



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MADES

Guía para la Gestión ambientalmente racional de residuos y productos que contienen **COP y Mercurio**

Dirigido a tomadores de decisión



MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (MADES)

Rolando de Barros Barreto Acha

Ministro del Ambiente y Desarrollo Sostenible

Lilian Portillo

Directora de Planificación Estratégica

Christian Ferrer

Director General de Control de Calidad Ambiental y Recursos Naturales

Gustavo Rodríguez

Director de Calidad Ambiental

Federico Schroeder

Jefe del Departamento de Sustancias Químicas. Punto Focal Titular del Proyecto Soluciones libres de mercurio y COP

Ovidio Espínola

Técnico del Departamento de Sustancias Químicas. Punto Focal Alterno del Proyecto Soluciones libres de mercurio y COP

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL (ONUDI)

Lamia Benabbas

Oficial de Desarrollo Industrial

Yolanda Pandelo

Asistente de Proyectos

CENTRO COORDINADOR CONVENIO DE BASILEA- CENTRO COORDINADOR CONVENIO DE ESTOCOLMO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (BCCC-SCRC)

Gabriela Medina

Directora

Belén Correa

Asistente Técnica

PROYECTO SOLUCIONES LIBRES DE MERCURIO Y COP PARA LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS DESECHOS EN PARAGUAY

Claudia Florentín

Coordinadora Nacional

Gabriela Romero

Técnica de apoyo

AUTORES

Víctor Gutiérrez Avedoy

Alma Delia Nava Montes

REVISORES TÉCNICOS

Belén Correa

Claudia Florentín

Gabriela Romero

Ovidio Espínola

Federico Schroeder

CORRECCIÓN DE ESTILO

Ricardo Larramendia

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Sofía Argüello

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que se presentan los datos no implican, de parte de la Secretaría de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), juicio alguno sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona, o de sus autoridades, ni sobre el trazado de sus fronteras o límites, ni tampoco acerca de su sistema económico o su grado de desarrollo. Las calificaciones de “desarrollados”, “industrializados” o “en desarrollo” se utilizan únicamente para facilitar la presentación de datos estadísticos y no entrañan necesariamente un juicio sobre la etapa a la que pueda haber llegado determinado país o zona en el proceso de desarrollo. El hecho de que se haga referencia a una empresa o un producto comercial no significa que la ONUDI respalde esa empresa o ese producto.

© ONUDI 2025. Reservados todos los derechos. Esta guía puede ser utilizada y compartida libremente para fines de capacitación y no comerciales, siempre que se otorgue el debido crédito a la ONUDI y a los autores.

Este documento se ha elaborado, diseñado, diagramado e impreso en el marco del Proyecto Soluciones libres de mercurio y COP (Proyecto ONUDI N.º 200228 – GEF ID 10682), liderado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), ejecutado por el Centro Coordinador Convenio de Basilea-Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe/Laboratorio Tecnológico Uruguay (LATU), con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

MADES/ONUDI/BCCC-SCRC/FMAM. Guía para la gestión ambientalmente racional de residuos y productos con contaminantes orgánicos persistentes (COP) y mercurio. Dirigido a tomadores de decisión. 2025. Asunción, Paraguay. 68 p.

Primera edición

Tiraje: 300 ejemplares

Agosto, 2025.

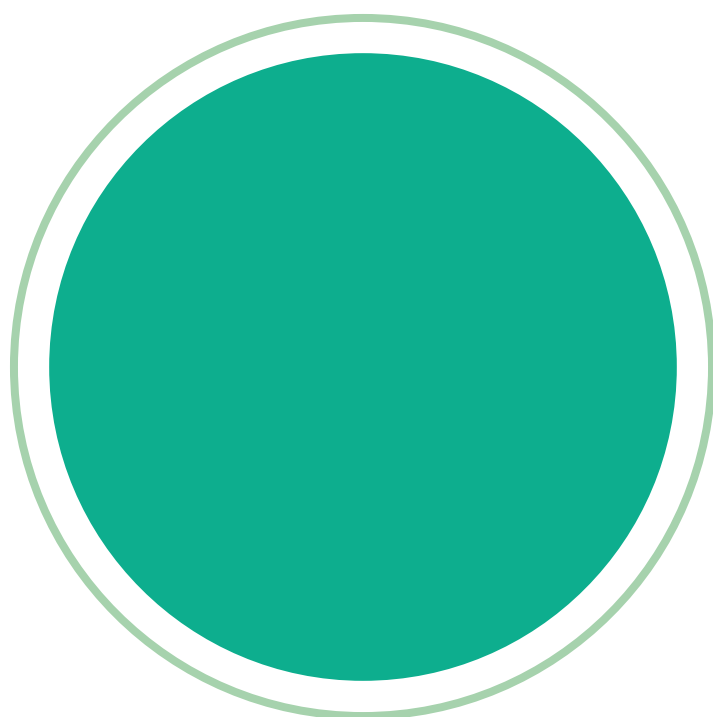
Guía para la Gestión ambientalmente racional de residuos y productos que contienen **COP y Mercurio**

Dirigido a tomadores de decisión



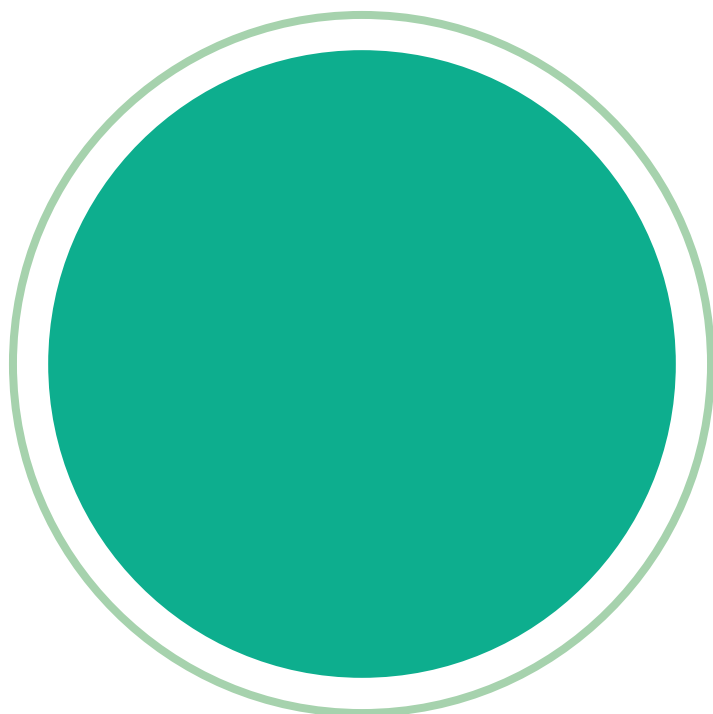
GOBIERNO DEL
PARAGUAY

| **MADES**



Contenido

7	PRÓLOGO
9	RESUMEN EJECUTIVO
13	SITUACIÓN DE PARAGUAY EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS, PRODUCTOS Y RESIDUOS CON MERCURIO Y COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES
19	MARCO JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE A LOS COP Y EL HG EN PARAGUAY.
25	GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE RESIDUOS PELIGROSOS
37	GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD) Y MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA), PARA LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES Y EL MERCURIO
55	COSTO DE LA INACCIÓN
61	CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES
64	REFERENCIAS



Prólogo

La gestión ambientalmente racional de residuos peligrosos representa uno de los mayores desafíos para los países que, como Paraguay, buscan alcanzar un desarrollo sostenible, justo y seguro para las generaciones actuales y futuras. La presencia de contaminantes orgánicos persistentes (COP) y mercurio en productos y desechos constituye una amenaza real para la salud humana, los ecosistemas y la calidad de vida, especialmente en contextos en los que las capacidades institucionales, técnicas y financieras aún están en proceso de fortalecimiento.

La presente guía surge como una herramienta clave de apoyo a los tomadores de decisiones, responsables de formular, implementar y supervisar políticas públicas e intervenciones estratégicas que aseguren una gestión eficaz de los residuos, basada en principios científicos, buenas prácticas ambientales y en el cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país.

A través de un enfoque práctico y contextualizado, esta guía pretende proporcionar información técnica, legal e institucional para abordar los desafíos asociados a los residuos con contenido de COP y mercurio, integrando recomendaciones específicas, estudios de caso y criterios para la aplicación de las mejores técnicas disponibles (MTD) y mejores prácticas ambientales (MPA), en concordancia con los Convenios de Basilea, Estocolmo y Minamata.

Este documento es el resultado de un esfuerzo conjunto entre el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Centro Coordinador de los Convenios de Basilea y Estocolmo (BCCC-SCRC) y múltiples actores nacionales, con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), en el marco del proyecto “Soluciones libres de mercurio y COP”.

Esperamos que esta guía contribuya a mejorar las capacidades nacionales, impulse políticas públicas más robustas e inclusivas, y promueva un Paraguay más resiliente, limpio y comprometido con la salud de su población y del planeta.

Rolando de Barros Barreto, Ministro

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
República del Paraguay



RESUMEN EJECUTIVO



La “Guía para la gestión ambientalmente racional de residuos y productos con contaminantes orgánicos persistentes (COP) y mercurio -

Dirigida a tomadores de decisión” proporciona los elementos técnicos y jurídicos básicos para que los tomadores de decisiones puedan entender la problemática vinculada con el manejo de los residuos peligrosos en el Paraguay y con ello poder apoyar el diseño e implementación de políticas que sean ambientalmente adecuadas, tecnológicamente factibles, económicamente viables y socialmente aceptables. También, para el manejo seguro de productos que contienen mercurio y compuestos orgánicos persistentes como prevención de los impactos a la salud y los ecosistemas.

GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN PARAGUAY

¿Qué tipos de residuos existen?

1. Residuos urbanos:

Generados en casas / grupos habitacionales:



Orgánicos:
restos de alimentos, vegetales, jardinería



Reciclables:
papel, cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles



Fracción peligrosa:
pilas y baterías, aparatos eléctricos y electrónicos, medicamentos caducos, neumáticos etc.

2. Residuos peligrosos:



Desechos que **contienen sustancias que pueden ser tóxicas, inflamables, corrosivas o reactivas**

Representan riesgo para la salud y el ambiente

EN PARAGUAY SE GENERARON:



82.846 t/año*
DE RESIDUOS PELIGROSOS

De los cuales:

7.480 t/año
CON COP

15 t/año
DE MERCURIO (HG)

*Datos del 2020



CONVENIOS INTERNACIONALES **Basilea**

- Control de movimientos transfronterizos de residuos peligrosos
- Promueve su manejo adecuado

Estocolmo (COP)

- Control de contaminantes orgánicos persistentes
- Sustancias tóxicas, persistentes, bioacumulables y que viajan a largas distancias

Minamata (Hg)

- Control del mercurio: metal volátil y tóxico
- Puede transportarse a grandes distancias



MARCO JURÍDICO EN PARAGUAY

Leyes, reglamentos y decretos nacionales:

- Prohíben producción intencional de COP
- No existen procesos industriales con mercurio
- Normas para dioxinas y furanos (incineración médica)
- Necesidad de actualización normativa

¿QUÉ ES LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL (GAR)?



MEJORES TÉCNICAS Y PRÁCTICAS

COP

(Convenio de Estocolmo)

- Postcombustión
- Enfriamiento brusco
- Separación de polvos
- Sistemas de depuración
- Sorción y oxidación catalítica

Mercurio

(Convenio de Minamata)

- Precipitación de metales
- Recuperación por reducción
- Intercambio iónico
- Tratamiento biológico
- Adsorción (carbón activado y resinas)

Conjunto de medidas para proteger la salud y el ambiente frente a residuos peligrosos.

- Prevención
- Reúso
- Reciclaje
- Disposición final

Estrategias para minimizar residuos

- Cambio en productos
- Control en la fuente
- Reúso y recuperación
- Buenas prácticas, tecnologías limpias y cambio de materias primas

Etapas del manejo de residuos peligrosos

- Separación en origen
- Acondicionamiento
- Almacenamiento
- Transporte
- Tratamiento
- Disposición final



COSTO DE LA INACCIÓN



Impactos económicos



Daños ambientales



Riesgos a la salud pública



Consecuencias sociales

Esta guía es una herramienta clave para que los tomadores de decisiones en Paraguay diseñen políticas eficaces para:

- Reducir riesgos por exposición a sustancias tóxicas
- Promover una gestión segura y responsable de los residuos peligrosos

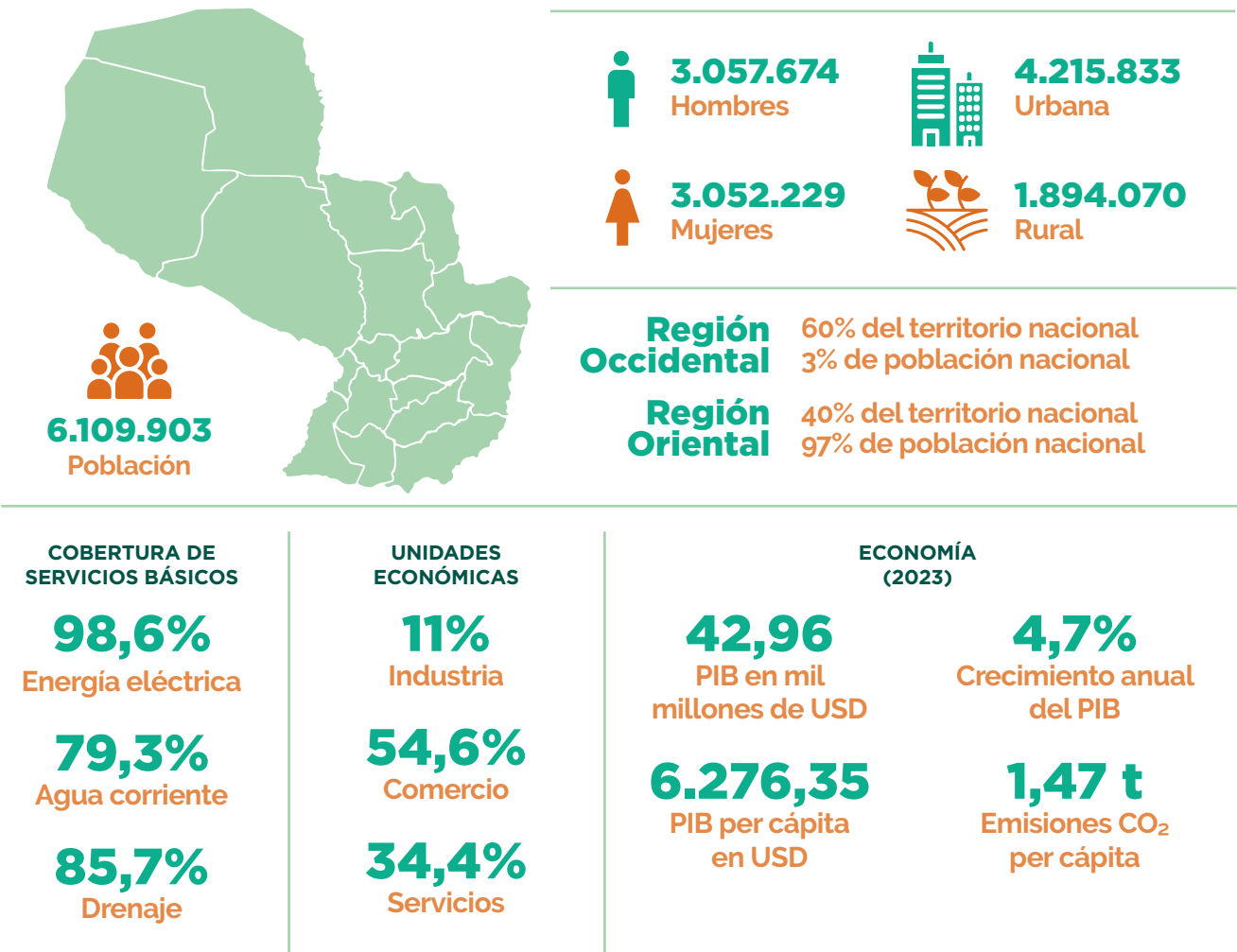


2



SITUACIÓN DE PARAGUAY EN MATERIA DE RESIDUOS PELIGROSOS, PRODUCTOS Y RESIDUOS CON MERCURIO Y COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES.

BREVE VISIÓN DEL PARAGUAY



Fuente: INE, Censo Nacional de Población y Vivienda, 2022. BM, 2022 y 2023. DGEEC, 2011.

¿CUÁL ES LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS URBANOS EN PARAGUAY?



1. Gran parte de los residuos no recolectados terminan en vertederos informales, en predio baldíos o en cuerpos de agua. Una parte importante son quemados al aire libre contaminando el ambiente.
2. Faltan políticas integrales que con base en la economía circular se llegue a escenarios de cero residuos.
3. El manejo inadecuado de los residuos genera impactos en la salud pública y el ambiente.

Fuente: MADES/PNUD/FMAM. 2020.

¿QUÉ SON LOS RESIDUOS PELIGROSOS?



Residuos peligrosos

Sustancias químicas, infecciosas, tóxicas, inflamables o biológicas que pueden causar daño a seres vivos o al ambiente.

1. **Generación de residuos peligrosos en Paraguay:** 82.846 toneladas anuales, incluyendo aquellos que contienen compuestos orgánicos persistentes (COP) con 7.480 t/año y el mercurio con 15 t/año. (MADES-PNUD-FMAM, 2020).
2. **Paraguay firmó el Convenio de Basilea el 28 de septiembre de 1995 y a nivel país lo aprueba con la Ley N.º 567/95:** Convenio que tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos adversos de los residuos peligrosos, controlando sus movimientos transfronterizos y promoviendo su gestión ambientalmente racional.

¿CÓMO AFECTAN LOS RESIDUOS PELIGROSOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE?



1. **Enfermedades respiratorias, dérmicas y neurológicas.**



2. **Riesgo de cáncer y alteraciones genéticas.**



3. **Contaminación de agua, suelo y aire.**



4. **Efectos tóxicos en los organismos (alteración en la reproducción, crecimiento, desarrollo).**

¿QUÉ SON LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP)?



COP

Sustancias que contienen cloro o bromo tóxicas que permanecen en el ambiente por largo tiempo, se acumulan en los organismos vivos y viajan a largas distancias.

1. Para el control de los COP se desarrolló el **Convenio de Estocolmo**. El gobierno de Paraguay firmó el Convenio en mayo del 2001 y lo ratificó el 17 de mayo de 2004; a nivel país lo aprobó con la Ley N.º 2333/03.
2. A la fecha, este Convenio considera 34 COP, entre: plaguicidas (los más conocidos son el DDT y el lindano); industriales como el sulfonato de perfluorooctano (PFOS) y los bifenilos policlorados; y los no intencionales como las dioxinas y furanos (producidos como producto secundario en procesos de combustión, donde hay cloro).

¿QUÉ ES EL MERCURIO (Hg)?



Mercurio

Metal líquido y volátil, altamente tóxico y que puede transportarse largas distancias. Se genera en la quema de residuos a cielo abierto y en plantas incineradoras industriales y de residuos.

1. Paraguay aprobó el Convenio de Minamata el 10 de octubre de 2013, lo ratificó el 26 de julio de 2018 y lo aprobó a nivel país con la Ley N.º 6036/2018. Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio.
2. En 2017, el total de mercurio procedente de los diferentes sectores productivos, servicios y sector salud fue de 7.992 toneladas Hg/año, mientras que las liberaciones totales ascendieron a 13.430 toneladas Hg/año. (CCCB-CRCE, 2017)

¿POR QUÉ ELIMINAR O REDUCIR COP Y MERCURIO?

Los **COP** pueden causar ciertos tipos de cáncer, defectos congénitos, alteraciones endocrinas, enfermedades cardiovasculares, diabetes, disfunción de los sistemas inmunitario y reproductivo, mayor susceptibilidad a enfermedades e incluso disminución de la inteligencia. El **Hg** causa daños a la salud que incluyen alteraciones permanentes del sistema nervioso, con un efecto especialmente perjudicial en el sistema nervioso en desarrollo, reduciendo la inteligencia en niños expuestos.

Fuente: (Castro y Castillo, 2024), CCCB-CRCE, 2014.

¿CUÁL ES EL ROL DE LA MUJER EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS?

Las mujeres participan activamente en:¹



1. Reciclaje informal y separación de residuos.



2. Educación ambiental en comunidades.



3. Liderazgo en cooperativas y emprendimientos de economía circular.

Desafíos:

→ **Falta de reconocimiento** formal.

→ **Escasa protección social** y acceso a servicios.

Daños en la salud de las mujeres vulnerables:²

1. **Cáncer** por contacto con dioxinas y furanos, bifenilos policlorados y metales pesados como el cadmio y arsénico.
2. **Abortos espontáneos**, partos prematuros, infertilidad por daños en el sistema endócrino.
3. **La exposición al mercurio puede causar daños en el feto**, afectando al sistema nervioso y cognitivo.
4. **Enfermedades respiratorias** y de la piel;
5. **Ansiedad y depresión** por estrés, entre otras enfermedades.



Su empoderamiento es clave para un modelo de gestión más inclusivo y sostenible.

1 <https://www.brsmeas.org/Implementation/Gender/Overview/tabid/3651/language/en-US/Default.aspx>

2 Sims, J., Butter, M., 2002.



ELEMENTOS CLAVE PARA TOMADORES DE DECISIONES

- ✱ Fortalecer capacidades técnicas y económicas para mejorar los servicios de recolección y disposición final de los residuos sólidos urbanos y peligrosos.
- ✱ Asignar presupuesto para apoyar las acciones que realice el gobierno para reducir la presencia de contaminantes orgánicos persistentes y de mercurio.
- ✱ Establecer mecanismos de apoyo a las mujeres que laboran en el sector informal de residuos para formalizar su situación laboral, capacitarlas y que se les brinden las mismas oportunidades que a los hombres.





MARCO JURÍDICO E INSTITUCIONAL APLICABLE A LOS COP Y EL HG EN PARAGUAY.

PREGUNTAS PARA TOMADORES DE DECISIONES

- ✱ ¿El país cuenta con las capacidades e infraestructura necesarias para responder a los compromisos internacionales vinculantes?
- ✱ ¿El marco jurídico de Paraguay es suficiente para atender las responsabilidades adquiridas por el país en materia de residuos peligrosos, contaminantes orgánicos persistentes y mercurio?
- ✱ ¿Existen las condiciones para la vinculación de todos los actores relacionados con los residuos peligrosos?

Los instrumentos legislativos relacionados con los residuos peligrosos, los contaminantes orgánicos persistentes (COP) y el mercurio (Hg) tienen como base fundamental la Constitución Nacional, complementada por tratados y convenios internacionales, así como por leyes, decretos y regulaciones específicas.

TÍTULO DEL ACUERDO MULTILATERAL	INSTRUMENTO NORMATIVO PARAGUAYO	DESCRIPCIÓN
Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. ³ https://www.basel.int/	Ley N° 567/95 https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/11201/ley-n-567	→ Ley que aprueba el Convenio de Basilea en el que se mencionan las directrices y los principios internacionalmente reconocidos sobre el control racional de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; prohíbe a los países importar residuos peligrosos que no tengan la capacidad de tratar.
	Ley N° 1262/98 https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/834/ley-n-1262	→ Que aprueba la enmienda al convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.
	Decreto N° 7084/00 https://digesto.aduana.gov.py/DNA/upload/399938942.pdf	→ Prohíbe la importación al Paraguay de residuos textiles (artículos de prendería, trapos, entre otros).
Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) 3 https://chm.pops.int/	Ley N° 2333/03 https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/5030/ley-n-2333	→ Ley que aprueba el Convenio de Estocolmo.
	Resolución MADES N° 138/23 https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2025/04/Resolucion-N%C2%B0-138-2023.pdf	→ Por la cual se establecen medidas para la gestión de bifenilos policlorados (PCB) en la República del Paraguay y se dispone su reglamentación en el marco de la Ley 2333/04.
	Resolución MADES N° 226/24	→ Por la cual se aprueban los protocolos manuales para Gestión Ambientalmente Racional de Bifenilos policlorados (PCB).
Convenio de Minamata sobre el Mercurio 3 https://minamataconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf	Ley N° 6036/2018 https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/9690/ley-n-6036	→ Ley que aprueba el Convenio de Minamata sobre el mercurio. Este convenio se centra en la reducción de las emisiones y liberaciones de mercurio.
Acuerdo marco de medio ambiente del MERCOSUR. https://www.oas.org/dsd/Tool-kit/Documentos/MOduleII/Acuerdo%20Marco%20Sobre%20Medio%20Ambiente%20del%20MERCOSUR.pdf	Ley N° 2068/03 http://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/4347/ley-n-2068	→ Las naciones que componen el MERCOSUR se comprometen a cooperar para la protección del medio ambiente y la utilización sustentable de los recursos naturales.

3 Autoridad de aplicación es el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES).

TÍTULO DEL ACUERDO MULTILATERAL	INSTRUMENTO NORMATIVO PARAGUAYO	DESCRIPCIÓN
Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) para ciertos Pesticidas y Productos Químicos Peligrosos objeto de Comercio Internacional. https://www.pic.int/ElConvenio/Generalidades/TextodelConvenio/tabid/1980/language/es-CO/Default.aspx	Ley N° 2135/03 https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/412/ley-n-2135	→ Ley que aprueba el Convenio de Rotterdam que tiene por objetivo promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional.
	Decreto N° 2171/24 https://www.asuntosregulatorios.com.py/2024/07/29/decreto-n-2171-24	→ El Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE) es la autoridad nacional en el ámbito de productos plaguicidas y formulaciones de plaguicidas, y el MADES es la autoridad nacional en el ámbito de productos químicos industriales.
	Resolución SENAVE N° 447/93	→ Por la cual se prohíbe la importación, formulación, venta y uso de insecticidas a base de organoclorados.
	Resolución SENAVE N° 635/10	→ Que suspende la emisión de nuevos registros y la importación al país de productos técnicos o formulados a base de endosulfán, en todas sus concentraciones.

MARCO JURÍDICO VINCULADO A LOS COP Y EL HG EN PARAGUAY

→ **Paraguay cuenta con un sólido marco jurídico conformado por leyes, reglamentos y decretos que le permiten establecer los elementos regulatorios necesarios para un manejo adecuado de productos y residuos que pueden contener COP o Hg**, entre los que se pueden mencionar: Código Aduanero; Ley de Prevención y Control de Incendios; Ley de Calidad del Aire; Ley de Gestión Integral de Residuos; Ley de Evaluación de Impacto Ambiental, entre otros.

→ De acuerdo con la información publicada, en el Paraguay no existe la fabricación de productos que utilicen Hg como parte de sus componentes. Asimismo, el país no fabrica productos como termómetros u otros materiales médicos en los que se utilice mercurio; sin embargo, **el mercurio sí es utilizado para minería artesanal**. Para el caso de los COP no intencionales como las dioxinas y furanos se tienen normas que regulan las emisiones de estos compuestos, principalmente en incineradores de residuos médicos y en la quema incontrolada de residuos, que es la principal fuente de emisión.a de residuos, que es la principal fuente de emisión.

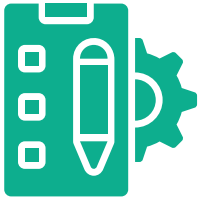
Para poder identificar el problema que representan los residuos peligrosos y definir estrategias para su abordaje, **es indispensable la participación de todos los actores involucrados** en forma directa e indirecta en la gestión de estos: autoridades locales y nacionales; sector académico y educadores; sociedad civil organizada; comunicadores; asociaciones empresariales; organismos internacionales de cooperación técnica y financiera.



ELEMENTOS PARA TOMADORES DE DECISIONES

- ✿ **Actualizar el marco normativo nacional para:**
 - Regular la gestión integral del mercurio.
 - Normativa sobre la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
 - Desarrollar estándares permisibles de contaminación de aire y la atmósfera proveniente de fuentes fijas en el marco de la Ley N° 5211/14 “De Calidad de Aire” con límites más estrictos para reducir o prevenir emisiones de dioxinas, furanos y mercurio.
 - Incorporar normativa específica vinculada a la Responsabilidad Extendida del Productor.
- ✿ **A través del marco normativo aplicable a aduanas, se puede controlar el ingreso de productos que pueden contener este tipo de sustancias.**
- ✿ **El cumplimiento de la Ley de Prevención y Control de Incendios N° 4014/10 es fundamental para prohibir los incendios al aire libre en vertederos y evitar la emisión de dioxinas y furanos.**
- ✿ **Ampliar las funciones del Comité Interinstitucional del Convenio de Rotterdam en Paraguay para que puedan abordarse los temas vinculados.**





GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL DE RESIDUOS PELIGROSOS.

¿Qué es la gestión ambientalmente racional de residuos peligrosos?

✱ Gestión Ambientalmente Racional (GAR):

Se define como la adopción de todas las medidas posibles para garantizar que los residuos peligrosos u otros residuos se gestionen de forma que queden protegidos la salud humana y el medio ambiente contra los efectos nocivos que puedan derivarse de tales desechos (Artículo 2, Convenio de Basilea).

¿QUÉ CRITERIOS DEBEN CONSIDERAR LOS TOMADORES DE DECISIONES PARA EVALUAR LA GAR?

GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL (GAR)

1. Evitar o minimizar la generación de residuos y garantizar la disponibilidad de instalaciones adecuadas a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente.
2. Infraestructura regulatoria y sistema que garantice el cumplimiento de la normatividad aplicable.
3. Instalaciones de tratamiento autorizadas con tecnologías adecuadas y control de la contaminación.
4. Contar con personal capacitado para llevar a cabo la GAR.
5. Adopción de medidas adecuadas en caso de generación de emisiones inaceptadas por una inadecuada gestión de los residuos peligrosos.
6. Supervisión de las actividades por parte de los operadores de las instalaciones.

Elemento clave



Para minimizar los riesgos de los residuos peligrosos se necesita un sistema de gestión ambiental que reduzca su generación, peligrosidad y asegure un manejo adecuado en todas las etapas. Para ello, se señalan los principios fundamentales de la GAR en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Principios fundamentales de la Gestión Ambientalmente Racional.

PRINCIPIO	OBJETIVO
Prevención y minimización de residuos	→ Consiste en evitar y reducir la cantidad de residuos generados.
Principio del ciclo de vida integrado	→ Las sustancias y los productos deben diseñarse y gestionarse de forma que se produzca un impacto ambiental mínimo durante su generación, uso, recuperación, eliminación y/o disposición final.
Principio precautorio	→ Es adoptar medidas preventivas, considerando los costos y beneficios de la acción y la inacción, cuando existe una base científica para creer que la liberación al medio ambiente de sustancias, residuos o energía es probable que cause daño a la salud humana o al medio ambiente.
Principio de Control Integrado de la Contaminación	→ Requiere que la gestión de los residuos peligrosos se base en una estrategia que tenga en cuenta el potencial de efectos sinérgicos entre medios y múltiples medios.
Principio de normalización	→ Exige el establecimiento de normas para la gestión ambientalmente racional de los residuos peligrosos.
Principio de autosuficiencia	→ Los países deben garantizar que los residuos generados dentro de su territorio sean tratados o eliminados internamente por medios compatibles con una gestión ambientalmente racional.
Principio de proximidad	→ La eliminación de residuos peligrosos debe tener lugar lo más cerca posible de su punto de generación.
Principio de mínimo movimiento transfronterizo	→ Los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos deben reducirse a un mínimo.
Principio de que quien contamina paga	→ Quien contamina debe pagar para remediar las consecuencias de esa contaminación.
Principio de soberanía	→ Cada país deberá tener en cuenta las condiciones políticas, sociales y económicas.
Principio de participación pública	→ Se debe garantizar que en todas las etapas de gestión de los residuos se tenga participación pública y que se tenga acceso a la información.

Además de los principios fundamentales de la GAR, los tomadores de decisión deben considerar aplicar las siguientes **estrategias**:

- 1. Separación en la fuente, reutilización y reciclaje:** promueve la reutilización de productos y materiales, y el reciclaje de residuos para reincorporarlos a la cadena productiva, disminuyendo así la demanda de materias primas nuevas.
- 2. Tratamiento seguro de residuos:** implementar tecnologías y métodos de tratamiento de residuos para neutralizar sus peligros antes de su disposición final.
- 3. Disposición final adecuada:** garantiza que los residuos que no pueden ser reutilizados o reciclados sean dispuestos de manera segura, por ejemplo, en rellenos sanitarios diseñados adecuadamente.

Elemento clave



En cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto se generan residuos, por lo que es importante considerar desde la extracción o diseño, criterios de durabilidad, de factibilidad de reciclaje y reaprovechamiento para reducir el uso de materias primas, los impactos en el cambio climático y la generación de sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Descripción de los residuos en el ciclo de vida de un producto.

ETAPA		GENERACIÓN DE RESIDUOS
Producto	→ Extracción de materias primas.	→ Estériles, descartes, insumos descartados, residuos varios.
	→ Producción.	→ Productos fuera de especificación, envases vacíos, derrames, insumos descartados, residuos.
	→ Transporte, almacenamiento y venta.	→ Residuos generados en accidentes, derrames, productos alterados y vencidos.
Residuo	→ Consumo.	→ Envases, insumos agotados, producto descartado.
	→ Separación en fuente.	→ Para facilitar el reúso y el reciclado.
	→ Reciclado.	→ Residuos derivados del reciclado.
	→ Tratamiento.	→ Residuos del tratamiento.
	→ Disposición final.	→ Emisiones (CO ₂ , CH ₄ , CO, contaminantes varios).

Fuente: Martínez, 2005.

ECONOMÍA CIRCULAR



En la actualidad **el ciclo de vida de los productos debe visualizarse desde el punto de vista de la economía circular**, en la cual los materiales biológicos renovables que consumimos pueden ser aprovechados en cada etapa de su ciclo de vida. Este ciclo se repite en la industria mediante la reparación, remanufactura, reutilización y reciclaje de los productos de consumo, con lo cual se minimiza la pérdida de materiales y energía y se alarga su vida y se evita la generación de residuos y su disposición final.

Fuente: Cristina Cortinas, 2025. ⁴

⁴ Cristina Cortinas, 2025. Manejo integral de los residuos y economía circular en México y el mundo. Presentación en el Diplomado “Protección de la naturaleza, cambio climático y derechos humanos” de la Suprema Corte de Justicia de la Nación.

¿CÓMO PODEMOS PREVENIR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA FUENTE?

JERARQUIZAR LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Es una forma de prevenir la generación de residuos peligrosos en la fuente; es decir, en el proceso donde se producen, dejando la alternativa de “disposición final” como última opción de manejo de este tipo de residuos (Decisión BC-10/2, Conferencia de las Partes, COP10, del Convenio de Basilea). En la Figura 4.1. se presenta la jerarquía de la gestión de los residuos, enfocada en peligrosos.



Figura 4.1. Jerarquía en la gestión de residuos.

Fuente: Modificado del documento emitido por la Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre COP (2007).

¿EN QUÉ CONSISTE EL PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR?

Establece que los productores de residuos peligrosos son responsables de su gestión integral, incluyendo los costos asociados a la prevención, tratamiento y disposición final. Países como Uruguay, Colombia, Brasil y Chile van a la vanguardia en América Latina en la aplicación de este principio. Paraguay ha iniciado su aplicación en temas vinculados con llantas usadas, envases de agroquímicos, entre otros.

¿QUÉ SON LAS ESTRATEGIAS PARA PREVENIR Y MINIMIZAR LA GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS?

De acuerdo con Martínez (2005), la producción de cualquier producto implica inevitablemente la generación de residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos, que no son otra cosa que pérdidas de materias primas y de energía del proceso productivo. La minimización de residuos consiste en reducir el volumen y la peligrosidad de residuos generados (Figura 4.2).

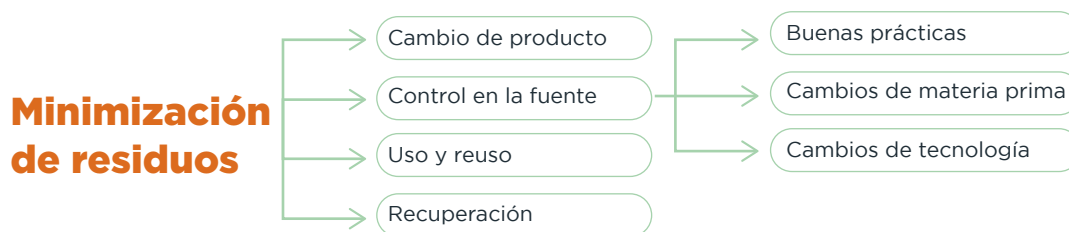


Figura 4.2. Esquema de minimización de residuos.

Fuente: Martínez (2005).



Convenio de Basilea: Adopta el principio de prevenir o minimizar la generación de residuos peligrosos, exigiendo que los países Parte tomen medidas para identificar y cuantificar sus residuos y utilicen prácticas ambientalmente adecuadas para prevenir o minimizar su generación.

BENEFICIOS QUE SURGEN DE LA APLICACIÓN DE UNA POLÍTICA DE MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS

- Ahorro en materias primas.
- Ahorro por reducción de costos de almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final.
- Mejora en la seguridad e higiene laboral.
- Reducción de potenciales problemas ambientales.
- Cumplimientos con normas ambientales.
- Mejora de la imagen de la compañía (externa e interna).

¿CUÁLES SON LAS OPCIONES PARA LA MINIMIZACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS?

Alternativas de minimización

Las alternativas aceptables de minimización se deben complementar con opciones de tratamiento y disposición final con el objetivo de presentar una propuesta integral para cada problema. Las alternativas identificadas deben ser sometidas a un análisis de factibilidad técnica y económica (Martínez, 2005).

A continuación, se presentan algunas opciones de reducción de residuos en la fuente a ser consideradas por los tomadores de decisiones para una GAR (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Opciones de reducción de residuos en la fuente.

OPCIONES DE REDUCCIÓN	BUENAS PRÁCTICAS
Buenas prácticas de operación	→ Entrenamiento de personal y programas de incentivos. → Buen manejo de materias primas y productos. → Adecuado control de stock de materias primas y productos (materiales perecederos). → Prevención de derrames. → Separación de residuos en la fuente. → Traslado de costos vinculados a los residuos al sector generador. → Organización de la producción.
Cambios de tecnología	→ Cambios del proceso tecnológico → Cambios de equipamiento, disposición de las unidades, cañerías, etc. → Uso de automatización. → Cambios en las condiciones del proceso (flujos, temperatura, presión, etc.).
Cambios de materia prima	→ Materiales con mayor porcentaje de pureza. → Materias primas o insumos menos agresivos al medio ambiente. → Utilización de materias primas recicladas o reciclables.
Cambios de productos	→ Sustitución del producto. → Cambios de composición del producto. → Cambios de tipo de envases.
REÚSO	RECUPERACIÓN
→ El reúso es volver a usar el residuo en el proceso que lo origina o en otro proceso, ya sea dentro o fuera de la misma empresa. Un ejemplo de reúso se da en la industria del papel en el que se produce pulpa de celulosa a partir de madera o de papel usado. El proceso por el cual se recupera la pulpa de celulosa a partir de papel usado es sumamente simple en comparación con la producción de pulpa de celulosa a partir de la madera.	→ En la recuperación de productos valorizables, como puede ser la recuperación de plata de películas fotográficas y radiológicas, se generan residuos de los cuales se puede recuperar la plata por medio de un proceso que consiste básicamente en la disolución y posterior precipitación o electrólisis.

¿CUÁLES SON LAS ETAPAS POR LAS QUE PASAN LOS RESIDUOS PELIGROSOS DESDE SU GENERACIÓN HASTA SU DESTINO FINAL?

Los residuos peligrosos siguen una serie de etapas desde el momento de su generación hasta su ingreso en una instalación de reciclaje, tratamiento o disposición final (Figura 4.3).

Etapas de los residuos peligrosos



Figura 4.3. Etapas de manejo de los residuos peligrosos.

¿CUÁLES SON LAS OPCIONES DE UN BUEN MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN CADA UNA DE LAS ETAPAS?

TIPO DE TRATAMIENTO	VENTAJAS
Acondicionamiento: → Neutralización → Solidificación → Estabilización → Compactación	→ Separación en la fuente. → Reducción del volumen de residuos peligrosos, facilitando su manejo y transporte. → Estabilización de los residuos, disminuyendo su peligrosidad. → Recuperación de materiales valorizables contenidos en los residuos. → Simplificación del proceso de tratamiento y disposición final.
Almacenamiento	→ Prevención de riesgos al ambiente y a la salud de los operarios. → Minimizar riesgos e incrementar la seguridad. → El tipo de depósito cuenta con el diseño y las medidas de operación adecuados de acuerdo al tipo de residuo tanto en instalaciones internas como externas.
Transporte	→ Garantizar el transporte seguro de los residuos peligrosos para prevenir riesgos al ambiente y a la salud de los operarios y poblaciones circundantes.
Tratamiento	→ Reducción del volumen y disminución de la peligrosidad de los residuos.
Disposición final	→ Minimización de liberación de contaminantes al ambiente mediante instalaciones diseñadas adecuadamente y medidas seguras en su operación.

¿EN QUÉ CONSISTE CADA UNA DE LAS ETAPAS DE MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS?

1. ACONDICIONAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS
→ Es el conjunto de procedimientos y técnicas (Ej. Separación en la fuente, neutralización, solidificación, estabilización y compactación) para garantizar que los residuos sean manejados de manera segura y eficiente, minimizando cualquier riesgo asociado.
2. ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS
→ Consiste en la contención temporaria de los mismos en un depósito especialmente acondicionado, a la espera de reciclaje, tratamiento o disposición final.
3. TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS
→ Corresponde a una etapa intermedia entre el almacenamiento en el lugar de generación y el tratamiento o disposición final, pudiendo existir una etapa intermedia de almacenamiento transitorio o unidad de transferencia en otro predio.
4. TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS
→ Consiste en un proceso de transformación, cuyo objetivo es reducir el volumen y disminuir la peligrosidad.
5. DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS
→ Tiene como objetivo el confinamiento de estos, minimizando las liberaciones de contaminantes (Ejemplo. En el caso de residuos peligrosos se confinan en rellenos de seguridad).
6. ELEMENTO CLAVE: PROCESOS DE TRATAMIENTO
→ Dentro de los cuales se encuentran los siguientes: a) Físicoquímicos, b) Estabilización – solidificación, c) Biológicos y d) Térmicos.
→ Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos (emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos) que requerirán una gestión especial en función de sus características. Por lo tanto, en el momento de diseñar un sistema de tratamiento de residuos se debe evaluar el impacto ambiental de las diferentes alternativas.

¿EXISTEN CRITERIOS PARA EL ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS?

Elemento clave

	Plan Nacional de Gestión Integral de los Residuos Peligrosos del Paraguay
	→ El Plan define al almacenamiento como la acción de retener temporalmente los residuos, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se disponen. (MADES/PNUD/FMAM. 2020b). → Falta desarrollar criterios nacionales para el almacenamiento de los residuos peligrosos.

Algunos criterios para el almacenamiento de residuos peligrosos se muestran en la Figura 4.4.

Elemento clave

	Para garantizar que se minimicen los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos en el Paraguay, y que dichos movimientos se realicen de manera que se proteja la salud humana y el medio ambiente, los tomadores de decisiones deberán apegarse a lo señalado en el Artículo 4 “Obligaciones Generales”, numeral 9 del Convenio de Basilea.
--	--

ARTÍCULO 4 “OBLIGACIONES GENERALES”, NUMERAL 9 DEL CONVENIO DE BASILEA.

Las Partes tomarán las medidas apropiadas para que solo se permita el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos, cuando:

- El Estado de exportación no dispone de la capacidad técnica ni de los servicios requeridos o de lugares de eliminación adecuados a fin de eliminar los desechos de que se trate de manera ambientalmente racional y eficiente; o
- Los desechos de que se trate son necesarios como materias primas para las industrias de reciclado o recuperación en el Estado de importación; o
- El movimiento transfronterizo de que se trate se efectúa de conformidad con otros criterios que puedan decidir las Partes, a condición de que esos criterios no contradigan los objetivos de este Convenio.

- | | | | |
|--|---|--|--|
| 1  | Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados. | 2  | Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones, que garantice que los riesgos para la salud y el medio ambiente sean mínimos. |
| 3  | Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretilas de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados. | 4  | Quando se almacenen residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendiente y/o trincheras y/o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño. |
| 5  | Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia. | 6  | Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados. |
| 7  | Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles. | 8  | La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical. |

Figura 4.4. Criterios para el almacenamiento de residuos peligrosos.

Fuente: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2024, Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de México (2014).

¿CÓMO GARANTIZAR QUE SE MINIMICEN LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE RESIDUOS PELIGROSOS Y OTROS DESECHOS EN EL PARAGUAY, Y QUE DICHS MOVIMIENTOS SE REALICEN DE MANERA QUE SE PROTEJA LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE?



El **Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación**, del cual el Paraguay es Parte, establece que dichos movimientos, entre al menos dos Estados, solo pueden realizarse si se cumplen determinadas condiciones y se siguen los procedimientos establecidos (PNUMA, 2020a).



ELEMENTOS PARA TOMADORES DE DECISIONES

- ✿ Promover el reciclaje, reúso y tratamiento de los residuos peligrosos.
- ✿ Apoyar medidas que eviten que los residuos peligrosos se vayan directamente a sitios de disposición final.
- ✿ Fortalecer políticas de economía circular para Paraguay.
- ✿ Desarrollar criterios para el transporte y almacenamiento de los residuos peligrosos.
- ✿ Minimizar el transporte transfronterizo de los residuos peligrosos.





GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL.

MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD) Y MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA), PARA LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES Y EL MERCURIO.

¿A QUÉ DENOMINAMOS MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD) Y MEJORES PRÁCTICAS AMBIENTALES (MPA) EN LA GESTIÓN AMBIENTALMENTE RACIONAL (GAR)?

Las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y las Mejores Prácticas Ambientales (MPA) son medidas para reducir las liberaciones totales derivadas de fuentes antropógenas de cada una de las sustancias incluidas en el Anexo C del Convenio de Estocolmo, con la meta de seguir reduciéndolas al mínimo y, en los casos en que sea viable, eliminarlas definitivamente (Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo).

Las MTD y las MPA son elementos clave para la implementación de una GAR de los residuos de COP y mercurio. Los tomadores de decisiones del Paraguay deben tener presente siempre esta ecuación para lograr una GAR de los residuos en su país (Figura 5.1).



Figura 5.1. Elementos clave (MTD y MPA) para una GAR exitosa.

Mejores Técnicas Disponibles (MTD)

Las MTD son la etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de operación que indican la idoneidad práctica de técnicas específicas para proporcionar, en principio, la base para evitar las liberaciones y, cuando no sea posible, reducirlas en general de las sustancias incluidas en la Parte I del Anexo C (COP) y sus efectos en el medio ambiente en su conjunto (PNUMA, 2020b):

1. **“Técnicas”** incluye tanto la tecnología utilizada como el modo en que la instalación es diseñada, construida, mantenida, operada y desmantelada.
2. **“Disponibles”** son aquellas técnicas que resultan accesibles al operador y que se han desarrollado a una escala que permite su aplicación en el sector industrial pertinente en condiciones económica y técnicamente viables, teniendo en consideración los costos y las ventajas.
3. Por **“mejores”** se entiende más eficaces para lograr un alto grado general de protección del medio ambiente en su conjunto.

Mejores Prácticas Ambientales (MPA)

- La aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental y pueden aplicarse en función del tipo de tecnología e instalación industrial.

¿QUÉ MEDIDAS GENERALES DE PREVENCIÓN PUEDEN APLICARSE VINCULADAS A LAS MTD/MPA?

De acuerdo con el Convenio de Estocolmo (Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2007) se han identificado diversas medidas que pueden implementarse como un mecanismo de prevención relativas a las MTD/MPA, las cuales se mencionan a continuación:

1. Utilizar tecnologías que generen pocos desechos o residuos.
2. Utilizar sustancias menos peligrosas.
3. Fomentar la regeneración y el reciclado de los residuos y las sustancias generadas y utilizadas en los procesos.
4. Sustituir materias primas que sean contaminantes orgánicos persistentes o en el caso de que exista un vínculo directo entre los materiales y las liberaciones de contaminantes orgánicos persistentes de la fuente.
5. Establecer programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo.
6. Mejorar la gestión de residuos con miras a poner fin a la incineración de residuos a cielo abierto y otras formas incontroladas de incineración, como en los vertederos.
7. Reducir al mínimo esos productos químicos como contaminantes en otros productos.
8. Evitar el cloro elemental o productos químicos que generan cloro.

¿CÓMO IMPLEMENTAR MTD Y MPA EN LA GAR DE LOS CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES (COP)?

Para poder implementar MTD y MPA en el Paraguay, se deben considerar algunos criterios básicos establecidos a nivel internacional (Figura 5.2).

Criterios básicos para la implementación de MTD y MPA en el Paraguay

- 1  Proporcionar lineamientos claros y prácticos para la gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, incluyendo tecnologías de recuperación, tratamiento y disposición final.
- 2  Promover la implementación de MTD/MPA adaptadas a las condiciones socioeconómicas específicas del país, para maximizar la recuperación de materiales y minimizar la generación de residuos.
- 3  Fomentar la responsabilidad extendida del productor y los principios de la economía circular en la gestión de residuos, asegurando que los productores y generadores sean responsables de los residuos post-consumo.
- 4  Incorporar estrategias de medición y evaluación para asegurar la efectividad de las prácticas implementadas.

Figura 5.2. Criterios básicos para la implementación de MTD y MPA.

¿CUÁLES SON LOS COP DE PRODUCCIÓN NO INTENCIONAL?

El Convenio de Estocolmo clasifica en su Anexo C, Parte 1 (Artículo 5), a los COP de producción no intencional, como son las dioxinas y furanos; el hexaclorobenceno y los bifenilos policlorados (Figura 5.3).

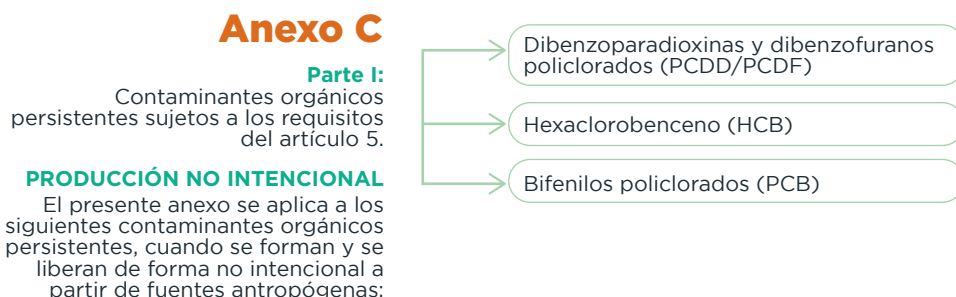


Figura 5.3. COP de producción no intencional.

A nivel mundial, se identifican algunas categorías de **fuentes con potencial de formación y liberación relativamente elevadas de COP de producción no intencional al medio ambiente**, como las que se muestran en la Figura 5.4.

Etapas de los residuos peligrosos

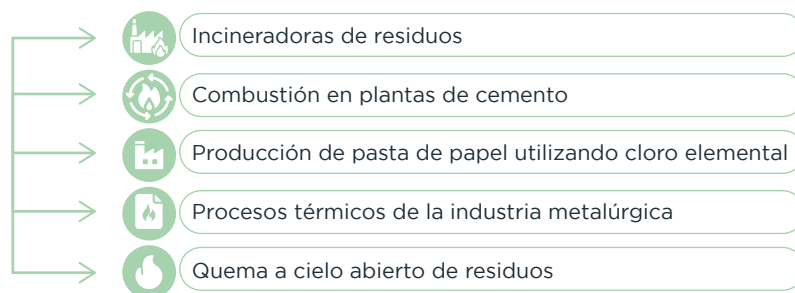


Figura 5.4. Fuentes con potencial de formación y liberación relativamente elevadas de COP de producción no intencional.

EN PARAGUAY, ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES FUENTES DE COP DE PRODUCCIÓN NO INTENCIONAL?

De acuerdo con el inventario nacional dioxinas y furanos (SEAM, 2017) se estimó una emisión total de 94,92 gr.EQT/año 2015, cuyas fuentes principales fueron las presentadas en la Tabla 5.1:

Tabla 5.1 Principales fuentes de COP de producción no intencional (dioxinas y furanos).

TIPO DE FUENTE	EMISIÓN (GR. EQT/AÑO)	PORCENTAJE (%)
Procesos de quema a cielo abierto	75,95	80
Generación de energía y calor	5,21	5
Otros varios	4,32	5
Eliminación relleno sanitario	4,28	5
Incineración de residuos	2,45	3
Productos minerales	1,40	1
Producción y uso de productos químicos y artículos de consumo	1,08	1
Transporte	0,23	0
Producción de metales ferrosos y no ferrosos	0,00	0
TOTAL	94,92	100

A continuación, se indican algunos ejemplos de MTD y MPA para las principales fuentes de COP de producción no intencional con base en las **“Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes”** (PNUMA, 2007).

¿CUÁLES SON LAS MTD/MPA PARA LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS (SÓLIDOS URBANOS, PELIGROSOS Y LODOS DE ALCANTARILLADO)?

El Convenio de Estocolmo señala a las incineradoras de residuos como industrias con un potencial de formación y liberación, relativamente alto, de COP como: dioxinas y furanos; HCB; y PCB.

INCINERACIÓN DE RESIDUOS	
MTD	MPA
→ La selección apropiada del sitio. → Ingreso y control de desechos. → Técnicas adecuadas de combustión. → Tratamiento de los gases de combustión de los residuos sólidos y de los efluentes. → Sistema de monitoreo de emisiones.	Procedimientos ex situ: → La gestión integral. → El estudio de las repercusiones ambientales del emplazamiento. Procedimientos in situ: → La inspección, manipulación y funcionamiento de incineradores. → Prácticas de gestión y manipulación de residuos adecuadas.

CASO 1: CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS DE INCINERACIÓN NUEVAS

- Se deben priorizar estrategias de gestión integral de residuos, incluyendo la incorporación de criterios de economía circular, la reducción de la generación, a través de la separación, recuperación, reutilización, reciclaje y la promoción de productos que generen menos desechos y con mayor vida útil.
- También se deben priorizar a los métodos que prevengan la formación y liberación de contaminantes orgánicos persistentes.

CASO 2: EMISIONES DE GASES O PARTÍCULAS EN LOS INCINERADORES

Para evitar emisiones de gases o partículas, los incineradores deben:

- Estar equipados con sistemas eficaces de limpieza de gases de combustión que, en muchos casos, funcionan con convertidores catalíticos o añadiendo carbón activado a los gases de combustión o depuradores.
- Si se descarga agua de los depuradores, debe ser tratada.
- Las cenizas volantes de los precipitadores electrostáticos y los residuos de los equipos de contaminación atmosférica casi siempre contienen cantidades considerables de COP no intencionales.

CASO 3: REDUCCIÓN DE EMISIONES DE DIOXINAS Y FURANOS (MEDIANTE PROCESOS DE LIMPIEZA DE GASES DE ESCAPE)

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| → Cámaras de postcombustión. | → Procesos de depuración. |
| → Sistemas de enfriamiento brusco. | → Procesos de desorción. |
| → Separación de polvos. | → Oxidación catalítica. |

CASO 4: QUEMA A CIELO ABIERTO DE DESECHOS, INCLUIDA LA QUEMA EN VERTEDEROS

→ La quema a cielo abierto es un proceso inaceptable en términos ambientales, que genera sustancias que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo y varios otros contaminantes, producto de combustión incompleta. Lo más recomendable es aplicar la normatividad vigente en el Paraguay, la Ley 3956/09 de Gestión Integral de Residuos Sólidos que prohíbe la quema bajo esas condiciones, sancionando a los infractores, y la Ley N.º 836 de Código Sanitario (Título II de la salud y el medio ambiente, Capítulo I del saneamiento ambiental de la contaminación y polución en sus artículos 66, 67 y 68). Asimismo, si se tienen Programas de gestión de residuos que minimicen la generación y favorezcan esquemas de reciclaje, recuperación y tratamiento, se reducirá la cantidad de material que se elimina por quema a cielo abierto.

¿CUÁLES SON LAS MPA PARA PREVENIR INCENDIOS EN VERTEDEROS?

Los incendios en vertederos de residuos sólidos urbanos (RSU) generan emisiones de contaminantes al ambiente (Ej. dioxinas y furanos) y son un riesgo para la integridad de las personas que operan el vertedero sobre todo cuando el fuego se propaga de manera incontrolada por acción de los vientos. A continuación, se enlistan las MPA asociadas a la prevención de incendios en vertederos:

MPA para la prevención de incendios en vertederos

1. Ejercer controles operacionales en los vertederos, llevándolos a operar con criterios de rellenos sanitarios.
2. Disponer en las celdas solo los residuos orgánicos.
3. Realizar la cobertura diaria de los residuos situados en las celdas.
4. Contar con un plan de vectores que incluya fumigaciones contra insectos y control de roedores.
5. Segregación de residuos combustibles, sean en fuente (lo ideal) o in situ mediante la instalación de infraestructura adecuada (planta de reciclado).
6. Señalización adecuada sobre la prohibición del uso de fuego dentro del vertedero.
7. Supervisión permanente sobre la ausencia de focos de incendios.
8. Habilitar un mecanismo de comunicación permanente a las autoridades y grupos de respuesta a casos de incendios, así como una lista de contactos.
9. Habilitar un medio de transporte de uso permanente, para casos de necesidad de traslados de personas a centros asistenciales de salud, por causas de incendios.
10. Contar con un plan de respuestas para casos de incendios, validado y socializado dentro de la organización.
11. Contar con un sistema de captación y venteo de gases.

¿QUÉ MEDIDAS SE PUEDE APLICAR (MPA) PARA PREVENIR LA QUEMA DE BIOMASA?

La quema no controlada de pastizales, áreas forestales y zonas agrícolas (biomasa) son una fuente de emisión de contaminantes atmosféricos, incluyendo a las dioxinas y furanos. A continuación, se mencionan algunas prácticas ambientales para prevenir incendios.

MPA para prevenir la quema de biomasa

1. Prevenir el inicio de fuego en áreas de esparcimiento que contengan pastizales, mediante señalización y concienciación a usuarios.
2. En áreas productivas agrícolas disponer de un Plan de Gestión Ambiental que aborde el manejo de residuos vegetales y de restos de combustibles que podrían favorecer la expansión de incendios vegetales.
3. Ejecutar tareas de difusión sobre la importancia de realizar quemas controladas y autorizadas por las instituciones, cuando la misma se encuentre justificada plenamente.
4. Reemplazar la quema de barbechos y restos vegetales en la etapa de preparación del suelo por la incorporación de residuos orgánicos.
5. Controlar el cumplimiento de la Ley 3956/09 de Gestión Integral de Residuos Sólidos, que entre otras cosas prohíbe la quema.

¿CUÁLES SON LAS MTD Y MPA PARA LA GESTIÓN DEL SULFONATO DE PERFLUOROCTANO (PFOS)?

Paraguay no tiene producción industrial de PFOS; sin embargo, es importante que los tomadores de decisiones tengan conocimiento de las MTD/MPA para la gestión de los PFOS que se aplican en caso de presentarse dicha problemática a futuro. Sin embargo, cabe destacar que estos compuestos pueden estar presentes en ciertos productos importados.

MTD/MPA para la gestión de PFOS

1. Implementar y adherirse a un sistema de gestión ambiental (SGA) internacionalmente aceptado, como ISO 9001 e ISO 14001.
2. En la etapa de diseño de la planta, considerar el impacto ambiental del eventual desmantelamiento de la unidad.
3. Considerar el desarrollo de tecnologías más limpias.
4. Disponer en todo momento de personal suficiente para el servicio con las cualificaciones requeridas.
5. Educación adecuada de los trabajadores sobre la manipulación, el almacenamiento, el uso y la eliminación de productos químicos y auxiliares, especialmente en el caso de sustancias peligrosas.
6. Capacitación específica sobre procesos y maquinaria para aumentar el nivel de conciencia ambiental.
7. Mantenimiento regular de los equipos técnicos (máquinas en producción, así como dispositivos de reducción y recuperación, como filtros y depuradores); mantenimiento general (por ejemplo, bombas, válvulas, interruptores de nivel).
8. Calibración de equipos de medición y dispensación de productos químicos.
9. El desagüe nunca es un sistema de eliminación adecuado para los productos químicos.
10. Garantizar la provisión de todos los detalles de las actividades realizadas en el lugar, tales como:

- Descripción de los métodos y procedimientos de tratamiento de residuos en el lugar de instalación.
 - Diagramas de los principales elementos de la planta que tienen alguna relevancia ambiental, junto con diagramas de flujo de proceso (esquemas).
11. Detalles sobre la filosofía del sistema de control y cómo el sistema de control incorpora la información de monitoreo ambiental.

¿QUÉ ES EL PFOS Y PORQUÉ EXISTEN CONDICIONES DE MANEJO PARTICULARES PARA ESTAS SUSTANCIAS?

Las sustancias perfluoroalquiladas, como el sulfonato de perfluorooctano o ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) y el ácido perfluorooctanoico (PFAS), no se producen de manera natural; su existencia se origina en la producción antropogénica. Este ciclo de vida considera su producción intencional, como el almacenamiento, transporte, consumo y disposición final. Por sus impactos en la salud, la producción de PFOS se debe realizar con altos estándares de seguridad y el uso de protección personal y sistemas de ventilación adecuados (INECC, 2017).

1. El PFOS se ha utilizado en diversos productos debido a sus propiedades tensioactivas y su resistencia/repelencia superficial al aceite, el agua, la grasa o la suciedad. El PFOS se produce y forma intencionalmente mediante la degradación de un amplio grupo de sustancias relacionadas, conocidas como PFAS. Los usos intencionales del PFOS se pueden encontrar en componentes eléctricos y electrónicos, espumas contra incendios, sistemas de imágenes fotográficas, fluidos hidráulicos, cuero, papeles y cartones y textiles (UNEP, 2020).
2. El PFOS en los artículos sigue siendo, y posiblemente seguirá siendo, un problema para todos los países que importan productos que contienen PFOS, aun cuando no sean fabricados ni importados por el país. Sin embargo, esta sustancia ha sido sustituida fundamentalmente con análogos de cadenas más cortas y fluorotelómeros, y también con productos químicos no fluorados como las siliconas, entre otros.

En Paraguay se reportan existencias de productos con PFOS (SEAM, 2017):

1. Diferentes artículos de consumo, tales como: cuero, papel y cartón, productos de limpieza, recubrimientos de pintura, textiles y tapicería, alfombras sintéticas, dispositivos médicos, tóner y tinta para impresora (30%).
2. Espumas contra incendios, aceites de aviación y plaguicidas (sulfluramida) (70%).

A continuación, se hace una breve descripción de las condiciones de manejo de esos productos (PNUMA, 2017a).

Condiciones de manejo de productos con PFOS

1. Para el caso de la fabricación de artículos como productos textiles, muebles, ropa, envases de alimentos, entre otros, se tiene un riesgo potencial para la salud humana, ya que la exposición con los PFOS es directa y propicia liberaciones en aguas residuales tanto domésticas como industriales y emisiones al aire por medio del polvo doméstico. Como no se cuenta con alternativas viables de sustitución de PFOS para todos los productos, se recomienda minimizar el uso de estos.
2. En dispositivos médicos los PFOS se encuentran presentes en endoscopios, por lo que se deben recolectar los dispositivos existentes en el mercado. Afortunadamente, existen alternativas técnicamente viables que permiten sustituir a los PFOS en esta aplicación (INECC, 2017).

3. Las espumas contra incendios con PFOS tienen una vida útil de entre 10 y 20 años o inclusive mayores periodos de tiempo. Existen alternativas químicas que sustituyen el uso de los PFOS en las espumas, por lo que se recomienda el desuso y eliminación.
4. Toda industria que maneje productos relacionados con PFOS o tenga acceso a su disposición de residuos debe contar con la información completa de datos de seguridad, rotulando cada envase y utilizando contenedores especiales para evitar fugas y derrames. No se recomienda su reciclaje, por lo que se deben eliminar los productos impregnados con PFOS.

Existen diversas tecnologías para la eliminación de productos con PFOS, dependiendo de la naturaleza y los tipos de residuos, como son los métodos de adsorción, nanofiltración, osmosis inversa, lavado con disolventes e incineración, entre otros. Las principales alternativas para sustitución de PFOS pueden ser sustancias no fluoradas u otros materiales y tecnologías que aporten propiedades similares dependiendo del uso que se les proporcione (INECC, 2017).

¿CUÁLES SON LAS MPA PARA LA GESTIÓN DE ESPUMAS CONTRA INCENDIOS?

De acuerdo con ITRC (2023), la espuma formadora de película acuosa (AFFF por sus siglas en inglés) es un agente contraincendios muy eficaz que se usa para extinguir incendios de líquidos inflamables.

Las espumas contra incendios de clase B son soluciones de surfactantes comerciales que están diseñadas y utilizadas para extinguir incendios de combustibles inflamables de clase B (combustibles líquidos como la gasolina, alcohol, petróleo). No son iguales todas las espumas de clase B, existen las espumas fluoradas que contienen PFAS y las espumas sin flúor (F3) que no contienen PFAS.

MPA para el uso de espumas contra incendios de clase B (Coalición de espuma contra incendios)

1. Espumas de entrenamiento: Utilice espumas que no contengan tensioactivos fluorados.
2. Pruebas y puesta en marcha de sistemas fijos y sistemas de distribución de vehículos: Utilice métodos de prueba de líquidos sustitutos que no contengan tensioactivos fluorados.
3. Proporcionar contención, tratamiento y eliminación adecuada de cualquier solución de espuma: No se libere directamente al medio ambiente;
4. Desarrollar planes de escurrimiento de aguas contra incendios.
5. Recoger y contener la escurrimiento de agua de fuego.
6. Tratar la escurrimiento de agua refractaria con una combinación de coagulación, floculación, electrofloculación, ósmosis inversa y adsorción en carbón activado (GAC) e incinerar el carbón activado o incinerar la escurrimiento de agua contra incendios en el equipo adecuado.
7. Eliminación de espumógeno de clase B: Envío para su destrucción térmica (incineración a alta temperatura) a una instalación autorizada para la manipulación de residuos halogenados o equivalentes.

¿CUÁLES SON LAS MPA USADAS PARA EL MANEJO DE ACEITES DE AVIACIÓN?

MPA para el manejo de aceites de aviación, medidas preventivas:

1. Caracterizar si el fluido (aceites de aviación) contiene PFOS.
2. Almacenar de manera adecuada, tambores y otros recipientes que contengan aceites de aviación.
3. Área específica asignada, señalizada, de acceso restringido.
4. Piso impermeable con contenedor de derrames.
5. Señalización sobre medidas preventivas y de seguridad según los tipos de eventos que podrían desencadenarse.
6. Disponer de las fichas técnicas y de seguridad de cada sustancia.
7. Tener en consideración la norma de compatibilidad química para casos de eventual almacenamiento conjunto con otras sustancias.
8. Disponer y mantener medidas de detección y combate de incendios en condiciones apropiadas, según las normas vigentes.
9. Disponer de material absorbente para casos de derrames y salpicaduras.
10. Disponer de equipos de protección individual en el área de almacenamiento.
11. Capacitación periódica al personal operativo en: Riesgos asociados al manipuleo de sustancias químicas, buenas prácticas operativas, prevención y combate de incendios.

Medidas correctivas:

1. Colectar de manera segregada los restos que resulten de absorber derrames y salpicaduras, luego manejarlos como residuos peligrosos.
2. Colectar los restos de aceites removidos de las aeronaves en recipientes apropiados, en condiciones de estanqueidad, con tapas y señalizados.
3. Disponer los aceites usados para usos permitidos y habilitados por el MADES. Mantener registros de eventos de disposición de estos restos.

¿CÓMO IMPLEMENTAR MTD Y MPA EN LA GAR DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO Y SUS COMPUESTOS QUE LOS CONTENGAN O ESTÉN CONTAMINADOS CON ESTAS?

En Paraguay, las principales fuentes de emisión de mercurio son las mostradas en la Figura 5.6 (CCCB-CRCE, 2017).

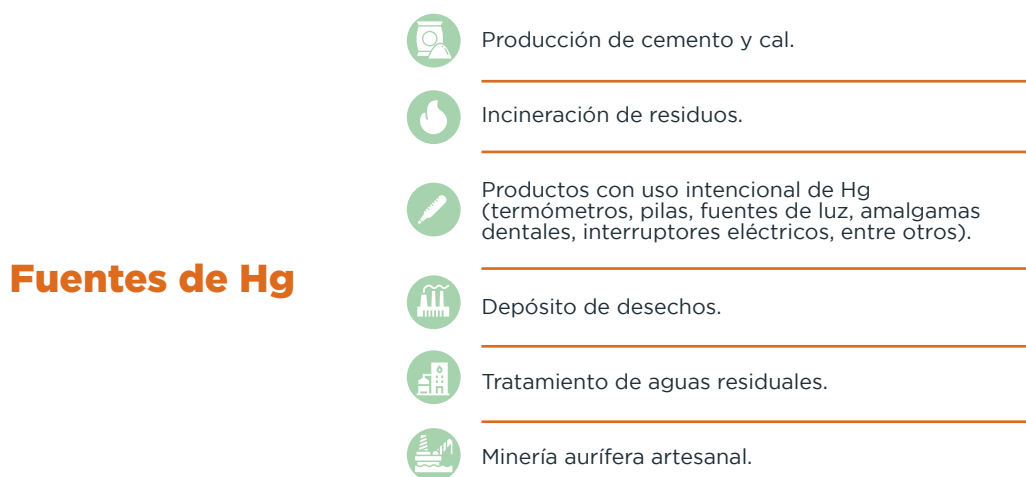


Fig. 5.6. Principales fuentes de emisión de mercurio (Hg) en el Paraguay.

En el año 2014, se liberaron 13.430 kg de mercurio, como emisiones, a través de las diferentes fuentes: aire (59%); desechos (20%); agua (12%); tierra (7%); y como tratamiento/eliminación específica del sector (2%), representando el porcentaje más bajo de las emisiones como subproductos e impurezas. Un mayor detalle sobre el inventario de mercurio e identificación de emisiones y recursos está disponible en el Capítulo III de la “Evaluación inicial del Convenio de Minamata en Paraguay”.

Se recomienda a los tomadores de decisiones la revisión de los documentos: a) “Directrices sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales” (PNUMA, 2017) y b) “Liberaciones de mercurio: aprobación de las orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes (artículo 9)” (PNUMA, 2023).

¿QUÉ MEDIDAS SE DEBEN CONSIDERAR PARA LA PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN AL MÍNIMO DE LOS RESIDUOS DE PROCESOS?

De acuerdo con el Convenio de Minamata, cuando se desarrolle una estrategia o plan para reducir o controlar las liberaciones de Hg al ambiente, se deben considerar una o varias medidas de las siguientes, según corresponda:

1. Valores límite de liberación para controlar y, cuando sea viable, reducir las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes.
2. El uso de las MTD y las MPA para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes.
3. Una estrategia de control de múltiples contaminantes que aporte beneficios paralelos para el control de las liberaciones de mercurio.
4. Otras medidas encaminadas a reducir las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes.
5. Reducir la oferta de mercurio y controlar su comercio internacional.
6. Reducir la demanda de mercurio en los productos, los procesos de fabricación y la minería artesanal y a pequeña escala del oro.
7. Reducir las emisiones y liberaciones de mercurio en la atmósfera, los suelos y el agua.
8. Asegurar el almacenamiento provisional ambientalmente racional del mercurio y de los compuestos de mercurio.
9. Asegurar el manejo ambientalmente racional de los desechos de mercurio.
10. Saneamiento de los lugares contaminados.
11. Promover la creación de capacidad, la prestación de asistencia técnica y la transferencia de tecnología, también mediante la concertación de arreglos específicos financieros y de otra índole.

Recomendaciones claves

1. **Evitar incinerar desechos con mercurio en instalaciones que no tengan sistemas adecuados de tratamiento de gases.**
2. **Establecer y controlar límites de emisiones.**
3. **Eliminar primero los productos con mercurio añadido antes de enviarlos a incineración.**

MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

En la selección de las MTD, que deben ser técnica y económicamente realizables, se debe tener en cuenta una serie de factores, entre ellos:

1. Antigüedad de los equipos e instalaciones.
2. Procesos empleados.
3. Cambios en los procesos.
4. Efectos ambientales distintos de la calidad del agua.
5. Costo de aplicación de las técnicas.

El proceso de selección y aplicación de las MTD puede englobar cinco etapas (PNUMA, 2023) y se detalla en la Figura 5.7:

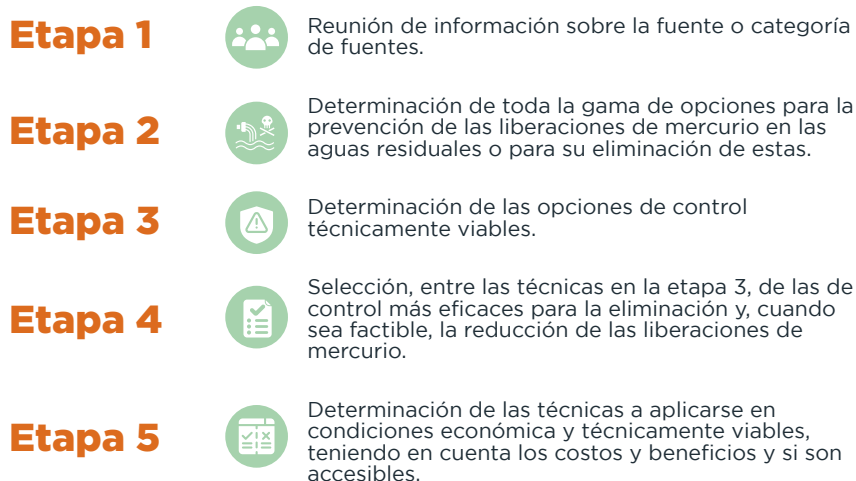


Figura 5.7. Etapas del proceso de selección y aplicación de las MTD.

¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE LAS LIBERACIONES DE MERCURIO PRINCIPALMENTE AL SUELO Y EL AGUA?

La mayoría de las técnicas para controlar las liberaciones de mercurio al suelo y al agua están relacionadas con la eliminación del mercurio de las aguas residuales (PNUMA, 2023) (Figura 5.8).

MTD para el control de las liberaciones de mercurio

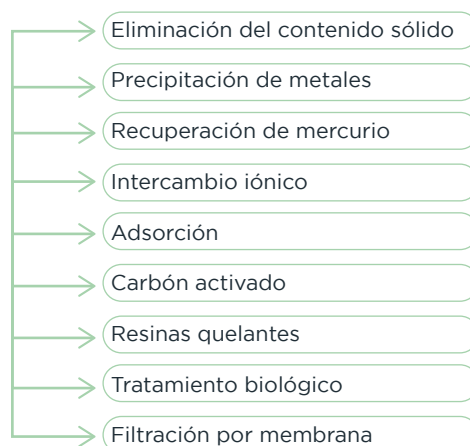


Figura 5.8. Técnicas para controlar las liberaciones de mercurio al suelo y al agua.

¿CUÁLES SON LAS MTD Y MPA PARA FUENTES DE LIBERACIÓN DE MERCURIO PARA HORNOS DE CEMENTO?

MTD para el tratamiento de los gases de combustión.

Las MTD para el tratamiento de los gases de combustión son aplicables, en sentido general, a las instalaciones nuevas y en uso, a menos que se especifique otra cosa.

1. **Filtros textiles** que tienen la ventaja de que, cuando se utilizan junto con la inyección de materiales absorbentes semisecos o secos, proporcionan una filtración adicional y una superficie reactiva en la torta del filtro.
2. **Precipitadores electrostáticos**, en combinación con los sistemas húmedos, son empleados para lograr bajas emisiones de mercurio.
3. Los **sistemas secos y semisecos** tienen la ventaja de que no hay que someterlos posteriormente a tratamiento con efluentes (PNUMA, 2017b). Cuando se usa un sistema seco, la inyección de carbón activado mezclado con carbonato hidrosódico o hidróxido de calcio antes de pasar por el filtro textil puede reducir las emisiones de mercurio en más del 95%.
4. Es esencial un mantenimiento eficaz y continuo de los sistemas de filtración.

MTD y MPA para la incineración de RSU e industriales

Durante el proceso de incineración de residuos, el mercurio está presente casi exclusivamente en la etapa de vapor de los gases de combustión y al enfriarse estos, el mercurio se oxida y forma compuestos de mercurio oxidado, los cuales son inestables en estos gases y bajo determinadas condiciones atmosféricas (PNUMA, 2017).

1. Infraestructura regulatoria con suficiente capacidad para que los incineradores puedan controlar y monitorizar periódicamente las emisiones de mercurio.
2. Suministro de información y educación del público, los usuarios y los encargados de adoptar decisiones acerca de las consecuencias ambientales de la elección de actividades específicas y la selección de productos, así como la eliminación final.
3. Establecimiento y aplicación de códigos de buenas prácticas ambientales.
4. Aplicación de etiquetas que guíen a los que manipulen la corriente de desechos para que remitan los componentes hacia el tratamiento apropiado.
5. Aplicación de etiquetas que informen a los consumidores de los riesgos ambientales para que puedan adoptar decisiones fundamentadas sobre sus opciones.
6. Uso de los recursos, en particular la energía.
7. Integración de los sistemas de recogida y eliminación de residuos en los hogares, el comercio y la industria para garantizar la gestión de todos los desechos de manera ambientalmente racional.
8. Evitar el uso de sustancias peligrosas o productos que contengan sustancias peligrosas y la generación de desechos peligrosos.
9. Reciclado, recuperación y reutilización.
10. Aplicación de instrumentos económicos, sistemas de concesión de licencias, restricciones, prohibiciones, certificaciones, normas u otros instrumentos normativos.
11. Evaluación del ciclo de vida útil del mercurio como perspectiva importante para la gestión ambientalmente racional de los desechos de mercurio, en la tarea de reducir la presencia de mercurio en el proceso de incineración de los residuos.
12. Reconocimiento de la importancia de la participación del público en los procesos de aprobación de permisos.

Metodología de las MPA para la incineración de desechos que contengan mercurio o estén contaminados con este

- I. Prevención de los desechos antes de la incineración.
- II. Prácticas de funcionamiento y gestión del incinerador.
- III. Prácticas de funcionamiento y gestión después de la incineración.

¿CUÁLES SON LAS MTD Y MPA PARA LA FABRICACIÓN DE CEMENTO?

Las emisiones de mercurio para la fabricación de cemento se pueden reducir aplicando medidas primarias, medidas secundarias y, paralelamente, técnicas de control de múltiples contaminantes (Figura 5.9):



Figura 5.9. MTD/MPA para la fabricación de cemento.

¿CÓMO PODEMOS PREVENIR Y REDUCIR AL MÍNIMO LOS DESECHOS DE PRODUCTOS QUE CONTIENEN MERCURIO Y COMPUESTOS DE MERCURIO?

El mercurio posee propiedades importantes como la dilatación térmica y la conductividad eléctrica, las cuales han sido ampliamente explotadas para la fabricación de productos; es por ello que, en la corriente de los RSU aún se encuentran productos que contienen mercurio y/o compuestos de mercurio, por ejemplo: termómetros, barómetros, manómetros, esfigmomanómetros, algunos tipos de válvulas como las de las bombas de vacío, interruptores de mercurio, lámparas fluorescentes y compactas, lámparas de alumbrado público (HID) y otros dispositivos eléctricos. Asimismo, el mercurio ha sido ampliamente usado en amalgamas odontológicas, las cuales se han ido sustituyendo, de forma paulatina, con nuevos materiales (MVOTMA, 2017)⁵.

Son dos las principales medidas que se han considerado a nivel mundial para prevenir y reducir al mínimo los desechos de productos que contienen mercurio y compuestos de mercurio:

- **Con la introducción de alternativas que no contienen mercurio y la prohibición de los productos que contienen mercurio y compuestos de mercurio** (Art. 4, junto con el Anexo A del Convenio de Minamata).
- Como medida de transición, el **establecimiento de límites máximos al contenido de mercurio** en los productos para los que en el futuro previsible no se dispone de alternativas sin mercurio.

⁵ MVOTMA (2017). Guía para el almacenamiento de residuos con mercurio. Pautas para embalaje, etiquetado y almacenamiento de mercurio y sus desechos en Uruguay. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. 28 pp. https://www.gob.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Guia_para_el_almacenamiento_de_residuos_con_mercurio.pdf

¿EXISTEN ALTERNATIVAS DE SUSTITUCIÓN DE MERCURIO EN ALGUNOS PRODUCTOS?

La sustitución del mercurio en los productos depende de factores como la eficacia o el desempeño de los sustitutos, el costo de los sustitutos y el costo total del producto, los efectos en el medio ambiente y la salud humana de los sustitutos, la tecnología, las políticas oficiales y las economías de escala. Ya se dispone de muchos tipos de alternativas que no contienen mercurio como:

13. Termómetros digitales con termistor, termómetros con colorante alcohólico, termómetros timpánicos infrarrojos, termómetros infrarrojos de arteria temporal, termómetros con base en termocuplas, entre otros¹.
14. Tensiómetros: los instrumentos aneroides y los oscilométricos⁶
15. Tubos LED son la opción más popular para reemplazar los tubos fluorescentes con mercurio.
16. Pilas sin mercurio añadido (SEMARNAT, 2017).

ADQUISICIÓN DE PRODUCTOS QUE NO CONTIENEN MERCURIO

→ Se deberán alentar los **programas de adquisición de productos que no contienen mercurio** a fin de procurar la prevención de los desechos y promover el uso de productos que no contienen o que contienen poco mercurio. Ej. Crear incentivos financieros y aplicar a los programas de las instituciones oficiales y de salud.

Manipulación, separación, recogida, empaque, etiquetado, transporte y almacenamiento de desechos de mercurio

1. Para garantizar que las liberaciones de mercurio o compuestos de mercurio se mantengan al mínimo, **es importante primero concienciar a las personas que intervienen en la manipulación, separación, recolección, empaque, etiquetado, transporte y almacenamiento** (por ejemplo, transportistas, recicladores y operadores de tratamiento) sobre los riesgos del mercurio.
2. **En los materiales de consulta se puede obtener orientación** sobre la manipulación, la separación, la recogida, el empaque, el etiquetado, el transporte y el almacenamiento de desechos de mercurio⁷⁸⁹.

6 Reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio en la atención de salud. Disponible en el sitio web de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

7 PNUD, 2010. Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud

8 OMS, 2010. Uso futuro de materiales de restauración dental (Capítulo 6. Mejores prácticas para el manejo de los desechos de amalgama).

9 The Lamp Recycling Outreach Project, (sf), Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts).

¿CÓMO SE PUEDE RECUPERAR EL MERCURIO?

La recuperación del mercurio a partir de los desechos sólidos incluye el tratamiento previo; tratamiento térmico; y purificación. El detalle (Figura 5.10).

Procesos de recuperación de mercurio (Hg)

TRATAMIENTO PREVIO



Trituración mecánica, separación por aire (lámparas fluorescentes); desmontaje /separación del Hg de productos eléctricos que lo contienen como relés, monitores de computadoras y de televisión.

TRATAMIENTO TÉRMICO



Si se utilizan instalaciones de tratamiento térmico para la recuperación de mercurio de los desechos que contienen mercurio o compuestos de mercurio o que están contaminados con estos, como los fangos cloacales, los suelos contaminados y otros desechos de sitios contaminados, deberán dotarse de equipos con tecnología de captación de vapores de mercurio (ITRC, 1998; Chang y Yen, 2006).

PURIFICACIÓN



Tras el tratamiento de los desechos, el mercurio recogido es purificado mediante destilación sucesiva (USEPA, 2000).

Figura 5.10. Procesos recuperación de mercurio.

¿CUÁLES SON LOS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DEFINITIVA DEL MERCURIO?

Métodos de eliminación definitiva del mercurio



Los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio se deberán estabilizar y/o solidificar antes de su eliminación definitiva. Se pueden aplicar dos procedimientos químicos fundamentales al proceso de Estabilización/Solidificación (E/S) de los desechos de mercurio (Hagemann, 2009):

- **Conversión química** del sulfuro mercúrico.
- **Amalgamación** (formación de una aleación sólida con los metales idóneos).

Cuando los desechos consistentes en mercurio o compuestos de mercurio resultantes de la E/S son eliminados en un relleno de seguridad, **se deberá prestar especial atención a la estabilidad térmica** de dichos desechos.

¿QUÉ ACCIONES SE DEBEN CONSIDERAR PARA EL ALMACENAMIENTO SEGURO DE MERCURIO?

Una alternativa para un manejo seguro del mercurio es su almacenamiento seguro; para ello se debe contar con un diagnóstico de las principales fuentes de Hg y sus movimientos transfronterizos, para contar con inventarios que permitan determinar las cantidades de mercurio que podrán almacenarse (LATU-UNEP, 2010). A continuación, se presenta una secuencia de acciones a adoptar para el almacenamiento de mercurio (LATU-UNEP, 2010):

1. Diagnóstico e identificación de las principales fuentes de generación de exceso de mercurio.
2. Inventario de las características y cantidades de mercurio generado por fuente y región.
3. Identificación de los posibles tipos de almacenamiento en el país o, alternativamente, posibles exportaciones.
4. Planificación del proceso de almacenamiento en el país según las prioridades, la ubicación y la infraestructura necesaria.
5. Identificación de las necesidades y los tipos de pretratamiento aplicables al mercurio para garantizar su adecuación para el almacenamiento.
6. Determinación del sistema de envasado y transporte de mercurio.
7. Definición de los criterios de aceptación del mercurio y su gestión en el lugar de almacenamiento.

De acuerdo con la literatura, el almacenamiento para su disposición final de los residuos de mercurio se puede realizar de la siguiente forma (LATU-UNEP, 2010) (Figura 5.11):

Almacenamiento de los residuos de mercurio en rellenos de seguridad



Almacenamiento en instalaciones superficiales para el almacenamiento de mercurio metálico o sus compuestos.



Las instalaciones de ingeniería especialmente diseñados y equipados para almacenar mercurio durante un período prolongado, evitando emisiones al medio ambiente.



Deben contar con barreras de protección artificiales y de ingeniería contra la liberación de mercurio metálico en forma de lixiviados, vapores o sólidos contaminados.

Figura 5.11. Almacenamiento de residuos de mercurio.





COSTO DE LA INACCIÓN.

¿Cuáles son los beneficios o ventajas de actuar para reducir los impactos de los residuos peligrosos contra no hacer nada?

¿El gobierno de Paraguay debería realizar estimaciones económicas de los impactos económicos, sociales, ambientales y en la salud pública por el mal manejo de los residuos peligrosos?

La falta de un enfoque preventivo basado en el conocimiento para gestionar los impactos de las sustancias químicas a lo largo de su ciclo de vida genera riesgos significativos para la salud humana y los ecosistemas, y conlleva costos económicos para las personas, las empresas y la sociedad en su conjunto.

¿QUÉ ES EL COSTO DE LA INACCIÓN EN LA GESTIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS?

Concepto principal: Inacción	Definición (OECD, 2008): “Falta de desarrollo de nuevas políticas más allá de las existentes”. También (UNEP, 2013): “Falta de aplicación de las políticas nacionales y regionales existentes sobre la gestión racional de las sustancias químicas o de los convenios y protocolos internacionales”.
¿Qué es el costo de la inacción?	1. No es simplemente “no hacer nada”. 2. Es el costo de no tomar la acción adecuada en el momento oportuno. 3. Subraya las consecuencias negativas de omitir decisiones importantes.

Fuente: Pontet y Lejtregger (2016).

EL COSTO DE LA INACCIÓN NO SE MIDE EN LO QUE NO SE HIZO, SINO EN LO QUE SE PERDIÓ POR NO ACTUAR.

Implicaciones de la inacción en la gestión de sustancias químicas:	Riesgos a la salud pública.
	Daños al ambiente.
	Costos económicos a largo plazo.
	Pérdida de oportunidades para prevenir impactos.

EL COSTO DE NO ACTUAR: COP Y MERCURIO.

¿Por qué importa la inacción ante los COP y el mercurio?	1. Impactos económicos, sociales, ambientales y de salud pública. 2. Costos significativos en: salud, productividad y medio ambiente.
---	--

Los impactos de la contaminación se reflejan en mayores costos debido a los gastos en salud, pérdida de productividad por el ausentismo laboral debido a las incapacidades por enfermedades ocasionadas por la exposición a contaminantes.

Contaminación del aire en ciudades (2013)	Pérdidas de bienestar: USD 1,52 billones Pérdidas por trabajo perdido: USD 94 mil millones
--	---

Fuente: WB, IHM, 2016.

Los resultados de no hacer nada se reflejan muy bien en la Figura 6.1, si la generación global de residuos sólidos municipales sigue como actualmente se lleva a cabo, tendrá costos mucho más grandes que si se aplican medidas de control y los ahorros serán mayores si en los sistemas de manejo de residuos se aplicaran estrategias de economía circular.

Proyecciones al 2050 según el informe de ONU Medio Ambiente

ESCENARIO “BUSINESS AS USUAL” (GESTIÓN TRADICIONAL):
Costo total de RSM: USD 640.300 billones
Externalidades: USD 443.000 millones
ESCENARIO “RESIDUOS BAJO CONTROL”:
Costo total de RSM: USD 270.200 billones
Externalidades se reducen a: USD 263.600 millones
Se aplican acciones en etapas iniciales y finales
ESCENARIO “ECONOMÍA CIRCULAR”:
Ganancia neta anual proyectada: USD 108.500 billones, (escenario al 2050)
Basado en: prevención de residuos, prácticas sostenibles y gestión integral

Fuente: UNEP, 2024.

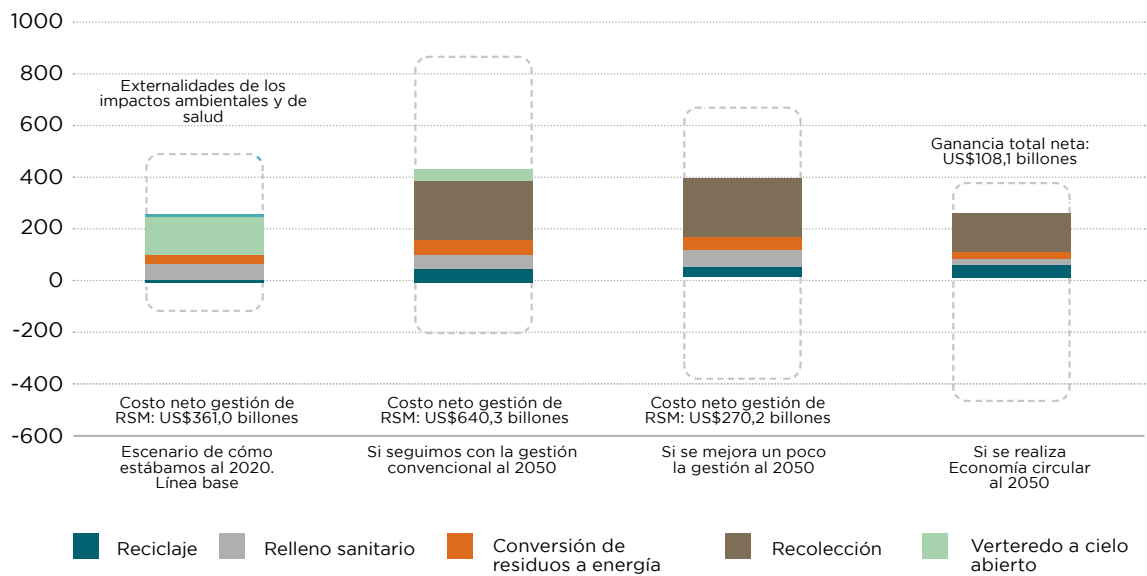


Figura 6.1. Costo global de gestión de los residuos sólidos municipales bajo tres escenarios proyectados al 2050.

Fuente: UNEP (2024).

Tabla 6.1. Costo Global de gestión de los residuos bajo tres escenarios (US\$ 2020).

2020	2050	2050	2050
LÍNEA BASE	GESTIÓN DE RESIDUOS CONVENCIONAL	RESIDUOS BAJO CONTROL	ECONOMÍA CIRCULAR
361,0 billones USD	640,3 billones USD	270,2 billones USD	108,1 billones USD

Fuente: UNEP (2024).

EL ALTO COSTO DE NO ACTUAR ANTE LOS COP Y EL MERCURIO

1. Impacto Económico Global



Emisiones de mercurio

→ USD 20 a 30 billones/año*

COP en Europa (salud)

→ Costos médicos anuales (sin incluir pérdida de bienestar):

- Mínimo: USD 54.000 millones.
- Máximo: USD 264.000 millones.

* Fuente: Gobierno de Canadá.

2. Daños Ambientales por Emisiones



Emisiones de COV y mercurio

→ Representan 5,7% - 13% de las pérdidas anuales en biodiversidad y ecosistemas.

→ Estimadas en USD 2 - 4,5 billones/año.

Fuente: UNEP, 2013.

3. ¿Es más caro actuar o no actuar?



Costos de mitigación (actuar):

→ Más de 20 veces inferiores que los costos de inacción.

→ Los beneficios de actuar superan ampliamente los costos.

Ejemplo: Unión Europea y Programas Nacionales de Control de la Contaminación Atmosférica.

En un estudio desarrollado por Trasande (2016), en el análisis de Hg en muestras de cabello en sitios específicos de 15 países, se encontraron niveles promedio de mercurio que se situaron entre 0,48 ppm y 4,60 ppm, y el 61% de los participantes presentó concentraciones de mercurio en el cabello superiores a 1 ppm, el nivel que corresponde aproximadamente a la dosis de referencia de la EPA de Estados Unidos. Se identificaron 1.310 casos adicionales anuales de discapacidad intelectual atribuibles a la exposición al mercurio (4.110 suponiendo que no se aplicara un nivel de referencia). A nivel Latinoamérica, en Uruguay se identificaron 3 casos de pérdida de coeficiente de inteligencia con un nivel de referencia que rebasa el límite de 1 parte por millón (ppm) en zonas cercanas a una planta de cloro-álcali, mientras que en México se encontraron 803 casos en áreas cercanas a plantas de incineración, de cloro-álcali y refinerías de petróleo (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Poblaciones afectadas, pérdida estimada de CI, aumento de la discapacidad intelectual

PAÍS	PUNTOS PERDIDOS DE CI. NIVEL DE REFERENCIA 1 PPM (SIN NIVEL DE REFERENCIA)	PÉRDIDA ANUAL DE PRODUCTIVIDAD ECONÓMICA, 2010. NIVEL DE REFERENCIA 1 PPM (SIN NIVEL DE REFERENCIA)
Albania	5 (53)	\$16.400 (\$191.000)
Bangladesh	149 (2.239)	\$102.000 (\$1.920.000)
Bielorrusia	552 (1.837)	\$3.310.000 (\$11.000.000)
Camerún	60.952 (80.025)	\$54.700.000 (\$71.800.000)
Islas Cook	56 (114)	\$699.000 (\$1.420.000)
India	191 (3.875)	\$297.000 (\$5.880.000)
Indonesia	520 (885)	\$961.000 (\$1.630.000)
Kenia	2.521 (4.942)	\$1.710.109 (\$3.350.000)
México	803 (2.459)	\$5.150.072 (\$5.150.000)
Nepal	67 (1.018)	\$37.600 (\$572.000)
Rusia	699 (1.090)	\$6.270.000 (\$9.790.000)
Sri Lanka	268 (792)	\$600.000 (\$1.770.000)
Tanzania	5300 (7344)	\$3.200.000 (\$4.400.000)
Tailandia	77 (133)	\$278.000 (\$480.000)
Uruguay	3 (13)	\$19.300 (\$76.700)
TOTAL	72.160 (107.228)	\$77.4 MILLONES (\$130 MILLONES)

Fuente: Trasande *et al.*, 2016.





CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.

Esta guía para la Gestión Ambientalmente Racional (GAR) de residuos es una herramienta para que, los tomadores de decisiones cuenten con los elementos técnicos, jurídicos y económicos fundamentales para entender la problemática vinculada con el manejo de los residuos peligrosos en el Paraguay y con ello poder apoyar el diseño e implementación de políticas que sean ambientalmente adecuadas, económicamente viables y socialmente aceptables.

También, para el manejo seguro de productos que contienen mercurio y compuestos orgánicos persistentes como prevención de los impactos a la salud y los ecosistemas.

Debido a las desigualdades de género las mujeres suelen estar más expuestas a sustancias químicas y residuos peligrosos que los hombres, por trabajar en industrias en las que están en contacto con estas sustancias, como en los sectores agrícola y de salud. También las mujeres que participan en el sector informal son comunes que manipulen directamente residuos peligrosos con los consecuentes riesgos para la salud de ellas y sus hijos. Por ello, es importante que se desarrollen políticas orientadas a promover la igualdad de género, de salarios y de protección a la salud de las mujeres. Paraguay cuenta con un marco jurídico que le permite regular los productos y residuos que contienen COP y Hg; sin embargo, es necesario actualizar este marco nacional para lograr un manejo adecuado de sus residuos. Para ello, se sugiere lo siguiente:

ACCIONES PRIORITARIAS

- Incrementar presupuesto y plazas para personal** que participe en la gestión de los Residuos Peligrosos, especialmente enfocado a COP y Hg.
- Promover que la academia fortalezca sus áreas de investigación** en materia de sustancias tóxicas y sus efectos.
- Fortalecer las capacidades de laboratorios privados y gubernamentales** para medir la presencia de mercurio y COP en el ambiente y en los seres humanos.
- Para saber la situación actual en el Paraguay respecto a los compuestos orgánicos persistentes, **apoyar la elaboración de inventarios** de estos, en especial los últimos que se han incorporado al Convenio de Estocolmo (actualmente son 34).
- Desarrollar estudios de género para conocer la situación actual de la mujer en el Paraguay** en el tema de la gestión de los RP y sustancias tóxicas.
- Apoyar a la industria** para que pueda incorporar en sus procesos las MTD y MPA.
- Ampliar marco regulatorio** para la gestión integral del mercurio;
- Regular a los residuos** de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Desarrollar estándares permisibles de contaminación** de aire y la atmósfera proveniente de fuentes fijas en el marco de la Ley N° 5211/14 “De Calidad de Aire” con límites más estrictos para reducir o prevenir emisiones D&F y de Hg.
- Revisar el marco normativo aplicable del servicio de aduanas** para controlar eficientemente el ingreso de productos que pueden contener COP y Hg.
- Aplicar con todo rigor la Ley de Prevención y Control de Incendios N° 4014/10** para prohibir los incendios al aire libre en vertederos con el fin de evitar la emisión de dioxinas y furanos, así como de otras sustancias tóxicas.

La participación de los distintos actores, público, privado, académico y social, es fundamental para alcanzar las metas de una GAR de los residuos peligrosos en Paraguay.

De acuerdo con las condiciones económicas y sociales, se debe buscar implementar las mejores técnicas disponibles (MTD) y las mejores prácticas ambientales (MPA) para reducir o eliminar la presencia de COP y Hg.

Paraguay requiere realizar los estudios necesarios para generar información que le permita estimar y calcular los costos por los impactos a la salud humana, al bienestar y a los ecosistemas que pueden ocasionar la falta de control o de acciones para un manejo adecuado de los residuos peligrosos y, en especial, del mercurio y de los COP.

Como se mencionó, los costos de mitigación o de reducción de emisiones son significativamente inferiores a los de la inacción (gastos en salud, pérdidas de empleo, daños a bienes, entre otros). Los beneficios ambientales, económicos y sociales son superiores a los costos.

Finalmente, esta guía para tomadores de decisiones será el respaldo para un tránsito hacia la gestión ambientalmente racional de los residuos peligrosos y de los residuos y productos que pueden contener contaminantes orgánicos persistentes o mercurio.

REFERENCIAS

- BM, 2022 y 2023. <https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2024. Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos de México.
- Castro López C y Castillo L, 2024. Contaminantes orgánicos persistentes: Impactos y medidas de control. Manglar vol.21 no.1 Tumbes ene./mar. 2024 Epub 02-Abr-2024.
- CCCB-CCCE, 2014. Report. The Minamata Convention on Mercury and its implementation in the Latin America and Caribbean region. CCCB-CCCE-UNEP. 43 pp.
- CCCB-CCCE, 2017. Evaluación Inicial del Convenio de Minamata en Paraguay. CCCB-CCCE para América Latina y el Caribe. 65 pp.
- Chang, T. C. and J. H., Yen, 2006. On-site mercury-contaminated soils remediation by using thermal desorption technology, Journal of Hazardous Materials, vol. 128(2-3), 208-217.
- Cristina Cortinas, 2025. Manejo integral de los residuos y economía circular en México y el mundo. Presentación en el Diplomado “Protección de la naturaleza, cambio climático y derechos humanos” de la Suprema Corte de Justicia de la Nación.
- Dirección general de Estadísticas, Encuestas y Censos, 2011. Características de la Economía del Paraguay. 288 pp.
- Dirección General de Estadísticas, Encuestas y Censos, 2018. www.datos.gov.py, consultado el 2 de abril de 2025.
- Hagemann, S., 2009. “Technologies for the stabilization of elemental mercury and mercury-containing wastes”, Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (GRS). GRS Report 252.
- (http://consultawebv2.aladi.org/sicoexV2/jsfComercio/totales_comercio_exterior.seam?cid=190158) (https://www.trademap.org/Product_SelCountry_TS.aspx?nvpm=3%7c600%7c%7c%7cTOTAL%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c1%7c1%7c1)
- GEF-PNUMA, 2017. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo para Paraguay. PNUMA-GEF. 300 pp. [https://faolex.fao.org/docs/pdf/par218112.pdf#:~:text=El%20presente%20documento%20fue%20desarrollado%20en%20el,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s\)%20y%20ejecutado](https://faolex.fao.org/docs/pdf/par218112.pdf#:~:text=El%20presente%20documento%20fue%20desarrollado%20en%20el,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s)%20y%20ejecutado) INE, 2022. Censo Nacional de población y Vivienda, 2022.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC, 2017. Diagnóstico nacional del uso de nuevos contaminantes orgánicos persistentes (COP) en México. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 79 pp.
- ITRC, 1998. Technical Guidelines for On-site Thermal Desorption of Solid Media and Low-Level Mixed Waste Contaminated with Mercury and/or Hazardous Chlorinated Organics.
- LATU-UNEP, 2010. Options Analysis and Feasibility Study for the Long-Term Storage of Mercury in Latin America and the Caribbean FINAL DRAFT REPORT. LATU. 147 pp.

- MADES/PNUD/FMAM, 2020a. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – Vías a la sustentabilidad”. Asunción, Paraguay. 108 p.
- MADES-PNUD-FMAM, 2020b. Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – Vías a la sustentabilidad”. Asunción, Paraguay. 140 p. Disponible en: <https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2021/12/Plan-Nacional-Residuos-Peligrosos-PNGIRP.pdf>
- Martínez, J., 2005^a. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos Tomo I. Montevideo, Uruguay. 164 p. Disponible en: http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf
- Martínez, J., 2005b. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Temáticas Tomo II. Montevideo, Uruguay. 140 p. Disponible en: <https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Fichas-tematicas-Flujos-de-residuos-RESPEL-Tomo-2-Centro-Regional-Basilea-Uruguay.pdf>
- MVOTMA (2017). Guía para el almacenamiento de residuos con mercurio. Pautas para embalaje, etiquetado y almacenamiento de mercurio y sus desechos en Uruguay. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. 28 pp. https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Guia_para_el_almacenamiento_de_residuos_con_mercurio.pdf
- OECD, 2008. Costs of Inaction on Key Environmental Challenges. OECD. 2017 pp.
- OMS, 2010. Uso futuro de materiales de restauración dental (Capítulo 6. Mejores prácticas para el manejo de los desechos de amalgama).
- OPS, 2013. Reemplazo de los termómetros y de los tensiómetros de mercurio en la atención de salud. Guía técnica. OMS, 50 pp.
- PNUD, 2010. Guía para la limpieza, almacenamiento temporal o intermedio y transporte de desechos de mercurio desde las instalaciones de salud.
- PNUMA, 2007. Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. PNUMA. 111 pp.
- PNUMA, 2017. Directrices sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales del Convenio de Minamata sobre el Mercurio. PNUMA. 201 pp.
- PNUMA, 2017b. Actualización de las directrices técnicas generales para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, que los contengan o estén contaminados con ellos (COP). PNUMA. 70 pp.
- PNUMA, 2017a. Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo para Paraguay. PNUMA-GEF. 300 pp.
- PNUMA, 2019. Convenio de Minamata sobre el mercurio. PNUMA. 73 pp.
- PNUMA, 2020a. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. PNUMA. 106 pp.
- PNUMA, 2020b. Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. PNUMA. 81 pp. UNEP/CHW.15/6/Add.6/Rev.1. 90 pp.
- PNUMA, 2023. Liberaciones de mercurio: aprobación de las orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes (artículo 9). PNUMA. 28 pp.
- Pontet Ubal N. y R. Lejtregger, 2016. Análisis envolvente de datos aplicado al costo de inacción en la gestión de residuos. 16 pp.

- Secretaría del Convenio de Estocolmo, 2007. Documentos de orientación sobre COP no intencionales del Convenio de Estocolmo. Disponible en: [https://chm.pops.int/Implementation/BATandBEP\(new\)/UnintentionalPOPsreleases\(new\)/BATandBEPGuidance/tabid/9647/Default.aspx](https://chm.pops.int/Implementation/BATandBEP(new)/UnintentionalPOPsreleases(new)/BATandBEPGuidance/tabid/9647/Default.aspx)
- SEMARNAT, 2017. Guía para el consumo y manejo sustentable de pilas. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300512/Gu_a_para_el_consumo_sustentable_de_pilas.pdf
- Sims J, Butter M, 2002. Equidad de género y salud ambiental. OPS. 42 pp.
- The Lamp Recycling Outreach Project, (sf). Training Module (1-hour version) for Generators and Handlers of Fluorescent and Mercury-Containing Lamps (and Ballasts).
- Trasande L, Lampa E, Lind L, *et al.* J, 2016. Population attributable risks and costs of diabetogenic chemical exposures in the elderly. *Epidemiol Community Health*. doi:10.1136/jech-2016-208006.
- UNEP, 2013. Costs of Inaction on the Sound Management of Chemicals. UNEP. 88 pp.
- UNEP, 2020. POPs Chemicals. Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), its salts and perfluorooctane sulfonyl fluoride (PFOSF). UNEP. 1 pp.
- UNEP, 2024. Global Waste Management Outlook 2024: Beyond an age of waste – Turning rubbish into a resource. Nairobi. 116 pp.
- USEPA, 2000. Proceedings and Summary Report - Workshop on Mercury in Products, Processes, Waste and the Environment: Eliminating, Reducing and Managing Risks from Non-Combustion Sources. Disponible en: https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NRML&dirEntryId=64075
- WB, IHM, 2016. The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. Washington, DC: World Bank. 10 pp



GOBIERNO DEL
PARAGUAY

MADES



fondo
para el medio
ambiente mundial
INVERTIMOS EN NUESTRO PLANETA



proyecto
**soluciones libres
de mercurio y COP**
para la gestión ambientalmente racional
de los desechos en Paraguay