que contiene PBDE en los AEE	Todo el plástico en AEE/RAEE
PBDE en vehículos	Cantidad de PBDE en el plástico de los vehículos	Cantidad de plástico que contiene PBDE en los AEE	Todos los polímeros en los vehículos
HBCD	Cantidad de HBCD en EPS y XPS	Cantidad de EPS/XPS en edificios y construcción	Cantidad total de EPS y XPS
Transformadores PCB	Cantidad total de PCB en transformadores	Cantidad total de aceite de transformador contaminado por PCB superior a 50 mg/kg	Todos los transformadores que pueden contener PCB
PCCC en PVC	Cantidad de PCCC en PVC	Total de PVC que contiene PCCC	Cantidad total de PVC que puede contener PCCC
PFOS/PFOA en Espuma AFFF	Cantidad de PFOS/PFOA en la espuma AFFF	Espuma total contra incendios que contiene PFOS o PFOA	Cantidad de espuma AFFF sospechosa de contener PFAS
PFOS/PFOA en alfombra	Cantidad de PFOS/PFOA en alfombras	Cantidad total de alfombras que contienen PFOS o PFOA	Cantidad de alfombras sintéticas sospechosas de contener PFAS

**Si bien una parte considerable del total de productos de una categoría no contiene COP, es toda esta fracción de residuos la que debe gestionarse para separar los plásticos/residuos que contienen COP.*

2.3.4 Mejora de la calidad de los inventarios de COP a lo largo del tiempo y mantenimiento de los datos

Cuando los países actualizan el inventario a lo largo del tiempo, la calidad de los datos normalmente se hace más sólida y fiable con la mejora de la experiencia y puede cumplir mejor los criterios de GC/CC. Los inventarios robustos desarrollados a lo largo del tiempo pueden utilizarse, por ejemplo, en la planificación de la gestión de residuos y la recuperación de materiales y el reciclado y el control de los residuos afectados por los COP, así como en el desarrollo de tendencias temporales para la evaluación de la eficacia (véase la Sección 2.3.5 Series temporales). Además, la actualización de los inventarios ayuda a ver las tendencias de la futura generación de COP y permite evaluar medidas para una mejor gestión de los residuos que contienen COP.

Además, la calidad de los inventarios de COP producidos de forma no intencionada normalmente mejora con el tiempo, ya que con frecuencia se descubren más fuentes a lo largo del tiempo, lo que da lugar a inventarios más completos; las metodologías para recopilar datos mejoran y la categorización de los principales emisores individuales mejora al obtener más información sobre los emisores individuales.

Sin embargo, es fundamental que las bases de datos con la información y los cálculos detallados y los conocimientos institucionales se mantengan y no se pierdan en el tiempo sin inventario ni actividades de elaboración de informes, sino que estén disponibles para la actualización del inventario. Esta es una parte necesaria de la GC. De este modo, se mantienen la experiencia adquirida y las metodologías establecidas, y una actualización del

inventario puede basarse en estos conocimientos anteriores y mejorar y perfeccionar las metodologías y el inventario. De este modo, la calidad de los inventarios mejora con el tiempo para cumplir criterios de GC/CC más sólidos.

2.3.5 Series temporales

Para las áreas y sectores de inventario, las series temporales pueden ser útiles para documentar tendencias y detectar valores atípicos. Las tendencias temporales también son necesarias para evaluar la eficacia (por ejemplo, la reducción de la liberación no intencional de COP) y la coherencia de las series temporales.

Deben aclararse las causas de los valores atípicos, en particular si se deben a errores de cálculo o si puede encontrarse una causa específica (por ejemplo, una nueva instalación con emisiones elevadas; un cambio normativo con una restricción particular; por ejemplo, en la importación o el uso). Estas causas específicas deben explicarse. Cuando hayan cambiado los métodos o los datos, compruebe la coherencia de las entradas y los cálculos de las series temporales.

2.3.6 Análisis del flujo de materiales y sustancias

El análisis de flujos de materiales (AFM) muestra sistemáticamente los flujos de materiales a través de la sociedad de forma exhaustiva (Brunner & Rechberger 2016). El principio subyacente del AFM es contabilizar todos los materiales que entran y salen de un sistema (por ejemplo, un país o una empresa), basándose en un enfoque de equilibrio de masas. El flujo de materiales/sustancias comienza en una fuente (por ejemplo, producción o importación) y termina en un sumidero (por ejemplo, exportación o vertedero). El análisis del flujo de sustancias (AFS) es un tipo específico de AFM utilizado para rastrear el flujo de una sustancia química o grupo de sustancias seleccionadas (por ejemplo, COP o mercurio) a través de un sistema definido (Brunner y Rechberger 2016). Por lo tanto, el AFM/AFS puede documentar el ciclo de vida de los materiales que contienen COP si se dispone de datos de inventario adecuados.

Para la CC de los métodos AFM/AFS, es necesaria la metodología general del AFM, incluidas las definiciones de existencias y flujos y el uso de definiciones explícitas del sistema (Brunner y Rechberger 2016). Además, las "Directrices para el modelado de datos y la integración de datos para el análisis de flujo de materiales y la investigación socio-metabólica" (Junta de la sección ISIE-SEM 2021) recomiendan el uso de clasificaciones comunes para materiales, productos y procesos, por ejemplo, el uso de códigos SA para productos básicos. Asimismo, debería considerarse la clasificación y agrupación internacional de los residuos, como las claves de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) para los RAEE (Balde *et al.,* 2015). La realización y presentación de los resultados de los inventarios debe diseñarse cuidadosamente para maximizar los beneficios de los resultados. Esto permite una mejor evaluación externa y un control de GC/CC.

Los métodos AFM/AFS robustos pueden utilizarse para el CC de existencias y flujos de residuos relevantes para los inventarios de COP, como los AEE/RAEE o los vehículos al final de su vida útil: Basándose en datos de importaciones (códigos del SA o códigos de importación más específicos en determinados países o regiones[5]) y de producción, los AFM dinámicos pueden, por ejemplo, modelizar la cantidad de residuos electrónicos de distintas categorías o la cantidad de vehículos al final de su vida útil. La estimación de los AFM puede compararse con la cantidad declarada de RAEE y VFU tratados para calcular las tasas de recogida o las prácticas ilegales de fin de vida útil (Islam y Huda 2019; Zimmermann *et al.,*

[5] Por ejemplo, los países del MERCOSUR tienen códigos SA más específicos para los COP.

2022).

2.3.7 Lagunas en la evaluación de las principales áreas de inventario y medidas para subsanarlas

Al final del inventario pueden seguir existiendo algunas lagunas o incertidumbres, como la falta de información detallada sobre determinadas actividades y aplicaciones. Puede llevarse a cabo una evaluación del proceso, la estrategia utilizada y la información recopilada, junto con una decisión sobre qué acciones adicionales son necesarias para que el inventario sea más completo. La evaluación incluye la identificación de lo siguiente (PNUMA 2020):

- Lagunas, incertidumbres y limitaciones
- Necesidad de validar la información recopilada en el inventario
- Medidas necesarias para cumplir los requisitos del Convenio de Estocolmo

Los análisis de lagunas realizados en la evaluación de un inventario podrían dar lugar a la necesidad de volver a ponerse en contacto con algunas de estas partes interesadas para obtener más información o identificar a otras partes interesadas con las que ponerse en contacto para ayudar a rellenar las lagunas de información y datos (véase el Cuadro 3; GGKP 2024b). También existen otras medidas para colmar las lagunas y mejorar o completar el inventario (Cuadro 3).

En la fase de evaluación del inventario, hay que decidir qué lagunas podrían abordarse en el tiempo disponible y cuáles de ellas se abordarán en la siguiente ronda de actualizaciones del inventario y que, por lo tanto, se incluyen como tarea en el plan de acción del PNA.

Cuadro 3: Métodos para colmar lagunas y mejorar la calidad de los datos

- Contactar de nuevo con algunas de las partes interesadas para obtener más información o identificar a otras partes interesadas con las que se puede ponerse en contacto para ayudar a cubrir las lagunas (PNUMA 2020).
- Para los sectores del inventario con información limitada, puede ser necesario realizar campañas de información y reuniones o talleres con las partes interesadas.
- En algunos casos, puede ser necesaria una normativa gubernamental que garantice que los interesados informen de sus explotaciones, cooperen con las autoridades nacionales y participen en el inventario nacional. La elaboración de un reglamento y su entrada en vigor pueden dar lugar a un flujo de datos previo al acto reglamentario.
- Las lagunas de datos pueden colmarse (en parte) mediante estimaciones, interpolación o extrapolación, que son herramientas valiosas para proporcionar datos (datos indirectos); en particular, la extrapolación de los datos estadísticos disponibles podría proporcionar las cantidades totales de un determinado COP industrial en un país (PNUMA 2020).
- Si no se dispone de datos del propio país, se recurrirá a datos de otros países con características similares (por ejemplo, región; panorama industrial; PIB/habitante).
- El seguimiento y el análisis de productos, residuos y materiales reciclados pueden colmar lagunas (PNUMA 2021b) (Nivel III)
- Para mejorar a largo plazo la calidad y el almacenamiento de los datos, se recomienda desarrollar un marco de recopilación y almacenamiento de datos bajo la responsabilidad principal de la Oficina Nacional de Estadística y otras instituciones gubernamentales y partes interesadas, donde los datos se recopilan y almacenan mejor en una base de datos adecuada o con otros enfoques (véase GGKP 2024c).

La descripción de las lagunas, limitaciones y acciones necesarias para completar el inventario también será una información valiosa para el PNA y el plan de acción, especialmente para los países en desarrollo que necesiten apoyo financiero para su inventario. Es importante que los países en desarrollo determinen si necesitarán apoyo técnico y financiero, y de qué tipo, para colmar las lagunas y completar el inventario. Incluso si el inventario está muy incompleto, se espera que el PNA proporcione información sobre las lagunas y las limitaciones de los recursos y capacidades de un país, lo que es información útil para identificar las necesidades técnicas y financieras adecuadas.

2.3.8 Evaluación y descripción de incertidumbres y supuestos

Además de las lagunas, los inventarios presentan ciertas incertidumbres. La estimación, interpolación o extrapolación proporciona los datos aproximados (datos indirectos) necesarios cuando los recursos son limitados y la capacidad de medición es limitada o no está disponible (Cuadro 3). La información sobre los supuestos y la extrapolación, así como las incertidumbres conexas, deberán describirse en el informe del inventario y en el PNA. De este modo, las incertidumbres de los inventarios pueden tenerse en cuenta para el desarrollo de proyectos y en la actualización del inventario. Asimismo, las incertidumbres pertinentes pueden mencionarse en los informes previstos en el artículo 15, en las casillas destinadas a comentarios sobre los distintos inventarios.

La aplicación del AFM permite hasta cierto punto estimar flujos de materiales desconocidos si se dispone de suficiente información sobre el proceso (por ejemplo, cantidad de importaciones pasadas, existencias actuales y vida útil). Asimismo, para el AFM/AFS, la evaluación completa de la calidad de los datos y la caracterización de la incertidumbre son importantes para realizar análisis de incertidumbre profundos, que permitan comprender mejor la fiabilidad de los resultados del AFM[6] y la necesidad de mejorar los datos de flujo de materiales subyacentes (Laner *et al.,* 2016).

Durante el tratamiento de los datos, todas los supuestos y factores de conversión adoptados deberán anotarse/registrarse y referenciarse (véase también los apartados 2.3.1 y 2.3.2) cuando se describan los resultados en el informe del inventario y en el PNA. La inclusión de esta información permitirá comprender mejor las series temporales desarrolladas. Cuando, por ejemplo, se detecta un valor atípico en una serie temporal, se puede volver sobre el supuesto y el cálculo de dicho valor atípico y si es posible, corregirlo o dar una explicación (véase, por ejemplo, el estudio de caso sobre los COP en el sector del transporte en Nigeria (Weber y Babayemi 2023)).

2.4 Garantía de calidad y revisión

La garantía de calidad (GC) muestra un patrón planificado y sistemático de todas las actividades necesarias para proporcionar una confianza adecuada en que la compilación del inventario se ajustará a los requisitos establecidos (Naciones Unidas 2019). En general, una buena práctica para los procedimientos de GC incluye revisiones y auditorías para evaluar la calidad del inventario, determinar la conformidad de los procedimientos adoptados e identificar las áreas en las que podrían realizarse mejoras. Los procedimientos de GC pueden adoptarse a distintos niveles (interno/externo), y se utilizan además del CC general y del CC específico de la sustancia (IPPC 2006).

El objetivo de la aplicación de la GC es implicar a revisores que puedan realizar una revisión

[6] La caracterización y documentación de la incertidumbre en el AFM tiene varias ventajas: (1) hace que la definición de la incertidumbre sea transparente y permite la reproducibilidad, (2) facilita la creación de bases de datos más fiables para el AFM, (3) genera una comprensión de la robustez de los resultados del AFM para el apoyo a la toma de decisiones, y (4) permite conciliar conjuntos de datos inconsistentes con las restricciones de balance de masa del modelo (Laner *et al.,* 2015).

imparcial del inventario y que puedan tener una perspectiva técnica diferente. Es importante recurrir a revisores de GC que no hayan participado en la preparación del inventario. Preferiblemente, estos revisores serían expertos independientes de otros organismos, o expertos o grupos nacionales o internacionales no estrechamente relacionados con la compilación del inventario nacional, por ejemplo, expertos en inventarios de otros países. Cuando no se disponga de revisores independientes del compilador del inventario, también pueden realizar la GC personas que al menos no hayan participado en la parte que se revisa (CIPF 2006).

Es una buena práctica que los compiladores del inventario lleven a cabo una revisión básica por pares expertos de todas las categorías antes de completar el inventario para identificar posibles problemas y hacer correcciones cuando sea posible. Sin embargo, esto no siempre será práctico debido a limitaciones de tiempo y recursos. Los compiladores del inventario también pueden optar por realizar revisiones por pares o auditorías más extensas como procedimientos de GC dentro de los recursos disponibles (CIPF 2006).

2.5 Evaluación de la plausibilidad

Existen varias técnicas de plausibilidad prácticas y relativamente sencillas que no requieren conocimientos especializados de cálculo ni análisis prolongados. La mayoría de ellas pueden considerarse comparaciones basadas en métodos que tienen en cuenta las diferencias en las estimaciones nacionales basadas en el uso de metodologías de estimación alternativas para el mismo inventario. Estas comparaciones buscan los principales errores de cálculo. Las comparaciones basadas en métodos pueden diseñarse en torno al nivel de métodos de varios niveles descrito para cada sector en la orientación sectorial, mediante comparaciones con estimaciones independientes desarrolladas por otras instituciones y mediante comparaciones entre países con otros inventarios o mediciones.

Los controles de plausibilidad pueden ser extremadamente útiles para confirmar el carácter razonable de las estimaciones de los inventarios nacionales y pueden ayudar a identificar errores de cálculo. Así pues, los controles de plausibilidad deberían considerarse parte del proceso continuo de evaluación y desarrollo de inventarios. Los resultados de estos controles de plausibilidad deberán documentarse.

Dado que los inventarios suelen calcularse a partir de las tasas de actividad nacionales (cantidad de AEE, vehículos, espuma AFFF contra incendios o capacidad de producción de metales) y los factores de impacto de los COP (PBDE en polímeros; contenido de PFOS en AFFF; emisión de dioxinas por tonelada), ambos pueden presentar errores y requieren una comprobación individual si los datos no se consideran plausibles.

2.5.1 Producción actual de COP y comparación con los datos de producción mundial

En la actualidad, sólo se siguen produciendo cuatro COP[7] o grupos de COP, entre los que se incluyen el DDT, el decaBDE, el PFOA y compuestos relacionados, y las PCCC (GGKP 2024b). Por lo tanto, es probable que en la actualidad sólo estos COP se comercialicen e importen como productos químicos. Si los inventarios de COP indican que se importan otros COP como productos químicos (por ejemplo, indicados por códigos del SA no específicos), es probable que se hayan importado otros productos químicos bajo este código del SA y que sea necesario realizar una evaluación adicional.

Si la importación de COP producidos actualmente se registra en el inventario, la cantidad puede compararse con los datos de producción actuales o pasados y puede realizarse una

[7] Se produce una cantidad menor de NCP, pero sólo se utiliza como producto intermedio para la producción de naftaleno polifluorado (PFN) en el mismo país, por lo que los NCP no son objeto de comercio.

comprobación de plausibilidad si la cantidad registrada es razonable (véase el cuadro 4).

Cuadro 4: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad de los resultados del inventario de PFOS con datos de producción mundial

El uso de códigos del SA para la evaluación de las importaciones de PFOS en Turquía en 2014, cuando no se disponía de códigos del SA específicos para PFOS, dio lugar a una sobreestimación de las importaciones de PFOS en la fase de evaluación de nivel II, con una estimación superior de 734 toneladas. En la fase de evaluación de los inventarios (etapa 4), los controles de plausibilidad con la comparación con los datos de producción mundial de PFOS (200 toneladas/año para 2014) revelaron esta sobreestimación y, por lo tanto, se descartó la estimación basada en códigos del SA (Korucu *et al.,* 2015).

El estudio también puso de relive que los códigos no específicos del SA no pueden utilizarse como base sólida de inventario.

Nota: Los PFOS y algunos compuestos relacionados recibieron códigos SA específicos en 2017 y la última producción de PFOS cesó en 2021 (Ministerio chino de Ecología y Medio Ambiente 2022; GGKP 2024a).

2.5.2 COP en los productos y comparación con la producción/uso total mundial y la vida útil

Para la mayoría de los COP, se conoce la producción mundial y el tiempo de producción, y se ha recopilado información (GGKP 2024b; Breivik *et al.,* 2002; Paul *et al.,* 2009; Abbasi *et al.,* 2019; Chen *et al.,* 2022; Li *et al.,* 2023; Anexo 1). Para estos COP, la cantidad de COP inventariados puede compararse con los datos de producción anteriores. Esta comparación entre la producción total anterior y el inventario actual, teniendo en cuenta el uso per cápita, indica si la cantidad es razonable o si probablemente se trata de una sobreestimación o subestimación (véase los estudios de casos de países en los cuadros 4, 5 y 6).

La mayoría de los COP industriales fueron/son utilizados como aditivos plásticos (decaBDE tetraBDE/pentaBDE, hexaBDE/heptaBDE, HBCD, HBB, PCCC) y las sustancias relacionadas con PFOS/PFOA están incluidas en fluoropolímeros de cadena lateral (GGKP 2024a; OCDE 2022). También se conoce el período de producción principal y el cese de la producción para la mayoría de los COP (GGKP 2024b; Li *et al.,* 2022; Anexo 1). Además, en el caso de los COP industriales presentes en los productos, sus principales sectores de uso con la vida útil conexa se conocen a grandes rasgos o pueden desarrollarse (GGKP 2024a).[8] Con este conocimiento y los datos específicos de cada país, puede desarrollarse un análisis del flujo de materiales y sustancias que documente el ciclo de vida de los respectivos COP y su presencia en el uso/existencias y la gestión de desechos (véase estudios de casos en Morf *et al.,* 2007; Li *et al.,* 2016; Liu *et al.,* 2019; Weber y Babayemi 2023). Esta información puede utilizarse en el AFM/AFS dinámico para evaluar si estos COP siguen presentes en los productos y en qué medida, y durante cuánto tiempo cabe esperar que estén presentes en el uso/existencias y la gestión de residuos (Morf *et al.,* 2007; Li *et al.,* 2016; Liu *et al.,* 2019, Weber y Babayemi 2023).

Sin embargo, hay que subrayar que la mayoría de los productos individuales no están etiquetados y sólo las mediciones pueden aclarar si un producto individual contiene un COP.

Asimismo, el resultado de la cantidad estimada de COP en los inventarios de productos de los principales sectores de uso (por ejemplo, AEE, transporte, construcción (GGKP 2024a))

[8] La vida útil de productos como los coches o los aparatos electrónicos puede variar de un país a otro, con una vida útil más larga en los países en desarrollo.

puede compararse con los datos de producción mundial para una evaluación de plausibilidad (por ejemplo, datos per cápita).

Cuadro 5: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad de un inventario PCCC/PCCM y de los datos de producción mundial

Se ha calculado e inventariado la cantidad de PCCC y PCCM importadas a Nigeria para usos importantes como el PVC, el caucho y la espuma PUR (Babayemi *et al.,* 2022). La cantidad se estimó en 73.000 toneladas para las PCCC y 149.000 toneladas para las PCCM y un ∑PCCC/PCCM de 222.000 toneladas para el periodo de 1996 a 2019 (Babayemi et al., 2022). Una comparación con la producción mundial (aprox. 24 millones de toneladas de PCCC/PCCM entre 1996 y 2020 (Chen *et al.,* 2022)) y una estimación per cápita (población de Nigeria de aprox. 200.000 millones; 2,5% de la población mundial) indica que suponiendo una distribución media per cápita se predeciría una cantidad total de aprox. 600.000 toneladas para la suma de importación/uso de PCCC/PCCM en Nigeria. La cantidad inventariada es del mismo orden de magnitud y sólo un factor de 2 a 3 inferior al uso medio. Los datos son plausibles teniendo en cuenta un uso medio inferior de los recursos en África.

Cuadro 6: Ejemplo de comprobación de la plausibilidad del inventario de decaBDE en el plástico de AEE/RAEE y en vehículos en Nigeria y los datos de producción mundial de decaBDE

La cantidad de decaBDE importada en AEE/RAEE a Nigeria para el periodo 1996 a 2021 se estima en el inventario de PBDE en 9.142 toneladas en carcasas de tubos de rayos catódicos (TRC) de televisores y ordenadores, 234 toneladas en televisores/monitores LCD y 60 toneladas en otros AEE, y por tanto un total de 9.436 toneladas de decaBDE en AEE/RAEE (estudio de caso en el Anexo del GGKP 2024a). Una comparación con la producción mundial de decaBDE (aprox. 1.650.00 toneladas; véase el Anexo 1; Li *et al.,* 2023) y una estimación per cápita (población de Nigeria de aprox. 200.000 millones; 2,5% de la población mundial) indica que suponiendo una distribución media per cápita se predeciría una cantidad total de aprox. 41.250 toneladas para la importación/uso de decaBDE en Nigeria. Teniendo en cuenta que aproximadamente el 30% del decaBDE se utilizó en AEE (Abbasi *et al.,* 2019), la cantidad de AEE/RAEE en Nigeria basada en la estimación per cápita sería de 12.375 toneladas de decaBDE en plásticos de AEE/RAEE. Esto está en el mismo orden de magnitud que el inventario de 9.436 toneladas de decaBDE. Aunque para un país en vías de desarrollo, este uso de decaBDE cercano a la media en AEE/RAEE parece elevado, una explicación es la elevada importación de más de 10 millones de toneladas de TRC en gran parte como AEE y RAEE de segunda mano entre 2000 y 2010. Por lo tanto, el inventario se consideró razonable y plausible. La cantidad de decaBDE en los 15.800.000 vehículos importados a Nigeria en el período 1980- 2020 se estima en 1.484 toneladas (véase el estudio de caso en el Anexo del GGKP 2024a). Teniendo en cuenta que el 15% de las 1.650.000 toneladas de decaBDE se utilizó en vehículos (Abbasi *et al.,* 2019), un uso medio per cápita para Nigeria supondría 6188 toneladas de decaBDE en el sector del transporte y, por tanto, un factor de cuatro más que las 1.484 toneladas de decaBDE estimadas. Sin embargo, dado que en total solo se matriculan 61 vehículos por cada 1000 personas, esta cantidad media inferior también se consideró plausible.

2.5.3 Comparación con los inventarios de COP de otros países

Cientos de inventarios de COP están documentados en los PNA y en los informes de inventario. Muchas instituciones de investigación han compilado y publicado inventarios de COP en estudios científicos revisados por pares, con o sin análisis de flujo de materiales y análisis de flujo de sustancias (Morf *et al.,* 2007; Sindiku *et al.,* 2015; Li *et al.,* 2016; Liu *et al.,* 2019; Babayemi *et al.,* 2022; Guida *et al.,* 2022). Asimismo, se han desarrollado estudios de caso piloto de inventarios de COP en el marco de proyectos de la Secretaría del PNUMA/BRS (GGKP 2024a; Guida y Weber 2019; Weber y Okonkwo 2019; Weber *et al.,* 2021). Las comparaciones con otros datos de inventarios de países de la región o con un desarrollo económico similar constituyen una útil comprobación de plausibilidad. Asimismo, las metodologías y los supuestos de los inventarios, incluidas las descripciones de las incertidumbres, podrían dar impulsos prácticos para los inventarios nacionales.

Al realizar comparaciones de inventarios de COP, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Comparar los límites del sistema (sectores, zonas de inventario, situación del país, etc.) si se ajustan al marco u objetivo de su inventario.
- Evaluar la calidad de los datos (por ejemplo, sistema o revisión de GC/CC), dadas las incertidumbres y supuestos y la plausibilidad de los supuestos y los datos.

2.5.4 Comparación con fuentes de datos internacionales

Para determinadas áreas de inventario, como los AEE/RAEE o los vehículos, es posible que los datos de los países en desarrollo no estén disponibles o no sean fiables. Para algunos datos básicos en estos sectores de uso de COP, (GGKP 2024a) las instituciones internacionales están recopilando datos, incluidos datos específicos del país, que pueden compararse con los datos del país como comprobación de plausibilidad, o pueden utilizarse si dicha información no está disponible en el país (IPCC 2019). Los ejemplos son la recopilación mundial de datos sobre AEE/RAEE con información específica de cada país (Cuadro 7) y la recopilación mundial de vehículos en uso de cada país (Cuadro 8). Asimismo, las Naciones Unidas, la OCDE y las empresas proporcionan una amplia gama de datos estadísticos que podrían compararse con los datos nacionales.[9] La mayoría de estos conjuntos de datos internacionales ya han sido sometidos a GC/CC y una ventaja es que proporcionan una buena base de comparación, ya que son coherentes entre países.

Cuadro 7: Comparación con los datos internacionales sobre residuos electrónicos de la Asociación Mundial de Estadísticas sobre Residuos Electrónicos[10]

Los datos nacionales sobre residuos electrónicos pueden compararse con los datos de la Asociación Mundial de Estadísticas sobre Residuos Electrónicos recopilados por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para cada país. Esta asociación publica además la cantidad de AEE nuevos en el mercado de cada país. Estos datos pueden compararse con las estadísticas nacionales. Si se conoce o asume una vida media de los aparatos electrónicos de 10 a 15 años, estos datos pueden utilizarse para interpolar y estimar el total de AEE en uso en un país.

Además, la UNU y UNITAR publican informes mundiales y regionales de seguimiento de

[9] Por ejemplo: https://www.statista.com/; https://comtrade.un.org/; https://stats.oecd.org/; https://unstats.un.org.

[10] La Asociación Mundial de Estadísticas sobre Residuos Electrónicos publica datos estimados de residuos electrónicos para cada país en 2019. Además, publican datos sobre aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) nuevos en el mercado https://globalewaste.org/country-sheets.

los residuos electrónicos que pueden utilizarse para comparar los datos nacionales.

Cuadro 8: Comparación con la recopilación mundial de posesión per cápita de vehículos[11]

Con las referencias adecuadas, un sitio web de Wikipedia[11] recopila y actualiza la cantidad de vehículos per cápita en los distintos países del mundo. Estos datos y también las referencias a las fuentes que allí figuran pueden compararse con los datos generados por nosotros mismos para comprobar su plausibilidad.

2.5.5 Comparación con mediciones o controles

Los factores de impacto o los factores de emisión que figuran en los documentos de orientación sobre inventarios del Convenio de Estocolmo, o en la caja de herramientas del PNUMA, se toman normalmente de estudios revisados por homólogos y basados en una GC/CC adecuada. Sin embargo, puede haber diferencias regionales en los factores de impacto, como el mayor uso de c-PentaBDE en América del Norte (Abbasi *et al.,* 2019) o la mayor producción y uso de PCCC en China (Chen *et al.,* 2021, 2022). Aunque esto también se ha tenido en cuenta en los documentos de orientación para inventarios, por ejemplo, con un factor de impacto particular para el c-PentaBDE en vehículos (PNUMA 2021c), el uso de mediciones adicionales puede ser útil y contribuir a la evaluación de la plausibilidad y a unos resultados de inventario más sólidos (véase, por ejemplo, el Cuadro 11). Hay que subrayar que se necesita un procedimiento sólido de GC/CC para tomar muestras representativas (Sección 3.2; PNUMA 2021a) y para la medición (PNUMA 2021b).

2.6 Documentación de cómo se calculó el inventario y pruebas en el informe de inventario

De acuerdo con la orientación general sobre inventarios de COP (PNUMA 2020), la última etapa 5 es la documentación del informe del inventario (Figura 1). Este informe incluye los resultados de los inventarios de todos los sectores investigados por el país compilados en un único documento. También incluye información que documenta la validez y transparencia de los datos, incluida información sobre GC/CC (Cuadro 9).

Cuadro 9: Elementos recomendados de un informe de inventario

- Objetivos y ámbito de aplicación.
- Responsabilidades, disposiciones institucionales y procedimientos para la planificación, preparación y gestión del proceso de inventario.
- Descripción de las metodologías de datos utilizadas y de cómo se recopilaron los datos, incluidos todos supuestos y factores de conversión y cálculo adoptados debido a la opinión de expertos.
- Cambios en los datos o métodos de inventarios anteriores (recálculos).
- Resultados del inventario para cada sector considerado prioritario para el país.
- Resultados del análisis de carencias y limitaciones identificadas para completar el inventario.
- Medidas adicionales (por ejemplo, participación de las partes interesadas, estrategias de recopilación de datos) que deben adoptarse para completar el inventario y las recomendaciones.

[11] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_vehicles_per_capita

- Haga referencia a los datos y la bibliografía de origen.
- Marco y procedimiento GC/CC del inventario.

Los registros de los procedimientos de GC/CC son información importante para permitir la mejora continua de las estimaciones del inventario. Es una buena práctica que los registros de las actividades de GC/CC incluyan las verificaciones/auditorías/revisiones que se realizaron, cuándo se realizaron, quién las realizó y las correcciones y modificaciones del inventario resultantes de la actividad de GC/CC (IPCC 2006).

3 Vigilancia de COP para inventarios/aplicación y GC/CC relacionados

3.1 Introducción

Los documentos de orientación sobre inventarios de COP proporcionan factores de impacto de COP para ciertos productos, como para los PBDE, en categorías relevantes de AEE o PBDE en vehículos (PNUMA 2021c). Casi todos los inventarios de dibenzo-p-dioxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF) se basan en los factores de emisión compilados en la caja de herramientas del PNUMA[12] (PNUMA 2013).

El conjunto de herramientas del PNUMA anima a las Partes a integrar en el inventario sus propios datos medidos sobre emisiones (PNUMA 2013). Del mismo modo, en el caso de los nuevos COP industriales, sus propios factores de impacto para productos y residuos pueden generarse mediante la vigilancia. Por ejemplo, en Nigeria se llevó a cabo un estudio de vigilancia de este tipo para vigilar los PBDE y otros BFR en carcasas de tubos de rayos catódicos (TRC) en el marco de un proyecto de creación de capacidad (Sindiku *et al.,* 2015; Cuadro 11). También se desarrollaron factores de impacto robustos mediante el seguimiento de los COP en productos para los PBDE en AEE (Wäger *et al.,* 2010; Hennebert y Filella 2018), PCCC/PCCM en productos/materiales (Chen *et al.,* 2021; Cuadro 13). Sin embargo, a la hora de generar y utilizar dichos datos, es necesario garantizar que las mediciones sean representativas y cuenten con un GC/CC adecuado.

3.2 Representatividad de las muestras y los datos

Si se utilizan datos medidos propios, hay que asegurarse de que las mediciones sean representativas y precisas para garantizar la calidad necesaria de los datos. Este es un reto particular para los COP industriales en productos y residuos. Por ejemplo, hay diferentes categorías de RAEE con cantidades/frecuencia de uso de COP muy diferentes en el pasado. Por lo tanto, la guía para el inventario de PBDE (PNUMA 2021c) establece diferentes factores de impacto para las distintas categorías de RAEE. Así pues, sería necesario desarrollar un seguimiento nacional de los COP en los RAEE para categorías específicas de RAEE.

Dado que los PBDE pueden estar presentes solo en un pequeño porcentaje de los aparatos, pero en concentraciones elevadas (hasta el 25 %; Sindiku *et al.,* 2015), se necesita un gran número (de varios cientos a miles) de aparatos triturados para obtener una muestra representativa. Por lo tanto, para obtener una muestra representativa, es necesario triturar de 3 a 7 toneladas de plástico RAEE por categoría con una mezcla sofisticada y estandarizada del plástico triturado para generar muestras representativas de unos kg (Wäger *et al.,* 2010; Hennebert y Beggio 2021). Estas muestras necesitan una molienda

[12] http://toolkit.pops.int

posterior en el laboratorio hasta un tamaño de partícula pequeño (< 0,5 mm) para garantizar que algunos gramos de muestras puedan considerarse representativos y puedan extraerse para el análisis químico. Para más información, véase la guía de vigilancia del Convenio de Estocolmo sobre COP en productos y reciclaje (PNUMA 2021b).

3.3 GC/CC de las mediciones de laboratorio

Las mediciones de COP deben realizarse de acuerdo con procedimientos internacionales normalizados. Las mediciones deben realizarse en laboratorios acreditados siempre que sea posible (por ejemplo, según la norma ISO 17025), que a menudo no están disponibles en los países de ingresos bajos y medios. También podrían producir resultados fiables y utilizarse otros laboratorios que hayan demostrado su capacidad para realizar mediciones fiables, que dispongan de procedimientos adecuados de GC/CC y que utilicen procedimientos normalizados internacionales. Las normas internacionales para la vigilancia de los COP en los productos se recopilan en la orientación del PNUMA para la vigilancia de los COP en los productos y el reciclado (PNUMA 2021b). Tales procedimientos estándar internacionales (normas ISO) y regionales/nacionales (por ejemplo, normas CEN o EPA) para el análisis de sustancias químicas contienen secciones dedicadas a la GC/CC. Sin embargo, a menudo no se dispone de normas ISO para medir los COP en productos, residuos y reciclado (PNUMA 2021b). Otros protocolos de medición a veces no contienen una sección sobre GC/CC. Si no se dispone de procedimientos normalizados internacionales o nacionales específicos para uso de un laboratorio, deberían considerarse al menos los siguientes procedimientos comunes para la GC/CC de los análisis cuantitativos de COP (Cuadro 10; PNUMA 2021b).

Cuadro 10: Procedimientos comunes para la GC/CC de los análisis cuantitativos de COP (PNUMA 2021b)

- Limpiar el material de laboratorio y los productos químicos que se vayan a utilizar para evitar la contaminación de fondo.
- Niveles en blanco de laboratorio y de campo conocidos, documentados y repetidos para los COP medidos.
- Sistema que garantiza la supervisión continua de la eficacia de las mediciones y los procedimientos mediante el análisis de muestras en blanco de procedimiento.
- Inyección regular de blancos de disolvente y soluciones patrón.
- Pruebas que deben llevarse a cabo para evaluar la precisión de la metodología, por ejemplo, la eficacia de los métodos de extracción, la recuperación de los analitos, la estabilidad y la pérdida de analitos en solución durante el almacenamiento, la calibración mediante estándares de matriz ajustada o la adición de estándares y el uso de estándares internos.
- Mediciones de materiales de referencia certificados (MRC), si están disponibles.
- Pruebas que deben realizarse para evaluar la precisión (repetibilidad y reproducibilidad), los límites de detección (LD) y de cuantificación (LC) y la especificidad de todo el método, desde el muestreo hasta la detección.
- Es necesario aplicar criterios de identificación y cuantificación claramente definidos y utilizar curvas de calibración.
- Almacenamiento de muestras y datos analizados (incluidos los datos brutos instrumentales) durante un tiempo definido.

3.4 Casos prácticos de vigilancia de los COP en productos en estudios revisados por expertos

Debido a la creciente importancia de los COP en productos como los AEE/RAEE, el sector del transporte, los materiales de construcción, las alfombras y los textiles, en el marco del Convenio de Estocolmo se elaboró un "Proyecto de orientación sobre muestreo, selección y análisis de contaminantes orgánicos persistentes en productos y reciclado" (PNUMA 2021b). En esta orientación, los estudios de casos de estudios revisados por pares se compilan en un anexo y pueden evaluarse cuando, por ejemplo, se elabora un estudio de vigilancia de los COP en determinados productos en un país (PNUMA 2021b). En los cuadros 11, 12 y 13 se describen brevemente tres estudios de casos revisados por homólogos en los que se vigilaron productos plásticos seleccionados en busca de COP.

Cuadro 11: Seguimiento de PBDE en los residuos electrónicos de plástico de Nigeria (Sindiku *et al.,* 2015)

Debido a las posibles diferencias entre los factores de impacto sugeridos en la Guía para el inventario de *PBDE* (PNUMA 2021a) y la situación nigeriana, se ha llevado a cabo un proyecto de seguimiento para evaluar el contenido de PBDE en las carcasas de plástico de televisores y ordenadores almacenados en Nigeria.

Se han realizado las siguientes pruebas y análisis:

- En total, 382 monitores TRC (224 TRC de PC y 158 TRC de TV; producidos entre 1980 y 2005 procedentes de Asia, Europa y América del Norte; marcas y modelos anotados) han sido analizados con XRF para determinar el contenido de bromo (Sindiku *et al.,* 2015).
- Se analizaron y cuantificaron los PBDE y otros BFR de las 213 muestras de polímeros de TRC que dieron positivo en las pruebas de bromo (152 TRC de ordenador y 61 televisores).
- Se desarrollaron factores de impacto de PBDE para ordenadores y carcasas de televisores, y fueron algo más elevados para los televisores en comparación con el factor de impacto sugerido por las orientaciones sobre inventarios.

El estudio se llevó a cabo en cooperación con una institución de investigación con experiencia en el análisis de aditivos en el plástico y en la investigación sobre el reciclado de plástico de RAEE durante veinte años (Fraunhofer Institute Freising, Alemania) El estudio incluyó la capacitación de un investigador nigeriano. El proyecto de seguimiento contó con el apoyo de la Secretaría de la BRS y la financiación del Gobierno noruego como "pequeño gran proyecto".

Cuadro 12: Seguimiento de PBDE y HBCD en automóviles en Japón (Liu *et al.,* 2019)

El inventario de PBDE y HBCD en automóviles en Japón se basó en el monitoreo de PBDE y HBCD en más de 500 piezas de plástico de más de 60 automóviles por el Laboratorio Nacional de Estudios Ambientales de Japón. Se desarrolló una base sobre los factores de impacto de la monitorización del contenido medio de PBDE y HBCD en automóviles y se utilizó para una evaluación e inventario nacional de PBDE/HBCD para automóviles combinado con un AFM/AFS (Liu *et al.,* 2019).

Cuadro 13: Seguimiento de las PCCC y las PCCM en las principales zonas de uso de China (Chen *et al.,* 2021)

Un grupo de investigación de China realizó un seguimiento de las PCCC y las PCCM en los principales productos poliméricos (PVC, caucho, espuma PUR) para establecer un inventario del país (Chen *et al.,* 2021). Un laboratorio comercial con acreditación ISO analizó más de 120 muestras. Los resultados se utilizaron para desarrollar los primeros factores de impacto de PCCC/PCCM para las principales categorías de PVC plastificado, caucho y PUR (Chen *et al.,* 2021).

Los tres estudios de caso también muestran que los factores de impacto para el desarrollo de inventarios pueden basarse en sus propios datos medidos para complementar o sustituir los factores de impacto sugeridos por los documentos de orientación para el establecimiento de inventarios nacionales de COP.

Referencias

Abbasi G, Li L, Breivik K (2019) Global historical stocks and emissions of PBDEs (Reservas históricas mundiales y emisiones de PBDE). Environmental science & technology, 53(11), 6330-6340.

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

Balde CP, Kuehr R., Blumenthal K, *et al.,* (2015) E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators (Estadísticas sobre residuos electrónicos: Directrices sobre clasificaciones, informes e indicadores). Universidad de las Naciones Unidas, IAS - SCYCLE, Bonn, Alemania.

Breivik K, Sweetman A, Pacyna JM, Jones KC. (2002) Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners--a mass balance approach (Hacia un inventario histórico global de emisiones para determinados congéneres de PCB: un enfoque de balance de masas). 2. Emisiones. Sci Total Environ. 290, 199-224. doi:10.1016/s0048-9697(01)01076-2

Brunner PH, Rechberger H (2016) Handbook of Material Flow Analysis: For Environmental, Resource, and Waste Engineers, Second Edition (Manual de análisis de flujo de materiales: para ingenieros medioambientales, de recursos y de residuos, segunda edición). CRC Press Taylor & Francis Group.

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 https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00264

Chinese Ministry of Ecology and Environment (Ministerio de Ecología y Medio Ambiente de China) (2022) Article 15 Report (Informe del artículo 15). Fecha de presentación: 31/08/2022

Guida Y, Weber R (2019) Preliminary inventories of selected POPs by Tier I and II in Brazil and research needs towards Tier III inventory for Polychlorinated naphthalenes (PCNs) and Short-chain chlorinated paraffins (SCCPs) (Inventarios preliminares de COP seleccionados por Nivel I y II en Brasil y necesidades de investigación para el inventario de Nivel III de naftalenos policlorados (NPC) y parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)). Informe para la Secretaría de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo.

Guida Y, Capella R, Kajiwara N, Babayemi OJ, Torres JPM, Weber R (2022) Inventory approach for short-chain chlorinated paraffins for the Stockholm Convention implementation in Brazil (Enfoque de inventario para las parafinas cloradas de cadena corta para la implementación del Convenio de Estocolmo en Brasil). Chemosphere 287, 132344. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132344

Hennebert P, Filella M (2018). WEEE plastic sorting for bromine essential to enforce EU regulation (Clasificación de plásticos de RAEE para el bromo, esencial para hacer cumplir la

normativa de la UE). Waste Management (Gestión de residuos), 71, 390-399.

Hennebert P, Beggio G (2021) Sampling and sub-sampling of granular waste: size of a representative sample in terms of number of particles (Muestreo y submuestreo de residuos granulares: tamaño de una muestra representativa en términos de número de partículas). Detritus, 2021(17), 30-41.

IPCC (2006) Garantía de calidad/control de calidad y verificación. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 6: Garantía de calidad/control de calidad y verificación.

IPCC (2019) Quality assurance/quality control and verification. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Garantía de calidad/control de calidad y verificación. 2019. Refinamiento de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero), Chapter 6: QA/QC and Verification

Junta de la sección ISIE-SEM (2021) Guidelines for Data Modeling and Data Integration for Material Flow Analysis and Socio-Metabolic Research. Issued by the Board of the Topical Section for Research on Socio-Economic Metabolism (SEM) of the International Society for Industrial Ecology (ISIE) (Directrices para el modelado e integración de datos para el análisis del flujo de materiales y la investigación sociometabólica. Publicado por la Junta de la Sección Temática de Investigación sobre Metabolismo Socioeconómico (SEM) de la Sociedad Internacional de Ecología Industrial (ISIE)). Ecología Industrial Freiburg (IEF) Documento de trabajo 2(2021), Universidad de Freiburg, Alemania, DOI 10.6094/UNIFR/217970

Islam MT, Huda N (2019) Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions (Análisis de flujo de materiales (MFA) como herramienta estratégica en la gestión de residuos electrónicos: Aplicaciones, tendencias y direcciones futuras). Journal of Environmental Management, 244, 344-361.

Korucu MK, Gedik K, Weber R, Karademir A, Kurt-Karakus PB (2015) Inventory development of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) in Turkey: challenges to control chemicals in articles and products (Inventario de desarrollo del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en Turquía: desafíos para controlar los productos químicos en artículos y productos). Environ Sci Pollut Res Int. 22, 14537-14545. DOI 10.1007/s11356-014-3924-2

Laner D, Rechberger H, Astrup T (2015) Applying fuzzy and probabilistic uncertainty concepts to the material flow analysis of palladium in Austria (Aplicación de conceptos de incertidumbre difusa y probabilística al análisis del flujo de materiales del paladio en Austria). Journal of Industrial Ecology, 19(6), 1055-1069.

Laner D, Feketitsch J, Rechberger H, Fellner J (2016) A novel approach to characterize data uncertainty in material flow analysis and its application to plastics flows in Austria (Un nuevo enfoque para caracterizar la incertidumbre de los datos en el análisis del flujo de materiales y su aplicación a los flujos de plásticos en Austria). Journal of industrial ecology, 20(5),1050-1063.

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.

Li L, Chen C, Li D, Breivik K, Abbasi G, Li YF (2023) What do we know about the production and release of persistent organic pollutants in the global environment? (¿Qué sabemos sobre la producción y liberación de contaminantes orgánicos persistentes en el medio ambiente global?). Environmental Science: Advances. DOI: 10.1039/d2va00145d

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.

Morf L; Buser A, Taverna R (2007) Dynamic Substance Flow Analysis Model for Selected Brominated Flame Retardants as a Base for Decision Making on Risk Reduction Measures (FABRO) (Modelo dinámico de análisis del flujo de sustancias para retardantes de llama bromados seleccionados como base para la toma de decisiones sobre medidas de reducción de riesgos (FABRO)). NRP 50 Final Report. https://www.geopartner.ch/wp-content/uploads/2021/07/FABRO_Final_Report.pdf

OCDE (2022) Synthesis Report on Understanding Side-Chain Fluorinated Polymers and Their Life CycleSeries on Risk Management No. 73 (Informe de síntesis sobre la comprensión de los polímeros fluorados de cadena lateral y su ciclo de vida Serie sobre gestión de riesgos n.º 73)

Paul AG, Jones KC, Sweetman AJ. (2009) A first global production, emission, and environmental inventory for perfluorooctane sulfonate (Un primer inventario mundial de producción, emisiones y medio ambiente del sulfonato de perfluorooctano). Environ Sci Technol. 43(2), 386-392. doi:10.1021/es802216n

Sindiku O, Babayemi J, Osibanjo O, Schlummer M, Schluep M, Watson A, Weber R (2015) Polybrominated diphenyl ethers listed as Stockholm Convention POPs, other brominated flame retardants and heavy metals in E-waste polymers in Nigeria (Éteres difenílicos polibromados incluidos en el Convenio de Estocolmo sobre COP, otros retardantes de llama bromados y metales pesados en polímeros de residuos electrónicos en Nigeria). Environ Sci Pollut Res. 22, 14489-14501. DOI: 10.1007/s11356-014-3266-0.

PNUMA (2013) Toolkit for Identification and Quantification of Releases of Dioxins, Furans and Other Unintentional POPs under Article 5 of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Instrumental para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas, furanos y otros COP no intencionales en virtud del artículo 5 del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes). http://toolkit.pops.int/

PNUMA (2016) Basel Convention Methodological Guide for the development of inventories of hazardous wastes and other wastes under the Basel Convention, Designed and Printed at United Nations, Geneva (Guía metodológica del Convenio de Basilea para la elaboración de inventarios de desechos peligrosos y otros desechos en el marco del Convenio de Basilea, Diseñado e impreso en las Naciones Unidas, Ginebra) – 1528497 (E) – May 2016 – 500 – UNEP/BRS/SBC/2015/5 (BC 2016)

PNUMA (2017) Guidance for Developing a National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Orientación para la elaboración de un plan nacional de aplicación del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes).

PNUMA (2018) From NIP to implementation: Lessons learned Report (Del PNA a la implementación: Informe de lecciones aprendidas). Autores: Weber R, Castro Scarone S, Paun CM, Alvarez J. December 2018; https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27399/NIP-lessons-learned.pdf?sequence=1

PNUMA (2020) 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 (2021a) Assessment of newly listed POPs for countries that need to ratify the amendments or to update NIPs (Evaluación de los COP recientemente incluidos en la lista para

los países que necesitan ratificar las enmiendas o actualizar los PNA). Secretaría de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Ginebra.

PNUMA (2021b). Draft guidance on sampling, screening and analysis of persistent organic pollutants in products and recycling (Proyecto de directrices sobre muestreo, cribado 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 (2021c) Draft guidance on preparing inventories of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (Proyecto de guía sobre 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.

GGKP (2024a) Draft Sectoral guidance for inventories of POPs and other chemicals of concern in buildings/construction, electrical and electronic equipment, and vehicles (Borrador de la guía sectorial para inventarios de COP y otros productos químicos preocupantes en edificios/construcciones, equipos eléctricos y electrónicos, y vehículos).

GGKP (2024b) Production, use and trade of POPs newly listed in the Stockholm Convention 2009 to 2021(Producción, uso y comercio de COP recientemente incluidos en el Convenio de Estocolmo 2009 a 2021)

GGKP (2024c) Guiding methodology for strengthening the collaboration with national statistical offices as to address the identified gaps related to POPs data or relevant information supporting POPs data estimates (Metodología orientativa para fortalecer la colaboración con las oficinas nacionales de estadística a fin de subsanar las deficiencias detectadas en relación con los datos sobre COP o la información pertinente que respalda las estimaciones de datos sobre COP).

Naciones Unidas (2019). Manual del marco nacional de aseguramiento de calidad en las estadísticas oficiales, que incluye recomendaciones, el marco y orientaciones para la aplicación, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Estadística, ST/ESA/STAT/SER.M/100, Naciones Unidas, Nueva York.

Vijgen J, Abhilash PC, Li Y-F, *et al.,* (2011) HCH as new Stockholm Convention POPs – a global perspective on the management of Lindane and its waste isomers (HCH como nuevos COP del Convenio de Estocolmo: una perspectiva global sobre la gestión del lindano y sus isómeros residuals). Env Sci Pollut Res. 18, 152-162.

Vijgen J, Fokke B, van de Coterlet G, Amstaetter K, Sancho J, Bensaïah C, Weber R (2022) European cooperation to tackle the legacies of hexachlorocyclohexane (HCH) and lindane (Cooperación europea para hacer frente a los legados del hexaclorociclohexano (HCH) y el lindano). Emerg. Contam. 8, 97-112 https://doi.org/10.1016/j.emcon.2022.01.003

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). Informe final, 17 de septiembre de 2010. Laboratorio de Tecnología y Sociedad. Empa, Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales.

Weber R, Babayemi J. (2023) Case studies for sectoral POP inventories (Estudios de caso para inventarios sectoriales de COP) (Anexo del GGKP 2024a) https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/case-study-inventory-pops-building-and-

construction-sector-country; https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-electrical-and-electronic-equipment-eee-and-related-waste-weee-nigeria; https://www.greenpolicyplatform.org/case-studies/inventory-pops-transport-sector-nigeria

Weber R, Okonkwo J (2019) Assessment and Preliminary Inventory (Tier 1 and 2) of PCNs, SCCPs and PCBs in South Africa (Evaluación e inventario preliminar (niveles 1 y 2) de PCN, PCCC y PCB en Sudáfrica). Informe para la Secretaría de los Convenios de Basilea, Rotterdam y Estocolmo.

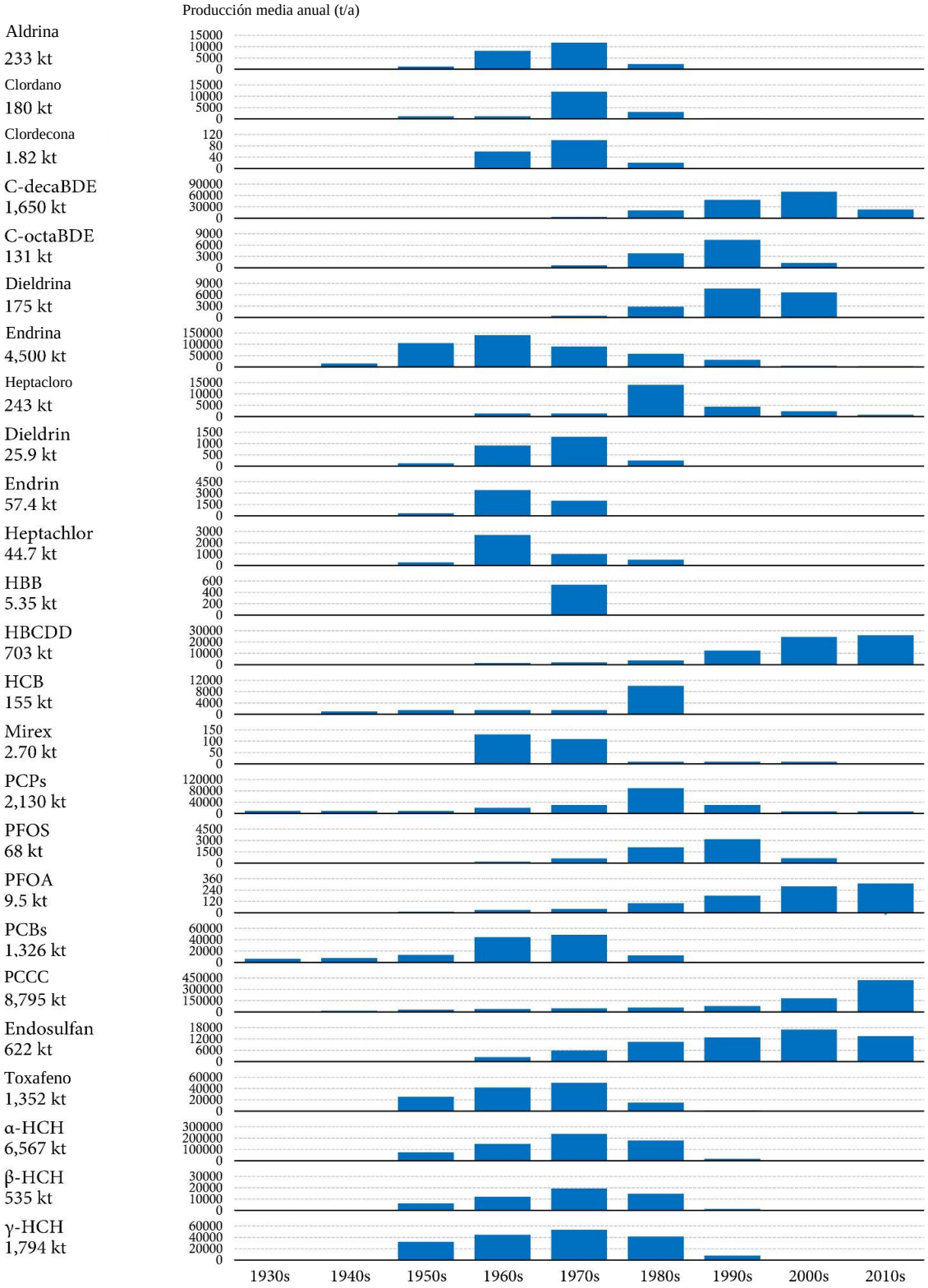
Weber R, Suciati F, Aviantara D, Kajiwara N, Babayemi J (2021) Assessment and Preliminary Inventory of Short-Chain Chlorinated Paraffins (SCCPs) and Polybrominated Diphenyl Ethers in Indonesia (Evaluación e inventario preliminar de parafinas cloradas de cadena corta (PCCC) y éteres difenílicos polibromados en Indonesia). Proyecto piloto para la Secretaría de BRS.

OMS (1994) Polybrominated biphenyls (Bifenilos polibromados). Environmental Health Criteria 152.

Zimmermann T, Sander K, Memelink R, *et al.,* (2022) Illegal treatment of end of-life vehicles Assessment of the environmental, micro- and macroeconomic effects (Tratamiento ilegal de vehículos al final de su vida útil. Evaluación de los efectos medioambientales, microeconómicos y macroeconómicos).

Anexo 1: Datos de producción mundial y época de producción de los COP intencionalmente producidos

Figura 3: Producción mundial anual media* de los 25 COP producidos intencionalmente desde la década de 1930 hasta la de 2010. (Li *et al.,* 2023)



*Los números bajo los nombres químicos a la izquierda indican la tendencia central estimada de la producción acumulada mundial en kilotoneladas (kt).