



**Alianza para Transparencia**  
en el Acuerdo de París



# Buenas prácticas en la elaboración de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en el sector Residuos

Supported by:



Federal Ministry  
for Economic Affairs  
and Climate Action

Federal Foreign Office



INTERNATIONAL  
CLIMATE  
INITIATIVE

on the basis of a decision  
by the German Bundestag

## Pie de imprenta



### Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

### Sede social

Bonn y Eschborn, Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn, Alemania

T +49 30 33 85 25 15

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)

I [www.giz.de](http://www.giz.de)

### Responsable:

Anna Pia Schreyögg

### Autores:

Margarethe Scheffler, Lorenz Moosmann, Jakob Graichen, Vanessa Cook (Öko-Institut e.V.)

### Con aportaciones de:

Oscar Zarzo Fuertes, Simone Gotthardt, Simon Ryfisch (GIZ)

### Imágenes:

Título: ©GIZ / Britta Radike

Página 12: ©GIZ / Dirk Ostermeier

Página 18: ©GIZ / Florian Kopp

Página 19: ©GIZ / Dirk Ostermeier

Página 31: ©GIZ / Florian Kopp

Página 36: ©GIZ / Florian Kopp

### Diseño de la versión original en inglés:

SCHUMACHER – Diseño de marca e interacción, [www.schumacher-visuell.de](http://www.schumacher-visuell.de)

### Enlaces URL:

Esta publicación contiene enlaces a sitios web externos. Responsabilidad por el contenido de los sitios web externos enumerados siempre se queda con sus respectivos editores. Cuando se publicaron por primera vez los enlaces a estos sitios, GIZ verificó el contenido de terceros para establecer si podría dar lugar a responsabilidad civil o penal. Sin embargo, no se puede esperar razonablemente una revisión constante de los enlaces a sitios web externos sin indicio concreto de una violación de derechos. Si la propia GIZ se entera o es notificada por un tercero que un sitio web externo al que ha proporcionado un enlace da lugar a responsabilidad civil o penal, GIZ eliminará el enlace a este sitio inmediatamente. GIZ se desvincula expresamente de tales contenidos. Las opiniones expresadas en esta publicación son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Ministerio Federal de Asuntos Exteriores (AA), el Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Acción Climática (BMWK) o la opinión mayoritaria de las Partes del Acuerdo de París. Este proyecto forma parte de la Iniciativa Climática Internacional (IKI).

# Índice

Lista de tablas	6
Lista de figuras	6
Abreviaturas	7
Resumen no técnico	9
<b>1</b> <b>Introducción</b> .....	<b>11</b>
1.1 <b>Objetivo y contenido del estudio</b>	<b>13</b>
1.2 <b>Alcance del estudio</b>	<b>13</b>
<b>2</b> <b>Buenas prácticas en la elaboración de inventarios de GEI</b> .....	<b>14</b>
2.1 <b>Precedentes</b>	<b>14</b>
2.2 <b>Requisitos de buenas prácticas</b>	<b>16</b>
2.2.1 Categorías principales y metodologías .....	16
2.2.2 Recopilación de datos y coherencia de las series temporales .....	17
2.2.3 Incertidumbres .....	17
2.2.4 Garantía y Control de calidad .....	18
2.2.5 Reporte .....	19
2.3 <b>Ejemplos de países relevantes a la elaboración general de inventarios de GEI</b>	<b>20</b>
2.3.1 Sistemas nacionales de inventario de GEI y marco institucional .....	20
2.3.2 GC/CC e incertidumbres .....	22
2.4 <b>Recomendaciones para la elaboración de inventarios generales de GEI</b>	<b>23</b>
<b>3</b> <b>Inventarios de GEI en el sector de los residuos</b> .....	<b>24</b>
3.1 <b>Eliminación de residuos sólidos</b>	<b>26</b>
3.1.1 Visión general .....	26
3.1.2 Consideraciones metodológicas generales .....	27
3.1.3 Recopilación de datos de actividad .....	27
3.1.4 Elección de los factores de emisión y de los parámetros para estimar las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos ...	41
3.1.5 Recomendaciones para estimar las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos .....	42

<b>3.2 Tratamiento biológico de residuos sólidos</b>	<b>49</b>
3.2.1 Visión general	49
3.2.2 Cuestiones metodológicas	49
3.2.3 Ejemplos de buenas prácticas en los países	50
3.2.4 Recomendaciones	51
<b>3.3 Incineración y quema al aire libre</b>	<b>51</b>
3.3.1 Visión general	51
3.3.2 Cuestiones metodológicas	51
3.3.3 Ejemplos de buenas prácticas en países seleccionados	53
3.3.4 Recomendaciones	55
<b>3.4 Tratamiento y vertido de aguas residuales</b>	<b>55</b>
3.4.1 Visión general	55
3.4.2 Aguas residuales domésticas	55
3.4.3 Aguas residuales industriales	58
3.4.4 Emisiones de óxido nitroso procedentes de aguas residuales	60
<b>4 Modelos de emisión de residuos</b>	<b>62</b>
<b>4.1 Visión general</b>	<b>62</b>
<b>4.2 Modelos recomendados para estimar las emisiones de GEI procedentes de los residuos</b>	<b>62</b>
4.2.1 Modelo de residuos del IPCC	62
4.2.2 Gestión de residuos sólidos – Calculadora de GEI (ifeu)	63
4.2.3 Breve presentación de otros modelos de residuos seleccionados	63
<b>5 Medidas nacionales de mitigación en el sector de los residuos y su relación con los inventarios de GEI</b>	<b>65</b>
<b>6 Perspectivas y conclusiones</b>	<b>67</b>
<b>7 Bibliografía</b>	<b>68</b>
<b>Anexo</b>	<b>71</b>
Anexo I Países incluidos en el estudio	71
Anexo II Datos y fuentes de información útiles	72

## Acerca de la Alianza para la Transparencia en el Acuerdo de París

En mayo de 2010, Alemania, Sudáfrica y Corea del Sur pusieron en marcha la Alianza para la Transparencia en el Acuerdo de París (PATPA) (anteriormente: Asociación Internacional de Mitigación y MRV) en el contexto del Diálogo de Petersberg sobre el Clima, con el objetivo de promover la acción climática ambiciosa a través del intercambio práctico. Con la entrada en vigor del Acuerdo de París en 2016, los esfuerzos de la Alianza se centran en la aplicación del Acuerdo y, en particular, en torno al Marco de Transparencia Reforzado. Más de 100 países, de los cuales más de la mitad son países en desarrollo, han participado en las diversas actividades de la Alianza hasta la fecha. La Alianza no tiene carácter formal y está abierta a nuevos países. Actualmente, el Secretariado de PATPA es presidida por el Proyecto de Apoyo a la Aplicación del Acuerdo de París (SPA).

Más información sobre la Alianza se puede encontrar bajo el siguiente enlace:

[www.transparency-partnership.net](http://www.transparency-partnership.net)

## Lista de tablas

Tabla 2-1:	Recopilación de inventarios y desarrollo de capacidades .....	20
Tabla 2-2:	Sistema nacional y disponibilidad de datos .....	21
Tabla 2-3:	Uso adicional de los datos de inventario .....	22
Tabla 2-4:	GC/CC e incertidumbres .....	22
Tabla 3-1:	Ejemplos de desglose de estadísticas de población y otros datos .....	29
Tabla 3-2:	Ejemplos de estimación de las tasas de generación de residuos en distintos países .....	30
Tabla 3-3:	Información sobre residuos industriales .....	32
Tabla 3-4:	Información sobre los datos de actividad de los lodos .....	33
Tabla 3-5:	Información sobre la proporción de residuos depositados en vertederos en distintos países .....	34
Tabla 3-6:	Supuestos sobre la cuota de eliminación de residuos en los distintos países según las cuatro categorías de eliminación .....	37
Tabla 3-7:	Supuestos sobre la composición de los residuos en los países seleccionados .....	39
Tabla 3-8:	Información sobre la recuperación de gases de vertedero en países seleccionados .....	40
Tabla 3-9:	Información sobre el tratamiento biológico en varios países .....	50
Tabla 3-10:	Incineración y quema al aire libre de residuos en varios países .....	53
Tabla 3-11:	Emisiones de metano de las aguas residuales domésticas .....	57
Tabla 3-12:	Emisiones de metano de las aguas residuales industriales .....	59
Tabla 3-13:	Emisiones de óxido nitroso de las aguas residuales .....	61
Tabla 4-1:	Resumen de modelos .....	64
Tabla 7-1:	Información sobre los países incluidos en el análisis .....	71

## Lista de figuras

Figura 1:	Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de los residuos .....	9
Figura 2:	Informes en el marco de la CMNUCC y el Acuerdo de París, y directrices de presentación de informes del IPCC .....	11
Figura 3:	Ciclo típico de inventario de GEI .....	15
Figura 4:	Posibles vías de tratamiento y eliminación de residuos sólidos .....	24
Figura 5:	Posibles vías de tratamiento y eliminación de las aguas residuales .....	25

## Abreviaturas

AD	Datos de actividad
AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo
BUR	Informe Bienal de Actualización
CCW	Contenido de carbono en los residuos
CH <sub>4</sub>	Metano
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CN	Comunicación nacional
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CRT	Tablas comunes de información
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
Dind	Componente orgánico degradable Industrial
DOC	Carbono orgánico degradable
DOCf	Fracción de DOC que se descompone
DQO	Demanda química de oxígeno
EDARE	Estaciones depuradoras de aguas residuales
EF	Factor de emisión
F	Fracción de CH <sub>4</sub> en el gas de vertedero generado
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FCF	Fracción de carbono fósil
FOD	Descomposición de primer orden
GC/CC	Garantía de calidad, Control de la Calidad
Gg	Gigagramo, lo mismo que 1 kt o 1000 t
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
IBT	Informe Bienal de Transparencia
ifeu	Instituto de Investigación sobre Energía y Medio Ambiente
IGES	Instituto de Estudios Ambientales Mundiales
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
JICA	Agencia Japonesa de Cooperación Internacional
k	Constante de tasa de generación de metano o vida media
MBT	Tratamiento mecánico biológico
MCF	Factor de corrección del metano
MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
MPGs	Modalidades, procedimientos y directrices
MRV	Medición, reporte y verificación
MTR	Marco de transparencia reforzado
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso

NAMA	Acción de Mitigación Apropriada para cada País
NE	No estimado
NID	Documento del Inventario Nacional
NIR	Informe del Inventario Nacional
NO	No ocurre
ONU	Naciones Unidas
OX	Factor de oxidación
PATPA	Alianza para la Transparencia en el Acuerdo de París
PIB	Producto Interior Bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RSU	Residuos sólidos urbanos
SEDS	Vertederos de residuos sólidos
SWM	Gestión de residuos sólidos
TOW	Carbono orgánico total degradable en aguas residuales
WARM	Modelo de reducción de residuos

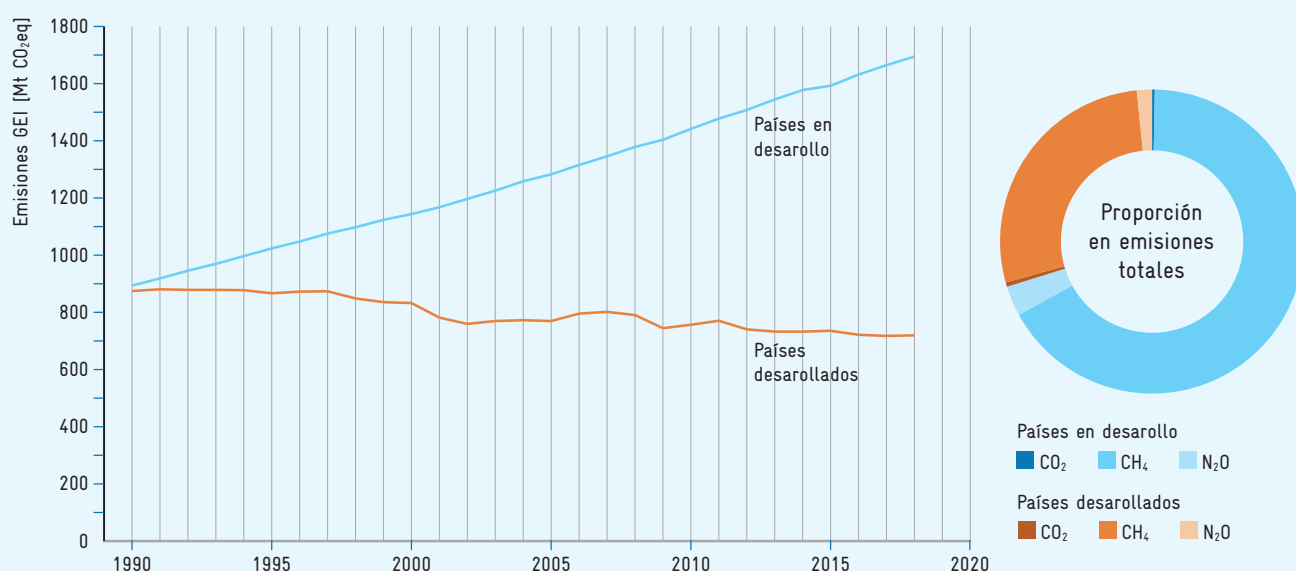


## Resumen no técnico

Los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) llevan muchos años recopilándose y reportándose en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Con el Acuerdo de París, adquieren mayor importancia como uno de los pilares del Marco de Transparencia Reforzado (MTR). Las

emisiones derivadas del tratamiento y la eliminación de residuos líquidos y sólidos son relativamente bajas, sin embargo, han aumentado continuamente en muchos países en desarrollo, debido a cambios en las tendencias de producción y consumo (Figura 1), y se prevé que continúen aumentando en ausencia de medidas de mitigación.

**Figura 1:** Emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de los residuos



Fuente: Öko-Institut a partir de Gütschow et al. (2021).

Nota: En "países desarrollados" se incluyen los países que figuran en el anexo I de la CMNUCC; en "países en desarrollo", los que no figuran en dicho anexo. Las emisiones de GEI fueron transformadas a equivalentes de CO<sub>2</sub> utilizando los potenciales de calentamiento global del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC 2013).

La experiencia acumulada en materia de mitigación en multitud de países ha demostrado que en este sector es posible lograr reducciones significativas de emisiones de GEI a costos relativamente bajos. Además, el sector tiene un gran potencial para obtener beneficios colaterales relacionados al desarrollo sostenible, esto constituye un factor crítico en la toma de decisiones de los países. Como primer paso para la aplicación de medidas de mitigación, es necesario cuantificar las emisiones de GEI adecuadamente, comprender en qué subsectores se originan y cuáles son las principales causas.

Un inventario de GEI de alta calidad puede ayudar a responder a estas preguntas, sin embargo, es posible que los compiladores deban superar algunos obstáculos durante su preparación: por ejemplo, las decisiones y los conocimientos sobre la generación y el tratamiento de residuos suelen situarse a nivel local, resultando en una disponibilidad limitada de datos agregados al nivel nacional. Además de datos relevantes a la generación de residuos, es necesario obtener información sobre su composición y tratamiento para elaborar el inventario. En muchos países, los desafíos relacionados a la disponibilidad de datos se ven agravados por la

existencia de un sector parcialmente formalizado; una parte importante de los residuos se deposita en vertederos no controlados, se quema in situ o se recicla de manera informal. Por lo tanto, es posible que la mayor parte de la información disponible proceda del sector formal de gestión de residuos, mientras que datos relacionados a una parte significativa de residuos que se gestiona de manera informal, -entre otros en el reciclaje-, no se encuentren disponibles.

El objetivo de este estudio es aportar a la elaboración de inventarios de GEI en el sector de los residuos mediante ejemplos de buenas prácticas que puedan adoptarse en otros países. Este informe complementa las guías existentes en materia de reporte en el marco de la CMNUCC, con ejemplos reales del sector de los residuos procedentes de distintos países. Está dirigido a las personas involucradas en la elaboración de inventarios de GEI en el sector de los residuos, especialmente en países en desarrollo. Además, el estudio analiza las interrelaciones entre inventarios de emisiones de GEI y acciones de mitigación en el sector y ofrece una visión general de los diferentes modelos y fuentes de datos para la elaboración de inventarios en el sector de residuos. Todos los países analizados en este informe aplican las directrices elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y por lo tanto deben recopilar y determinar los mismos datos y parámetros. Aunque las circunstancias nacionales difieran, los desafíos a enfrentar pueden ser similares, un enfoque elegido por un país puede adaptarse y contribuir a la superación de obstáculos en otro.

El IPCC ha elaborado las Directrices para la elaboración de inventarios de GEI. Las directrices actualmente en uso incluyen las Directrices del IPCC de 1996, la Guía de Buenas Prácticas del IPCC de 2000 y las Directrices del IPCC de 2006. En virtud del Acuerdo de París, todas las Partes están obligadas a utilizar las Directrices de 2006 para la elaboración de inventarios. El IPCC también adoptó un Refinamiento de las Directrices de 2006 en 2019, pero este aún no es obligatorio en la compilación de inventarios en el marco de la CMNUCC o del Acuerdo de París. Los países pueden decidir utilizar los métodos o factores de emisión contenidos en el refinamiento si estos son apropiados para sus circunstancias nacionales.

Además de metodologías detalladas, orientación y valores por defecto, las Directrices del IPCC de 2006 también aportan información sobre cómo establecer un sistema de inventario de GEI nacional que contribuya a la utilización eficaz de los recursos disponibles. La tarea de preparar un inventario completo de GEI puede parecer abrumadora en un principio, pero incluso con recursos muy limitados es posible realizar estimaciones iniciales. Preparar estimaciones utilizando las metodologías más sencillas y los valores por defecto del IPCC para cada categoría es relativamente simple. En reportes posteriores, las metodologías, los datos y los parámetros pueden refinarse y mejorarse. Empezar poco a poco puede ser ventajoso cuando el organismo encargado de la elaboración del inventario no dispone de recursos adecuados para la tarea: una vez que se ha publicado un inventario y se ha utilizado a nivel nacional (por ejemplo, para la elaboración de políticas), canalizar más fondos para actualizaciones y mejoras podría resultar más sencillo. Además de las Directrices del IPCC, existen muchos otros documentos que proporcionan orientación y diversas instituciones multilaterales, nacionales y privadas que ofrecen programas de desarrollo de capacidades.

Este estudio analiza y ofrece recomendaciones para el desarrollo general de inventarios de GEI y cuestiones específicas relacionadas al sector de los residuos, entre las que se incluyen:

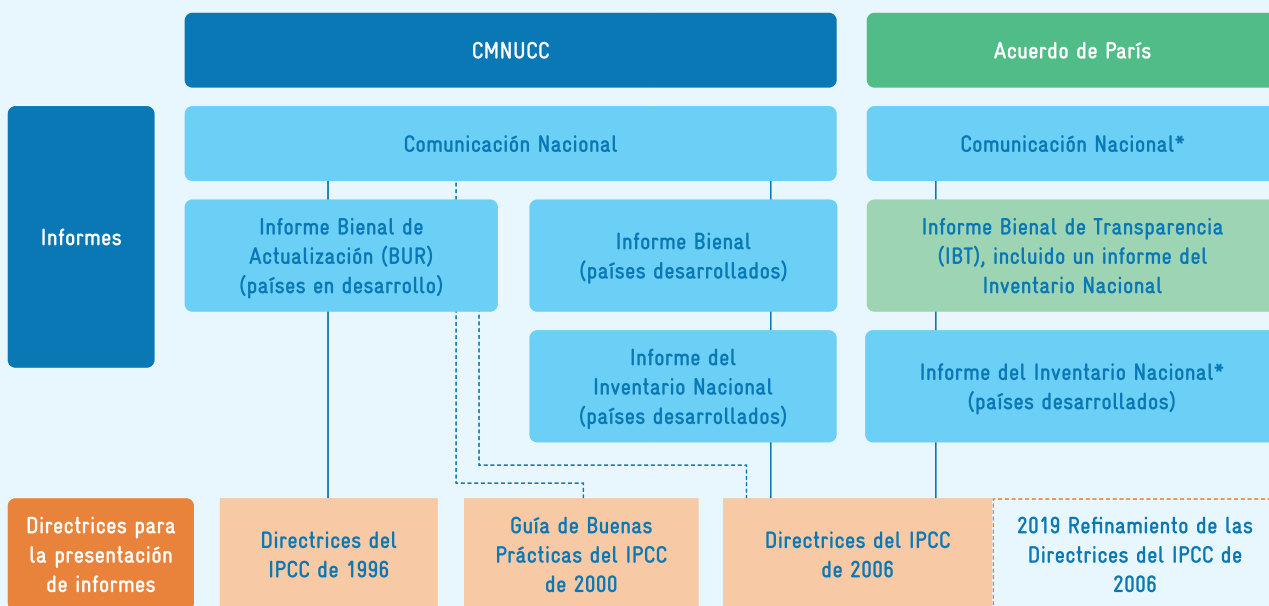
- La institucionalización de un sistema de GEI a través del desarrollo y establecimiento de procesos que contribuyan a evitar iniciar la elaboración de nuevos inventarios desde cero, así como la documentación adecuada de supuestos, fuentes de datos y metodologías de cálculo, dado que facilitan enormemente la preparación de inventarios en cada reporte posterior.
- Realización de análisis de categoría principal para la asignación de recursos en las categorías más relevantes.
- Utilización de metodologías y valores por defecto del IPCC para completar vacíos de datos.
- Garantizar la consistencia de las series temporales de datos en la transición de una fuente a otra cuando se combinan diferentes sets de datos.
- Mejorar la calidad del inventario como parte de un proceso continuo de Garantía de Calidad/Control de Calidad (GC/CC), que debería incluir un plan de mejora del inventario.

# 1 Introducción

Las Partes en la CMNUCC llevan varios años elaborando inventarios de GEI. Los países desarrollados tienen experiencia en la elaboración de inventarios de GEI anuales mientras que los países en desarrollo suelen preparar y presentar estos inventarios con menos frecuencia. Las disposiciones en materia de presentación de informes en el marco de la CMNUCC y del Acuerdo de París se ilustran en la Figura 2. En el marco de la CMNUCC, los países en desarrollo deben elaborar Informes Bienales de Actualización (BUR) cada dos años. Uno de los capítulos del BUR incluye un inventario actualizado de GEI que cubra todas las fuentes

y gases. En el marco del Acuerdo de París, todas las Partes deben presentar un Informe Bienal de Transparencia (IBT), que incluye información sobre los inventarios nacionales de GEI. Los primeros IBT deben presentarse a más tardar a finales de 2024. Para obtener información adicional sobre los requisitos de presentación de informes en el marco de la CMNUCC y del Acuerdo de París, consulte el documento de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH *Next steps under the Paris Agreement and the Katowice Climate Package*.<sup>1</sup>

**Figura 2:** Informes en el marco de la CMNUCC y el Acuerdo de París, y directrices del IPCC para la presentación de informes



\* Además del marco de presentación de informes en el contexto del Acuerdo de París, siguen en vigor algunas obligaciones de presentación de informes en el marco de la CMNUCC: las Partes siguen presentando comunicaciones nacionales y las Partes que son países desarrollados presentan informes de inventarios nacionales en los años en que no los presentan como parte de un informe bienal en virtud de las medidas de transparencia.

Fuente: Öko-Institut, basado en las directrices de información de la CMNUCC.

1 <https://www.transparency-partnership.net/documents-tools/guidance-policy-makers-ndcs-and-etf>

Una de las fuentes que debe incluir el inventario son las emisiones de GEI procedentes del tratamiento y la eliminación de residuos. Según las Directrices del IPCC para la compilación de inventarios de GEI<sup>2</sup>, las actividades relevantes son la disposición de residuos sólidos, el tratamiento biológico de residuos orgánicos, la quema de residuos y el tratamiento y vertido de aguas residuales. Aunque las emisiones de GEI de este sector son relativamente bajas en comparación con otros sectores, estas fueron responsables del 4,9 % de las emisiones globales en 2018 (sin considerar uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (LULUCF), utilizando los potenciales de calentamiento atmosférico del Quinto Informe de Evaluación del IPCC y basándose en los datos de emisiones de Gütschow et al. 2021), y han aumentado continuamente en los países en desarrollo. Al mismo tiempo, el sector de residuos es uno de los sectores en el que reducciones significativas son posibles y a la vez asequibles, como lo han demostrado las experiencias con proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) durante la última década. La reducción de emisiones derivadas del tratamiento de residuos, la aplicación de técnicas modernas para su gestión y la eliminación del vertido y quema no regulados también ofrecen importantes beneficios colaterales: muy frecuentemente los países ponen en marcha políticas de gestión de residuos para mejorar la prestación de servicios públicos y de saneamiento básicos, proteger la salud pública y minimizar las emisiones de lixiviados y gases al medio ambiente.

Las emisiones de GEI del sector de los residuos también pueden mitigarse reduciendo el volumen de residuos tratados. Esto se dice de una sociedad que avanza hacia una economía circular y en la que los consumidores valoran la producción y el consumo sostenible. Las materias primas secundarias procedentes de residuos recuperados incrementan la eficiencia de los recursos de la industria. Tales medidas también prolongan la capacidad de los vertederos, mejoran las condiciones de trabajo del sector de los residuos semi-informal e informal, crean nuevas oportunidades, especialmente en empleos que requieren de mano de obra cualificada, y reducen subvenciones mediante sistemas adecuados de

recuperación de costes. Además, se evidencian beneficios colaterales en términos de resiliencia y adaptación climática que incluyen la creación de emplazamientos apropiados para las instalaciones de gestión de residuos y la reducción del impacto de inundaciones causadas por la obstrucción de los cursos de agua. Mientras que las medidas de gestión del metano reducen los riesgos de explosión e incendio en los vertederos.

Debido al potencial de reducción de emisiones y a los beneficios colaterales, muchos países están aplicando Medidas de Mitigación Apropriadas para cada País (MMAP) en el sector. Para desarrollar políticas adecuadas en el sector de los residuos, es necesario disponer de datos veraces sobre las cantidades actuales y futuras previstas de residuos y su composición, dichos datos podrían proceder del inventario de GEI de este sector.



2 Las Directrices del IPCC están disponibles en: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html>

## 1.1 Objetivo y contenido del estudio

El objetivo de este estudio es contribuir a la elaboración de inventarios de GEI en el sector de los residuos mediante ejemplos de aplicación de buenas prácticas que puedan adoptarse en otros países. El estudio está dirigido a personas involucradas en la elaboración de inventarios de GEI del sector de los residuos, especialmente de países en desarrollo.

Este estudio puede utilizarse como un complemento a las Directrices del IPCC y a otros materiales relevantes y muestra cómo se han abordado desafíos frecuentes en varios países. El mismo proporciona una visión general de las Directrices del IPCC en lo que concierne a la preparación de inventarios de GEI, además, ofrece orientación y ejemplos específicos para el sector de los residuos. Con base en las Directrices y en ejemplos de varios países, se ofrecen recomendaciones aplicables a todas las categorías de fuentes dentro del sector de los residuos.

El estudio analiza las interrelaciones entre inventarios y acciones de mitigación del sector, y ofrece una visión general de modelos y fuentes de datos relevantes. Aunque las condiciones nacionales de cada país son diferentes, se evidencia la existencia de ciertos desafíos que se repiten, entre los que se incluyen, la falta de datos de actividad, información incompleta, falta de capacidades y la disponibilidad limitada de recursos destinados a la elaboración de inventarios. El análisis se basa en un escrutinio de información públicamente disponible de 35 países y entrevistas realizadas a profesionales de seis países.

Este reporte constituye una actualización del estudio original publicado en 2015 (Graichen et al. 2015) y se realiza en nombre de la [Alianza para la Transparencia en el Acuerdo de París](#) (PATPA), misma que apoya los esfuerzos internacionales para entablar intercambios prácticos y el diálogo político sobre transparencia climática.

## 1.2 Alcance del estudio

Los países incluidos en el estudio y los documentos utilizados figuran en el Anexo II en el Cuadro 7-1, de igual manera, los enlaces a todos los documentos de acceso público utilizados figuran en el Anexo II y en la bibliografía.

En virtud de los requisitos actuales de presentación de informes en el marco de la CMNUCC, los países en desarrollo deben utilizar las Directrices del IPCC de 1996; además, se les exhorta a utilizar la Guía de Buenas Prácticas del IPCC de 2000. En virtud del Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París, todas las Partes deben utilizar las Directrices del IPCC de 2006.

Las metodologías, las explicaciones y la disponibilidad de valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 han mejorado mucho en comparación con versiones anteriores. La inclusión de una hoja de cálculo para el modelo de descomposición de primer orden para el tratamiento de residuos sólidos (véase el capítulo 3.1) facilita enormemente la elaboración de inventarios de GEI. Muchos países en desarrollo ya utilizan las Directrices de 2006 y este número se verá aumentado en el futuro ya que su uso será obligatorio en 2024. Por tanto, este estudio se centra en los métodos contenidos en las Directrices de 2006 del IPCC.

## 2 Buenas prácticas en la elaboración de inventarios de GEI

### 2.1 Precedentes

El objetivo de este capítulo es presentar el contenido del volumen de las Directrices del IPCC de 2006 relevantes para la elaboración de inventarios de GEI en general. Los aspectos específicos que se aplican únicamente al sector de los residuos se incluyen en los capítulos 3.1 y 3.4. Esta información básica está dirigida a lectores no familiarizados con las Directrices y explica los conceptos y metodologías subyacentes. Sin embargo, no cubre todos los detalles relevantes y, por lo tanto, es insuficiente como guía independiente para la preparación de un inventario nacional de GEI.

La elaboración de un inventario nacional completo de GEI para cualquier categoría de fuentes es un proceso de varias

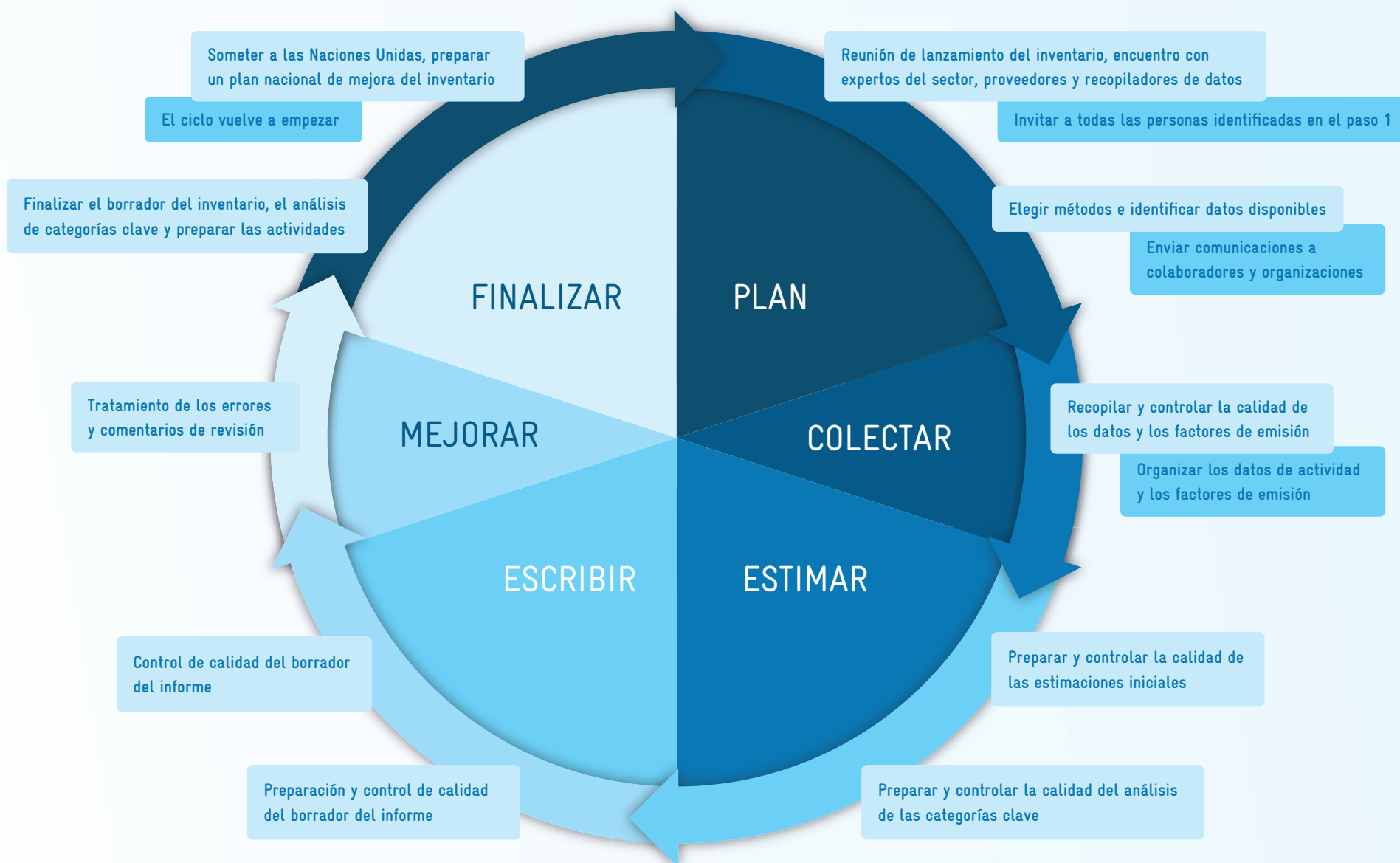
etapas que deben repetirse cada vez que se elabora un nuevo inventario. En la figura 3 se muestra el ciclo típico de un inventario, a continuación se ofrecen detalles adicionales sobre buenas prácticas para cada una de las etapas. Es probable que en países en desarrollo no siempre se puedan aplicar buenas prácticas en todas las etapas y sectores, pero actualmente la CMNUCC no lo exige. Sin embargo, si las circunstancias lo permiten, se exhorta a los especialistas a aplicar estas medidas para mejorar sus inventarios de GEI considerando que varios elementos de las buenas prácticas serán obligatorios en el marco del Acuerdo de París (véanse los recuadros 2 a 6). Las buenas prácticas permiten identificar y priorizar áreas que requieren mejoras, contribuyendo a una asignación más eficiente de los recursos disponibles.

#### Cuadro 1: Buenas prácticas en la elaboración de inventarios

Las Directrices del IPCC se refieren a las buenas prácticas como “un conjunto de principios metodológicos, acciones y procedimientos [...] para promover el desarrollo de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de alta calidad. [...] Inventarios coherentes con *las buenas prácticas* son aquellos que *no contienen sobreestimaciones ni subestimaciones en la medida en que puede juzgarse, y en los que las incertidumbres se reducen en la medida de lo posible*”. (IPCC 2006). Esta definición implica que las buenas prácticas dependen de las circunstancias nacionales, por ejemplo, de la disponibilidad de datos de actividad y de los recursos existentes para la elaboración de inventarios.

En este informe, siempre que se hace referencia a *buenas prácticas* se alude a la definición del IPCC y a los procedimientos de las Directrices del IPCC. Todos los ejemplos citados de los diferentes países son considerados como aplicación de buenas prácticas en base a la información disponible. Esto no significa que sean las “mejores prácticas”, ya que pueden encontrarse incertidumbres mínimas en la estimación de emisiones. Por ejemplo, si un país no dispone de datos de actividad para algunos años históricos, se considera buena práctica aplicar las metodologías del IPCC para subsanar vacíos. La mejor práctica requeriría datos de actividad completos para todos los años, lo cual podría no ser factible (es decir, no es necesario para la buena práctica).

Figura 3: Ciclo típico de un inventario de GEI



## 2.2 Requisitos de buenas prácticas

### 2.2.1 Categorías principales y metodologías

Según el IPCC, se considera una buena práctica realizar un análisis de categorías principales para identificar las categorías de fuentes que más contribuyen a las emisiones absolutas (evaluación de nivel) y/o al cambio en las emisiones de GEI a lo largo de los años en el país (evaluación de tendencia). Existen tres opciones para realizar un análisis de categorías principales, en función de la disponibilidad de inventarios anteriores (IPCC 2006):

- Evaluación cualitativa: si no se dispone de inventarios previos, si los inventarios previos son incompletos, o para identificar categorías principales adicionales basadas en información adicional,
- Método 1: basado en estimaciones previas de emisiones,
- Método 2: basado en estimaciones previas de emisiones e incertidumbres.

Estos métodos son acumulativos, es decir que un país que aplique el Método 2 debería aplicar también el Método 1. El método cualitativo también puede utilizarse para identificar aquellas fuentes que se espera se conviertan en categorías principales, por ejemplo, debido a políticas adoptadas de las cuales se espera un impacto significativo en futuras emisiones.

Basándose en el análisis anterior, los compiladores del inventario deberían considerar lo siguiente para aquellas categorías identificadas como principales:

- concentrar los recursos disponibles en categorías principales,
- aplicar niveles metodológicos superiores (es decir, métodos con niveles mayores de complejidad) sin comprometer recursos destinados a otras categorías principales; y
- centrar los procedimientos de GC/CC en estas categorías principales.

En la mayoría de las categorías de fuentes, aunque no en todas, las Directrices establecen distintos niveles para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI. Aunque las categorías no principales siempre pueden estimarse utilizando el nivel 1, en general es una buena práctica aplicar al menos el nivel 2 a las categorías principales. En muchos casos, la diferencia entre los tres niveles es la siguiente:

- Nivel 1: uso de datos de actividad nacionales, adoptando factores de emisión por defecto y otros parámetros según lo dispuesto en las Directrices del IPCC.

- Nivel 2: uso de datos nacionales de actividad, factores de emisión y otros parámetros.
- Nivel 3: uso de datos específicos de actividad, factores de emisión y otros parámetros.

La información relevante a la selección del nivel apropiado para cada categoría de fuentes se describe por medio de árboles de decisión en los respectivos volúmenes de las Directrices.

#### Cuadro 2: Requisitos de las categorías y metodologías clave del Acuerdo de París

Las Partes en el Acuerdo de París deben presentar su primer informe bienal de transparencia y de inventario nacional a más tardar el 31 de diciembre de 2024. Muchos de los requisitos de buenas prácticas aquí descritos pasarán a ser obligatorios en virtud del Acuerdo de París, con provisiones de flexibilidad para aquellas Partes que son países en desarrollo y lo necesitan en función de sus capacidades. Estos requisitos se definen en las “Modalidades, procedimientos y directrices (MPG) para el marco de transparencia para la acción y el apoyo a que se refiere el artículo 13 del Acuerdo de París” (CMNUCC 2018).

Según los MPG, “cada Parte utilizará las Directrices del IPCC de 2006 [...] y deberá hacer todo lo posible por utilizar un método recomendado (nivel) para las categorías principales de conformidad con dichas directrices del IPCC”. Las categorías principales se identifican utilizando un umbral de emisiones acumulativas predeterminado. Las categorías principales son aquellas que, al sumarse juntas en orden de magnitud descendente, totalizan el 95 % de la suma. Cada Parte identificará las categorías principales para el año base del inventario y para el último año del inventario [...], tanto para la evaluación de nivel como de tendencia, mediante la aplicación de un análisis de categorías principales coherente con las directrices del IPCC [...]; las Partes que son países en desarrollo que necesiten flexibilidad en función de sus capacidades con respecto a esta disposición, tienen la flexibilidad de identificar las categorías principales utilizando un umbral no inferior al 85 %, en lugar del umbral del 95 % definido en las directrices del IPCC [...], lo que les permite centrarse en mejorar menos categorías y priorizar recursos.



## 2.2.2 Recopilación de datos y coherencia de las series temporales

Aunque no es un requisito para todas las Partes de la CMNUCC, es una buena práctica preparar inventarios anuales para todos los años desde 1990. Para ello es necesario disponer de datos de actividad y otros parámetros necesarios correspondientes a esos años.

Dependiendo de las circunstancias nacionales, categoría de fuente y metodología, es posible que no se disponga de toda la información necesaria. Se considera buena práctica concentrar el personal y los recursos financieros en aquellas categorías identificadas como principales. Las Directrices del IPCC de 2006 contiene una lista de posibles fuentes de datos nacionales e internacionales, recomendaciones para la generación de datos y el uso de la opinión de expertos.

A menudo no es posible utilizar una única fuente de datos para toda la serie temporal. A pesar de ello, se considera buena práctica asegurar una serie temporal coherente, es decir, evitar rupturas y saltos entre conjuntos de datos. Las Directrices incluyen metodologías para subsanar vacíos y combinar distintas fuentes de datos. La coherencia de las series temporales también puede verse afectada si se cambian las metodologías aplicadas dentro de un inventario o entre distintos reportes de inventario. Esto se puede dar por ejemplo cuando los datos necesarios para niveles superiores están disponibles únicamente para algunos años, o cuando una fuente pasa a ser principal. En tales casos, se considera buena práctica controlar la coherencia y llevar a cabo un recálculo de toda la serie temporal si procede.

### Cuadro 3: Requisitos para asegurar la coherencia de las series temporales según el Acuerdo de París

En virtud del Acuerdo de París, cada Parte debe reportar una serie temporal anual coherente iniciando en 1990, sin embargo, existe una provisión de flexibilidad para los países en desarrollo que lo necesiten en función de sus capacidades. Para garantizar la coherencia de las series temporales, las Partes deben utilizar los mismos métodos y un enfoque coherente con respecto a los datos de actividad subyacentes y factores de emisión para cada año reportado.

## 2.2.3 Incertidumbres

Las estimaciones de emisiones de GEI en los inventarios nacionales nunca son exactas. Incertidumbres en los datos de entrada, cobertura incompleta y errores en las metodologías, entre otros, dan lugar a incertidumbres en la estimación de emisiones y absorciones de GEI. Se considera una buena práctica estimar estas incertidumbres. Disponer de estimaciones detalladas de la incertidumbre contribuye a priorizar la asignación de recursos: permite aplicar el Método 2 en el análisis de categorías principales y la identificación de los parámetros con mayor impacto en la incertidumbre total de una categoría. Proporcionar una orientación detallada sobre la estimación de la incertidumbre para los inventarios de GEI va más allá del alcance de este estudio.<sup>3</sup> Las Directrices del IPCC de 2006 ofrecen información detallada sobre la estimación de la incertidumbre.

### Cuadro 4: Requisitos para la evaluación de la incertidumbre en el marco del Acuerdo de París

Como parte de la preparación del inventario en el marco del Acuerdo de París, cada Parte deberá estimar cuantitativamente y analizar cualitativamente la incertidumbre de las estimaciones de emisiones y absorciones para todas las categorías de fuentes y sumideros, incluidos para los totales del inventario, para al menos el primer y el último año de reporte de la serie temporal.

Cada Parte deberá estimar la incertidumbre de la tendencia de las estimaciones de emisiones y absorciones para todas las categorías de fuentes y sumideros, incluidos los totales, desde el primer hasta el último año de reporte de la serie temporal del inventario, utilizando al menos el Método 1, según lo dispuesto en las Directrices del IPCC. Las Partes que son países en desarrollo y necesiten flexibilidad en función de sus capacidades con respecto a esta disposición, tienen la flexibilidad de proporcionar en su lugar, como mínimo, un análisis cualitativo de la incertidumbre para las categorías principales [...], y se les exhorta a proporcionar una estimación cuantitativa de la incertidumbre para todas las categorías de fuentes y sumideros del inventario de GEI.

<sup>3</sup> En el documento Projections of Greenhouse Gas Emissions and Removals (Proyecciones de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero), disponible en línea en <https://transparency-partnership.net/publications-tools/projections-greenhouse-gas-emissions-and-removals-introductory-guide> se ofrece una breve introducción práctica sobre la elaboración de proyecciones de GEI.

## 2.2.4 Garantía y Control de calidad

Según las Directrices del IPCC de 2006, los procedimientos de Garantía y Control de calidad (GC/CC) y los procedimientos de verificación contribuyen a los objetivos que establecen las buenas prácticas en la elaboración de inventarios, es decir incrementar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. En este sentido, el control de la calidad o CC pretende minimizar los errores en la preparación del inventario, por ejemplo, mediante pruebas automatizadas de los datos de entrada relacionadas a la exhaustividad y el orden de magnitud de los valores de los datos. La garantía de calidad o GC, tiene por objeto comprobar si las metodologías y los datos utilizados son los más adecuados y se lleva a cabo una vez elaborado el inventario. La verificación se basa en datos independientes y se implementa con el fin de establecer la veracidad del inventario. Puede ser una extensión tanto del CC como de la GC.

Se considera una buena práctica llevar a cabo actividades de GC/CC y de verificación. Esto implica:

- elaborar un plan de GC/CC con objetivos mensurables,
- definir funciones y responsabilidades,
- la aplicación de procedimientos de CC generales y específicos para cada fuente,
- procedimientos de garantía de calidad y verificación,
- reporte y documentación de los datos, hipótesis, cálculos y procedimientos de GC/CC utilizados en el inventario.

### Cuadro 5: Requisitos para la garantía y el control de calidad en el marco del Acuerdo de París

Según las MPG del marco de transparencia (CMNUCC 2018), “cada Parte deberá elaborar un plan de GC/CC del inventario de conformidad con las directrices del IPCC [...]; en cambio, se exhorta a las Partes que son países en desarrollo y que necesiten flexibilidad en función de sus capacidades [...] a que elaboren un plan de GC/CC del inventario [...]”

Cada Parte aplicará procedimientos generales de CC de los inventarios y facilitará información al respecto, siendo de conformidad con su plan de GC/CC y las Directrices del IPCC; para los países en desarrollo, que necesiten flexibilidad en función de sus capacidades, se incentiva a que apliquen dichos procedimientos generales de CC de los inventarios y faciliten información al respecto.

Además, las Partes deberán aplicar procedimientos de CC específicos para las categorías principales y para aquellas categorías individuales en las que se hayan producido cambios metodológicos significativos y/o revisiones de datos. Las Partes también deberían aplicar procedimientos de CC mediante la realización de una revisión por pares básica de sus inventarios de conformidad con las directrices del IPCC.



© BIZ / Florian Kopp

## 2.2.5 Reporte

El reporte de inventarios de GEI consiste en tablas de datos y un informe detallado:

- Tablas de datos predefinidas para cada categoría de fuentes para emisiones y datos de actividad por gas y año;
- Información adicional, entre otros, relacionada a metodologías, fuentes de datos, factores de emisión y otros parámetros, incertidumbres y procedimientos de GC/CC.

Las tablas de fechas permiten un fácil acceso a las estimaciones de emisiones relevantes y a algunos datos subyacentes a lectores familiarizados con este formato. Para las Comunicaciones Nacionales (CN) y los BUR, las Partes

que son países en desarrollo sólo tienen que completar las tablas a nivel agregado; para una lista detallada, véase CMNUCC (2014). Se considera una buena práctica completar todas las tablas y celdas. Se pueden utilizar claves de notación para explicar celdas que de otro modo no estarían completadas, por ejemplo, si una fuente no ocurre en un país o si las emisiones se reportan bajo otra categoría de fuente.

La información adicional debería facilitar la evaluación y reproducción del inventario por terceros. Esto implica que toda la información, fuentes e hipótesis pertinentes deben figurar en el informe.

### Cuadro 6: Requisitos para el reporte en el marco del Acuerdo de París

De conformidad con el Acuerdo de París, cada Parte deberá presentar un informe del inventario nacional de las emisiones de GEI antropogénicas por las fuentes y absorciones por los sumideros. El informe del inventario nacional consta del documento de inventario nacional (NID) y de las tablas comunes de reporte (CRT). Las CRT para la presentación electrónica del informe puede consultarse en las guías para la transparencia ([https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3\\_auv\\_5\\_transparency\\_0.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma3_auv_5_transparency_0.pdf)) en el anexo I y el esquema del NID en su anexo V.



## 2.3 Ejemplos de países relevantes a la elaboración general de inventarios de GEI

### 2.3.1 Sistemas nacionales de inventario de GEI y marco institucional

Para elaborar un inventario que cumpla los requisitos anteriormente mencionados, los gobiernos necesitan establecer una estructura institucional que apoye la compilación de datos y la elaboración de informes para el reporte. Las responsabilidades de los distintos sectores deben asignarse a los ministerios y/o agencias correspondientes, se deben construir y establecer acuerdos con los proveedores de datos. Las tablas siguientes 2-1 y 2-2 muestran ejemplos de cómo funcionan los procesos de elaboración de inventarios en determinados países bajo un enfoque al sector de los residuos.

En la mayoría de los países seleccionados, los ministerios u organismos de medio ambiente son los responsables de elaborar el inventario de GEI. Muchos países han recibido apoyo externo o han contratado consultores externos para la elaboración de sus primeros inventarios, cuando no se disponía de las capacidades requeridas dentro del gobierno. En el mejor de los casos, las capacitaciones impartidas por expertos externos permitieron desarrollar capacidades internas suficientes para elaborar los inventarios posteriores sin depender de apoyo externo (véase el Cuadro 2-1 Vietnam).

**Tabla 2-1: Recopilación de inventarios y desarrollo de capacidades**

Países	Descripción
<b>Chile</b>	<p>La Oficina de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente de Chile coordina la elaboración del inventario nacional en el marco del Sistema Nacional de Inventario de GEI. El inventario nacional es el resultado del esfuerzo colectivo y permanente de los Ministerios de Agricultura, Energía y Medio Ambiente. Este esfuerzo transversal ha fortalecido el desarrollo del inventario chileno al sumar los conocimientos de los distintos ministerios sectoriales participantes.</p> <p>En el marco del Sistema Nacional de Inventario de Gases de Efecto Invernadero, los expertos que podrían colaborar con el sistema son evaluados constantemente y su participación se determina en función de las necesidades de los equipos técnicos. Por ejemplo, el apoyo de expertos especializados en estadística permitió superar vacíos de información en el área de residuos sólidos urbanos (Chile 2020).</p>
<b>Ghana</b>	<p>La Agencia de Protección del Medio Ambiente de Ghana es responsable del inventario nacional de GEI y del inventario del sector de los residuos. El equipo que elabora la Comunicación Nacional crece con cada ciclo de reporte. Para la elaboración de la Cuarta Comunicación Nacional, instituciones y expertos adicionales se unieron al equipo para proporcionar datos, y recibieron formación en el país y en el extranjero (Ghana 2020).</p>
<b>Indonesia</b>	<p>La Tercera Comunicación Nacional y el Segundo Informe Bienal de Actualización de Indonesia se elaboraron bajo la responsabilidad de la Dirección General de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Bosques (Indonesia 2017).</p> <p>El Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Medio Ambiente son los responsables del sector de los residuos en Indonesia. Este último proporciona estadísticas sobre residuos, mientras que el primero realiza la gestión de residuos. En el Ministerio de Medio Ambiente se ha creado un equipo encargado de la elaboración de inventarios de GEI. Indonesia recibe apoyo externo en materia de gestión de residuos y cambio climático por parte de la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) y de la GIZ (Indonesia 2015).</p>
<b>Vietnam</b>	<p>Para los inventarios de GEI anteriores (2005 y 2010) se contó con el apoyo de la JICA mientras que el inventario de 2010 para el sector de los residuos fue elaborado por un experto de la Administración Medioambiental de Vietnam. Consultores japoneses proporcionaron apoyo y orientación al experto vietnamita durante la preparación del inventario. Los inventarios de 2012 en adelante se elaboraron internamente sin apoyo externo (Vietnam 2015), aunque en los últimos años si se han llevado a cabo diversas actividades de capacitación en el ámbito de la mitigación del cambio climático (Vietnam 2020b).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

Contar con un sistema nacional funcional de inventarios de GEI facilita enormemente la compilación de inventarios (véase Cuadro 2-2 Vietnam). En los casos en que las oficinas de

estadística ya recopilan datos de actividad relacionado a la gestión de residuos (véase Cuadro 2-2 Indonesia) se disminuyen los esfuerzos para la elaboración de inventarios de este sector.

**Tabla 2-2:** Sistema nacional y disponibilidad de datos

Países	Visión general
<b>Ghana</b>	<p>Ghana puso en marcha su sistema nacional de elaboración de inventarios en 2013. La Agencia de Protección del Medio Ambiente es la entidad nacional encargada del inventario de GEI. La misma trabaja con varias instituciones públicas y privadas para la compilación del inventario, cada organización tiene un rol asignado en cada etapa del ciclo del inventario. Para cada uno de los sectores del IPCC, se asigna un equipo que incluye una organización competente seleccionada para liderarlo (Ghana 2020).</p> <p>Junto con su cuarta comunicación nacional, Ghana presentó por separado un informe del inventario nacional (Ghana 2019), que proporciona detalles adicionales sobre el sistema de inventario nacional y sobre las fuentes de datos.</p>
<b>Indonesia</b>	<p>Los datos de actividad proceden de la Oficina Nacional de Estadística, que tiene sucursales en todas las ciudades de Indonesia. Los datos se recopilan periódicamente de manera anual. Los datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística se utilizan como datos de actividad en el inventario de residuos. Algunos datos específicos sobre la composición de los residuos, etc., proceden de proyectos de investigación iniciados por el Banco Mundial, la GIZ y la JICA (Indonesia 2015).</p> <p>Para su Segundo Informe Bienal de Actualización, que se presentó en 2018, Indonesia proporcionó datos de inventario recientes y actualizados, concretamente una serie temporal que concluye en el año 2016 (Indonesia 2018).</p>
<b>Vietnam</b>	<p>En Vietnam existe un sistema nacional de inventario de GEI que se estableció basado en una Decisión del Primer Ministro. El Departamento de Cambio Climático del Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente es responsable de elaborar el plan de inventario de GEI y de compilar el informe técnico. La Oficina General de Estadística recopila datos de varios ministerios y de las autoridades regionales y municipales. Además, proporciona datos de actividad e información relacionada al Departamento de Cambio Climático. Otras agencias y organizaciones que no pertenecen al sistema nacional de GEI también actúan como proveedores de datos (Vietnam 2020a).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

La motivación para elaborar inventarios de GEI en la mayoría de los países en desarrollo ha sido la de cumplir con los requisitos de reporte de la CMNUCC. La recopilación de datos en el sector de los residuos puede ser compleja y requerir mucho tiempo y lo ideal sería que los resultados se utilizaran también para fines distintos a la elaboración de inventarios. Los datos de actividad utilizados para calcular las emisiones procedentes de la eliminación, la incineración, el tratamiento mecánico y biológico (MB), el compostaje y la digestión son idénticos a los datos de actividad necesarios para identificar los potenciales de mitigación y para estimar los efectos de la reducción, la reutilización o el

reciclado de los residuos (véase también el capítulo 5). También pueden utilizarse para el reporte de la calidad del aire y para inventarios de contaminantes. Si los datos de los inventarios se utilizan para otros fines, como la toma de decisiones de gestión o para estimaciones de los potenciales de mitigación, los beneficios de la compilación de inventarios aumentan. Esto se demuestra en el caso de Chile, donde la motivación para establecer un inventario completo y veraz aumentó con el uso de los datos del inventario para el desarrollo de políticas nacionales. El cuadro 2-3 muestra algunos países en los que los datos de los inventarios se utilizan para otros fines.

**Tabla 2-3:** Uso adicional de los datos de inventario

Países	Visión general
<b>Chile</b>	El objetivo principal de la compilación de inventarios de GEI ha pasado de la elaboración de reportes al asesoramiento político. En el pasado, los inventarios se elaboraban principalmente para cumplir los requisitos de la CMNUCC. En los últimos años, la atención se ha centrado en proporcionar una base científica para el desarrollo de políticas nacionales en el sector de los residuos. Esto ha dado lugar a mayores exigencias en cuanto a exhaustividad, exactitud y granularidad de datos a nivel regional (Chile 2015).
<b>Túnez</b>	Los resultados del inventario se utilizarán para el desarrollo de NAMAs y pueden ser muy útiles para establecer nuevos proyectos que reciban mayor financiación para hacer frente al cambio climático (Túnez 2015).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 2.3.2 GC/CC e incertidumbres

Casi todos los países han establecido procedimientos de garantía y control de la calidad. Éstos incluyen listas de verificación, el uso de programas informáticos automatizados y la revisión voluntaria por terceros (véase el Cuadro 2-4 Armenia, Jamaica, Namibia). Estrechamente vinculado a este tipo de actividades se encuentra el estimar las incertidumbres. Un alto nivel de incertidumbre es el desencadenante para desarrollar actividades de GC/CC exhaustivas.

Un aspecto importante es que los errores detectados y las recomendaciones formuladas durante estos controles deben ser abordados. En casos sencillos (por ejemplo, errores en las unidades o errores de transcripción), las correcciones pueden aplicarse directamente; mientras que otros casos más complejos deben documentarse y monitorearse en ciclos futuros de reporte de inventarios (véase Cuadro 2-4 Ghana).

**Tabla 2-4:** GC/CC e incertidumbres

Países	Descripción
<b>Armenia</b>	Los procedimientos de GC/CC incluyen múltiples pruebas manuales y automatizadas aplicadas a los datos de entrada, a los valores de los parámetros y a las series temporales. El software de inventario del IPCC, con sus pruebas automatizadas, proporciona un nivel adicional de control de calidad. Todas las fuentes de datos utilizadas para calcular las emisiones se archivan y enumeran. Para garantizar la coherencia de las series temporales, Armenia compara y analiza las estimaciones con inventarios realizados anteriormente (Armenia 2014). Antes de finalizar un informe del inventario nacional de GEI, se garantiza el control de la calidad mediante la revisión interna del informe borrador por parte del Ministerio de Protección de la Naturaleza y el Grupo de Trabajo del Consejo de Coordinación Interinstitucional, seguida por la entrega a los ministerios y organizaciones interesados para su revisión. En la siguiente fase, el informe borrador se presenta al Consejo de Coordinación Interinstitucional, que lo verifica (Armenia 2018).
<b>Chile</b>	Desde 2015, el Sistema Nacional de Inventario de GEI cuenta con un sistema de GC/CC alineado a las buenas prácticas del IPCC. La responsabilidad general del GC/CC recae en el coordinador del equipo técnico; tanto en la aplicación de los controles de calidad del inventario final como en la coordinación del proceso de garantía de calidad. Los equipos sectoriales son responsables de aplicar los procedimientos de control de calidad en su sector respectivo. Como parte del plan de mejora continua, se llevan a cabo periódicamente revisiones por parte de expertos externos (Chile 2020).
<b>Ghana</b>	Ghana adoptó un plan de GC/CC y un manual de inventario de GEI específico para el país. El plan de GEI articula claramente los pasos a seguir para la elaboración del inventario, las responsabilidades institucionales y los plazos establecidos. Las recomendaciones del plan informan los planes de capacitación de los expertos existentes. Los procedimientos relacionados con la calidad incluyen el control de calidad durante todo el ciclo del inventario, medidas de garantía de la calidad que implican la revisión por parte de otros expertos, y revisiones por parte de terceros. En 2018, Ghana se sometió a una revisión voluntaria en el país, organizada por la Secretaría de la CMNUCC (Ghana 2020). Se proporciona información detallada sobre los procedimientos de GC/CC en los capítulos sectoriales del Informe separado del Inventario Nacional (Ghana 2019) (Ghana 2020).

<b>Jamaica</b>	En la tercera comunicación nacional de Jamaica (Jamaica 2018), se describen los procedimientos de GC/CC para cada sector. En el sector de los residuos, se realizaron pruebas de CC específicas a la forma en que se manejan los datos de actividad en el inventario de emisiones. La comparación con los datos de actividad de otros países mediante el uso de métricas simples, como por ejemplo residuos generados por habitante, proporcionó un control de calidad útil.
<b>Namibia</b>	Durante la elaboración del inventario se han aplicado los procedimientos de GC/CC definidos en las Directrices del IPCC de 2006. Namibia solicitó a la CMNUCC y al Programa Global de Apoyo (GSP) que realizara un ejercicio de GC al proceso de compilación de inventario adoptado para el Tercer Informe Bienal de Actualización. La mayoría de las recomendaciones se abordaron durante la compilación del inventario para el informe posterior (la Cuarta Comunicación Nacional y las restantes se incluyeron en el Plan de Mejora del Inventario Nacional para implementación (Namibia 2020)).
<b>Sudáfrica</b>	El plan de gestión de GC/CC de Sudáfrica se presentó en el Informe del Inventario Nacional (Sudáfrica 2019). Este abarca las responsabilidades en cuanto al proceso de GC/CC, el plan de GC/CC incluidos plazos y objetivos de calidad, así como procedimientos y pruebas de control de calidad. La garantía de calidad incluye revisiones internas por parte de pares de sectores específicos, un proceso público de revisión y comentarios, y revisiones externas (Sudáfrica 2019).
<b>Túnez</b>	Se han estimado las incertidumbres relacionadas a la generación de residuos (60% de incertidumbre), cantidades entregadas a los vertederos (2% de incertidumbre de las básculas puente), composición de los residuos (20%–60% dependiendo del tipo de vertedero) y cantidad de metano quemado (0,5%) (Túnez 2014).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

## 2.4 Recomendaciones para la elaboración de inventarios generales de GEI

### INSTITUCIONALIZACIÓN

Con los ciclos bienales de presentación de reportes que se introdujo mediante los BUR en el marco de la CMNUCC y que continuarán en el marco del Acuerdo de París, es importante que los países en desarrollo formulen y acuerden procesos para evitar “empezar de cero” cada vez que se prepare un inventario. Junto con una documentación adecuada de los supuestos, las fuentes de datos y los cálculos, esto facilita la preparación del inventario para cada reporte enormemente.

### CATEGORÍAS PRINCIPALES Y SELECCIÓN METODOLÓGICA

Se recomienda realizar un análisis de las categorías principales y dedicar recursos y esfuerzos a las categorías identificadas como principales. Asimismo, es conveniente aspirar a aplicar niveles superiores de metodologías en las categorías identificadas como principales.

### COMPILACIÓN DE DATOS Y COHERENCIA DE LAS SERIES TEMPORALES

Se recomienda utilizar las metodologías del IPCC para subsanar vacíos de datos. Si se combinan diferentes conjuntos de datos, se debe garantizar la coherencia de las series temporales en la transición de una fuente de datos a otra.

### GC/CC

La mejora de la calidad del inventario debe considerarse un proceso continuo. La elaboración de un plan de GC/CC del inventario forma parte de los requisitos de presentación de reportes en el marco del Acuerdo de París. Todos los desafíos y recomendaciones identificados durante la preparación del inventario o durante las actividades de GC/CC deberían recopilarse en un plan de mejora del inventario, si no pueden aplicarse directamente. Al inicio de un nuevo ciclo de inventario, debería revisarse el plan de mejora e identificarse nuevos puntos que deben ser incluidos.

### 3 Inventarios de GEI en el sector de los residuos

Las emisiones de GEI se generan a partir del tratamiento y la eliminación de residuos líquidos y sólidos. Estas emisiones deben reportarse junto con las de otros sectores en los BUR y en las Comunicaciones Nacionales en el marco de la CMNUCC. Las Directrices del IPCC proporcionan metodologías y guías al respecto. Según las Directrices del IPCC de 2006, las estimaciones de emisiones en el sector de los residuos deben realizarse para cuatro subcategorías:

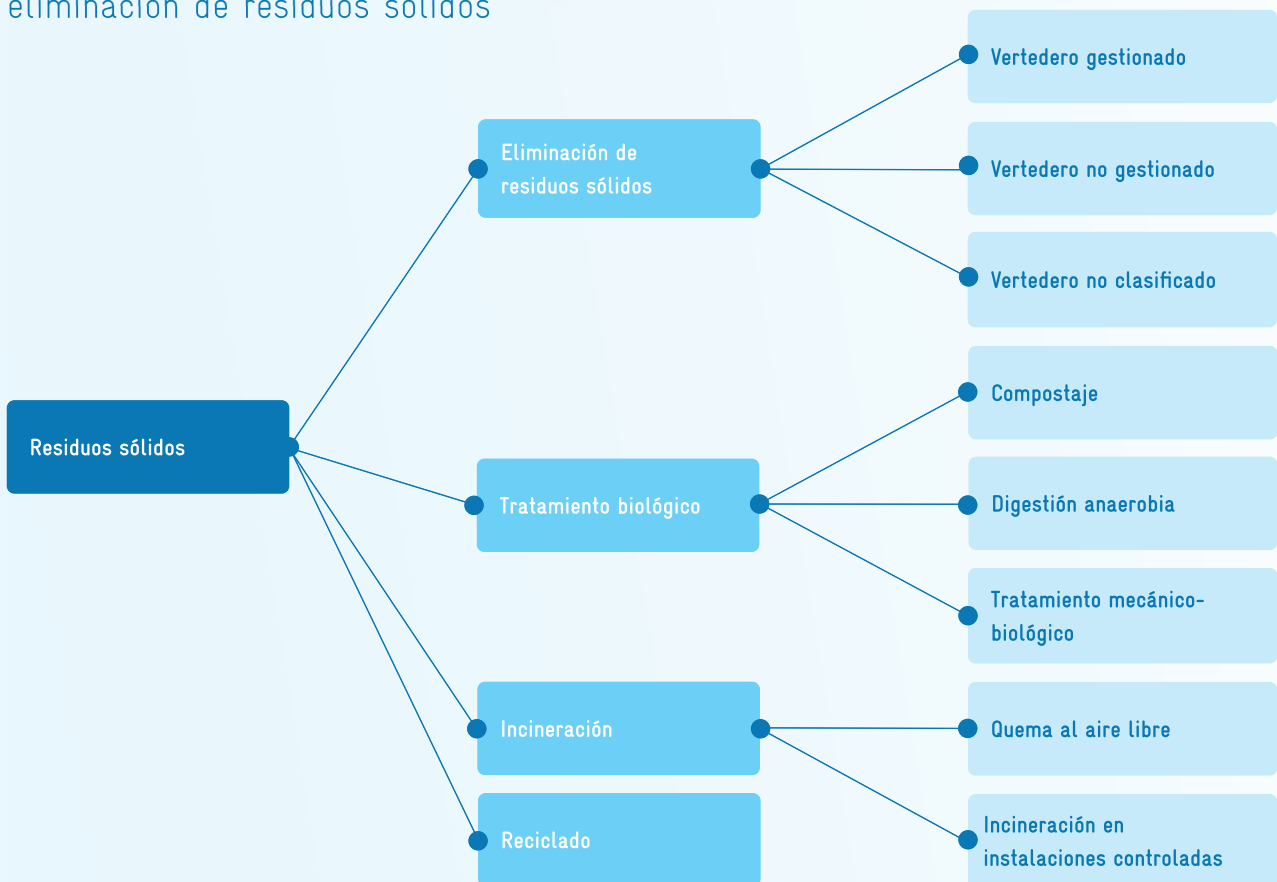
1. eliminación de residuos sólidos,
2. tratamiento biológico de residuos sólidos,
3. incineración y quema al aire libre, y
4. tratamiento y vertido de aguas residuales.

La elaboración de un inventario de GEI en el sector de los residuos requiere la disponibilidad de datos de actividad, en ocasiones complejos, que proceden de diferentes agencias y partes interesadas, o de estadísticas nacionales.

Las tres primeras categorías enumeradas se refieren principalmente a las posibles vías de tratamiento y eliminación de residuos sólidos. En la Figura 4 se ilustran.

En el caso de la cuarta categoría, tratamiento y vertido de aguas residuales, existen diferentes posibilidades dependiendo de si se tratan las aguas residuales o si se vierten al medio ambiente, o al alcantarillado, sin tratamiento. La figura 5 ofrece una ilustración general de las opciones de tratamiento y vertido de aguas residuales.

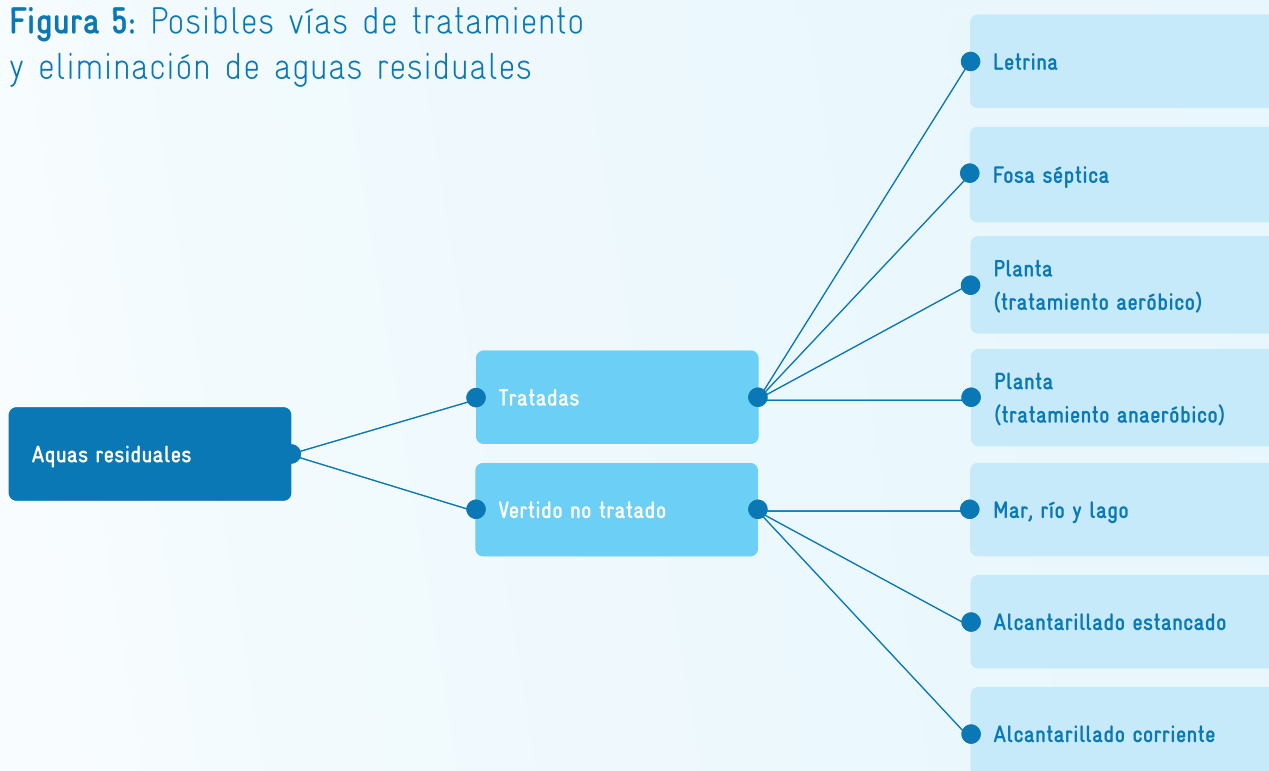
**Figura 4:** Posibles vías de tratamiento y eliminación de residuos sólidos



Fuente: Recopilación de la GIZ.



**Figura 5:** Posibles vías de tratamiento y eliminación de aguas residuales



Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

La información que se proporciona en los siguientes subcapítulos (3.1–3.4) se basa en las guías proporcionadas en las Directrices del IPCC de 2006 y se complementa con ejemplos extraídos de los Informes de los Inventarios Nacionales, de las Comunicaciones Nacionales, de los Informes Bienales de Actualización y de otros documentos nacionales de algunos países seleccionados (véase el Anexo II). Todos los subcapítulos siguen la misma estructura: se proporciona una visión general de la categoría de fuentes, seguida de una descripción de temas metodológicos como los relacionadas con la selección del método, la elección de los datos de actividad y de las fuentes de datos, los factores de emisión, su aplicabilidad y otras características de la categoría, basadas en las Directrices del IPCC de 2006. Al final del resumen metodológico, se presentan brevemente los cambios resultantes del refinamiento del 2019 realizado a las Directrices

del 2006. Sin embargo, este refinamiento aún no es obligatorio para la compilación de inventarios en el marco de la CMNUCC o del Acuerdo de París. Los países de igual manera pueden decidir utilizar los métodos o factores de emisión contenidos en el refinamiento, si los mismos son apropiados para sus circunstancias nacionales.

A continuación, se analizan ejemplos de enfoques utilizados para reportar emisiones de GEI cuando se dispone de datos nacionales limitados, así como desafíos evidenciados en varios países seleccionados. Estos enfoques, basados en la experiencia de los países en desarrollo, podrían servir de orientación a países que se enfrentan a desafíos similares. Cada subcapítulo concluye con una serie de recomendaciones para el desarrollo del inventario de la subcategoría.

## 3.1 Eliminación de residuos sólidos

### 3.1.1 Visión general

La eliminación de residuos sólidos, incluidos los residuos municipales, industriales, lodos y otros residuos sólidos depositados en vertederos de residuos sólidos (SEDS), comúnmente conocidos como vertederos, produce emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Las emisiones de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) también se producen en menor medida, sin embargo no son significativas. El metano se produce por la descomposición microbiana anaeróbica de la materia orgánica a lo largo del tiempo en los SEDS. Uno de los principales factores que contribuye a la generación de emisiones de  $\text{CH}_4$  relacionadas a la eliminación de residuos en tierra es la cantidad de residuos biodegradables, como restos de comida, residuos de jardinería o madera, que se eliminan en los vertederos. Si los residuos no se compactan adecuadamente, la descomposición de la materia orgánica de los residuos biodegradables generará en su lugar emisiones de  $\text{CO}_2$ , ya que la descomposición tiene lugar en condiciones aeróbicas (véase Recuadro 7). Según las Directrices del IPCC, las emisiones de  $\text{CO}_2$  no se contabilizan en los totales nacionales de emisiones de GEI, ya que son de origen biogénico.<sup>4</sup> Las emisiones relacionadas con su producción se incluyen en el sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos del Suelo (AFOLU).

Las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos son relativamente bajas, pero han aumentado continuamente en los países en desarrollo debido a los cambios en los modelos de producción y consumo, así como también al crecimiento de la población. La cantidad total de residuos generados está estrechamente relacionada con el número de habitantes y puede determinarse a partir de la tasa de generación de residuos per cápita.<sup>5</sup>

Para estimar las emisiones de  $\text{CH}_4$  derivadas de la eliminación de residuos sólidos, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Se debe determinar las cifras de población del país en los últimos 50 años,
2. Es necesario calcular las tasas de generación de residuos en kg/cápita para estos años,
3. Es necesario calcular la proporción del total de residuos sólidos depositados en vertederos,
4. Es necesario determinar la proporción de los distintos tipos de vertederos (gestionados/no gestionados),
5. Es necesario estimar la composición de los residuos vertidos.

En la mayoría de los países en desarrollo, existe una gran diferencia en los estándares de vida de las zonas rurales y urbanas. Este factor tiene efectos muy importantes en los patrones de consumo, en la infraestructura. Además, afecta a todo el sector de los residuos; las tasas de generación de residuos, los sistemas de recogida de residuos, la eliminación de residuos, el tratamiento de residuos y la composición de los residuos pueden diferir en gran medida entre las zonas urbanas y rurales de un país, por lo que podría ser necesario estimarlos por separado.

La base para la toma de decisiones de gestión en el sector de los residuos son los datos de actividad recogidos para la elaboración del inventario. La cantidad de residuos generados per cápita en relación con las proyecciones de población y la proporción de residuos eliminados pueden indicar el tamaño y el número de vertederos necesarios, mientras que la información de la composición de los residuos puede utilizarse para establecer estrategias de reciclado, potenciales de generación de biogás o aumento del compostaje.

#### Cuadro 7: Descomposición aeróbica y anaeróbica

La descomposición microbiana de la materia orgánica puede tener lugar en condiciones aeróbicas o anaeróbicas. En condiciones aeróbicas, es decir, si existe suficiente oxígeno, el carbono degradable se oxida a  $\text{CO}_2$ . Si el carbono procede de fuentes orgánicas (por ejemplo, residuos alimenticios o aguas residuales), las emisiones de  $\text{CO}_2$  son de origen biológico y no se incluyen en los totales nacionales del inventario de emisiones de GEI. Las condiciones aeróbicas suelen darse en los SEDS poco profundos que no han sido compactados, en estanques poco profundos o durante el compostaje. Por el contrario, durante la descomposición anaeróbica no hay presencia de oxígeno y el carbono se convierte en  $\text{CH}_4$ . Esto suele ocurrir en vertederos compactados y/o profundos, en estanques profundos y durante la digestión anaerobia. En la mayoría de los casos, tanto la descomposición aeróbica como la anaeróbica tienen lugar en paralelo en diferentes capas de un vertedero, estanque u otro lugar de tratamiento.

4 Las plantas y los árboles captan  $\text{CO}_2$  del aire, ya que lo necesitan para la fotosíntesis. Según las Directrices del IPCC, la misma cantidad de  $\text{CO}_2$  que utilizan las plantas volverá a liberarse durante la descomposición en condiciones aeróbicas. Por lo tanto, esta cantidad de  $\text{CO}_2$  no se contabiliza como emisiones de GEI en los totales nacionales, ya que ha sido almacenada por las plantas durante su crecimiento. Las emisiones derivadas de la deforestación y la conversión de tierras se contabilizan en AFOLU.

5 Las tasas de generación de residuos suelen ser influenciadas por el consumismo, que a su vez está vinculado al crecimiento del PIB, el uso de materiales de empaque en el país y las políticas de incentivación/desincentivación implementadas para evitar la generación de residuos.

### 3.1.2 Consideraciones metodológicas generales

Según las Directrices del IPCC de 2006, la estimación de las emisiones de los vertederos de residuos sólidos debe basarse en el método de descomposición de primer orden (FOD). Este método considera que los componentes orgánicos degradables se descomponen lentamente a lo largo de décadas. Los residuos de alimentos o la madera no se descomponen completamente en el año en que se depositan en el vertedero, sino que tienen un periodo que va desde un año para los componentes más lábiles hasta más de 35 años para los que tienen los índices de biodegradación más bajos. La FOD se basa en la premisa de que la producción de CH<sub>4</sub> depende exclusivamente de la cantidad de materia orgánica que permanece en el residuo. En los primeros años, cuando la cantidad de carbono que queda en los residuos es mayor, las emisiones de CH<sub>4</sub> son más elevadas para luego disminuir. De acuerdo con las Directrices del IPCC, se considera una buena práctica estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos durante un período de al menos 50 años. Esto garantiza que todo el carbono incluido en los residuos eliminados se descomponga y que las emisiones relacionadas se estimen en el año en que se producen.

Las estimaciones de emisiones pueden realizarse según tres niveles metodológicos diferentes que determinan el nivel de detalle y el uso de valores por defecto. Todos los niveles metodológicos previstos en las Directrices del IPCC de 2006 incluyen la aplicación de la metodología FOD. En el nivel 1 pueden aplicarse datos de actividad y parámetros por defecto.<sup>6</sup> El nivel 2 aplica parámetros por defecto, pero requiere datos de actividad nacionales sobre la eliminación de residuos actuales e históricos. Los datos históricos deben ser específicos al país y referirse al menos a los últimos 10 años. El método de nivel 3 incluye datos de actividad específicos al país de buena calidad y parámetros clave desarrollados a nivel nacional o parámetros específicos al país derivados de mediciones.

Las Directrices del IPCC de 2006 proporcionan un modelo Excel<sup>7</sup> que incluye datos de actividad y parámetros por defecto específicos para cada país y región, y que son aplicables a un cálculo según el método del Nivel 1 (véase el capítulo 4.2). El modelo puede aplicarse con datos adicionales muy limitados para el Nivel 1, también puede utilizarse para estimar emisiones utilizando niveles superiores.

En las Directrices del IPCC de 1996 y en las Directrices de Buenas Prácticas de 2000, el denominado método de equilibrio de masas podía aplicarse como método de nivel 1 para calcular las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos. Según el método de equilibrio de masas, todas las emisiones se producen en el mismo año en que se eliminan los residuos, sin tener en cuenta la lenta descomposición de la materia orgánica a lo largo de los años. Esto conduce a resultados “correctos” si la generación de residuos y las prácticas de tratamiento permanecen constantes durante décadas. En el caso de los países en vías de desarrollo, en los que la población y la cantidad de residuos generados y eliminados van en aumento, la aplicación de este método conduce generalmente a una sobreestimación de las emisiones, ya que la eliminación de residuos sólidos fue menor en años históricos. Si este método se aplica a países que experimentaron una reducción de los residuos depositados en vertederos y un aumento del reciclado, el compostaje y la recuperación de gases de vertedero, se subestimarían las emisiones de GEI. Para los cálculos que utilizan el método de equilibrio de masas, los datos de actividad son necesarios sólo para el año de cálculo.

En comparación con las Directrices del IPCC de 1996, en las Directrices de 2006 se utilizan datos por defecto considerablemente mejorados y se proporcionan datos de actividad por defecto para más países y regiones. El uso del método de equilibrio de masas ya no se considera una buena práctica en la mayoría de las circunstancias.

### 3.1.3 Recopilación de datos de actividad

Las Directrices del IPCC de 2006 proporcionan datos por defecto específicos a nivel nacional o regional. Como punto de partida para la elaboración de un inventario de GEI para el sector de los residuos, utilizar datos por defecto proporciona una buena base si se dispone de estadísticas y recursos nacionales limitados; la recopilación de datos de actividad específicos al país hará que el cálculo de las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos sea más preciso. En la mayoría de los casos, disponer de datos de actividad nacionales sobre la generación de residuos es también la base para obtener datos sobre el tratamiento biológico, la incineración y la quema al aire libre de residuos.

6 Los datos de actividad por defecto y los factores de emisión por defecto u otros parámetros por defecto se recopilan a partir de diferentes estudios mediante revisiones bibliográficas y se incluyen en las Directrices del IPCC para garantizar que cada país pueda calcular las emisiones de cada categoría. Si no se dispone de datos específicos del país, los países deben utilizar el valor por defecto que figura en las Directrices del IPCC para el país o la región en la que se encuentra el país o aplicar el valor por defecto de un país cercano y con condiciones similares.

7 Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 5. Residuos. Residuos: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>

Los datos de actividad necesarios para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos incluyen datos de población, tasas de generación de residuos, composición de los residuos, así como información sobre la cantidad de residuos vertidos y el tipo de vertederos. Lo ideal es disponer de datos históricos de aproximadamente 50 años de todos estos parámetros para estimar las emisiones utilizando el método de descomposición de primer orden. Para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos, el primer paso es comprobar las fuentes de datos disponibles y que pueden utilizarse:

1. ¿Se dispone de estadísticas nacionales sobre generación de residuos, eliminación de residuos y composición de los residuos? ¿Para qué período de tiempo? ¿Se realizan actualizaciones periódicas de los datos?
2. ¿Se dispone de estudios de investigación sobre la generación de residuos, su eliminación y su composición? ¿Para qué años?
3. ¿A qué expertos se puede recurrir y qué hipótesis se pueden utilizar?

Si no se dispone de fuentes de datos de actividad, pueden utilizarse los valores por defecto del IPCC. Como alternativa, el país o la región puede recopilar sus propios datos de actividad para la preparación del inventario si dispone de recursos suficientes. Las Directrices del IPCC de 2006 incluyen orientación e información sobre la recopilación de datos de actividad. Muestras de campo y cuestionarios son métodos habituales para recopilar datos de actividad en el sector de los residuos.

### 3.1.3.1 Generación de residuos

#### a) Generación de residuos sólidos urbanos

##### VISIÓN GENERAL

La generación de residuos difiere mucho entre países y entidades subnacionales, ya que dependen de patrones de consumo y producción. Con el aumento del nivel de vida, también aumenta la cantidad de residuos generados. La generación total de residuos es la base de los datos de actividad que se utilizan para el cálculo de la eliminación de residuos sólidos, el tratamiento biológico de residuos sólidos y la incineración y la quema al aire libre.

##### CUESTIONES METODOLÓGICAS

Según las Directrices del IPCC de 2006, la cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) generados se estima a partir de las cifras de población y de una tasa de generación de residuos per cápita en kg/hab./año. Los RSU suelen incluir los residuos domésticos, los residuos de jardines y parques y los

residuos comerciales e institucionales. En las Directrices del IPCC de 2006 (Vol. 5, Cap. 2, Tabla 2.1) se proporcionan valores regionales por defecto para la generación de residuos per cápita. Los datos por defecto disponibles para la generación de residuos se basan en estudios de finales de la década de 1990 y principios de la década de 2000; son aplicables a años más recientes. Para establecer una serie temporal para los años históricos, las Directrices del IPCC sugieren adaptar las tasas de generación de residuos per cápita utilizando métodos de extrapolación o interpolación u otros factores determinantes, como la población urbana o indicadores económicos.

Las Directrices sugieren utilizar las estadísticas nacionales de población, si no se dispone de ellas, se puede recurrir a bases de datos internacionales, como las de datos de las Naciones Unidas (NU) para cifras de población (véase Anexo II). Si los residuos se recogen únicamente de la población urbana, sólo debe utilizarse la población urbana para las estimaciones de las emisiones.

#### Cuadro 8: IPCC Refinamiento de 2019 - Modelo de residuos del IPCC - Generación de residuos, composición de los residuos

De acuerdo con el nuevo modelo de residuos del IPCC que forma parte del refinamiento de 2019, se han actualizado los datos regionales y de composición de los residuos. Se dispone de datos actualizados sobre el porcentaje de composición de los residuos (papel, textiles, residuos alimentarios, madera, etc.), y además se ha actualizado la información sobre la tasa de generación de residuos per cápita, la fracción de residuos municipales eliminados en vertederos y la media regional de carbono orgánico degradable (COD).

##### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

La estimación de la generación de residuos difiere entre los varios grupos de población de muchos países en desarrollo. Dadas las diferencias en la situación económica y los estilos de vida que afectan a las tasas de generación de residuos, algunos países dividen los datos de población utilizados para las estimaciones de emisiones de los SEDS de acuerdo a población urbana y a población rural (véase Tabla 3-1 Túnez), mientras que otros separan los datos de población en población urbana de altos y de bajos ingresos (ver Tabla 3-1 Namibia). La Cuadro 3-1 presenta una visión general del desglose, el uso de los datos de población y otros datos según las zonas climáticas y la división en zonas rurales y urbanas.

**Tabla 3-1:** Ejemplos de desglose de estadísticas de población y otros datos

Países	Descripción
<b>Chile</b>	Las cifras nacionales se desglosaron en macrozonas climáticas para identificar las distintas condiciones de degradación de los residuos. La Zona Norte se clasifica como “boreal y templado seco” y la Zona Sur como “boreal y templado húmedo” (Chile 2020).
<b>Namibia</b>	Los datos de población se dividen en regiones urbanas de “renta alta” y de “renta baja” para 2010. La necesidad de esta categorización se vio impulsada por la migración sostenida y significativa de la población de las regiones rurales a las urbanas, con la aparición de suburbios en rápida expansión, hacia las principales ciudades en las que el estilo de vida de los habitantes es urbano y con un poder adquisitivo relativamente más bajo (Namibia 2014; Namibia 2020, p. 122).
<b>Túnez</b>	El Instituto Nacional de Estadística de Túnez dispone de datos demográficos a partir de 1950. Se distingue entre población rural y urbana y se aplican diferentes tasas generacionales (Túnez 2014).
<b>Sudáfrica</b>	Los datos de población del periodo 1950-2001 proceden de las estadísticas de población de las Naciones Unidas. Los datos de población de Statistics South Africa se utilizaron para el periodo comprendido entre 2002 y 2015 (Sudáfrica 2019, p.259).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

La población se estima a partir de estadísticas nacionales disponibles en muchos países o utilizando las estadísticas de la ONU (véase Tabla 3-1), la mayoría de los países carecen de información sobre la cantidad total de residuos generados en el país, especialmente a lo largo de la serie temporal. En la práctica, los países aplican diferentes enfoques para estimar la generación total de residuos, dependiendo de la disponibilidad de datos y de las circunstancias del país. En muchos países se realiza una adaptación a lo largo de la serie temporal.

El efecto del aumento del nivel de vida en relación con las mayores tasas de generación de residuos se refleja en las bajas tasas históricas de generación de residuos utilizadas por Túnez y Vietnam, considerando además el uso de diferentes

tasas de generación de residuos para zonas urbanas y rurales. La práctica común aplicada por Afganistán e India es la estimación de la tasa de generación de residuos proporcional a la población urbana o en relación con factores económicos, como se aplica en Namibia y Sudáfrica.

Mientras tanto, en muchos países se utilizan datos nacionales sobre las tasas de generación de residuos para los años más recientes. Se basan en estudios nacionales o en la opinión de expertos (Afganistán) o incluso en estimaciones basadas en datos de vertederos propios (Namibia).

La siguiente Tabla 3-2 muestra algunos ejemplos de cómo los países estiman sus tasas de generación de residuos para toda la serie temporal.

**Tabla 3-2:** Ejemplos de estimación de las tasas de generación de residuos en distintos países

Países	Descripción
<b>Afganistán</b>	Para calcular la generación anual de residuos en Afganistán, se ha recopilado información sobre las tasas de generación de residuos sólidos urbanos de la población urbana y rural. Los datos se basan en estudios y dictámenes de expertos nacionales de la Dirección Independiente de Gobernanza Local, el Ayuntamiento de Kabul y la Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente, la Universidad de Kabul y la Universidad Politécnica de Kabul (Afganistán 2020).
<b>Brasil</b>	La cantidad de RSU se calculó a partir de los datos de población urbana y la tasa de generación de residuos per cápita, que se calculó mediante interpolación lineal entre los años 1970 y 2008 (tasa nacional de RSU), de 2008 a 2016 se utilizaron datos de coeficientes angulares y lineales de generación de residuos para varias regiones. Además, para las ciudades con más de 500.000 habitantes se estimaron datos por separado (Brasil 2020).
<b>India</b>	Según estudios del Instituto Nacional de Investigación de Ingeniería Medioambiental de India, existe una gran variación en la generación de residuos per cápita. Para los cálculos utilizó el valor medio (0,55 kg/hab./día). Este valor se aproxima al valor medio regional del Sur de Asia Central. Dado que no se dispone de datos de generación de residuos de los últimos 50 años, las cantidades de residuos de los años históricos solo son proporcionales a la población urbana (Falconer et al. 2014; India 2018).
<b>México</b>	La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México proporcionó una estimación de los residuos generados para cada una de las 32 entidades federativas en 2012. Para el inventario de 2015, estas estimaciones se complementaron con una encuesta enviada a las entidades federativas en 2016. La encuesta se dirigió a cada sitio de disposición de residuos sólidos y solicitó información general, por ejemplo, año de apertura, ubicación geográfica, profundidad, año estimado de cierre y método utilizado para estimar los residuos anuales. Los métodos considerados incluyen el pesaje a la entrada, la estimación basada en el número de camiones que acceden al sitio, la estimación basada en la generación de residuos per cápita multiplicada por los habitantes del municipio o municipios servidos. La encuesta recopiló información para 111 de los 2637 SEDS (México 2018).
<b>Namibia</b>	Se realizaron estimaciones de la generación de residuos sólidos para las regiones rurales en 2010 descontando los residuos sólidos que suelen generar los habitantes urbanos de los datos disponibles sobre vertederos. Estos potenciales de generación de residuos sólidos también se compararon con los de las Directrices del IPCC de 2006 (Volumen 5: Residuos, p. 2.5, Tabla 2.1). Se utilizaron los informes de los Censos de Población y Vivienda de 2001, 2006 y 2011 (interpolados o extrapolados para los años no censales) y otras fuentes de datos como los de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Se realizaron estimaciones de la generación de residuos sólidos para el período comprendido entre 1995 y 2015 ajustándolos en función de factores socioeconómicos y extrapolando la generación de residuos a partir de los datos de Windhoek. El proceso de cálculo de la generación de residuos sólidos no fue sencillo debido a la falta de datos (Namibia 2020).
<b>Túnez</b>	El crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) se utiliza como indicador de la evolución de las tasas de generación de residuos a lo largo de la serie temporal. La tasa de generación de residuos per cápita para 1990 está disponible en un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (0,5 kg/hab./día media de la población urbana y rural). La tasa de generación de 2005 de 1,3 kg/hab./día para las zonas urbanas está disponible en un estudio de la Agencia Nacional de Gestión de Residuos. Se asume que la tasa de generación de residuos en 1950 fue de 0,2 kg/hab./día en las zonas urbanas y de 0,1 kg/hab./día en las zonas rurales (Túnez 2014).

<p><b>Sudáfrica</b></p>	<p>Se partió de la base de que la tasa total de generación de residuos de Sudáfrica en 1990 era de 318 kg/hab./año. Tras un cuidadoso análisis de las tasas de generación y de las disparidades de las tasas de generación por provincia, se consideró que esta cantidad era demasiado baja. Se consideró que la estimación de 318 kg/hab./año era más representativa si se refería únicamente a la fracción orgánica de los RSU y no representando la totalidad de la tasa de generación de residuos per cápita. Utilizando esta estimación con 1990 como año base, se calcularon las cantidades de RSU generadas y eliminadas en vertederos para el periodo de 1950 a 2000. Para estos cálculos, se partió de los siguientes supuestos: Primero, se asumió que la tasa de crecimiento de los residuos de 1990 a 2000 seguía el crecimiento del PIB. Segundo, se asumió una tasa de crecimiento de los residuos más baja para el periodo anterior (2% para el periodo de 1950 a 1960 y 1% para el periodo de 1961 a 1989) (Sudáfrica 2009).</p> <p>Se asumió que la tasa de generación de residuos per cápita era constante (578,73 kg/hab./año) (media nacional ponderada del informe State of Environment Outlook) a lo largo de la serie temporal 2000-2015 (Sudáfrica 2019).</p>
<p><b>Vietnam</b></p>	<p>Se dispone de datos sobre la generación total de residuos en zonas urbanas a partir de 2004. La tasa de generación de residuos antes de 2004 (1990-2003) se estima utilizando una generación de residuos de 0,7 kg/hab./día en las zonas urbanas. Según el Informe Nacional de Medio Ambiente de 2011, la tasa de generación de residuos en las zonas rurales es de 0,3 kg/hab./día entre 1995-2010 y aumenta ligeramente en los años siguientes (Vietnam 2020a).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

**b) Generación de residuos industriales**

**VISIÓN GENERAL**

Los residuos industriales que se depositan en vertederos pueden incluir componentes muy diversos, entre otros, materiales orgánicos, plásticos, papel, así como residuos de construcción y demolición. Para el inventario de GEI en el sector de los residuos, sólo es necesario reportar los residuos industriales que contienen carbono orgánico degradable (COD) o carbono fósil (por ejemplo, madera o plásticos). En la mayoría de los países en desarrollo, los residuos industriales se incluyen en los RSU, ya que no existe separación entre residuos industriales y municipales.

**CUESTIONES METODOLÓGICAS**

En la Tabla 2.1 y la Tabla 2A.1 (Vol. 5, Cap. 2, datos sobre residuos) de las Directrices del IPCC de 2006 figuran varios datos de actividad por defecto sobre generación de residuos industriales. No se dispone de datos por defecto para los países en desarrollo, excepto para algunos países asiáticos. Las Directrices del IPCC sugieren aplicar datos por defecto de países con circunstancias similares, si no se dispone de datos de actividad nacionales.

**EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS**

Afganistán, Jamaica, Indonesia y Túnez facilitan información sobre residuos industriales (véase la Cuadro 3-3). Los datos de actividad sobre generación de residuos industriales están correlacionados con los índices de producción en Indonesia. Túnez calcula la cantidad de residuos industriales proporcionalmente al desarrollo del PIB. Jamaica sólo informa de las emisiones de la mayor industria del país, lo que no es representativo, pero es una opción si no se dispone de otra información.



**Tabla 3-3: Información sobre residuos industriales**

Países	Descripción
<b>Afganistán</b>	<p>Como no se disponía de datos históricos sobre la producción industrial (cantidad y/o valor de la producción, por tipo de industria), los datos históricos de eliminación de residuos industriales se estimaron en función al PIB, tal como lo recomiendan las Directrices del IPCC de 2006.</p> <p>Los datos históricos del PIB de 1950-1969 se proporcionan en la unidad “millones de dólares internacionales Geary-Khamis de 1990”, por lo que se tuvo que realizar ajustes. La tendencia del periodo 1950-1969 se aplicó a la serie temporal y al primer valor reportado (1970) del PIB en la unidad “PIB a precios constantes de 2010” proporcionada por la división de estadísticas de la ONU.</p> <p>Dado que el COD y el carbono fósil de los residuos industriales son los principales parámetros que afectan a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos, sólo se utilizó el PIB correspondiente a la subcategoría “Industria manufacturera”. Para la estimación de los residuos industriales anuales de la subcategoría de fabricación se incluyeron las siguientes industrias: alimentación, bebidas y tabaco, textil, confección y cuero, madera y productos de madera, incluidos muebles, papel, productos de papel, imprenta, edición, productos químicos y petróleo químico, carbón, caucho y plástico. Sólo se disponía de datos para el periodo 2002-2017, por lo que se aplicó el valor del año 2002 al periodo 1950-2001: el 17% del PIB procede de las industrias manufactureras.</p> <p>La tasa de generación de residuos industriales para pequeñas industrias en kg/hab./día para 2014 se basa en datos de un estudio de Bangladesh. Utilizando el PIB de Afganistán y Bangladesh proporcionado por la División de Estadística de la ONU, se calculó la tasa de generación de residuos industriales para los años 1970 y 2014. Dado que la tasa de generación industrial en Gigagramos (Gg)/millones de dólares PIB/año refleja la tendencia de la producción industrial anual, la tasa de generación de residuos industriales mencionada anteriormente en kg/hab./día se convirtió a Gg/millones de dólares PIB/año, que es lo que se requiere en el modelo FOD del IPCC (Afganistán 2020).</p>
<b>Jamaica</b>	<p>La Agencia Nacional de Gestión de Residuos Sólidos no facilitó datos sobre la cantidad de residuos industriales eliminados en los cuatro vertederos municipales. Para determinar las emisiones de los vertederos de residuos industriales, se recabaron datos del Instituto de Bauxita de Jamaica. Existen cinco plantas de bauxita/alúmina en Jamaica.</p> <p>Los residuos industriales depositados en vertederos se componen de escamas de caldera, tela de filtro prensa y otros materiales de desecho procedentes de las plantas de bauxita-alúmina. Se asumió que el 50% de los residuos se degradarán en condiciones anaeróbicas, lo que dará lugar a emisiones de metano. Aunque se trata de una incertidumbre relativamente alta, representa el mejor juicio de expertos disponible al momento. También se ha asumido que el 100% de los residuos industriales es destinado a vertederos.</p> <p>Otros residuos industriales generados por las fábricas de bauxita y alúmina que se depositan en vertederos son los relaves de lodos rojos y el oxalato cálcico. Estos no se incluyeron en el inventario ya que no comprenden una forma biodegradable de residuos que libere gases de efecto invernadero (Jamaica 2018).</p>
<b>Túnez</b>	<p>Además de los residuos domésticos, históricamente se han almacenado en vertederos residuos industriales, médicos y lodos de depuradora. La proporción de estos residuos ha evolucionado a lo largo de los años, debido principalmente al desarrollo económico y a la política de residuos. La evolución de los residuos industriales está indexada a la historia del PIB de Túnez (Túnez 2014).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.



### c) Eliminación de lodos en vertederos

#### VISIÓN GENERAL

Algunos países eliminan los lodos de las plantas de aguas residuales domésticas e industriales en vertederos. La cantidad de lodos de aguas residuales domésticas puede incluirse en los residuos municipales o los lodos de las aguas residuales industriales pueden incluirse en los residuos industriales. Si los lodos no se eliminan en vertederos, pueden compostarse o incinerarse. En algunos países, los lodos también se utilizan como abono orgánico y se aplican a tierras agrícolas. Se debe evitar doubles cómputos declarando una cantidad coherente de lodos que se eliminan en los SEDS; sólo los lodos que van junto con los residuos sólidos deben contabilizarse en esta categoría. Todos los demás lodos que se compostan, incineran, tratan en plantas de aguas residuales o se aplican a tierras agrícolas deben contabilizarse en otras categorías.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

No se dispone de datos de actividad por defecto del IPCC. Si no se dispone de datos de actividad específicos del país sobre la cantidad de lodos eliminados, compostados, incinerados o esparcidos en tierras agrícolas, todas las emisiones procedentes de los lodos se incluyen en el tratamiento de aguas residuales.

#### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

Chile, Namibia y Túnez proporcionan información relevante sobre la estimación de los datos de actividad para la eliminación de lodos en vertederos (ver Tabla 3-4). En Túnez, la cantidad de lodos eliminados en vertederos se calcula de forma proporcional a la población conectada a plantas de tratamiento de aguas residuales.

**Tabla 3-4:** Información sobre los datos de actividad de los lodos

Países	Descripción
<b>Chile</b>	Para los últimos años, la cantidad de lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales que se depositan en vertederos está disponible en la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Para años anteriores, la cantidad se ha estimado a partir de los datos medios disponibles para las distintas plantas, teniendo en cuenta los años de apertura de las mismas. Se sabe que un porcentaje de los lodos se aplica a los suelos. Sin embargo, debido a la falta de datos, se asume que la cantidad total de lodos se deposita en vertederos (Chile 2020).
<b>Indonesia</b>	Las emisiones de GEI se estimaron a partir de datos de los lodos de pasta y papel depositados en vertederos, de los lodos de pasta y papel compostados y de la manipulación de lodos en la industria papelera. Estas emisiones se estimaron a partir de datos obtenidos directamente de la industria de la pulpa y el papel. Los datos consistían en el nivel de producción (capacidad), el parámetro orgánico de las aguas residuales tratadas en plantas de tratamiento de aguas residuales, y la eliminación y el tratamiento de lodos. Los datos de la planta solo se obtuvieron para el periodo 2010-2016, por lo que aún no se han podido realizar estimaciones de 2000-2009 (Indonesia 2018).
<b>Namibia</b>	La cantidad de lodos generados per cápita para 2010 se estimó utilizando los datos de ese año para el Ayuntamiento de Windhoek. A partir de este factor y de la población urbana, se estimó la cantidad de lodos generados en el periodo comprendido entre 1990 y 2014 en las demás zonas urbanas (Namibia 2020).
<b>Túnez</b>	Los lodos de depuradora se han vertido históricamente en vertederos. La evolución de la generación de lodos está relacionada a la población conectada a una planta de tratamiento de aguas residuales (Túnez 2014).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.1.3.2 Porcentaje de residuos sólidos depositados en vertederos

#### VISIÓN GENERAL

El total de residuos generados no equivale al total de residuos depositados en vertederos. A lo largo del flujo de residuos, éstos se recogen, parte de la basura recogida se recicla, otra parte puede compostarse, incinerarse o verterse en el paisaje, y el resto se deposita en vertederos. Debido a sistemas de recogida inadecuados, los índices de recogida de residuos son muy bajos en la mayoría de los países en desarrollo, especialmente en las zonas rurales, y la quema al aire libre de los residuos que no se recogen, es una práctica habitual. Debido a la evolución de las políticas de residuos, así como a las mejoras en el sistema de recogida y en la infraestructura, la proporción de residuos eliminados en vertederos y, por tanto, las emisiones de los SEDS pueden aumentar a lo largo de la serie temporal. El reciclaje, el compostaje, la recuperación de metano y la conversión de residuos en energía son políticas que han permitido disminuir la eliminación de residuos en vertederos y/o a reducir las emisiones de GEL.

Los datos sobre la fracción de residuos sólidos eliminados pueden obtenerse a partir de un análisis nacional del flujo de residuos, como sugiere el IPCC (IPCC 2006, Vol. 5, Recuadro 2.1, pp. 2.6–2.7). Aunque este ejercicio ya es de un nivel superior, disponer de esta información refuerza la confiabilidad en los datos a nivel nacional.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

Los datos por defecto sobre la proporción de residuos depositados en vertederos están disponibles en la Tabla 2.1 y la Tabla 2A.1 de las Directrices de 2006 (IPCC 2006). No se facilita más información sobre la proporción de residuos depositados en vertederos.

#### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

La cantidad de residuos eliminados está estrechamente relacionada con la cantidad de residuos recogidos (por ejemplo, Namibia, Vietnam, ver Tabla 3-5). En Kazajistán, la proporción de residuos depositados en vertederos es de casi el 100%, mientras que sólo se recicla una pequeña parte de los residuos. Se aplican porcentajes diferentes para la eliminación de residuos en zonas rurales y urbanas, dado que el porcentaje es mayor en las zonas urbanas (véase Namibia, Indonesia y Vietnam). La Tabla 3-5 presenta una visión general de cómo los distintos países han aplicado supuestos sobre la proporción de residuos depositados en vertederos.

**Tabla 3-5:** Información sobre la proporción de residuos depositados en vertederos en los distintos países

Países	Descripción
<b>Indonesia</b>	Según las estadísticas oficiales indonesias, en las zonas urbanas, casi el 60% de los residuos se transporta a vertederos de residuos sólidos, mientras que en las zonas rurales o las ciudades pequeñas esta cifra es solo del 30% (Indonesia 2010).
<b>Kazajistán</b>	Alrededor del 97% de los residuos sólidos se deposita en vertederos para su eliminación y solo el 3% se recicla (Kazajistán 2014).
<b>México</b>	Para 2015, se determinó la masa total de residuos depositados en vertederos para cada uno de los más de 2 000 vertederos del país, consultando con los gobiernos y en los programas estatales de gestión de residuos. La serie temporal histórica se estimó utilizando datos de crecimiento poblacional a nivel nacional (México 2018).
<b>Namibia</b>	Se calcula que, en 2015, los residuos y la basura de alrededor del 41% de los hogares namibios se enviaron a vertederos, de los cuales alrededor del 36% se recogieron de forma regular y el 5% de forma irregular. Existe un marcado contraste entre las zonas urbanas y rurales; mientras que los residuos del 73% de los hogares urbanos se recogieron de forma regular (65%) o irregular (8%), solo alrededor del 7% de los hogares rurales disponía del este servicio (5% de forma regular y 2% irregular) (Namibia 2020).

<b>Túnez</b>	<p>La cantidad de residuos domésticos, industriales y médicos eliminados en vertederos desde 1950 se calcula a partir de datos nacionales. Los residuos domésticos, industriales, médicos y los lodos de depuradora se han depositado históricamente en vertederos. La proporción de estos residuos ha aumentado a lo largo del periodo debido principalmente al desarrollo económico y a la política de residuos. La cantidad de "otros" residuos depositados en vertederos se estima a partir de los resultados de un estudio de diagnóstico y de la determinación de las características de los vertederos incontrolados.</p> <p>Los expertos consideran que una parte de los residuos de la población rural se quema. Esta cantidad, que corresponde al 12% de los residuos generados por la población rural (esta fracción se considera constante durante todo el periodo), se resta de las cantidades almacenadas (Túnez 2014).</p>
<b>Sudáfrica</b>	<p>El Reporte "National Waste Information Baseline Report" (DEA 2012) indicó que el 11% de los residuos se reciclaron en 2011 y que otro 9% se destina a la quema a cielo abierto. Debido a la falta de datos para otros años, se asumió que estos valores eran constantes a lo largo del periodo de tiempo, por lo que el porcentaje de residuos generados que llega a vertederos de residuos sólidos se fijó en el 80% (Sudáfrica 2019).</p>
<b>Vietnam</b>	<p>Existe una estrecha relación entre la recogida de residuos y su eliminación; los residuos que se recogen suelen llevarse a vertederos. La proporción de residuos depositados en vertederos se basa en la proporción de recogida y se asumió que era del 20% en el año 1990, del 40% en el año 2000 y del 47,5% entre 2010 y 2016 en las zonas rurales.</p> <p>Para las zonas urbanas, de 1995 a 2013, la cantidad de residuos sólidos urbanos eliminados en los emplazamientos se calculó a partir de la tasa media de residuos sólidos por hab./día y la tasa de eliminación de residuos sólidos urbanos en los emplazamientos. Para el periodo de 2014 a 2016, los datos de actividad del volumen total de residuos sólidos recogidos y tratados de acuerdo con las normas y reglamentos técnicos nacionales se tomaron del Informe nacional sobre el estado del medio ambiente 2017 y del Anuario estadístico de Vietnam 2016 (Vietnam 2020a).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.1.3.3 Tipo de vertederos (gestionados/no gestionados)

#### VISIÓN GENERAL

Las características de los vertederos son muy diferentes según el control, la colocación y la gestión de los residuos. En los pequeños vertederos no controlados o en los vertederos abiertos, los residuos se eliminan sin ninguna gestión, mientras que en los vertederos gestionados los residuos se compactan y se cubren después de su eliminación. Los vertederos profundos y compactados son los que más CH<sub>4</sub> emiten, ya que los residuos se descomponen en condiciones anaeróbicas. En los vertederos poco profundos y no gestionados, los residuos se almacenan de forma no compacta y pueden descomponerse de forma aeróbica al disponer de suficiente oxígeno (véase también Recuadro 7). Las prácticas de gestión de los vertederos han cambiado con el tiempo. Mientras que en años históricos la mayoría de los residuos iban a parar a vertederos no gestionados poco profundos debido a la falta de normativa y de sistemas de recogida, en años más recientes se han abierto vertederos gestionados o se han depositado residuos en vertederos no gestionados más profundos debido al aumento de la población y de la generación de residuos. Algunos países también han establecido sus propias normativas que definen cuáles vertederos son gestionados y cuáles no. Por ejemplo, para los Estados miembros de la UE, la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos define los requisitos de los vertederos gestionados.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

La cantidad de metano producido depende de las características del vertedero, los vertederos poco profundos no gestionados producen menos CH<sub>4</sub> que los vertederos gestionados porque las fracciones orgánicas de los residuos se descomponen en condiciones aeróbicas. Para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> de la eliminación de residuos sólidos, el factor de corrección del metano (MCF) refleja la forma en que se gestionan los RSU y el efecto de las prácticas de gestión en la generación de CH<sub>4</sub>, como se explica en la sección 3.1.4. Para aplicar el MCF, es necesario disponer de la proporción de residuos eliminados en diferentes tipos de vertederos.

Las Directrices de 2006 definen cuatro tipos diferentes de vertederos e incluyen la categoría de "vertederos no categorizados" como quinta opción:

1. Vertederos de residuos sólidos gestionados-anaeróbicos: Deben tener una colocación controlada de los residuos (es decir, residuos dirigidos a zonas específicas de deposición, cierto grado de control de la recogida selectiva y cierto grado de control de los incendios) e incluirán al menos uno de los siguientes elementos: (i) material de cobertura; (ii) compactación mecánica; o (iii) nivelación de los residuos.

2. Vertederos de residuos sólidos gestionados-semi-aeróbicos: Deben tener una colocación controlada de los residuos e incluirán todas las estructuras para introducir aire en la capa de residuos: (i) material de cubierta permeable; (ii) sistema de drenaje de lixiviados; (iii) estanque de regulación; y (iv) sistema de ventilación de gases.
3. Vertederos de residuos sólidos no gestionados - profundos y/o con nivel freático alto: Todos los SEDS que no cumplen los criterios de los SEDS gestionados y que tienen una profundidad mayor o igual a 5 metros y/o un nivel freático alto cerca del nivel del suelo. Esta última situación corresponde al llenado de aguas interiores como estanques, ríos o humedales con residuos.
4. Vertederos de residuos sólidos poco profundos no gestionados; todos los SEDS que no cumplen los criterios de los SEDS gestionados y que tienen una profundidad inferior a 5 metros.
5. Vertederos de residuos sólidos sin clasificar: sólo si los países no pueden clasificar sus vertederos de residuos sólidos en las cuatro categorías de vertederos de residuos sólidos gestionados y no gestionados anteriores, podrá utilizarse el MCF para esta categoría.

Las Directrices del IPCC de 2006 no proporcionan datos por defecto específicos de cada país o región para la proporción de residuos eliminados en una de las cuatro categorías de eliminación de residuos.

### Cuadro 9: IPCC Refinamiento 2019 – Modelo de residuos del IPCC – MCF

Según el nuevo modelo de residuos del IPCC, que forma parte del refinamiento de 2019, se incluyen más tipos de vertederos de residuos sólidos.

- La categoría “Gestionado – semi-aeróbico” se divide en “Gestionado correcto – semi-aeróbico” y “Mal gestionado – semi-aeróbico”, que corresponden a MCF de 0,5 y 0,7, respectivamente.
- Además, se añaden dos nuevas categorías de vertederos de residuos sólidos: “Gestionados – correcta aireación activa” y “Mal gestionados – aireación activa”, que corresponden a un MCF de 0,4 y 0,7, respectivamente.

### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

Se dispone de estimaciones de la eliminación de residuos según las cuatro categorías a partir de inventarios o estadísticas de Armenia, Jamaica y Kazajistán. Se utilizan los datos disponibles sobre vertederos gestionados de grandes ciudades y se clasifican como no gestionados todos los vertederos situados en ciudades pequeñas o asentamientos. En Afganistán se utilizan encuestas o la opinión de expertos para establecer estimaciones de la proporción de residuos eliminados en distintos vertederos. Túnez mide la cantidad de residuos eliminados en vertederos gestionados y resta esta cantidad del total de residuos vertidos. México proporciona información sobre el uso de datos de actividad a lo largo de la serie temporal (véase Tabla 3-6).



© GIZ / Florian Kopp

**Tabla 3-6:** Supuestos sobre la proporción de eliminación de residuos en los distintos países según las cuatro categorías de eliminación

Países	Descripción
<b>Afganistán</b>	La asignación de los RSU a las distintas técnicas de tratamiento de residuos se realiza para los años “pilares” 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010 y 2017 y se basa otra vez en la opinión de expertos nacionales de la Dirección Independiente de Gobernanza Local, el Ayuntamiento de Kabul y la Agencia Nacional de Protección, la Universidad de Kabul y la Universidad Politécnica de Kabul. Para los años comprendidos entre los años pilares se utilizó la interpolación. Para este ejercicio, la población rural y nómada se consideró como un solo grupo, ya que se asumió que la tasa de generación de residuos y las vías de eliminación son comparables (Afganistán 2020).
<b>Armenia</b>	Todos los vertederos, excepto el más grande, situado en Ereván, no son gestionados. Hasta 2006, el 100% de los residuos sólidos y, a partir de 2006, el 70% de los residuos sólidos de la capital, Ereván, se transportaban al mayor vertedero gestionado del país, el de Nubarashen, con tratamiento anaeróbico de residuos sólidos. A partir de 2006, el 30% de los residuos sólidos de Ereván se transportan a vertederos no gestionados de capas profundas en Jrvezh, Spandaryan y Sasunik. En las ciudades de Gyumri y Vanadzor, los residuos sólidos también se transportan a vertederos no gestionados de gran profundidad; en otras 45 ciudades del país, a vertederos no gestionados de gran profundidad (Armenia 2020a).
<b>Chile</b>	Chile utilizó los datos catastrales para determinar la fracción de residuos eliminados por tipo de vertedero. Cada vertedero se clasificó en función de su autorización como vertedero sanitario, vertedero o escombrera. Adicionalmente, de acuerdo al criterio de expertos, los rellenos sanitarios se separaron en anaeróbicos y semi-aeróbicos si se depositan más de 100t diarias para el primer caso y menos de 100t diarias para el segundo (Chile 2020).
<b>Jamaica</b>	La Autoridad Nacional de Gestión de Residuos Sólidos proporcionó descripciones de los vertederos de residuos sólidos actualmente en funcionamiento. Esto permitió categorizar los sitios de gestión de residuos en gestionados, profundos no gestionados, poco profundos no gestionados, semi-aeróbicos gestionados y no categorizados. El porcentaje de residuos destinados a cada categoría se calculó para 2006-2012 utilizando los datos proporcionados por la Agencia Nacional de Gestión de Residuos Sólidos (Jamaica 2018).
<b>Kazajistán</b>	En las zonas rurales, los residuos se depositan en vertederos no gestionados y se descomponen de forma aeróbica; no se genera metano. Los vertederos cercanos a las grandes ciudades cumplen casi todos los requisitos para la eliminación de residuos sólidos: los residuos se depositan en capas, de forma controlada, en un lugar determinado.  Todos los vertederos ubicados en las ciudades de Almaty y Astana y sus alrededores se identifican como vertederos gestionados, mientras que todos los vertederos de las demás ciudades se definen como vertederos de residuos sólidos poco profundos no gestionados (Kazajistán 2014).
<b>México</b>	El 100% de los residuos se eliminó en vertederos no categorizados entre 1950 y 1989. A partir de 1990, se dispone de datos de actividad específicos nacionales (México 2012). En 2015, una proporción del 12% de los residuos se deposita en sitios de disposición final de residuos sólidos con manejo anaeróbico, 8% se dispone en sitios de disposición final de residuos sólidos con manejo semi-aeróbico y el resto se distribuye en rellenos sanitarios sin manejo (México 2018).

<b>Túnez</b>	<p>La distribución de las cantidades depositadas por tipo de vertido (controlado/no controlado) se realiza a partir de información sobre las cantidades que ingresan en los vertederos gestionados (pesaje a la entrada del emplazamiento). En estos vertederos, los residuos se depositan y compactan. Una vez lleno, se equipa con un sistema de recogida y se cubre. El vertedero es, por tanto, anaeróbico. La diferencia entre la cantidad total de residuos generados y la cantidad medida en los vertederos gestionados se atribuye a los vertederos incontrolados. El primer vertedero gestionado se abrió en 1999. En 2010 se habían abierto diez vertederos en Túnez que anualmente reciben más del 85 % de los residuos almacenados.</p> <p>La distribución de las cantidades eliminadas en vertederos de profundidad no controlada (inferior o superior a 5 metros) se basa en un estudio. En este estudio de veinte vertederos se concluye que el 68 % de los residuos eliminados en vertederos en 2005 tiene una profundidad inferior a 5 metros. Al no poder determinar este parámetro con mayor precisión, se aplica este valor a toda la serie temporal (Túnez 2014).</p>
<b>Sudáfrica</b>	<p>Sólo se incluyeron los GEI generados en vertederos gestionados de Sudáfrica, ya que no se dispone de datos documentados sobre los vertederos no gestionados y éstos suelen ser poco profundos. Se requieren encuestas periódicas para evaluar el porcentaje de sitios no gestionados y sitios semi-gestionados (Sudáfrica 2019).</p>

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.1.3.4 Composición de los residuos

#### VISIÓN GENERAL

Además de la generación de residuos y de las prácticas de gestión de residuos, para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> es importante conocer la composición de los residuos eliminados, ya que sólo aquellos residuos con una fracción de carbono contribuirán a las emisiones de CH<sub>4</sub>. El metal o el vidrio no contienen carbono; los plásticos o los residuos electrónicos contienen carbono fósil, pero éste es difícilmente degradable. Las fracciones con gran contenido de carbono orgánico degradable, como el papel o los residuos alimentarios, serán las que más contribuyan a las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos. Así, la cantidad de emisiones de CH<sub>4</sub> es muy sensible al tamaño de la fracción inerte o difícilmente degradable.

La variabilidad en la composición de los residuos es muy alta, dependiendo de los patrones de consumo, las tasas de reciclaje, el tamaño de los asentamientos y la distancia a las ciudades. También cambia a lo largo del año en la misma ciudad; apenas se dispone de datos veraces sobre la composición de los residuos, especialmente para las series temporales largas que comienzan en 1960.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

Los residuos eliminados en vertederos pertenecen a distintas fracciones de residuos que pueden agruparse según la cantidad de carbono que incluyen:

- Tipos de residuos con alto contenido en DOC: Residuos de alimentos, residuos de jardines y parques, papel y cartón, madera, textiles;

- Tipos de residuos con una cantidad pequeña o difícilmente degradable de carbono no fósil: Cenizas, polvo, caucho, cuero;
- Residuos inertes con sólo carbono fósil o sin contenido de carbono: Plásticos, metal y vidrio, residuos electrónicos.

Para calcular las emisiones derivadas de la eliminación de residuos sólidos, es necesario conocer la proporción de alimentos, residuos de jardinería, papel, madera, textiles y pañales en la cantidad total de residuos depositados en vertederos.

Las Directrices del IPCC de 2006 proporcionan datos por defecto sobre la composición de los residuos en 19 regiones (IPCC 2006). Los datos por defecto se basan en estudios de investigación sobre la composición de los residuos realizados en la década de 1990 y principios de la década de 2000.

#### Cuadro 10: IPCC Refinamiento 2019 - Modelo de residuos del IPCC - Carbono orgánico degradable

De acuerdo con el nuevo modelo de residuos del IPCC, que forma parte del refinamiento de 2019, se proporcionan valores por defecto de la fracción de DOC que se descompone (DOC<sub>f</sub>) para los tipos de residuos menos degradables (0,1), moderadamente degradables (0,5) y muy degradables (0,7) y se reflejan en las hojas de trabajo "Alimentos", "Jardinería", "Papel", "Madera", "Textil", "Pañales" y "RSU". En el modelo anterior, el DOC<sub>f</sub> era de 0,5 para todos los tipos de residuos.

## EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

La Tabla 3-7 presenta una visión general de cómo países seleccionados han aplicado supuestos sobre la composición de residuos nacional. Los datos sobre la composición de los residuos se basan en estudios de investigación realizados en varios países (véase la Tabla 3-7, Brasil, Jamaica, Túnez). Estos datos se han generalizado y aplicado a la cantidad

total de RSU depositados en vertederos. México utiliza los datos por defecto del IPCC para los años históricos y aplica los datos específicos del país desde que están disponibles. En Sudáfrica se dispone de datos nacionales. Sin embargo, difieren tanto de los datos por defecto del IPCC que no se confía en los datos nacionales.

**Tabla 3-7: Supuestos sobre la composición de residuos en países seleccionados**

Países	Descripción
<b>Afganistán</b>	En el caso de Afganistán, ha sido posible recopilar datos específicos al país sobre la composición de los residuos. Los datos utilizados en el inventario se basan en la opinión de expertos nacionales de la Dirección Independiente de Gobernanza Local, el Ayuntamiento de Kabul y la Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente. Los datos específicos nacionales sobre la composición de los residuos se sitúan en el rango por defecto del IPCC. Para los residuos de madera y alimentos se estimaron valores inferiores a los valores por defecto del IPCC. El valor más bajo para la madera se debe al uso de la madera en los hogares como leña, debido a la falta de otros combustibles. El valor más bajo para los residuos de alimentos se debe a la situación socioeconómica de Afganistán (Afganistán 2020).
<b>Armenia</b>	Se han generalizado los resultados de la composición del mayor vertedero de Armenia. Se dispone de datos de otros vertederos y además se han utilizado los resultados de estudios sobre el potencial de captura de metano. A partir de esta información se ha desarrollado un parámetro DOC para la serie temporal de 1990-2012.  Durante la última década, se ha producido un aumento de la fracción de residuos sólidos que contienen carbono orgánico degradable (por ejemplo, residuos de alimentos, papel, cartón) (Armenia 2014).
<b>Brasil</b>	Para la determinación del COD se realizaron más de 100 análisis de RSU en diferentes ciudades entre 1970 y 2010, determinando los coeficientes que describen la variación del COD de cada estado o región (Brasil 2020).
<b>Jamaica</b>	El Informe sobre el Estado del Medio Ambiente de 2010 y la Autoridad Nacional de Gestión de Residuos Sólidos proporcionaron datos sobre la composición de los residuos que van a los SEDS basados en estudios de caracterización de residuos que se realizaron en los cuatro vertederos (Jamaica 2018).
<b>México</b>	La composición de los residuos está disponible a nivel estatal en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México 2018).
<b>Sudáfrica</b>	Los compiladores del inventario observaron que la información sobre la composición nacional de los desechos presentada en el Informe nacional de información de referencia sobre desechos (DEA, 2012) no era compatible con el enfoque establecido en las Directrices del IPCC de 2006, por lo que, aunque se disponía de información nacional sobre la composición de los desechos, no podía utilizarse para los fines de este inventario. En su lugar, se utilizaron los valores de composición de residuos por defecto del IPCC (Sudáfrica 2019).
<b>Túnez</b>	La composición de los residuos procede de un estudio realizado en 2007. Esta composición también se verifica en el contexto de los proyectos MDL sobre vertederos (Túnez 2014).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut

### 3.1.3.5 Gas de vertedero utilizado

#### VISIÓN GENERAL

El CH<sub>4</sub> generado en los vertederos puede recuperarse y utilizarse para la generación de energía o puede quemarse en antorcha (flaring), si se instalan sistemas de recuperación que capturen CH<sub>4</sub> en los vertederos. La cantidad de CH<sub>4</sub> que se recupera debe restarse de las emisiones totales de CH<sub>4</sub> que se generan.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

Según las Directrices del IPCC de 2006, la recuperación de CH<sub>4</sub> sólo debe reportarse si se dispone de buena documentación sobre la cantidad de CH<sub>4</sub> recuperado. En todos los demás casos, debe aplicarse el valor por defecto de cero para la recuperación de CH<sub>4</sub>. Las emisiones derivadas de la utilización del gas recuperado para usos energéticos deben consignarse en el sector de energía.

#### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

La recuperación de gases de vertedero sigue siendo poco común en la mayoría de los países en desarrollo. En el marco del MDL, se han puesto en marcha algunos proyectos de captación de biogás de vertederos. Armenia, Brasil y Túnez están utilizando la información disponible en los informes del MDL para estimar la cantidad de CH<sub>4</sub> recuperado. Sudáfrica ha iniciado a establecer y utilizar una base de datos para proyectos de mitigación. A pesar de ello, no todos los países disponen de datos sobre la recuperación de CH<sub>4</sub>.

**Tabla 3-8:** Información sobre la recuperación de gases de vertedero en países seleccionados

Países	Descripción
Armenia	En diciembre de 2009 se puso en marcha un proyecto conjunto armenio-japonés en la EDAR de Nubarashen, en el marco del MDL, para la captura de metano procedente de vertederos, así como de la quema y de la incineración. Según el informe de seguimiento del proyecto (2010), se capturaron mensualmente 85 toneladas de gas CH <sub>4</sub> , lo que equivale a unos 1,02 Gg de CH <sub>4</sub> anuales (Armenia 2014).
Brasil	Los datos de metano recuperado se basaron en los informes de seguimiento de proyectos MDL de vertederos correspondientes a los años 1990-2016 (Brasil 2020).
Chile	La cantidad de metano recuperado se obtiene para cada uno de los vertederos que lleva a cabo la recuperación de metano (Chile 2020). Los supuestos utilizados para las estimaciones fueron siempre validados por los expertos encargados de recopilar los datos de eliminación de residuos a nivel nacional (2014).
Sudáfrica	No se ha realizado ningún análisis detallado de la recuperación de metano de los vertederos entre 2000 y 2015. Como se señaló en el inventario anterior, la recuperación de metano de los vertederos comenzó a gran escala después de 2000, y algunos emplazamientos tienen una durabilidad de aproximadamente 21 años. Para abordar estas limitaciones de datos, se puso en marcha la Base de Datos Nacional de Respuesta al Cambio Climático, que recoge datos valiosos sobre proyectos de mitigación y adaptación para estimaciones futuras de GEI procedentes de vertederos. Esta herramienta se utilizará en el futuro para identificar y poner en marcha proyectos de recuperación de metano. Sin embargo, en la actualidad hay pocos datos de acceso público sobre las cantidades de metano recuperadas anualmente de los vertederos gestionados en Sudáfrica (Sudáfrica 2019).
Túnez	Las cantidades de CH <sub>4</sub> comenzaron a capturarse y quemarse a partir de 2008. Los datos sobre las cantidades de CH <sub>4</sub> están correctamente documentados en tanto que forman parte de proyectos MDL (2014).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.



### 3.1.4 Elección de los factores de emisión y de los parámetros para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos

#### VISIÓN GENERAL

Además de los datos de actividad, diferentes parámetros forman parte del cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos según la metodología FOD. Los parámetros que deben estar disponibles incluyen el contenido orgánico degradable en los diferentes tipos de residuos expresado en Gg C por Gg de residuos, el valor de vida media que refleja los años que el carbono orgánico degradable necesita para descomponerse, el factor de corrección de metano dado como porcentaje, que refleja la gestión de residuos en los lugares de eliminación y otros parámetros. Estos parámetros se basan principalmente en análisis químicos y la variación es bastante baja o sólo está relacionada a las diferentes condiciones climáticas.

En el modelo de residuos del IPCC, todos los parámetros y factores de emisión por defecto ya están incluidos y pueden utilizarse para cada país. A continuación, se incluye una breve introducción sobre cada uno de los parámetros y factores. Para más información, consúltense las Directrices del IPCC.

#### CUESTIONES METODOLÓGICAS

De acuerdo con los métodos de tres niveles descritos en las Directrices del IPCC de 2006, los parámetros por defecto proporcionados en el modelo y en las Directrices pueden aplicarse en los métodos de nivel 1 y nivel 2. Sólo para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos sobre la base de un método de nivel 3 deben utilizarse parámetros clave desarrollados a nivel nacional o parámetros específicos nacionales derivados de mediciones.

A partir de los datos de actividad, puede calcularse en Gg la cantidad de cada fracción de residuos, incluidos los residuos de alimentos, jardín, papel, madera y paja, textiles, pañales desechables y lodos de depuradora, que se deposita en vertederos. Para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la cantidad total de residuos alimentarios y otras fracciones de residuos depositados en vertederos, es necesario multiplicar sus cantidades por varios parámetros o factores de emisión. Los parámetros relevantes que se necesitan para el cálculo incluyen:

- **Contenido en DOC:** No todo el carbono contenido en la fracción de residuos se descompone. Las fracciones de residuos relevantes (residuos de alimentos, jardín, papel, madera y paja, textiles, pañales desechables y lodos de depuradora) tienen diferentes contenidos de DOC accesibles a la descomposición bioquímica (Pre-determinado: IPCC 2006, Vol. 5, Tabla 2.4, p. 2.14). Los COD deben medirse en peso húmedo. Así como

los residuos de alimentos contienen una proporción elevada de agua, el COD de los residuos de alimentos es inferior al de los residuos de madera u otras fracciones de residuos con un contenido de agua inferior.

- **Fracción de DOC que se descompone (DOCf):** El DOCf representa una estimación del contenido de carbono que se degrada realmente y se emite a la atmósfera. Se asume que alrededor del 50% del COD se degrada realmente.
- **MCF:** El factor de corrección del metano tiene en cuenta el hecho de que los vertederos no gestionados/no controlados emiten menos metano por volumen de residuos que los vertederos gestionados. El factor refleja el tipo de gestión del vertedero (IPCC 2006).
- **Constante de tasa de generación de metano (k) o tiempo de vida media:** La descomposición del carbono orgánico de los residuos dura varios años. La constante de tasa de generación de metano representa el tiempo que tarda la materia orgánica degradable de los residuos en descomponerse hasta la mitad de su masa inicial (IPCC 2006). La vida media se ve afectada por una amplia variedad de factores relacionados con la composición de los residuos, las condiciones climáticas del lugar en el que se encuentra el SEDS, las características del SEDS, las prácticas de eliminación de residuos, entre otros. Para los países con disponibilidad limitada de datos sobre la composición de los residuos, las directrices del IPCC 2006 sugieren dos enfoques:
  - **Opción de los desechos brutos:** La opción de los desechos brutos es adecuada para países que no disponen de datos o disponen de datos limitados sobre la composición de los residuos, pero que cuentan con información robusta sobre los desechos brutos eliminados en los SEDS. Los valores por defecto se estiman en función de la zona climática.
  - **Opción de composición de los residuos:** La opción de composición de los residuos es aplicable a los países que disponen de datos sobre la composición de los residuos. La especificación de la vida media ( $t_{1/2}$ ) de cada componente del flujo de residuos (IPCC 2000) es necesaria para obtener resultados aceptablemente precisos. Si no se dispone de datos nacionales sobre los desechos brutos, se considera una buena práctica utilizar la opción de composición de los residuos en las hojas de cálculo, utilizando los datos por defecto del IPCC proporcionados para la composición de los residuos.

Para ambas opciones, los valores de vida media por defecto se estiman en función de la zona climática.

- **Factor de oxidación (OX):** El factor de oxidación refleja la cantidad de metano de los vertederos que se oxida en el suelo o en otro material que cubra el material de desecho (IPCC 2006). El factor de oxidación aumenta con la temperatura y depende en gran medida del tipo y el grosor del material que cubre el vertedero. El OX es muy variable en función de las condiciones de cada vertedero. No se recomienda la generalización de los resultados de investigaciones de campo o de laboratorio, ya que pueden dar lugar a una sobrestimación de las emisiones. Si el vertedero está completamente cubierto y no se producen fugas, no hay oxidación en absoluto y el factor es cero. Si no hay cobertura y la oxidación es completa, debe aplicarse un factor de 1. El uso del valor de oxidación de 0,1 está justificado para los SEDS cubiertos y gestionados apropiadamente.
- **Fracción de CH<sub>4</sub> en el gas de vertedero generado (F):** El gas de vertedero se compone principalmente de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. Es necesario determinar la proporción de metano

en el gas de vertedero. La concentración de metano en el gas generado en los SEDS suele rondar el 50 %.

- **Recuperación de metano:** Es la proporción de metano que no se escapa, sino que se captura y se utiliza para producir energía o se quema en antorcha (gas de vertedero). Según el IPCC, el valor por defecto es 0, ya que el metano recuperado varía de un país a otro y sólo puede determinarse a escala nacional.
- **Tiempo de retardo:** La producción de CH<sub>4</sub> no comienza inmediatamente después de la eliminación en vertederos. Las estimaciones del tiempo de retardo son inciertas y probablemente variarán en función de la composición de los residuos y de las condiciones climáticas. El valor por defecto del IPCC es de 6 meses.

#### EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS EN PAÍSES SELECCIONADOS

Dentro de la revisión bibliográfica, todos los países seleccionados, excepto México, aplicaron parámetros por defecto para calcular las emisiones derivadas de la eliminación de residuos sólidos. Por lo tanto, en esta sección no se proporciona una tabla con ejemplos específicos de cada país.

### 3.1.5 Recomendaciones para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos

#### 3.1.5.1 Visión general

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos se recomienda aplicar las Directrices del IPCC de 2006, ya que proporcionan datos por defecto actualizados y más detallados. Para el cálculo, se recomienda utilizar el modelo Excel del IPCC (véase la sección 4.2). Como este cálculo se basa en el método FOD, presupone la disponibilidad de datos de actividad para 50 años. Las siguientes recomendaciones presentan paso a paso el procedimiento para recopilar y establecer datos de actividad para una serie temporal de 50 años. Las recomendaciones incluyen principalmente el ajuste de los datos de actividad por defecto o específicos a cada país a lo largo de la serie temporal. La aplicación de datos de actividad constantes a partir de 1950 sobrestimaría las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos. Especialmente en los países en vías de desarrollo, se produce un aumento del total de residuos generados debido al aumento de los estándares de vida y a las tendencias de urbanización. La aplicación de datos de actividad recientes o de valores por defecto relativos a 1950 no tendrían esto en consideración. Así pues, las recomendaciones se centran en el ajuste de los datos de actividad a lo largo de la serie temporal en función de las circunstancias específicas de cada país.

Los datos de actividad necesarios para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos incluyen datos de población, tasa de generación de residuos, proporción del total de residuos depositados en vertederos según los distintos tipos de vertederos y composición de los residuos. Además de los datos de actividad, se necesitan otros parámetros para el cálculo. Estos parámetros están disponibles como datos por defecto del IPCC.

Los residuos sólidos que se eliminan en vertederos incluyen los RSU, los residuos industriales, los lodos y otros residuos. Dado que los RSU depositados en vertederos representan el porcentaje más elevado y que sólo unos pocos países disponen de datos de actividad sobre otros tipos de residuos sólidos, las recomendaciones se centran en los RSU. Si se dispone de datos sobre otros tipos de residuos, las recomendaciones también se aplican a los residuos industriales, los lodos y otros residuos. Sólo las tasas de generación de residuos se calculan de forma diferente (véase Tabla 3-3, Tabla 3-4).

### 3.1.5.2 Cálculo de la generación total de residuos

Para calcular la cantidad total de residuos generados en un país, se debe multiplicar la población total por una tasa de generación de residuos específica del país.

La ONU ofrece datos de población de todos los países a partir de 1950. Si no se dispone de estadísticas nacionales o si éstas carecen de una serie cronológica coherente,

pueden utilizarse los datos de la ONU. Las estimaciones de emisiones que dependen de los datos de población son sensibles a la proporción de población que vive en diferentes zonas climáticas del país y a la proporción de población que vive en zonas urbanas y rurales. Por lo tanto, se recomienda que las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de desechos sólidos se calculen utilizando datos de población separados para la población urbana y rural y datos de población separados para las diferentes zonas climáticas.

#### Zona climática

<b>Fuentes de datos</b>	Datos de población específicos de cada país según las distintas zonas climáticas.
<b>Metodología/recomendación</b>	Si existen diferentes zonas climáticas en el país, calcule las estimaciones para cada zona climática por separado incluyendo la proporción de población que vive en la zona climática y seleccionando la región adecuada en el modelo del IPCC. Los datos sobre la proporción de residuos depositados en vertederos, el tipo de vertedero y la composición de los residuos pueden aplicarse a todas las zonas climáticas, si no se dispone de datos detallados.
<b>Excepción</b>	Si la población no puede distribuirse en diferentes zonas climáticas, elija la zona en la que habite la mayor parte de la población.
<b>Ejemplos de países seleccionados</b>	Chile (Cuadro 3-1), en muchos países no es relevante.

#### Porcentaje de población rural-urbana

<b>Fuentes de datos</b>	Si no se dispone de estadísticas nacionales, utilice los datos de la ONU (véase Anexo II).
<b>Metodología/recomendación</b>	Calcule el porcentaje de población urbana y rural, y asigne diferentes tasas de generación de residuos, porcentajes de residuos depositados en vertederos y datos de tratamiento de residuos. Prepare dos modelos de residuos: uno para la población urbana y otro para la rural. Introduzca la población urbana, las tasas de generación de residuos urbanos, los porcentajes de residuos depositados en vertederos, la eliminación según el tipo de lugares de tratamiento y los datos de composición de los residuos para las zonas urbanas. Inserte la población rural, las tasas de generación de residuos en las zonas urbanas, etc. en un modelo separado. Sume las emisiones de CH <sub>4</sub> estimadas a partir de los modelos de desechos urbanos y rurales para determinar las emisiones totales de CH <sub>4</sub> procedentes de la eliminación de desechos sólidos del país.
<b>Excepción</b>	Si no es posible estimar la población urbana y rural por separado debido a la falta de diferentes tasas de generación de residuos, etc. y no se pueden hacer otros supuestos, estime las emisiones de CH <sub>4</sub> para la población total en un modelo.
<b>Ejemplos de países seleccionados</b>	Namibia, Túnez (Cuadro 3-1) y Vietnam (Cuadro 3-2)

## Tasa de generación de residuos per cápita

La generación de residuos aumenta con el incremento del nivel de ingresos y la creciente urbanización. Según los valores por defecto del IPCC, los índices de generación de residuos oscilan entre los 210 kg/hab./año en Asia Central y América Central, los 290 kg/hab./año en África, y los 640 kg/hab./año en el norte de Europa.

Las tasas de generación de residuos que se basan en estudio de investigación o en los valores por defecto del IPCC suelen estar disponibles únicamente para uno o unos pocos años de la serie temporal. Si los mismos se basan en estadísticas, es posible que se disponga de datos para los años más

recientes, pero casi no existe ninguna fuente de datos que incluya tasas de generación de residuos a partir de 1950.

De acuerdo con las Directrices del IPCC, los valores por defecto son aplicables para el año 2000. Dado que la generación de residuos sigue las tendencias de consumo y producción, es más probable que la generación de residuos per cápita en 1950 sea inferior a la del año 2000 y superior en el año 2010. Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos, se recomienda adaptar la tasa de generación de residuos a lo largo de la serie temporal.

<b>Fuentes de datos</b>	Estadísticas nacionales, estudios nacionales, datos de proyectos MDL, mediciones, datos por defecto del IPCC.																												
<b>Metodología/ recomendación</b>	<p>Ejemplo de cálculo de la tasa histórica de generación de residuos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Utilice datos específicos del país si se dispone de ellos para el año más reciente; si no se dispone de datos nacionales, aplique los datos por defecto del IPCC.</li> <li>Descargue una serie cronológica de la evolución del PIB en cambios porcentuales (datos nacionales o de la ONU) de los últimos 50 años,             <ol style="list-style-type: none"> <li>En lugar del desarrollo del PIB, se puede aplicar cambios anuales en el porcentaje de crecimiento de la población urbana o utilizarse un cambio porcentual constante entre el 1% y el 5%.</li> </ol> </li> <li>Reste el cambio porcentual de la evolución del PIB de la tasa de generación de residuos aplicada en 2010 para cada uno de los años de la serie temporal según el cálculo que se muestra en la tabla siguiente.</li> <li>Las tasas históricas de generación de residuos en 1960 no deberían ser inferiores a 0,2 o 0,1 kg/hab./día (lo que equivale a 36-73 kg/hab./año).</li> <li>Para la población rural, se recomienda aplicar una tasa de generación de residuos inferior (véase Túnez o Vietnam Cuadro 3-2).</li> </ol> <p><b>Ejemplo de cálculo:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>2010</th> <th>2009</th> <th>2008</th> <th>...</th> <th>1961</th> <th>1960</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tasa de generación de residuos [Unidad]</td> <td>550</td> <td>536</td> <td>511,6</td> <td>...</td> <td>85,7</td> <td>82,2</td> </tr> <tr> <td>Variación anual % PIB</td> <td></td> <td>+2,5%</td> <td>+4,6%</td> <td>...</td> <td>0,0%</td> <td>+4,0%</td> </tr> <tr> <td>Cálculo</td> <td></td> <td>=550- (550*2,5%)</td> <td>=536- (536*4,6%)</td> <td>...</td> <td>=85,7- (85,7*0%)</td> <td>=85,7- (85,7*4,0%)</td> </tr> </tbody> </table>	Año	2010	2009	2008	...	1961	1960	Tasa de generación de residuos [Unidad]	550	536	511,6	...	85,7	82,2	Variación anual % PIB		+2,5%	+4,6%	...	0,0%	+4,0%	Cálculo		=550- (550*2,5%)	=536- (536*4,6%)	...	=85,7- (85,7*0%)	=85,7- (85,7*4,0%)
Año	2010	2009	2008	...	1961	1960																							
Tasa de generación de residuos [Unidad]	550	536	511,6	...	85,7	82,2																							
Variación anual % PIB		+2,5%	+4,6%	...	0,0%	+4,0%																							
Cálculo		=550- (550*2,5%)	=536- (536*4,6%)	...	=85,7- (85,7*0%)	=85,7- (85,7*4,0%)																							
<b>Ejemplos de países seleccionados</b>	India, Túnez, Brasil, Vietnam (Tabla 3-2).																												

## Generación total de residuos a utilizar como dato de actividad para otras subcategorías

A partir de la población y de la tasa de generación de residuos per cápita, se dispone de la cantidad total de residuos generados en el país, que puede utilizarse para cálculos posteriores. La cantidad total de residuos generados es el dato básico de actividad para los residuos sólidos depositados en vertederos, el tratamiento biológico (por ejemplo, compostaje), la incineración y la quema al aire libre. En función de las circunstan-

cias específicas de cada país, los porcentajes de las distintas actividades varían. Para evitar el doble cómputo, la suma de todos los datos de actividad utilizados para las diferentes prácticas de gestión debe ser similar a la cantidad total de residuos generados. En el siguiente recuadro se ofrece un ejemplo del cálculo de la cantidad total de residuos generados que se utiliza en los distintos subsectores de residuos sólidos.

### Cuadro 11: Ejemplo de cálculo de datos de actividad para residuos depositados en vertederos, compostados, quemados a cielo abierto y otros

**Cantidad total de residuos generados: 71 millones de habitantes x 250 kg/hab./año = 17 719 Gg de RSU**

Cantidad de residuos depositados en vertederos: 55 % x 17 719 = 9 745 Gg

Cantidad de residuos compostados: 10 % x 17 719 = 1 772 Gg

Cantidad de residuos quemados a cielo abierto: 20 % x 17 719 = 3 544 Gg

Cantidad de residuos incinerados: 5 % x 17 719 = 886 Gg

Cantidad de residuos reciclados o desconocidos: 10 % x 17 719 = 1 772 Gg

Cantidad total de residuos depositados en vertederos, compostados, quemados a cielo abierto, incinerados y reciclados:

$9\,745 + 1\,772 + 3\,544 + 886 + 1\,772 = 17\,719$  Gg de RSU

### 3.1.5.3 Porcentaje de residuos sólidos depositados en vertederos

La cantidad de residuos depositados en vertederos varía mucho y está estrechamente relacionada con la cantidad de residuos recogidos. Las tasas de recogida en los países de ingresos bajos suelen ser inferiores a las de los países de ingresos altos, oscilando entre el 39 % en los países de ingresos bajos y el 96 % en los países de ingresos altos (Kaza et al. 2018).

<b>Fuentes de datos</b>	Datos estadísticos, datos de proyectos MDL, opiniones de expertos, valores por defecto del IPCC.
<b>Metodología</b>	Si se dispone de datos estadísticos sobre la proporción de residuos depositados en vertederos, estos datos se utilizan para los años más recientes. La proporción de residuos depositados en vertederos debe haber sido menor en años históricos y podría ser menor en las zonas rurales. Se recomienda que la proporción reciente de residuos depositados en vertederos se reduzca de forma similar a la adaptación de la tasa de generación de residuos en un x% anual, si no se dispone de datos para la serie temporal.
<b>Excepción</b>	Algunas partes de los residuos totales generados pueden reciclarse, quemarse a cielo abierto, etc., por lo que sólo una parte se deposita en vertederos. Es posible que algunos países no conozcan la proporción exacta de residuos depositados en vertederos respecto al total de residuos generados, pero disponen de datos sobre los camiones que llegan a los vertederos y pueden estimar la cantidad total de residuos depositados en Gigagramos contando el número de camiones. La cantidad medida de residuos depositados en vertederos puede incluirse en "generación total de residuos" en el modelo de residuos y la parte fijada en el 100% en lugar de la generación total de residuos y la parte depositada en vertederos. La proporción de residuos depositados en vertederos puede aumentar si se mejoran los sistemas de recogida. La proporción de residuos depositados en vertederos puede disminuir si aumenta el reciclado o si las políticas de residuos prohíben depositar tipos especiales de residuos en los vertederos.
<b>Ejemplos de países seleccionados</b>	Vietnam (Tabla 3-5).

### 3.1.5.4 Categorías de vertederos (gestionados, no gestionados)

Los países deben calcular la proporción de residuos que se eliminan en las distintas categorías de vertederos. Como esta tarea es muy específica de cada región y país, el IPCC no proporciona valores por defecto. El modelo del IPCC incluye algunos datos ficticios, es decir, datos que no son muy útiles o realistas para aplicarlos a la mayoría de los países.

<b>Fuentes de datos</b>	Datos estadísticos, datos de proyectos MDL, mediciones, estudios de investigación o dictámenes de expertos.
<b>Metodología/ recomendación</b>	Considere la relación entre vertederos profundos gestionados o no gestionados en grandes ciudades y vertederos poco profundos no gestionados en ciudades pequeñas y zonas rurales. El MCF de los vertederos profundos gestionados o no gestionados tendría que aplicarse a la tasa de generación de residuos multiplicada por la población de las grandes ciudades, etc. Si no se dispone de datos específicos al país para los años más recientes (a partir de 2000), pueden utilizarse los datos incluidos en el modelo del IPCC. Para los años históricos y las zonas rurales, podría ser adecuada la categoría de "poco profundo no gestionado". De lo contrario, se debe suponer que el 100% de los residuos se eliminan en vertederos "no categorizados".
<b>Ejemplo de cálculo</b>	Población total: 10 millones; población residente en grandes ciudades: 6 millones (60% de la población total); población que vive en ciudades pequeñas: 1 millón (10% de la población total); población que vive en zonas rurales: 3 millones (30% de la población total). Porcentaje de residuos destinados a vertederos anaeróbicos = 60% Porcentaje de residuos que llegan a vertederos profundos no gestionados = 10% Porcentaje de residuos eliminados en vertederos poco profundos no gestionados = 30%
<b>Nota</b>	Los valores por defecto del IPCC incluidos en el modelo de distribución de los residuos en las distintas categorías de vertederos no son apropiados para la mayoría de los países en desarrollo. Los datos ya incluidos en el modelo suponen que el 25% de los residuos en 1950 se eliminan en vertederos gestionados, lo que no es realista. Por favor, siga la recomendación anterior.
<b>Ejemplos de países seleccionados</b>	Armenia, Kazajistán, Namibia, México (véase Tabla 3-6).

### 3.1.5.5 Composición de los residuos

La proporción de residuos de alimentos, papel, madera, textiles, pañales y plásticos está influida, entre otras cosas, por el desarrollo económico, la cultura y el clima. Varía entre regiones y a lo largo del año. Los países de ingreso bajo tienen la mayor proporción de residuos orgánicos (por encima del 60%), mientras que en los países de ingreso alto la proporción de residuos de alimentos es inferior al 30% y aumenta la proporción de papel, plásticos y otros materiales inorgánicos (Banco Mundial 2012).

<b>Fuentes de datos</b>	Datos estadísticos o estudio de investigación, datos de proyectos MDL, valores por defecto del IPCC.
<b>Metodología</b>	Aplique datos específicos al país (si se dispone de ellos) o datos por defecto del IPCC. Generalice los resultados de los estudios de investigación para la cantidad total de residuos eliminados y manténgalos constante a lo largo de toda la serie temporal si no se dispone de datos mejores. Si se dispone de datos robustos de desechos brutos <sup>8</sup> , elija la opción de los desechos brutos en el modelo del IPCC; de lo contrario, utilice los datos de composición por defecto incluidos en el modelo del IPCC.
<b>Ejemplo de países seleccionados</b>	Armenia, India (Tabla 3-7).

<sup>8</sup> Los desechos brutos son un tipo de residuo que puede contener todas las categorías de residuos (por ejemplo, residuos de jardín, muebles, madera). Se desconoce la composición detallada de las distintas fracciones de desechos brutos. Los valores por defecto del IPCC se basan en diferentes estudios.

### 3.1.5.6 Series temporales

Para la eliminación de residuos sólidos, incluidos los RSU, así como de residuos sólidos industriales, los lodos de depuradora y otros residuos, es necesario establecer una serie temporal larga de aproximadamente 50 años si se aplica el método FOD. Existen diferentes metodologías sobre cómo establecer una serie temporal para un periodo tan largo y las fuentes de datos pueden utilizarse.

<b>Paso 1</b>	Si es posible, divida la serie temporal larga de 1960-2010 en distintos periodos en función de las diferencias en el crecimiento económico, la gestión de residuos, las políticas de residuos o la disponibilidad de datos.																								
<b>Paso 2</b>	Aplique diferentes hipótesis basadas en datos procedentes de estudios, encuestas o juicios de expertos sobre la generación de residuos, residuos vertidos y tratamiento de residuos en los diferentes periodos, por ejemplo, el período anterior a la apertura de vertederos gestionados y el período posterior a la apertura de vertederos gestionados, cuando la mayor parte de los residuos vertidos se eliminaron en vertederos gestionados.																								
<b>Opción para el paso 2</b>	Si se dispone de datos recientes sobre la generación de residuos y residuos depositados en vertederos, estos se pueden ajustar hacia años históricos en función de la evolución de los indicadores económicos u otros factores (véase el apartado 3.1.5.2).																								
<b>Ejemplo de cálculo</b>	Tasa de generación de residuos en 2010 = 459 kg/hab/año Factor de reducción por año: 0,5% (por ejemplo, en función del crecimiento anual del PIB o de la evolución de la población urbana). Tasa de generación de residuos en 2009: $459 * 99,5\% = 457$ Tasa de generación de residuos en 2008: $457 * 99,5\% = 454$																								
<b>Opción para el paso 2</b>	Mezcle datos por defecto con datos específicos al país, si no dispone de datos a lo largo de la serie temporal. México dividió la serie temporal larga en dos periodos: 1950 a 1990 y 1990 a 2010. Para el primer periodo no se dispone de datos, por lo que se han aplicado los datos por defecto del IPCC. En el segundo periodo, de 1990 en adelante, se pudieron aplicar datos específicos al país.																								
<b>Opción para el paso 2</b>	Aplique valores medios (ponderados) si dispone de estudios de diferentes regiones o utilice resultados de estudios de diferentes años (véase Tabla 3-2 Brasil).																								
<b>Paso 3</b>	Utilice estudios de investigación, encuestas, juicios de expertos o métodos estadísticos como la interpolación o las fórmulas de regresión para completar los años que faltan en la serie temporal.																								
<b>Nota</b>	Compruebe que los datos por defecto o los datos específicos al país en los años históricos sean inferiores a los de los últimos años (generación de residuos, fracción vertida, etc.). La mayoría de los datos por defecto aplicados a los años históricos deben reducirse tal como se describe en el apartado 3.1.5.2 ya que son más aplicables a los años recientes que a los históricos. Para algunos países, los datos por defecto pueden ser muy bajos en comparación con los datos de actividad recientes y pueden por lo tanto aplicarse a años históricos. No obstante, si se aplican los datos por defecto, es necesario comprobar que los datos históricos sobre la tasa de generación de residuos, etc., son inferiores en años históricos.																								
<b>Ejemplo</b>	<p>En el ejemplo se dispone de datos específicos al país para la generación de residuos a partir del año 2000. Para los años 1960 a 1990 se han aplicado datos por defecto. Estos datos por defecto son más altos para los años 1960 a 1990 que para el año 2000, lo que no es realista.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>1960</th> <th>1970</th> <th>1980</th> <th>1990</th> <th>2000</th> <th>2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="4">IPCC por defecto</td> <td colspan="2">país</td> </tr> <tr> <td>Tasa de generación de residuos</td> <td>kg/hab/año</td> <td>415</td> <td>415</td> <td>415</td> <td>415</td> <td>395</td> <td>445</td> </tr> </tbody> </table> <p>En este caso, sería mejor recortar los datos específicos nacionales disponibles para el año 2000 (véase más arriba) en lugar de utilizar los datos por defecto del IPCC.</p>			1960	1970	1980	1990	2000	2010			IPCC por defecto				país		Tasa de generación de residuos	kg/hab/año	415	415	415	415	395	445
		1960	1970	1980	1990	2000	2010																		
		IPCC por defecto				país																			
Tasa de generación de residuos	kg/hab/año	415	415	415	415	395	445																		
<b>Documentación</b>	Documente todos los supuestos, estudios de investigación y métodos aplicados.																								

### 3.1.5.7 Parámetros por defecto del IPCC

En la mayoría de los países no se dispone de parámetros específicos nacionales, y mientras no se aplique un método de nivel 3, no es necesario desarrollar parámetros específicos al país. Los parámetros por defecto ya están incluidos en el modelo de residuos del IPCC (véase la sección 4.2). A falta de modelos y parámetros nacionales, se recomienda aplicar el modelo del IPCC con los parámetros por defecto descritos en el capítulo 3.1.4.

Algunos países tienen valores de DOC específicos para distintos tipos de residuos. Si se utilizan estos valores, hay que asegurarse de que se miden en peso húmedo y no en peso seco. El contenido de agua de los residuos alimenticios es muy alto en comparación con el de la madera o el papel, por lo que el COD de los residuos alimenticios es, en consecuencia, más bajo.



© GIZ / Florian Köpp



## 3.2 Tratamiento biológico de residuos sólidos

### 3.2.1 Visión general

El tratamiento biológico de los residuos sólidos abarca el compostaje y la digestión anaerobia de los residuos orgánicos. La descomposición de la biomasa durante el tratamiento biológico es mucho más rápida que en los vertederos y las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se estiman anualmente sin necesidad de series temporales largas como en el caso de los vertederos.

Las Directrices del IPCC de 2006 introdujeron una metodología para la estimación de las emisiones de GEI procedentes del compostaje, la digestión anaerobia y el tratamiento mecánico-biológico. La diferencia entre el compostaje y la digestión anaeróbica es que el primero es principalmente un proceso aeróbico con bolsas anaeróbicas, mientras que en el segundo la descomposición tiene lugar sin presencia de oxígeno, bajo parámetros ambientales controlados. El tratamiento mecánico-biológico puede incluir el compostaje, la digestión anaerobia, la incineración y el reciclado, y debe analizarse individualmente para cada instalación.

Las emisiones de metano y óxido nitroso se estiman utilizando la cantidad de residuos orgánicos procesados por tipo de tratamiento (compostaje y digestión anaerobia) y los factores de emisión respectivos. Las emisiones procedentes del tratamiento mecánico-biológico deben calcularse para cada etapa de acuerdo con las metodologías respectivas. Todo metano recuperado para quema en antorcha y/o uso energético debe deducirse de las emisiones calculadas.

### 3.2.2 Cuestiones metodológicas

#### ELECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ACTIVIDAD

Los datos de actividad pueden proceder de las mismas fuentes que se han mencionados en la sección de eliminación de residuos sólidos. Se considera una buena práctica utilizar datos nacionales si se dispone de ellos. Si no se dispone de datos específicos nacionales, las Directrices del IPCC proporcionan algunos factores regionales por defecto (IPCC 2006) y valores utilizados por los distintos países (IPCC 2006) para la fracción de Residuos Sólidos Urbanos compostados. La información disponible es bastante incompleta: ninguno de los dos conjuntos de datos dispone de valores para África, el Caribe, América Central u Oceanía. Se asume que el tratamiento anaeróbico es inexistente si un país no dispone de datos nacionales.

#### ELECCIÓN DEL FACTOR DE EMISIÓN

Las Directrices del IPCC proporcionan factores de emisión por defecto para el Nivel 1. En el caso de la digestión anaerobia, las emisiones de N<sub>2</sub>O se consideran insignificantes. El nivel 2 requiere que los países desarrollen un factor de emisión nacional; para el nivel 3, las emisiones deben calcularse para cada planta de tratamiento por separado, utilizando factores de emisión individuales.

#### EXHAUSTIVIDAD Y COHERENCIA

Para evitar el doble cómputo o vacíos en el inventario, debe adoptarse el siguiente enfoque:

- Las emisiones derivadas del uso energético del metano recuperado deben reportarse en el Sector de la Energía.
- La quema en antorcha debe reportarse en Tratamiento biológico. Se considera una buena práctica no estimar estas emisiones; cualquier emisión de CO<sub>2</sub> es de origen biogénico y no se contabiliza, y las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> procedentes de la quema en antorcha se consideran insignificantes.
- Si los lodos del tratamiento de aguas residuales se eliminan junto con los residuos biológicos sólidos, las emisiones deben reportarse en esta categoría y no en la de aguas residuales.

Las Directrices del IPCC de 1996 y la Guía de Buenas Prácticas de 2000 no incluían esta categoría de fuentes. Por lo tanto, puede resultar difícil para los países establecer una serie temporal completa si no se dispone de datos para todos los años.

### Cuadro 12: IPCC Refinamiento 2019 - Tratamiento biológico

No se han refinado las directrices relativas al tratamiento biológico de los residuos, por lo que las Directrices del IPCC de 2006 siguen siendo las más recientes.

### 3.2.3 Ejemplos de buenas prácticas en los países

Hasta ahora, muy pocos países en desarrollo han reportado emisiones procedentes del compostaje o la digestión anaerobia; esta categoría de fuentes no se incluyó en las Directrices del IPCC de 1996. Todos los países analizados utilizan la metodología de nivel 1 con factores de emisión por defecto, la incertidumbre del factor de emisión se considera alta. En todos los casos, los datos de actividad se recogen

bajo un enfoque bottom-up utilizando datos específicos de cada emplazamiento. En algunos casos, las autoridades están al tanto de que la información comunicada es incompleta, lo que dará lugar a una subestimación de las emisiones procedentes del compostaje. A falta de datos mejores, se recomienda este enfoque frente a la situación de no estimar en absoluto las emisiones del sector.

**Tabla 3-9:** Información sobre el tratamiento biológico en varios países

Países	Descripción
<b>Chile</b>	Se utilizó una metodología de nivel 1 que implicaba el uso de factores de emisión por defecto proporcionados en las Directrices del IPCC de 2006. Los datos de actividad se recogieron de diversas fuentes: revisión de proyectos aprobados de compostaje y digestión aeróbica, datos de valorización de residuos de un estudio de la Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, y datos del registro de emisión y transferencia de contaminantes (Chile 2020). El equipo chileno encargado del inventario de GEI también visitó y se puso en contacto con algunas empresas y municipios grandes que tenían en marcha programas de compostaje (Chile 2014).
<b>México</b>	Las emisiones de metano y N <sub>2</sub> O se estiman utilizando un método de nivel 1 y los factores de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. Como datos de actividad, se dispone de la capacidad instalada de plantas de compostaje para los años 1991 a 2015, incluyendo sus fechas de inicio de operación (México 2018).
<b>Túnez</b>	Las emisiones del compostaje se calculan utilizando factores de emisión por defecto y estadísticas nacionales. Los operadores están obligados a reportar las cantidades de residuos orgánicos compostados, pero no está claro si todos los operadores reportan y si están incluidos en las estadísticas. Por lo tanto, se asume que la incertidumbre es del 20%, lo que duplica la incertidumbre normal para las estadísticas tunecinas; se asume una incertidumbre del 100% para el factor de emisión basado en el rango dado por el IPCC (Túnez 2014).
<b>Vietnam</b>	Según el Informe Nacional sobre el Estado del Medio Ambiente de 2017, se habían reconocido cinco tecnologías de tratamiento de residuos sólidos, incluidas dos tecnologías de combustión. Vietnam contaba con aproximadamente 35 instalaciones/plantas de tratamiento de residuos sólidos que utilizaban la tecnología del biocompostaje para fabricar abonos orgánicos. Los datos de actividad para el cálculo de las emisiones procedentes del tratamiento biológico se basaron en los datos de capacidad de tratamiento de las fábricas/provincias del Informe nacional sobre el estado del medio ambiente de 2017. Dado que no se disponía de datos sobre la cantidad total de residuos sólidos tratados mediante biotecnología, el supuesto se basó en la capacidad de las plantas de tratamiento de residuos sólidos biotecnológicos de las localidades, con un volumen total de residuos sólidos tratados igual al 70% de la capacidad máxima de diseño de las fábricas/localidades. Dado que no se disponía de un factor de emisión específico al país, se utilizó el factor de emisión por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (Vietnam 2020a).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.2.4 Recomendaciones

Los datos sobre compostaje son incompletos en la mayoría de los países. Aunque esta práctica existe en muchos países, a menudo se lleva a cabo a nivel local sin que haya requisitos de recopilación de datos y/o reporte. Si es posible, utilice los datos existentes y aplique las metodologías generales para subsanar vacíos (por ejemplo, Chile, Cuadro 3-9). Si no puede establecerse una serie temporal completa, calcule

únicamente las emisiones de los últimos años. Para los años anteriores, utilice la clave de notación NO (No Ocurre) si la práctica no existió o NE (No se ha Estimado) si la práctica existió, pero no fue posible estimar las emisiones. Garantice la coherencia con los datos de actividad de las demás categorías de residuos (por ejemplo, en el caso del tratamiento biológico de lodos).

## 3.3 Incineración y quema al aire libre

### 3.3.1 Visión general

Los residuos pueden quemarse en instalaciones, a cielo abierto o auto inflamarse en vertederos no gestionados. La quema al aire libre suele realizarse en el suelo, en barriles o en vertederos abiertos y es una práctica habitual en muchos países no incluidos en el Anexo I. Además de los gases de efecto invernadero cubiertos por las directrices de reporte, la quema al aire libre es también una fuente de carbono negro<sup>9</sup> y otros contaminantes con los consiguientes impactos para la calidad del aire. El carbono negro es un agente que contribuye al cambio climático, pero no es obligatorio reportarlo según las directrices del IPCC. La incineración de residuos es más común para residuos peligrosos y/o médicos, mientras que la incineración en instalaciones controladas rara vez tiene lugar en los países en desarrollo. Las Directrices del IPCC de 1996 y la Guía de Buenas Prácticas de 2000 sólo incluyen una metodología para la incineración; la incineración a cielo abierto se introdujo en las Directrices del IPCC de 2006. La metodología para estimar las emisiones es la misma para ambos tipos de combustión; difieren en los factores de emisión y las tasas de oxidación.

CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O se generan durante el proceso de combustión. Para el CO<sub>2</sub>, únicamente se incluyen las emisiones procedentes de fuentes fósiles (por ejemplo, plásticos o algunos textiles) en los totales nacionales netos, no se incluyen las emisiones procedentes de materiales de biomasa (por ejemplo, papel o alimentos). Si el calor generado se utiliza con fines energéticos, las emisiones deben reportarse en el sector de energía. Normalmente, esto ocurre con la generación de electricidad o la co-combustión para calor de proceso, por ejemplo, en instalaciones de cemento.

### 3.3.2 Cuestiones metodológicas

#### SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

La metodología requiere el cálculo del carbono fósil quemado por tipo de residuo. Para ello, es necesario estimar la fracción fósil por tipo de residuo. Las Directrices proporcionan metodologías y valores por defecto para convertir el peso húmedo o seco de los residuos en carbono fósil. Se considera una buena práctica diferenciar entre los distintos tipos de residuos si se dispone de la información. Para el Nivel 1, los países pueden utilizar los factores por defecto proporcionados en las Directrices del IPCC; para los Niveles 2 y 3, es necesario desarrollar datos específicos nacionales o de la instalación.

#### SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA LAS EMISIONES DE CH<sub>4</sub> Y N<sub>2</sub>O

Para calcular las emisiones de metano y óxido nitroso, es necesario estimar las cantidades de residuos quemados por tipo y tecnología de combustión. Para el nivel 1, se proporcionan factores de emisión por defecto y técnicas para estimar los datos de la actividad; para los niveles superiores, es necesario desarrollar información nacional o específica del emplazamiento. Los datos de actividad utilizados por tipo de residuo deben ser idénticos para el cálculo de los tres gases de efecto invernadero.

#### DATOS DE LA ACTIVIDAD

La incineración de RSU suele tener lugar en un número relativamente bajo de instalaciones controladas, si es que existen. Es una buena práctica recoger datos de estas instalaciones si es posible. En caso contrario, se proporcionan algunos valores por defecto y específicos de cada país (IPCC 2006) pero la información para los países en desarrollo es muy limitada. Se considera una buena práctica analizar la composición de los RSU incinerados, ya que puede diferir de la composición de los RSU generados. Si se generan

9 El carbono negro, u hollín, forma parte de la contaminación atmosférica por partículas finas (PM<sub>2,5</sub>) y se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles, madera y otros combustibles.

datos específicos nacionales, es importante garantizar la representatividad de las muestras. A menudo, los residuos peligrosos y clínicos se incineran in situ en los hospitales y la industria, por lo que podría no ser posible recoger datos específicos de cada planta.

La quema de residuos a cielo abierto es una práctica habitual y debe considerarse al detalle. La quema puede ser intencionada o deberse a la autoignición en vertederos no gestionados. A falta de datos oficiales, las directrices ofrecen una metodología para estimar la cantidad de residuos quemados a cielo abierto. Se requiere lo siguiente:

1. Población que quema los residuos: Se trata de la población para la que los residuos no se recogen o se envían a vertederos abiertos donde se queman; normalmente, incluye a la población rural y a una parte de la población urbana, dependiendo de las circunstancias nacionales.
2. Tasa de generación de residuos per cápita para la población que quema residuos: Podría ser diferente de la media nacional porque la quema al aire libre suele tener lugar en zonas de bajos ingresos pero, a falta de datos detallados, se considera una buena práctica garantizar coherencia con las tasas de generación utilizadas para la eliminación de residuos sólidos y el tratamiento biológico.
3. Fracción de residuos quemados: La incineración de residuos a cielo abierto es un proceso incompleto. El supuesto por defecto es que el 60 % de los residuos se oxida; el 40 % permanece junto con las cenizas in situ.

#### FACTORES DE EMISIÓN

Para el CO<sub>2</sub>, las emisiones antropogénicas dependen del contenido de carbono fósil de los residuos. Para estimar el carbono fósil deben utilizarse los mismos parámetros que para la eliminación de residuos sólidos. En el caso de la combustión abierta, no todo el carbono se convierte en CO<sub>2</sub>; se da por defecto un factor de oxidación del 58 %. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O dependen de la tecnología de combustión. Las Directrices de 2006 proporcionan valores por defecto para diferentes tipos de instalaciones de incineración y para la quema al aire libre. Si no se dispone de información específica del país, es una buena práctica utilizar los valores por defecto.

#### EXHAUSTIVIDAD Y COHERENCIA

Es necesario reflejar cuidadosamente la incineración y la quema al aire libre de residuos en varias categorías de fuentes para evitar el doble conteo o las omisiones:

- **Energía:** Si el calor generado a través de la incineración se utiliza para la generación de electricidad o para otro uso energético como la co-combustión en la industria, las emisiones relacionadas deben reportarse bajo el sector de energía,
- **AFOLU:** La quema de residuos agrícolas debe declararse en el sector AFOLU,
- **Eliminación de residuos sólidos:** La cantidad de residuos quemados podría tener que deducirse de la cantidad de residuos que se transportan a vertederos de residuos sólidos en función de las circunstancias nacionales. Si se realiza quema al aire libre en vertederos, se reduce el DOC disponible; esto debe estimarse y reflejarse en los cálculos de las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos.

Se considera una buena práctica garantizar la coherencia de los datos en todas estas categorías de fuentes.

### Cuadro 13: IPCC Refinamiento 2019 - Incineración

5.C.1: Nuevas guías sobre las tecnologías térmicas disponibles, incluidas la pirólisis, la gasificación y el plasma.

5.C.2: Actualización del factor de oxidación de 0,54 a 0,71.

### 3.3.3 Ejemplos de buenas prácticas en países seleccionados

La incineración de residuos en instalaciones controladas todavía no se practica en la mayoría de los países en desarrollo, salvo en el caso de los residuos peligrosos y/o médicos. A falta de estadísticas oficiales, varios países utilizan la cantidad de camas de hospital y las tasas de generación de residuos por cama para estimar los datos de actividad necesarios.

La mayoría de los países en desarrollo utilizan la población de las zonas rurales como base para determinar las emisiones procedentes de la quema de residuos al aire libre. La fracción de residuos quemados por la población rural varía

según las circunstancias nacionales y la información disponible, del 20 % (Túnez) al 61 % (Namibia) en los países analizados. Se considera una buena práctica explicar estos valores y documentar los supuestos realizados. Algunos países disponen de datos nacionales sobre la composición de los RSU; para todos los demás parámetros se utilizan los valores por defecto de las Directrices del IPCC. Túnez informó explícitamente sobre un mecanismo para lograr la coherencia entre los inventarios de emisiones de residuos y de energía en relación con los datos de actividad y la composición de los residuos. Se considera una buena práctica garantizar esa coherencia.

**Tabla 3-10:** Incineración y quema al aire libre de residuos en varios países

Países	Descripción
<b>Armenia</b>	En las zonas rurales de Armenia, los residuos vegetales (ramas de árboles, hojas secas, hierba, etc.) generados por jardines y parcelas se queman in situ. La cantidad de residuos incinerados al aire libre se calculó en función del número de habitantes de las zonas rurales. Se utilizó el factor nacional de 0,40 kg/hab./día (o 0,146 ton/hab./año) para determinar el radio de generación de RSU per cápita para la población rural (Armenia 2020a).
<b>Brasil</b>	La cantidad de residuos incinerados entre 1990 y 2010 se definió a partir de los datos de capacidad instalada y supuestos de la tasa de uso de incineradoras en funcionamiento, procedentes de distintas fuentes de datos para diferentes tipos de residuos. Para los valores de la fracción de contenido de carbono en los residuos, la fracción de carbono fósil en los residuos, y la eficiencia de combustión de los incineradores para los valores de residuos, se utilizaron de las Directrices del IPCC de 2006 (Brasil 2020).
<b>Ghana</b>	Para mejorar la disponibilidad de datos, los ministerios responsables recopilarán datos sobre la incineración de alimentos y residuos biomédicos a través de los gobiernos locales. La Agencia de Protección del Medio Ambiente analizará los informes e informará directamente a los proveedores de datos para mejorar su calidad. En el caso de la quema al aire libre, los distritos deben estimar las cantidades e informar al Ministerio de Administración Local de Ghana. La academia participa en el proceso de recopilación de datos para mejorar su calidad (Ghana 2015).

<b>Jamaica</b>	<p>Jamaica distingue tres tipos de residuos que se incineran: los residuos médicos, los RSU quemados en patios traseros y los RSU quemados en vertederos.</p> <p>Residuos médicos incinerados: Existe muy poca documentación sobre la cantidad de residuos que generan e incineran los centros sanitarios públicos y privados. Para determinar la cantidad de residuos incinerados, se recopilieron datos sobre la tasa de generación de residuos médicos (kg/cama/día) y el número de camas de los hospitales categorizados por regiones. Los hospitales se clasifican en cuatro regiones (Norte, Oeste, Sur y Este). Los estudios han indicado una tasa de generación de 0,24-1kg/cama/día para los hospitales públicos jamaicanos. Sin embargo, se calculó una tasa de generación media de 1,88 kg de residuos/cama/día utilizando la cantidad de residuos incinerados al día y el número de camas del hospital de St. Ann's Bay. Esta tasa de generación se consideró generalmente representativa de los hospitales de Jamaica y se aplicó a los hospitales de las regiones Sur y Oeste para determinar la cantidad de residuos incinerados (en kg/año), calculando el producto del número de camas, sus tasas de ocupación y la tasa de generación de residuos de 1,88 kg/cama/día.</p> <p>Quema al aire libre: La fracción de la población que, según los informes, quemaba sus residuos en el patio trasero en 2006 y 2010 fue del 38% y el 32%, respectivamente. A falta de datos específicos de cada año, el porcentaje obtenido para 2006 se aplicó a 2007-2009, mientras que el 32% se utilizó para 2010-2012. Según se informa, la fracción de residuos sólidos urbanos eliminada en los SEDS es del 75%, tal y como se ha mencionado en la sección 7.2.2. Se asumió que el 50% de la cantidad eliminada en los SEDS se quema, ya que no todos los residuos se queman cuando hay incendios en los vertederos. El apartado 5.3.2 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero sugiere que si todos los residuos se queman sin dejar residuos, la fracción de residuos quemados en relación con la cantidad de residuos tratados debería ser 1.</p> <p>En el caso de los incendios en vertederos, la fracción quemada se estimó en 0,6, ya que sólo se quema esta fracción de los residuos y el 40% de los mismos es residual. La quema en patios traseros se estimó en 0,9, ya que casi todos los residuos se queman con una pequeña cantidad de residuos de cenizas (Jamaica 2018).</p>
<b>México</b>	<p>Para la incineración de residuos, se utiliza una metodología de nivel 1 de acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006, aplicando factores de emisión por defecto. Las cantidades de residuos incinerados están disponibles a partir de la información de la capacidad de las incineradoras autorizadas. De acuerdo con los datos de los certificados de operación del año 2013, se asume que la cantidad incinerada corresponde al 50% de la capacidad instalada de los incineradores (México 2018).</p>
<b>Namibia</b>	<p>Se calcula que, a escala nacional, en 2015 se quemaron a cielo abierto residuos y basura de alrededor del 32% de los hogares namibios. Se observa un fuerte contraste entre las zonas urbanas y rurales: aproximadamente el 10% de los hogares urbanos y alrededor del 61% de los hogares rurales utilizan la quema al aire libre para deshacerse de sus residuos sólidos (Namibia 2020).</p>
<b>Túnez</b>	<p>La estimación de las cantidades de residuos médicos incinerados en 2010 se basa en varios parámetros: capacidad (número de camas) de las instituciones que incineran residuos médicos, residuos médicos por cama y tasa de ocupación de camas para el año en cuestión.</p> <p>Túnez estimó la cantidad de residuos domésticos eliminados mediante incineración al aire libre en el país basándose en juicios de expertos (20% de los residuos generados por la población rural). Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se utilizaron los datos nacionales sobre composición y cantidad de residuos junto con los factores por defecto del IPCC para todos los demás parámetros.</p> <p>Se entabla un intercambio entre los expertos responsables del sector energético y del sector de los residuos para garantizar que se contabilicen todos los residuos y se utilice la misma composición de residuos para los residuos sólidos urbanos (2014).</p>
<b>Vietnam</b>	<p>Se incineran los siguientes tipos de residuos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos sólidos domésticos, que también incluyen residuos no peligrosos de los hospitales;</li> <li>• Residuos sólidos peligrosos de origen industrial, médico, doméstico (como aparatos electrónicos) y agrícola (como envases de fertilizantes y pesticidas).</li> </ul> <p>La cantidad de residuos médicos generados se ha estimado en función del número de camas de hospital. La cantidad de residuos industriales peligrosos se estimó a partir de los residuos generados, asumiendo que el 75% de los residuos generados se incineran.</p> <p>Se asume que la incineración de residuos al aire libre representa el 30% del total de residuos no recogidos o tratados. (Vietnam 2020a).</p>

### 3.3.4 Recomendaciones

Para la incineración de residuos médicos peligrosos, intente identificar las plantas incineradoras y recopilar datos de actividad. Si no es posible, utilice el número de camas de hospital como aproximación a las tasas de generación disponibles (por ejemplo, Túnez, Tabla 3-10). Si se incineran residuos para RSU, recopile directamente los datos de actividad.

A partir de estimaciones nacionales, calcule las emisiones de quemas al aire libre basándose en:

- la población no conectada a sistemas formales de recogida de residuos y
- la cantidad de residuos que llegan a fosas abiertas donde se queman los residuos.

Si es posible, utilice estimaciones nacionales para la proporción de residuos quemados (p. ej. Tabla 3-10 México).

Garantice la coherencia con los datos de actividad de las otras categorías de residuos y el reporte en el sector de energía.

## 3.4 Tratamiento y vertido de aguas residuales

### 3.4.1 Visión general

Es necesario reportar las emisiones procedentes del tratamiento y la eliminación de las aguas residuales. Las emisiones de metano se producen en condiciones anaeróbicas, es decir, en aguas profundas y de movimiento lento. Pueden originarse durante todas las etapas, desde la generación de las aguas residuales hasta su eliminación final. Las emisiones dependen del contenido de carbono de las aguas residuales, del método de tratamiento o eliminación y de la temperatura. Para calcular las emisiones, es necesario estimar la generación de aguas residuales domésticas (es decir, principalmente aguas residuales de origen humano) y algunas actividades industriales. Para cada tipo de aguas residuales, también es necesario estimar la proporción de cada método de tratamiento o eliminación. Además, el óxido nitroso puede emitirse directamente durante el tratamiento o indirectamente tras la eliminación del efluente.

Las emisiones procedentes del uso energético del metano generado y las emisiones originadas por la eliminación de lodos en vertederos (véase el capítulo 3.1), en el suelo (en AFOLU) o en digestión anaerobia (véase el capítulo 3.2) no se incluyen en esta categoría de fuentes.

### 3.4.2 Aguas residuales domésticas

#### 3.4.2.1 Cuestiones metodológicas

Todas las aguas residuales generadas por los hogares y cualquier agua residual no eliminada in situ en instalaciones industriales se declaran como aguas residuales domésticas. Las emisiones de todas las aguas residuales recogidas a través del alcantarillado público se reportan aquí; normalmente, esto incluye industrias e instalaciones en zonas urbanas como carnicerías, restaurantes y tiendas de comestibles.

Para estimar las emisiones de metano, es necesario:

1. determinar el carbono orgánico total degradable en las aguas residuales (TOW);
2. determinar los factores de emisión para cada vía y sistema de tratamiento de aguas residuales existentes en el país (por ejemplo, vertido sin tratar en ríos, tratamiento aeróbico y fosas sépticas); y
3. determinar la proporción de cada vía y sistema y calcular las emisiones correspondientes.

El carbono orgánico degradable total se basa en la población total y la cantidad de carbono vertido por persona y día expresada en demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Se proporcionan valores por defecto para algunos países y se considera una buena práctica utilizar el valor de un país cercano comparable. También se proporcionan valores por defecto para estimar los factores de emisión de metano de cada vía y sistema. Para determinar la proporción relativa de cada vía y sistema, es una buena práctica clasificar a toda la población en tres grupos con patrones distintivos de tratamiento de aguas residuales:

- rural,
- urbana de bajos ingresos,
- urbano de altos ingresos.

En países con instalaciones de aguas residuales bien desarrolladas, no es necesario diferenciar la población urbana. Es una buena práctica realizar un diagrama de los distintos

tipos de tratamiento y porcentajes para garantizar la exhaustividad. En la Tabla 6-5 de las Directrices se ofrecen algunos datos sobre la fracción de la población en cada categoría, así como la fracción de los tipos de tratamiento pertinentes (IPCC 2006) para los distintos países. Para reflejar las aguas residuales industriales y comerciales vertidas al alcantarillado, los datos de actividad basados en la población se multiplican por un factor constante.

Si se recupera y quema metano, las emisiones de las aguas residuales deben ajustarse respectivamente. Si se retiran lodos de las aguas residuales, es necesario deducir la cantidad correspondiente del TOW. Las emisiones procedentes de la descomposición de los lodos se reportan en el sector de eliminación de residuos sólidos, tratamiento biológico, incineración o en el sector AFOLU, dependiendo del método de eliminación. Es una buena práctica asegurarse de que los lodos deducidos en esta categoría de fuente se reporten en otro lugar.

#### Cuadro 14: IPCC Refinamiento 2019 – CH<sub>4</sub> de la manipulación de aguas residuales – Actualización de los datos por defecto

- Visión general sobre el porcentaje de población de países de ingreso bajo que utiliza letrinas de hoyo como instalación primaria de saneamiento.
- Valores MCF por defecto y EF resultantes para aguas residuales domésticas por tipo de sistema de tratamiento y vía de vertido (Tabla 6-3).

#### Cuadro 15: IPCC Refinamiento 2019 – CH<sub>4</sub> procedente de la manipulación de aguas residuales – Actualización del MCF por defecto

Actualización del MCF por defecto

- Nivel 1: mares y lagos (0,1 a 0,11)
- Nivel 2: nueva diferenciación en MCF para medios acuáticos distintos de embalses, lagos y estuarios (0,035), y MCF para vertidos a embalses, lagos y estuarios (0,19).
- Ya no existe diferenciación entre sistemas de tratamiento aeróbico centralizado “apropiadamente gestionados” y “mal gestionados”, debe aplicarse el valor por defecto de 0,03.

Nuevo paso de cálculo: Emisiones de las aguas receptoras.

#### Cuadro 16: IPCC Refinamiento 2019 – CH<sub>4</sub> procedente de la manipulación de aguas residuales – Lodos

Ampliación de las guías para incluir emisiones procedentes de la manipulación de lodos de aguas residuales domésticas.

Nuevo paso de cálculo para estimar el componente orgánico basado en la masa de lodos que se elimina dentro de una vía de tratamiento de aguas residuales.

Datos por defecto disponibles para la estimación del componente orgánico de los lodos por tipo de tratamiento y para sistemas sépticos.



### 3.4.2.2 Ejemplos de buenas prácticas en los países

La mayoría de los países en desarrollo aplican metodologías de nivel 1 a las aguas residuales. Las principales dificultades encontradas están relacionadas con los tipos y porcentajes de vías de tratamiento/eliminación de las aguas residuales. Las Directrices del IPCC de 2006 recomiendan diferenciar entre tres grupos de la población total que tienen sus propias vías típicas:

- urbano de ingreso alto,
- urbana de ingreso bajo y
- rural.

Este planteamiento es utilizado por muchos países, pero adaptado a las circunstancias nacionales. En Armenia, el tipo de tratamiento depende más del tamaño del asentamiento que de la clase de ingresos y el inventario se calcula en consecuencia. En Namibia, se dispone de datos nacionales sobre el tratamiento de las aguas residuales, que se utilizan en combinación con los datos por defecto del IPCC 2006. Para las demás regiones se aplican valores por defecto y juicios de expertos. Sudáfrica incluye una tabla detallada con toda la información pertinente en el informe del inventario nacional.

**Tabla 3-11: Emisiones de metano de las aguas residuales domésticas**

Países	Descripción
<b>Afganistán</b>	Para cartografiar los sistemas de tratamiento de aguas residuales y las vías de vertido en función de las circunstancias nacionales se utilizó información procedente de diferentes fuentes de datos que abarcaban años distintos. El último informe de la Encuesta sobre las Condiciones de Vida en Afganistán proporcionó información completa sobre la población, por instalación de aseo principal y por residencia, que se tomó como "año base de referencia 2016". Los datos anteriores se compararon con datos internacionales proporcionados para Afganistán. Los datos proporcionados se agregaron según el tipo de tratamiento y la vía/sistema de vertido, y se preparó una serie temporal coherente mediante interpolación y extrapolación (Afganistán 2020).
<b>Armenia</b>	Las Directrices del IPCC de 2006 no recomiendan ningún valor por defecto de la DBO para Armenia, los países del Cáucaso Meridional o las antiguas repúblicas soviéticas. Por ese motivo, se utilizan los valores por defecto recomendados por las Directrices revisadas del IPCC de 1996 para las antiguas repúblicas soviéticas. La población se clasifica en tres grupos en función del tamaño del asentamiento: ciudades grandes, otras ciudades y pueblos. Los tipos de tratamiento respectivos son (Armenia 2014): - grandes ciudades: 95 % alcantarillado, 5 % letrinas; - otras ciudades: 50 % alcantarillado, 50 % letrinas; - pueblos: 5 % alcantarillado, 95 % letrinas. Actualmente, la zona de servicio del sistema de aguas residuales de Armenia es limitada, ya que solo da servicio al 70 % de la población. En 2017, en las ciudades grandes y medianas, las aguas residuales domésticas y comerciales se vertían a través de sistemas de alcantarillado, en las zonas rurales, principalmente por desagües y pozos (Armenia 2020a).
<b>Chile</b>	Para la estimación de las emisiones de metano, se utiliza un método de nivel 2 según las Directrices del IPCC de 2006 con una DBO per cápita específica al país. Los porcentajes de los distintos tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales se obtienen de los datos estadísticos nacionales (Chile 2020).

<b>Jamaica</b>	<p>La población de 2011 se dividió por el total de viviendas para determinar el número medio de personas por vivienda (3,17 hab./vivienda). Las fracciones de población calculadas se utilizaron para determinar la población de las zonas urbanas altas, urbanas bajas y rurales para los otros años (2006–2010 y 2012). Para calcular la tasa de carga (g/año), se recopilaron las capacidades (L/año) de las plantas de tratamiento y la DBO (mg/L) a través de la Comisión Nacional del Agua y de la Agencia Nacional de Medio Ambiente y Planificación.</p> <p>Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales de Jamaica son predominantemente sistemas aeróbicos. Los datos sobre el rendimiento de los sistemas (grado de utilización en zonas urbanas altas, bajas y rurales) se obtuvieron del Instituto de Planificación de Jamaica y de la Encuesta de Condiciones de Vida de Jamaica. Las plantas de tratamiento de aguas residuales en Jamaica se dividen en dos categorías principales, para las que se proporcionaron valores MCF por defecto: para sistemas no tratados con altas cargas orgánicas o para sistemas tratados y no adecuadamente gestionados (Jamaica 2018).</p>
<b>Namibia</b>	<p>La cantidad real de aguas residuales domésticas generadas no estaba disponible a nivel nacional. Sin embargo, se utilizaron los diferentes tipos y tasas de uso de tratamientos o de vertido según los informes de los censos de población y vivienda de Namibia de 2001, 2006 y 2011, así como los respectivos MCF por defecto de las Directrices del IPCC de 2006 (Vol 5.3 Ch 3 Table 3.1). El uso de los diferentes sistemas de residuos se ha armonizado en tres tipos principales: Aeróbico centralizado, fosa séptica y letrinas. Aunada a la tasa de uso, la fracción de la población que vive en las tres zonas diferentes: urbana alta, urbana baja y rural, se generó en una serie temporal como datos de entrada en el software (Namibia 2020).</p>
<b>Sudáfrica</b>	<p>El Informe del Inventario Nacional (NIR) incluye una tabla detallada sobre el tipo de tratamiento o vía de vertido (fosa séptica, letrina, alcantarillado estancado, alcantarillado cerrado, cloaca estancada abierta y caliente, cloaca en movimiento, ninguno, otros) por grupo de ingresos (rural, urbano de ingresos altos, urbano de ingresos bajos) (Sudáfrica 2019).</p>
<b>Vietnam</b>	<p>Se utilizaron los siguientes datos de actividad 1) Población; 2) Proporción de población por ingresos altos y bajos; 3) Proporción de tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales; y 4) Factor DBO calculado según las Directrices del IPCC de 2006 (Vol 5 Ch 6 Ecuación 6.1).</p> <p>Para las zonas urbanas, la proporción de aguas residuales domésticas tratadas centralmente por el método aeróbico se determinó a partir de datos estadísticos de instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Las proporciones de aguas residuales no tratadas y de aguas residuales tratadas en sistemas sépticos, tanto en zonas urbanas como rurales, se basan en los juicios de expertos en residuos (Vietnam 2020a).</p>

### 3.4.2.3 Recomendaciones

Utilice grupos adecuados de la población, ya sea siguiendo las Directrices del IPCC (urbana de ingreso alto, urbana de ingreso bajo, rural) o utilizando otros criterios como el tamaño del asentamiento (por ejemplo, Armenia, Tabla 3-11). Asegúrese de que todas las aguas residuales se incluyan en los cálculos; esto puede conseguirse preparando un diagrama de flujo de aguas como sugieren las Directrices del IPCC (véase el apartado 3.4.2.1).

- fabricación de pasta y papel,
- transformación de alimentos y bebidas (por ejemplo, transformación de carne y aves de corral, producción de alcohol/almidón y productos lácteos), y
- producción de productos químicos orgánicos.

Debido a la falta de datos específicos de cada emplazamiento y a dificultades metodológicas para obtenerlos, se considera una buena práctica utilizar enfoques top-down. Los datos de actividad se basan en la producción de las industrias pertinentes y en una demanda química de oxígeno por unidad de producción para cada industria. Se proporcionan valores por defecto, y se considera una buena práctica utilizarlos en ausencia de datos nacionales. Normalmente, sólo tres o cuatro sectores industriales son relevantes por país y se considera una buena práctica centrar los esfuerzos en ellos. Además, se considera una buena práctica reevaluar periódicamente todos los sectores industriales potencialmente relevantes. Una vez incluido, un sector industrial debe permanecer en todos los años posteriores del inventario. Si se incluyen nuevos sectores, los países deben recalcular toda la serie temporal.

## 3.4.3 Aguas residuales industriales

### 3.4.3.1 Cuestiones metodológicas

Las emisiones de aguas residuales industriales incluyen todas las aguas residuales que se tratan/eliminan in situ y no se envían al alcantarillado público. Las principales fuentes de emisiones de metano procedentes de aguas residuales industriales son:

### Cuadro 17: IPCC Refinamiento 2019 - CH<sub>4</sub> procedentes de la manipulación de aguas residuales industriales - Actualización de los datos por defecto

Valores MCF por defecto y EF resultantes para aguas residuales industriales (Tabla 6.8).

### 3.4.3.2 Ejemplos de buenas prácticas en los países

El principal reto para los países que aplican el Nivel 1 es determinar qué sectores industriales son relevantes, recopilar los datos de actividad respectivos y el tipo de tratamiento de las aguas residuales. Algunos países disponen de datos detallados. En Chile, por ejemplo, la Superintendencia de Medio Ambiente dispone de datos de actividad y parámetros específicos para las aguas residuales industriales. En India, los datos necesarios se obtienen de las industrias. En Vietnam, se han desarrollado valores específicos nacionales para la demanda química de oxígeno.

Tabla 3-12: Emisiones de metano de las aguas residuales industriales

Países	Descripción
<b>Brasil</b>	Los valores de producción industrial se obtuvieron a partir de la observación de los sectores más importantes en 2005 y del juicio de expertos para el periodo comprendido entre 1990 y 2010. Para obtener el componente orgánico degradable industrial recomendado por el IPCC (2000), se consultó a un grupo de expertos para definir el valor más adecuado a aplicarse. Los valores de la capacidad máxima de producción de metano se basaron en los datos por defecto del IPCC (2000). La fracción de agua residual tratada por cada vía o sistema de tratamiento/descarga y el MCF se definieron tras la consulta con un panel de expertos y recurriendo al valor por defecto del IPCC (2000), debido a la ausencia de un estudio oficial sobre tecnologías empleada y la fracción de cada vía o sistema de tratamiento/descarga en la industria brasileña (Brasil 2020).
<b>Chile</b>	Las emisiones de metano se estimaron utilizando un método de nivel 2 según las Directrices del IPCC de 2006. Se utilizaron datos y parámetros de actividad nacionales, que se obtuvieron de la entidad reguladora y de la Superintendencia de Medio Ambiente. Estos datos incluyen el volumen de aguas residuales generadas y los respectivos valores de DBO. Como factores de emisión, se utilizaron valores por defecto (Chile 2020).
<b>India</b>	La contribución de las aguas residuales industriales a los gases de efecto invernadero se evalúa en función de las industrias emisoras de metano, como las de pasta y papel, refinado de azúcar, curtiduría, alimentación y bebidas, aves de corral y cárnicos. Los datos de actividad relacionados con las estimaciones de emisiones, incluida la producción unitaria, la generación de aguas residuales, la cantidad de materia orgánica y la manipulación de efluentes, se recopilaron de las industrias (India 2018).
<b>Jamaica</b>	Para la mayoría de las industrias primarias que generan aguas residuales en Jamaica se utilizaron valores predeterminados de generación de aguas residuales y los valores correspondientes de demanda química de oxígeno (DQO). Se utilizaron datos específicos nacionales sobre el producto industrial total. Además, se utilizaron datos específicos nacionales sobre la DQO para la industria azucarera y la tasa de generación de aguas residuales para la industria del alcohol (Jamaica 2018).
<b>Namibia</b>	Sólo se disponía de datos sobre la producción de aguas residuales industriales de la industria cárnica (vacuno y ovino) y pesquera. El producto total de la industria cárnica y la cantidad de aguas residuales facilitados por las autoridades locales se utilizaron junto con los valores por defecto de las respectivas Directrices del IPCC de 2006 (Vol 5.3 Ch 3 Table 3.1) para el cálculo de las emisiones (Namibia 2020).

<b>Vietnam</b>	<p>Los datos de actividad se recopilan en tres pasos: identificación de las principales industrias del país y cantidades de producción; estimación de la generación de aguas residuales de estas industrias por unidad de producción; demanda química de oxígeno específica del país para estas industrias. Todos los datos pertinentes se determinan utilizando las estadísticas nacionales y los valores por defecto de las Directrices del IPCC de 2006. En un último paso, se determina la proporción de sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales. Dado que no existe datos de actividad específicos, se recurre a la opinión de expertos para estimar la proporción de los sistemas de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento aeróbico: 30 %</li> <li>• Tratamiento semi-aeróbico: 40 %</li> <li>• Tratamiento anaerobio: 0 %</li> <li>• Vertido al mar, ríos y lagos: 30 %</li> </ul> <p>(Vietnam 2020a).</p>
----------------	--

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.4.3.3 Recomendaciones

Si es posible, recopile datos en tres pasos: (i) identificación de las principales industrias y cantidades de producción; (ii) estimación de la generación de aguas residuales de estas industrias por unidad de producción; (iii) elaboración de la Demanda Química de Oxígeno específica nacional para estas industrias (véase Vietnam, Tabla 3-12).

## 3.4.4 Emisiones de óxido nitroso procedentes de aguas residuales

### 3.4.4.1 Cuestiones metodológicas

Las emisiones directas de  $N_2O$  durante el procesado únicamente ocurren en países con plantas de tratamiento de aguas residuales centralizadas, predominantemente avanzadas, con etapas de nitrificación y desnitrificación. Las emisiones indirectas proceden de los efluentes del tratamiento de aguas residuales vertidos en medios acuáticos. Para las emisiones directas, es necesario multiplicar la cantidad de aguas residuales tratadas en dichas instalaciones por un factor de emisión por defecto. Para las emisiones indirectas, es necesario estimar el nitrógeno de las aguas residuales basándose en la ingesta de proteínas por persona y en factores de corrección para reflejar las proteínas no consumidas y las descargas colaterales industriales/comerciales en el sistema de alcantarillado. Si se eliminan lodos, es necesario deducir la cantidad correspondiente de nitrógeno.

Las emisiones de  $N_2O$  procedentes de fuentes de aguas residuales industriales se consideran insignificantes y no es necesario estimarlas.

### Cuadro 18: IPCC Refinamiento 2019 – Emisiones directas de $N_2O$ procedentes de la manipulación de aguas residuales

Nuevas orientaciones sobre las emisiones de  $N_2O$  de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) con sistemas avanzados que incluyen etapas de nitrificación y desnitrificación controladas. Se considera que las emisiones de  $N_2O$  de las EDAR son sustancialmente superiores.

### Cuadro 19: IPCC Refinamiento 2019 – Emisiones indirectas de $N_2O$ procedentes de la manipulación de aguas residuales

Cálculo de variables adicionales que impactan las emisiones de  $N_2O$  en la manipulación de aguas residuales, incluidas las pérdidas de nitrógeno durante el tratamiento previo a la eliminación, el nitrógeno adicional procedente de productos domésticos, la fracción de proteína consumida y una fracción de nitrógeno que se pierde antes del vertido.

### Cuadro 20: IPCC Refinamiento 2019 – Emisiones directas de $N_2O$ procedentes de la manipulación de aguas residuales industriales

Nuevas orientaciones para calcular las emisiones de  $N_2O$  procedentes de la manipulación de aguas residuales industriales. Se requieren los mismos datos que para el cálculo de las aguas residuales domésticas.

### 3.4.4.2 Ejemplos de buenas prácticas en países seleccionados

Calcular las emisiones de óxido nitroso de las aguas residuales es un proceso relativamente sencillo que requiere muy pocos datos. Las Directrices del IPCC contienen únicamente una metodología de nivel 1, por lo que se considera una buena práctica que todos los países utilicen el nivel 1 con los factores de emisión por defecto. Se proporciona estadísticas de

población mientras que la FAO proporciona la ingesta media anual de proteínas. Algunos países informaron sobre los enfoques aplicados para completar los datos de la FAO o los datos recopilados a nivel nacional sobre el consumo de proteínas. Ningún país en desarrollo analizado informó sobre las emisiones directas de N<sub>2</sub>O del proceso de tratamiento.

**Tabla 3-13:** Emisiones de óxido nitroso de las aguas residuales

Países	Descripción
<b>Armenia</b>	En cuanto al consumo de proteínas, la FAO ofrece cifras promediadas para los periodos 1990-2017 (Armenia 2020b).
<b>Namibia</b>	El contenido de proteínas de la dieta de la población también es necesario como dato de actividad para el cálculo de las emisiones procedentes de las aguas residuales domésticas. Se dispone de datos de la FAO para los años 1999 a 2014. Se aplicó la técnica de tendencias para generar los datos de los años 1994 a 1997 (Namibia 2020).
<b>Vietnam</b>	Para el consumo de proteínas se utilizan estadísticas nacionales. Según el informe del Instituto de Nutrición de Vietnam, el consumo de proteínas per cápita fue de 22,6 kg/hab./año en 2000 y de 27,1 kg/hab./año en 2010. La cifra estimada para 2016 fue de 30,5 kg/hab./año (Vietnam 2020a).

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

### 3.4.4.3 Recomendaciones

Utilice las mismas estadísticas de población que se usaron para la eliminación de residuos sólidos a fin de garantizar la coherencia interna de las estimaciones. Aplique el nivel 1 y utilice los parámetros por defecto incluidos en las Directrices del IPCC de 2006.

## 4 Modelos de emisión de residuos

### 4.1 Visión general

Existen varios modelos en el campo de la gestión de residuos que se centran en las diferentes perspectivas de la gestión de residuos, las emisiones de GEI y la evaluación del ciclo de vida. La mayoría de los modelos utilizan los mismos datos de entrada que se utilizan para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub>, incluyendo la tasa de generación de residuos, y la composición de los residuos y su tratamiento. Modelos como el del IPCC se utilizan para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos aplicando el método complejo “FOD”. Los resultados de los cálculos se utilizan en los inventarios de emisiones de GEI y pueden además informar sobre la importancia de este subsector en lo que respecta a los potenciales de reducción de emisiones. En un segundo paso, se pueden aplicar otros modelos además del Modelo de Gestión de Residuos Sólidos para calcular potenciales de mitigación, mismo que constituye el primer paso para el desarrollo de una NAMA.

En el siguiente capítulo se presentan algunos modelos que pueden contribuir en la compilación de inventarios de GEI, datos de actividad y evaluación de potenciales de mitigación en el sector de los residuos. Específicamente, esta sección introduce el modelo de residuos del IPCC y la calculadora de Gestión de Residuos Sólidos-GEI y proporciona una visión general de los objetivos y datos de entrada para otros modelos disponibles en el sector de los residuos.

### 4.2 Modelos recomendados para estimar las emisiones de GEI procedentes de los residuos

En función del tipo de emisiones, su fuente y el ámbito del inventario, existen varios modelos entre los que se puede elegir. A continuación, se presentan con más detalle dos modelos principales; otros modelos relevantes se resumen en una tabla en la sección 5.2.3. A continuación se exponen las razones por las que se ha seleccionado el modelo.

#### 4.2.1 Modelo de residuos del IPCC

Junto con las Directrices del IPCC de 2006, se ha publicado un modelo sencillo basado en una hoja de cálculo de Excel para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos. Este modelo se desarrolla a partir del cálculo según las Directrices del IPCC de 2006 y aplica el método de decaimiento de primer orden.

El modelo se centra en la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos para la elaboración de inventarios.

Dado que el modelo ya incluye datos por defecto, cada país puede utilizarlo fácilmente para calcular las emisiones derivadas de la eliminación de residuos sólidos. Si se elige un método de nivel 1, los países pueden utilizar valores por defecto sin disponer de datos de actividad específicos nacionales.

Para el método de nivel 1, los países deben seleccionar o proporcionar:

- región (el modelo de residuos del IPCC incluye 19 regiones diferentes),
- datos por defecto basados en la composición de los residuos o en los desechos brutos,
- condiciones climáticas del país (templado seco, templado húmedo, tropical seco, tropical húmedo), y
- Población en millones, a partir de 1950/1960 (disponible en las estadísticas nacionales o en la base de datos de la ONU).

Así, eligiendo la región, las condiciones climáticas del país e introduciendo los datos de población, la hoja de cálculo del modelo calcula los resultados de las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de los vertederos de residuos sólidos del país utilizando el método FOD. Todos los países deberían poder calcular sus emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos según el método de nivel 1 utilizando el modelo del IPCC. Si los países desean aplicar métodos de nivel superior y disponen de datos de actividad más detallados, pueden introducir datos específicos nacionales en el modelo.

Se dispone de datos por defecto para todos los parámetros, excepto para la población. Los datos por defecto del IPCC incluidos en el modelo se basan en estudios de los años 90 y principios de los 2000. Al seleccionar la región en la que se encuentra el país, se introducirán automáticamente en el modelo los datos de actividad por defecto y los parámetros aplicables a la región en cuestión.

Los datos de actividad por defecto incluidos en el modelo y en las Directrices del IPCC no se adaptan a lo largo de la serie temporal. Así, los datos por defecto del IPCC para la generación de residuos, la eliminación de residuos, la eliminación en diferentes tipos de vertederos y la composición de los residuos son constantes desde 1950 hasta 2012. Especialmente para los países en vías de desarrollo, esto no es apropiado y conduce a una sobreestimación de las emisiones derivadas de la eliminación de residuos sólidos. Para obtener resultados más veraces, se recomienda adaptar los datos por defecto o los datos de actividad específicos de cada país a lo largo de la serie temporal, tal como se explica en el capítulo 3.1.5.

El modelo Excel también se ha adaptado y actualizado y se proporciona con el refinamiento de 2019 de las Directrices del IPCC.

## 4.2.2 Gestión de residuos sólidos – Calculadora de GEI (ifeu)

Mientras que el modelo del IPCC se aplica para calcular las emisiones procedentes de la eliminación de residuos sólidos, el Modelo de Gestión de Residuos Sólidos se utiliza para identificar los potenciales de mitigación en el sector de los residuos, que es un requisito previo para el desarrollo de las NAMAs (véase el capítulo 5).

La calculadora Gestión de Residuos Sólidos (GRS) - GEI ha sido desarrollada por el Instituto de Investigación Energética y Medioambiental (ifeu) y se utiliza para evaluar el efecto climático de las distintas opciones de gestión de residuos. Las Directrices del IPCC pueden utilizarse para calcular las emisiones procedentes de los residuos, pero no reflejan el potencial real de reducción de las emisiones de GEI por parte del sector de la gestión de residuos. Al aplicar la calculadora de GEI de SWM, se evidencian los impactos positivos de la reducción, la reutilización o el reciclaje de residuos y de las estrategias de conversión de residuos en energía. Se cubren todas las prácticas de gestión de residuos sólidos, incluidos el vertido, la incineración a cielo abierto, la incineración MBT, el compostaje y la digestión. Se realiza un enfoque a los países de ingreso bajo y medio que se enfrentan al gran reto de gestionar la creciente generación de residuos. Al incluir los costos de cada una de las

opciones de gestión de residuos, los países podrán calcular los costos de las distintas opciones de gestión de residuos y calcular cómo reducir las emisiones de GEI con costos comparativamente bajos, a la vez que mejoran significativamente las condiciones sanitarias y la protección del medio ambiente (ifeu 2010).

El cálculo se basa en una evaluación del ciclo de vida, que incluye todas las etapas de la gestión de residuos (recogida, reciclado, incineración, compostaje, eliminación) y aplica el enfoque de nivel 1 de las Directrices del IPCC de 1996. Así pues, al no aplicarse el método FOD, sólo es necesario disponer de datos correspondientes a un año.

Además del statu quo, se puede definir un escenario de referencia probable y dos escenarios adicionales. Los nuevos escenarios pueden suponer una gestión de residuos más avanzada, que contempla un aumento de la tasa de recogida y el reciclado de residuos, o incluso incorpora prácticas modernas de gestión de residuos, como estrategias de conversión de residuos en energía.

Los resultados se presentan en hojas individuales para cada escenario e incluyen información sobre los datos de actividad, así como sobre las emisiones y las emisiones evitadas distribuidas entre las distintas opciones de gestión. También se proporciona información sobre los costos totales del escenario calculado, así como los costos específicos de una tonelada de CO<sub>2</sub>eq en el escenario calculado.

## 4.2.3 Breve presentación de otros modelos de residuos seleccionados

Además del modelo del IPCC y de la calculadora GRS-GEI, existen otros modelos disponibles que abordan diferentes aspectos de la gestión de residuos. Estos modelos se han evaluado para comprobar si proporcionan algún apoyo adicional (por ejemplo, sobre datos de actividad o parámetros por defecto) para calcular las emisiones o los potenciales de mitigación de los residuos sólidos. En la Tabla 4-1 se incluye un resumen que puede ser útil en la mejora de la gestión de los residuos y de los inventarios. En el anexo II se incluyen todos los enlaces a los modelos pertinentes.

Para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos, se recomienda la aplicación del modelo de residuos del IPCC. Puesto que el cálculo es automatizado, únicamente es necesario incluir datos de actividad, las emisiones se estiman basándose en el método FOD. Otros modelos no proporcionan orientación adicional o proporcionan una orientación más sencilla para calcular emisiones veraces de CH<sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos.

Los datos de actividad utilizados en el modelo del IPCC pueden recopilarse mediante la herramienta de gestión de residuos sólidos urbanos; es útil recopilar datos de actividad coherentes para todas las ciudades. Si no se dispone de estadísticas nacionales u otras fuentes de datos a nivel municipal o regional, esta herramienta puede distribuirse entre los gobiernos regionales y solicitar su aplicación. No obstante, este modelo requiere varios datos de actividad detallados que superan la entrada de datos necesaria para el modelo del IPCC.

Para estimar las emisiones de las otras subcategorías de residuos sólidos (compostaje, quema a cielo abierto, etc.), se puede utilizar la calculadora de GEI proporcionada por el Instituto de Estudios Ambientales Globales (IGES), especialmente en los países asiáticos, para los que se ha desarrollado el modelo. El Modelo de Gestión de Residuos se centra en el cálculo de los potenciales de reducción en el sector de los residuos; se recomienda su aplicación para el desarrollo de NAMAs si no se dispone de otras fuentes sobre el cálculo del potencial de mitigación en el sector de los residuos.

**Tabla 4-1:** Resumen del modelo

Modelo	Objetivo	Subsectores cubiertos	Método	Años	Datos por defecto	Utilidad
Herramienta de recopilación de datos para la gestión de residuos sólidos (Kaza et al. 2018)	Recopilación coherente de datos para apoyar a los responsables a elaborar planes de gestión de residuos	Recogida, transferencia, reciclado, vertido, compostaje, conversión de residuos en energía	-	Un año, y proyección para 2030, 2050, se pueden añadir años históricos para los vertederos	No	Los datos de actividad pueden utilizarse como datos de entrada para el modelo del IPCC. Se requiere información muy detallada y difícil de evaluar. No se requiere toda la información, ya que existen datos de entrada para el modelo del IPCC
Modelo del IPCC	Cálculo de las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos	Eliminación de residuos sólidos	FOD	Al menos 50 años	Sí	Cálculo de estimaciones fiables de las emisiones de CH <sub>4</sub> procedentes de la eliminación de residuos sólidos, si se adaptan los datos de la actividad a lo largo de la serie temporal. También es aplicable si no se dispone de datos de actividad.
Gestión de residuos sólidos - Calculadora de GEI (ifeu 2010)	Estimación del potencial de mitigación de los residuos sólidos	Reciclaje, eliminación, compostaje, digestión	Balace de masas	Un año	Países menos desarrollados y de ingresos medios	Muy útil para la estimación de los potenciales de mitigación, ya que se pueden aplicar diferentes escenarios.
Calculadora de GEI para el sector de los residuos sólidos (IGES 2013)	Cálculo de las emisiones a lo largo del flujo de residuos, toma de decisiones	Eliminación, compostaje, digestión, MBT, reciclaje, incineración, quema al aire libre, transporte de residuos	FOD	Generación mensual de residuos	IPCC	Muy útil para estimar las emisiones de otras subcategorías (quema al aire libre, incineración, compostaje, etc.).
Modelo de reducción de residuos (WARM) (US EPA, 2015)	Ayudar a los planificadores de residuos sólidos a realizar un seguimiento y reportar voluntariamente las reducciones de emisiones de GEI derivadas de distintas prácticas de gestión de residuos	Reducción en origen, reciclado, combustión, compostaje y depósito en vertederos	Enfoque del ciclo de vida de los materiales			Útil para estimar la reducción de emisiones derivadas de distintas prácticas de gestión de residuos <b>WARM es entendido como una herramienta de planificación y no de contabilidad de GEI</b>

Fuente: Elaboración propia GIZ y Öko-Institut.



## 5 Medidas nacionales de mitigación en el sector de los residuos y su relación con los inventarios de GEI

Varios países están aplicando medidas para mitigar las emisiones de GEI en el sector de los residuos. Muchas de estas medidas han sido motivadas por razones no relacionadas con el cambio climático (por ejemplo, beneficios para la salud) o enumeran el cambio climático sólo como un beneficio colateral. Sin embargo, las NAMAs son acciones de los países en desarrollo introducidas específicamente para reducir las emisiones de GEI a la que abordan otros desafíos de desarrollo. Según la CMNUCC, las NAMAs hacen referencia a cualquier acción que reduzca las emisiones de GEI en países en desarrollo y se preparen bajo el marco de una iniciativa gubernamental nacional. Estas se establecieron en la Conferencia sobre el Cambio Climático celebrada en Cancún en 2010, y más de 50 países han comunicado NAMAs en el marco de la CMNUCC. Con el Acuerdo de París, estas serán sustituidas por medidas nacionales de mitigación en virtud de su Artículo 4.

Las medidas de mitigación pueden adoptar muchas formas, desde políticas dirigidas a un cambio transformacional dentro de un sector económico, hasta acciones intersectoriales con un enfoque nacional más amplio. Las NAMAs tienen la particularidad de que deben contar con un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) y contribuir al desarrollo sostenible de un país.<sup>10</sup> Para las medidas de mitigación en el marco del Acuerdo de París, el MRV o “transparencia” son también un aspecto importante. El objetivo de un sistema de MRV es determinar las reducciones de emisiones de GEI logradas a través de la NAMA, abordando además algunos impactos no relacionados con la reducción de GEI alienados a los objetivos nacionales de desarrollo. El sistema MRV puede ser similar o estar vinculado al inventario de GEI, pero no es necesario estimar emisiones totales. Independientemente de la finalidad de las políticas y medidas del sector, existen vínculos entre el inventario y las medidas adoptadas. Esta sección explora cómo los inventarios pueden influir en las NAMAs y en otras medidas de mitigación y viceversa.

### UTILIZACIÓN DE UN INVENTARIO DE GEI PARA LA ELABORACIÓN DE POLÍTICAS

Un inventario de GEI en el sector de los residuos puede utilizarse de varias formas durante la identificación y el desarrollo de medidas de mitigación en el sector:

- **Identificación de los (sub)sectores pertinentes:** Uno de los primeros pasos en el desarrollo de una medida de mitigación es la identificación de los potenciales de reducción. Un inventario de GEI puede dar una primera indicación de la relevancia de los diferentes (sub)sectores y fuentes de emisión. Por ejemplo, una medida destinada a reducir las emisiones de GEI procedentes del tratamiento de aguas residuales industriales puede diseñarse con la ayuda de la información del inventario, identificando los sectores industriales más importantes. Si una medida persigue otros fines, como por ejemplo, la mejora de la calidad del aire, la consiguiente reducción de las emisiones de GEI puede utilizarse como justificación adicional de la acción.
- **Identificación de parámetros clave:** Una vez identificados los (sub)sectores relevantes, es necesario desarrollar la intervención política. Los parámetros utilizados en el desarrollo del inventario pueden apoyar este proceso si se analiza su relevancia en las emisiones totales de GEI. Por ejemplo, los datos de composición de residuos específicos de cada país pueden ayudar a centrarse en programas de reciclaje y separación de residuos.
- **Estimación del potencial de reducción:** Las metodologías y los datos recopilados para la elaboración de inventarios pueden utilizarse para estimar los potenciales de reducción y desarrollar diferentes escenarios (ex ante). Por ejemplo, el modelo FOD del IPCC para la eliminación de residuos sólidos puede utilizarse fácilmente para estimar el impacto de una acción que pretenda introducir el compostaje en un país. Cambiando los valores de composición de los residuos, es posible estimar el impacto de diferentes niveles de penetración de la medida de mitigación (por ejemplo, un 5 %, 10 % y 50 % de tasa de recogida de residuos orgánicos).

10 Para una introducción a las NAMA, véase GIZ (2012).

- **Sistema MRV:** Las metodologías, datos y parámetros utilizados en el inventario a veces pueden utilizarse directamente en el sistema MRV de una NAMA o medida de mitigación. En el ejemplo de un programa de compostaje a gran escala en un país, se puede utilizar un modelo FOD para calcular las emisiones de referencia (por ejemplo, con una composición de residuos fija) y para calcular las emisiones reales en el escenario del proyecto. Este uso directo de métodos y datos de inventario no siempre es posible, sobre todo si el impacto de la acción es pequeño en comparación con las emisiones totales de GEI de un sector. Utilizando el mismo ejemplo, el inventario nacional no sería una buena base para estimar el impacto si la separación de residuos sólo se introduce en una ciudad pequeña del país. Aun así, incluso en estos casos, las metodologías y los datos suelen ser útiles para el desarrollo del sistema MRV específico.
- **Reflejar los impactos de la medida de mitigación:** Un inventario nacional de GEI debe captar todas las emisiones y absorciones sin sobreestimar ni subestimar las emisiones reales. Por lo tanto, el inventario de GEI debe ser capaz de reflejar los impactos de cualquier medida adoptada en el sector de los residuos, independientemente del sistema de seguimiento de la medida. Para ello, podría ser necesario mejorar la metodología utilizada en el inventario. Si tomamos el ejemplo en el que los residuos orgánicos se compostan en lugar de depositarse en un vertedero, podría ser necesario refinar los datos utilizados en el inventario nacional de GEI. Para que las reducciones de emisiones derivadas de la política de compostaje sean visibles en el inventario, la cantidad de residuos compostados debe substraerse de la cantidad total de residuos generados, y sólo la cantidad restante se utilizará como dato de actividad para estimar las emisiones de los vertederos en el inventario de GEI. En el proceso de mejora del método en el inventario, podría ser necesario pasar del uso de parámetros por defecto del IPCC hacia el uso de valores nacionales específicos a la composición de los residuos del país.

#### MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RESIDUOS E INVENTARIO DE GEI

Una vez elaborada y aplicada una medida de mitigación, esta también puede tener repercusiones en el inventario de GEI del sector de los residuos:

- **Mejora del inventario:** Si una medida de mitigación tiene un sistema MRV específico que es independiente del inventario de GEI, los datos recopilados podrían ayudar a mejorar la calidad del inventario. Por ejemplo, si el sistema MRV de una NAMA de aguas residuales industriales mide la demanda química de oxígeno específica del país, los resultados podrían utilizarse como actividad de control de calidad de los valores por defecto y/o directamente para el inventario si se considera que los valores son representativos de todo el país.

## 6 Perspectivas y conclusiones

Como ha demostrado este informe, los inventarios de gases de efecto invernadero en el sector de los residuos pueden servir para múltiples propósitos:

1. cumplimiento de los requisitos internacionales en el marco de la CMNUCC y del Acuerdo de París,
2. sensibilización sobre las emisiones y prácticas del sector, y
3. desarrollo de nuevas acciones de mitigación y mejora de las existentes.

Estos beneficios colaterales de los inventarios de GEI pueden ayudar a justificar el gasto de su elaboración y, viceversa, por lo que puede ser útil identificar beneficios colaterales y aprovecharlos.

Las Directrices del IPCC de 2006 ofrecen instrucciones detalladas para la elaboración de inventarios. Las primeras estimaciones, aplicando el Nivel 1 y los valores por defecto, pueden llevarse a cabo incluso cuando los datos nacionales son muy limitados. La mejora de la calidad y la precisión de la estimación de las emisiones puede resultar más compleja. Incluso en ausencia de datos, los países han conseguido identificar información sustitutiva o desarrollar nuevos procedimientos de recopilación de datos que les permitan pasar a niveles metodológicos superiores.

Una forma de reducir el esfuerzo necesario y utilizar eficazmente los recursos disponibles es desarrollar un sistema de inventario nacional que cumpla los requisitos de buenas prácticas del IPCC. Estos incluyen la realización de análisis de categorías principales y la selección de metodologías apropiadas, la estimación de incertidumbres y el desarrollo de un plan de GC/CC. Desarrollar e implementar un sistema de inventario de este tipo es especialmente útil si el inventario de GEI se va a preparar con frecuencia, por ejemplo, cada dos años para los BUR, y en el futuro para los IBT en el marco del Acuerdo de París. A medida que los países mejoran sus métodos de inventario, podrán utilizar los parámetros y factores de emisión actualizados disponibles en el Refinamiento 2019 a las Directrices del IPCC de 2006.

Varios países han avanzado en gran medida en el desarrollo de las capacidades necesarias para la elaboración de inventarios. Diversas organizaciones de las Naciones Unidas, donantes internacionales y organismos de ejecución, así como muchas agencias nacionales de desarrollo, disponen de fondos y programas que pueden apoyar el desarrollo de capacidades para el monitoreo, el reporte y la verificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y medidas de mitigación. Los países que necesiten ayuda deben ponerse en contacto con estos organismos para analizar sus posibilidades. En el Anexo II se incluyen algunos enlaces a programas e instituciones. El objetivo de estas actividades de capacitación debe ser siempre que el país consiga desarrollar inventarios de manera autónoma. Esto se ha conseguido en varios países, como muestran los ejemplos incluidos en este estudio.

## 7 Bibliografía

Afghanistan (2020): Afghanistan's National Inventory Report (NIR) 2019 submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). National Environmental Protection Agency. Kabul, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/210251>, last accessed on 24 Jun 2021.

Armenia (2014): National Greenhouse Gas Inventory Report of the Republic of Armenia (2010) under the United Nations Framework Convention on Climate Change. MINISTRY OF NATURE PROTECTION (ed.), 2014.

Armenia (2018): Second Biennial Update Report, 2018. Online available at <https://unfccc.int/documents/180602>, last accessed on 9 Jun 2021.

Armenia (2020a): Armenia's 4th National Communication on Climate Change under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Environment of the Republic of Armenia, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/227815>, last accessed on 24 Jun 2021.

Armenia (2020b): National Greenhouse Gas Inventory Report of Armenia 1990-2017. Ministry of Environment of the Republic of Armenia (ed.), 2020. Online available at [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR\\_2017\\_Armenia.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NIR_2017_Armenia.pdf), last accessed on 21 Jun 2021.

Brazil (2020): Fourth Biennial Update Report of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/267661>, last accessed on 24 Jun 2021.

Chile (2014): Chile's National Greenhouse Gas Inventory, 1990-2010. Climate Change Office; Ministry of the Environment Chile, 2014. Online available at <https://unfccc.int/documents/180614>, last accessed on 24 Jun 2021.

Chile (2015): Questionnaire on waste inventory compilation Chile, 2015.

Chile (2020): Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/268469>, last accessed on 9 Jun 2021.

Falconer, A.; Glenday, S.; Rosenberg, A.; Wilkinson, J. (2014): Landscape of public climate finance in Indonesia. Climate Policy Initiative, 2014. Online available at <https://climatepolicyinitiative.org/publication/landscape-of-public-climate-finance-in-indonesia-3/>, last accessed on 24 Jun 2021.

Ghana (2015): Questionnaire on waste inventory compilation Ghana, 2015.

Ghana (2019): Ghana's Fourth National Greenhouse Gas Inventory Report. Environmental Protection Agency, 2019. Online available at <https://unfccc.int/documents/231805>, last accessed on 9 Jun 2021.

Ghana (2020): Ghana's Fourth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Environmental Protection Agency, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/231806>, last accessed on 9 Jun 2021.

GIZ (2012): Nationally Appropriate Mitigation Actions, A Technical Assistance Sourcebook for Practitioners, 2012. Online available at <https://www.adelphi.de/de/publikation/nationally-appropriate-mitigation-actions-%E2%80%93-technical-assistance-sourcebook>, last accessed on 24 Jun 2021.

Graichen, J.; Scheffler, M.; Cook, V. (2015): Good Practice Study on GHG-Inventories for the Waste Sector in Non-Annex I Countries. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Berlin, 2015. Online available at [https://transparency-partnership.net/sites/default/files/u1998/giz\\_2015\\_good\\_practice\\_study\\_on\\_ghg-inventories\\_for\\_the\\_waste\\_sector\\_in\\_non-annex\\_i\\_countries\\_0.pdf](https://transparency-partnership.net/sites/default/files/u1998/giz_2015_good_practice_study_on_ghg-inventories_for_the_waste_sector_in_non-annex_i_countries_0.pdf), last accessed on 21 Jun 2021.

Gütschow, J.; Günther, A.; Jeffery, M. L.; Gieseke, R. (2021): The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1850-2018) v2.2. Potsdam, 2021. Online available at [https://www.pik-potsdam.de/paris-reality-check/primap-hist/PRIMAP-hist\\_v2.2\\_data-description.pdf](https://www.pik-potsdam.de/paris-reality-check/primap-hist/PRIMAP-hist_v2.2_data-description.pdf), last accessed on 24 Jun 2021.

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2010): SWM GHG Calculator – a Tool for Calculating Greenhouse Gases in Solid Waste Management (SWM). Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (ed.). Eschborn, 2010. Online available at <https://www.ifeu.de/projekt/klimarechner-abfallwirtschaft/>, last accessed on 9 Jun 2021.

IGES (2013): User Manual - Estimation tool for GHG emissions from municipal solid waste management in a life cycle perspective. Institute for Global Environmental Strategies (ed.). Japan, 2013. Online available at [https://www.researchgate.net/profile/Nirmala-Menikpura/publication/236900694\\_GHG\\_calculator\\_for\\_solid\\_waste/links/57ed6c3208ae03fa0e829631/GHG-calculator-for-solid-waste.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nirmala-Menikpura/publication/236900694_GHG_calculator_for_solid_waste/links/57ed6c3208ae03fa0e829631/GHG-calculator-for-solid-waste.pdf), last accessed on 9 Jun 2021.

India (2018): Second Biennial Update Report to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Environment, Forest and Climate Change, Government of India, 2018. Online available at <https://unfccc.int/documents/192316>, last accessed on 24 Jun 2021.

Indonesia (2010): Indonesia Second National Communication Under The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Ministry of Environment, 2010. Online available at <https://unfccc.int/documents/109460>, last accessed on 24 Jun 2021.

Indonesia (2015): Questionnaire on waste inventory compilation, 2015.

Indonesia (2017): Third National Communication of the Republic of Indonesia, 2017. Online available at <https://unfccc.int/documents/79693>, last accessed on 9 Jun 2021.

Indonesia (2018): Second Biennial Update Report of the Republic of Indonesia, 2018. Online available at <https://unfccc.int/documents/192165>, last accessed on 9 Jun 2021.

IPCC (2000): IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 2000. Online available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>, last accessed on 9 Jun 2021.

IPCC (2006): 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan., 2006. Online available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>, last accessed on 9 Jun 2021.

IPCC (2013): Climate Change 2013, The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

Jamaica (2018): Third National Communication of Jamaica, 2018. Online available at <https://unfccc.int/documents/192422>, last accessed on 9 Jun 2021.

Kaza, S.; Yao, L. C.; Bhada-Tata, P.; van Woerden, F. (2018): What a Waste 2.0 : A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. (Urban Development Series). World Bank Group (ed.). Washington DC, 2018. Online available at <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>, last accessed on 9 Jun 2021.

Kazajistán (2014): National Inventory report to UNFCCC 1990-2012, 2014.

Mexico (2012): Actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010, para el sector de Desechos, 2012. Online available at <https://www.gob.mx/inecc/documentos/actualizacion-del-inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero-1990-2010-para-el-sector-de-desechos>, last accessed on 9 Jun 2021.

Mexico (2018): Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015, 2018. Online available at <https://unfccc.int/documents/199233>, last accessed on 9 Jun 2021.

Namibia (2014): First Biennial Update Report of the Republic of Namibia under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) November 2014. Ministry of Environment & Tourism, 2014. Online available at <https://unfccc.int/documents/180673>, last accessed on 24 Jun 2021.

Namibia (2020): Fourth National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Windhoek, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/210615>, last accessed on 24 Jun 2021.

South Africa (2009): Greenhouse Gas Inventory South Africa 1990 to 2000 Compilation under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) National Inventory Report. Department: Environment Affairs and Tourism, 2009.

South Africa (2019): GHG National Inventory Report, 2000-2015. Environmental Affairs, 2019. Online available at <https://unfccc.int/documents/197918>, last accessed on 24 Jun 2021.

Tunisia (2014): Contribution au Premier rapport biennal de la Tunisie, Annexe technique sur la méthodologie d'inventaire de GES. unpublished (ed.), May 2014.

Tunisia (2015): Questionnaire on waste inventory compilation, 2015.

UNFCCC (2014): Handbook on Measurement, Reporting and Verification for developing Country Parties. UNFCCC Secretariat, 2014. Online available at [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom\\_/application/pdf/non-annex\\_i\\_mrv\\_handbook.pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom_/application/pdf/non-annex_i_mrv_handbook.pdf), last accessed on 9 Jun 2021.

Vietnam (2015): Questionnaire on waste inventory compilation Vietnam, 2015.

Vietnam (2020a): Report on National GHG Inventory for 2016. Ministry of Natural Resources and Environment (ed.). Hanoi, 2020. Online available at [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Viet%20Nam\\_NIR2016.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Viet%20Nam_NIR2016.pdf), last accessed on 21 Jun 2021.

Vietnam (2020b): Third Biennial Updated Report to the United Nation Framework Convention on Climate Change. Ministry of Natural Resources and Environment, 2020. Online available at <https://unfccc.int/documents/273504>, last accessed on 21 Jun 2021.

World Bank (2012): What a waste: A Global Review of Solid Waste Management, 2012. Online available at <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>, last accessed on 9 Jun 2021.

# Anexo I

## Países incluidos en el estudio

Tabla 7-1: Información sobre los países incluidos en el análisis

Países	Región			Subcategorías							Fuentes
	África	Asia	Sudamérica	Desarrollo de inventarios	Eliminación de residuos sólidos	Tratamiento biológico	Incineración, quema al aire libre	Aguas residuales domésticas	Aguas residuales industriales	Cuestionarios	
Afganistán		×			×			×			NIR 2020
Armenia		×		×	×		×	×			BUR2 2018, CN4 2020, NIR 2014, NIR 2020
Brasil			×		×		×		×		BUR4 2020
Chile			×	×	×	×		×	×	×	NIR 2014, NIR 2020
Ghana	×			×			×			×	CN4 2020, NIR4 2019
India		×			×				×		BUR2 2018, CN2 2012
Indonesia		×		×	×					×	BUR2 2018, CN2 2010, CN3 2017
Jamaica			×	×			×	×	×		CN3 2018
Kazajistán		×			×						NIR 2014
México			×		×	×	×				NIR 2012, NIR 2018
Namibia	×			×	×		×	×	×		BUR1 2014, CN4 2020
Sudáfrica	×			×	×						BUR 2009, NIR 2019
Túnez	×			×	×	×	×			×	BUR1 2014
Vietnam		×		×		×	×	×	×	×	BUR3 2020, NIR 2004, NIR 2020

Notas: La tabla sólo muestra qué categorías de fuentes se han analizado para un país para la elaboración de este informe. La mayoría de los países declaran emisiones de todas las categorías; la ausencia de una cruz no implica que un país no declare en esa categoría.

Fuente: Recopilación del Öko-Institut.

## Anexo II

### Datos y fuentes de información útiles

#### DIRECTRICES DEL IPCC

- Directrices revisadas del IPCC de 1996: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- 2000 Guía de buenas prácticas del IPCC: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>
- Directrices del IPCC de 2006: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Perfeccionamiento del IPCC 2019: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

#### DOCUMENTOS DE LA CMNUCC

- Informes bienales de actualización e informes de los inventarios nacionales: <https://unfccc.int/BURs>
- Comunicaciones nacionales e informes de inventarios nacionales: <https://unfccc.int/non-annex-I-NCs>
- Información sobre presentación de informes y revisión en virtud del Acuerdo de París: <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-paris-agreement>

#### DATOS DE POBLACIÓN DE LA ONU

- Población total a partir de 1950: <https://population.un.org/wpp/>
- Datos de población urbana y rural a partir de 1950: <https://population.un.org/wup/>

#### MODELOS Y VALORES POR DEFECTO DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS

- Banco Mundial 2012: “What a waste” Datos por defecto específicos de cada país sobre generación, composición y tratamiento de residuos: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Banco Mundial (2018): What a waste base de datos mundial: Datos sobre la gestión de residuos sólidos de todo el mundo: <https://datacatalog.worldbank.org/dataset/what-waste-global-database>
- IFEU Solid Waste Management – Calculadora de emisiones de GEI: Calculadora para estimar la reducción de emisiones derivadas de la eliminación de residuos sólidos para diferentes opciones de gestión: <https://www.ifeu.de/en/project/tool-for-calculating-greenhouse-gases-ghg-in-solid-waste-management-swm/>
- IGES Herramienta de estimación de las emisiones de GEI derivadas de la gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva del ciclo de vida: <https://www.iges.or.jp/en/pub/ghg-calculator-solid-waste-ver-ii-2013/en>
- Modelo de reducción de residuos de la EPA WARM: <https://www.epa.gov/warm>

#### INSTITUCIONES Y PROGRAMAS QUE APOYAN EL DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA EL MRV DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LAS ACCIONES DE MITIGACIÓN

- Herramientas y material de formación de la CMNUCC para la presentación de informes de países no incluidos en el Anexo I: [http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training\\_material/methodological\\_documents/items/7914.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/items/7914.php)



- Material de formación del GCE de la CMNUCC para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no incluidas en el Anexo I:  
[http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training\\_material/methodological\\_documents/items/349.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/items/349.php)
- Material de formación del GCE de la CMNUCC para la preparación de informes bienales de actualización de países no incluidos en el Anexo I:  
[http://unfccc.int/national\\_reports/non-annex\\_i\\_natcom/training\\_material/methodological\\_documents/items/7915.php](http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/training_material/methodological_documents/items/7915.php)
- Manual técnico de la CMNUCC CGE para las Partes que son países en desarrollo sobre la preparación para el Marco de transparencia reforzado bajo el Acuerdo de París: <https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/constituted-bodies/consultative-group-of-experts-cge/cge-training-materials/enhanced-transparency-framework-technical-material#eq-1>
- Herramienta CMNUCC CGE sobre arreglos institucionales: <https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/constituted-bodies/consultative-group-of-experts-cge/cge-toolbox-on-institutional-arrangements>
- Secretaría de la GIZ para la Alianza para la Transparencia en el Acuerdo de París (PATPA):  
<https://www.transparency-partnership.net/>
- Iniciativa para la Transparencia de la Acción Climática (ICAT): <https://climateactiontransparency.org/>
- Herramienta del NDC Partnership: <https://ndcpartnership.org/knowledge-portal/climate-toolbox>
- Programa del PNUD para el Desarrollo de Capacidades con Emisiones Bajas (LECB):  
<https://www.adaptation-undp.org/low-emission-capacity-building-lecb-programme>
- PNUD: Programa global de apoyo: <https://www.un-gsp.org/about-global-support-programme>

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered offices  
Bonn and Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36+40  
53113 Bonn, Alemania  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Alemania  
T +49 61 96 79-0  
F +49 61 96 79-11 15

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)