



# El uso de recursos naturales en la economía

Un Manual Mundial sobre la Contabilidad del Flujo de Materiales en el Total de la Economía

N.º ISBN: 978-92-807-3858-2

N.º de trabajo: DEW/2356/NA

### **Exenciones de responsabilidades**

Las denominaciones empleadas y la presentación del material a lo largo de esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte del PNUMA, el IRP, la División de Estadística de las Naciones Unidas, la Comisión Europea o la OCDE sobre la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o zona o de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de una empresa comercial o producto en este documento no implica la aprobación por parte del PNUMA, el IRP, la División de Estadística de las Naciones Unidas, la Comisión Europea, la OCDE o los autores. No se permite el uso de la información de este documento con fines publicitarios. Los nombres y símbolos de las marcas comerciales se utilizan de forma editorial sin intención de infringir las leyes de marcas comerciales o derechos de autor.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones del PNUMA, el IRP, la División de Estadística de las Naciones Unidas, la Comisión Europea o la OCDE o de sus países miembros. Lamentamos cualquier error u omisión que se haya podido cometer involuntariamente.

### **Reproducción**

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma para servicios educativos o sin fines de lucro sin permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se haga un reconocimiento de la fuente. El PNUMA agradecería recibir un ejemplar de cualquier publicación que utilice esta publicación como fuente.

No se podrá hacer uso de esta publicación para su reventa o cualquier otro propósito comercial sin el permiso previo por escrito del PNUMA. Las solicitudes de autorización, con una declaración de la finalidad y el alcance de la reproducción, deberán dirigirse al Director de la División de Comunicaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, P. O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que figuran en ella no implican la expresión de opinión alguna por parte del PNUMA, el Programa Internacional de Investigación, la División de Estadística de las Naciones Unidas, la Comisión Europea y la OCDE sobre la condición jurídica de ningún país, territorio o ciudad o de sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites. Para obtener orientación general sobre cuestiones relacionadas con el uso de mapas en publicaciones, consulte <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>

No se permite el uso de esta información de esta publicación relativa a la propiedad y los productos con fines publicitarios.

### **Cita sugerida**

PNUMA (2023). El uso de los recursos naturales en la economía: Un Manual Mundial sobre la Contabilidad de los Flujos de Materiales en el Total de la Economía. Nairobi, Kenia.

### **Créditos de las fotos**

© Imágenes, mapas e ilustraciones según lo especificado.

El PNUMA promueve prácticas ambientales sostenibles a nivel mundial y en sus propias actividades. Este informe está impreso en papel de bosques sostenibles incluyendo fibra reciclada. El papel es libre de cloro y las tintas son de base vegetal. Nuestra política de distribución tiene como objetivo reducir la huella de carbono del PNUMA.

# El uso de recursos naturales en la economía

Un Manual Mundial sobre la  
Contabilidad del Flujo de  
Materiales en el Total de la  
Economía

# Prólogo

---



El mundo cuenta con un volumen finito de recursos naturales y una capacidad limitada para producir nuevos recursos. La extracción y procesamiento de materiales, combustibles y alimentos provocan el 50 por ciento de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y el 90 por ciento de la pérdida de biodiversidad y estrés hídrico. Nuestra producción y consumo son insostenibles, con el uso de recursos naturales triplicándose desde 1970 y continuando en aumento. Por lo tanto, necesitamos replantearnos cómo explotamos los recursos, cómo construimos nuestras ciudades e infraestructuras, cómo producimos nuestros alimentos y cómo gestionamos nuestros residuos.

Para gestionar de manera sostenible estos recursos, es necesario identificar formas de minimizar el uso de recursos naturales al mismo tiempo que se maximiza el crecimiento económico y el beneficio social del uso de recursos naturales. El desarrollo de políticas que promuevan una economía circular y desvinculen el crecimiento económico solo se puede lograr mediante el seguimiento de cómo se utilizan los materiales y la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir el uso de materiales y residuos, promover el reciclaje y cambiar los procesos.

Las cuentas de flujos de materiales proporcionan un marco estadístico para medir la extracción de recursos naturales, el comercio de recursos naturales, la eliminación de residuos y las emisiones. El consumo material nacional y la huella de materiales, incluyendo por tipo de extracción (biomasa, combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales no metálicos), se consideran un indicador de la presión ambiental general dentro de una economía nacional y del impacto de una economía nacional en el medio ambiente.

La importancia de mejorar la productividad de los recursos y el uso sostenible de los recursos naturales respalda el Objetivo de Desarrollo Sostenible sobre Consumo y Producción Sostenibles (Objetivo 12) y se reconoce específicamente en los objetivos dedicados de los ODS sobre productividad de recursos (ODS 8.4) y uso sostenible de recursos naturales (ODS 12.2).

Este informe se basa en las experiencias existentes de compilación de cuentas de flujos de materiales a nivel económico en Europa y proporciona orientación global sobre la compilación de cuentas de flujos de materiales que pueden ser utilizadas por los sistemas estadísticos nacionales en todo el mundo. Esperamos que esto no solo sea útil para ayudar a los países a comprender su uso de recursos naturales, sino que también conduzca a un desarrollo económico más sostenible, informando a los gobiernos para diseñar e implementar las políticas adecuadas.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Liu'.

**Jian Liu**

**Director, División de Ciencia**

**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente**

# Índice de Contenidos

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>	<b>Acrónimos</b>	<b>xi</b>
<hr/>		<hr/>	
<b>1 Introducción</b>			<b>2</b>
<hr/>		<hr/>	
1.1 Finalidad y aplicaciones en política de las cuentas de flujos de materiales en el total de la economía establecida a nivel nacional .....	2	1.3.1 El Marco Central del SCAE y el CFM-TE .....	6
1.2 Estructura y cobertura del manual global de las CFM-TE .....	3	1.3.2 Primeras CFM nacionales y armonización internacional de las normas contables .....	8
1.3 Principios fundamentales de la contabilidad y relación con otros sistemas contables .....	6	1.3.3 Fundamentos .....	8
		1.4 Fuentes de datos comunes para la CFM-TE nacional .....	14
<b>2 Extracción Interna</b>			<b>19</b>
<hr/>		<hr/>	
<b>2.1 Biomasa</b> .....	<b>19</b>	2.3.2 Árbol de toma de decisiones, fuentes de datos y disponibilidad .....	56
2.1.1 Introducción .....	19	2.3.3 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos .....	58
2.1.2 Fuentes de datos y disponibilidad .....	21	2.3.4 Caso específico: roca triturada .....	70
2.1.3 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos .....	23	<b>2.4 Combustibles Fósiles</b> .....	<b>70</b>
<b>2.2 Minerales metálicos</b> .....	<b>33</b>	2.4.1 Introducción .....	70
2.2.1 Conceptos y clasificación .....	33	2.4.2 Fuentes de datos y disponibilidad .....	72
2.2.2 Fuentes de datos y disponibilidad .....	42	2.4.3 Clasificación de los combustibles fósiles en el Marco de la CFM-TE versus el marco SIEC (Clasificación Internacional Estándar de los Productos Energéticos) de la UNSD .....	76
2.2.3 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos .....	44	2.4.4 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos .....	77
2.2.4 Cuestiones específicas de los países en desarrollo .....	53		
<b>2.3 Minerales no metálicos</b> .....	<b>54</b>		
2.3.1 Conceptos y clasificación .....	54		
<b>3 Comercio de Materiales</b>			<b>82</b>
<hr/>		<hr/>	
<b>3.1 Conceptos y clasificación</b> .....	<b>82</b>	<b>3.3 Métodos contables y directrices prácticas para la compilación de datos</b> .....	<b>88</b>
3.1.1 Conceptos .....	82	3.3.1 Biomasa comercializada .....	89
3.1.2 Clasificación – detalle .....	83	3.3.2 Minerales metálicos comercializados .....	90
<b>3.2 Fuentes de datos</b> .....	<b>87</b>	3.3.3 Minerales no metálicos comercializados .....	91
		3.3.4 Combustibles fósiles comercializados .....	92

## 4 Salidas de Material 95

---

<b>4.1 Conceptos y clasificación</b> .....	<b>95</b>	4.3.3 Recopilación de datos .....	105
4.1.1 Cuentas ascendentes y balance completo...	97	<b>4.4 Emisiones al agua</b> .....	<b>106</b>
<b>4.2 Emisiones a la atmósfera</b> .....	<b>97</b>	4.4.1 Introducción .....	106
4.2.1 Conceptos y clasificaciones .....	97	4.4.2 Convenciones y límites del sistema .....	107
4.2.2 Fuentes de datos habituales y evaluación de la disponibilidad de datos .....	98	4.4.3 Recopilación de datos .....	107
4.2.3 Informes existentes .....	99	<b>4.5 Uso disipativo de productos</b> .....	<b>108</b>
4.2.4 Métodos contables y directrices prácticas para la compilación de datos .....	101	4.5.1 Introducción .....	108
4.2.5 Cuestiones específicas de los países en desarrollo .....	104	4.5.2 Convenciones y límites del sistema .....	109
<b>4.3 Residuos enviados a vertederos</b> .....	<b>104</b>	4.5.3 Recopilación de datos .....	109
4.3.1 Introducción .....	104	<b>4.6 Pérdidas disipativas</b> .....	<b>112</b>
4.3.2 Convenciones y límites del sistema .....	105	4.6.1 Introducción.....	112
		4.6.2 Recopilación de datos .....	112

## 5 Balance de materiales 115

---

## 6 Indicadores principales 117

---

<b>6.1 Antecedentes</b> .....	<b>117</b>	<b>6.3 Indicadores que incluyen flujos indirectos y no utilizados de materiales</b> .....	<b>121</b>
<b>6.2 Indicadores sobre flujos directos de materiales</b> .....	<b>118</b>	<b>6.4 Fortalezas y limitaciones de indicadores con diferente alcance</b> .....	<b>122</b>
6.2.1 Descripción técnica .....	118		
6.2.2 Cuestiones políticas .....	119		

## 7 Huella material del consumo 125

---

<b>7.1 Introducción</b> .....	<b>125</b>	7.2.2 Enfoque ascendente: coeficientes de intensidad material .....	127
<b>7.2 Resumen de los métodos disponibles</b> .....	<b>126</b>	7.2.3 Enfoques híbridos: uso de coeficientes como complemento del análisis entrada-salida .....	127
7.2.1 Enfoque descendente: análisis entrada-salida.....	126	<b>7.3 Perspectivas</b> .....	<b>128</b>

## 8 Contabilización de existencias 130

---

<b>8.1 Introducción</b> .....	<b>130</b>	8.2.2 Contabilidad de existencias.....	131
<b>8.2 Métodos para cuantificar existencias</b> .....	<b>130</b>	8.2.3 Modelo dinámico de existencias.....	132
8.2.1 Descripción general .....	130		



# Lista de Figuras

---

<b>Figura 1.1</b> Estructura simplificada de CFM-TE .....	4
<b>Figura 1.2</b> Representación esquemática de CFM-TE .....	12
<b>Figura 2.1</b> Árbol de decisiones para cuentas de extracción de biomasa .....	22
<b>Figura 2.2</b> Corte transversal estilizado de una mina a cielo abierto .....	35
<b>Figura 2.3</b> Diagrama de flujo para facilitar la toma de decisiones en la compilación de las cuentas de minerales metálicos .....	37
<b>Figura 2.4</b> Diagrama de flujo para la compilación del Análisis de Flujo de Materiales de Minerales No Metálicos (CFM-TE) .....	57
<b>Figura 2.5</b> Árbol de decisiones para la búsqueda de datos para las cuentas de extracción de combustibles fósiles .....	75
<b>Figura 6.1</b> Visión general de la “familia” de indicadores basados en el flujo de materiales .....	122



# Lista de Tablas

---

<b>Tabla 2.1</b>	Clasificación de la extracción interna de biomasa .....	20
<b>Tabla 2.2</b>	Valores estándar de los factores de cosecha (a) e índices de recuperación (b) de residuos de cultivos comunes .....	25
<b>Tabla 2.3</b>	Consumo típico de forrajes por animales de pastoreo .....	29
<b>Tabla 2.4</b>	Estimación de la ingesta anual de forraje por animales de pastoreo .....	29
<b>Tabla 2.5</b>	Coefficientes de conversión alimentaria .....	31
<b>Tabla 2.6</b>	Proporción de forraje bruto en el suministro de alimentos/piensos por regiones del mundo. ....	31
<b>Tabla 2.7</b>	Factores estandarizados para la conversión de los volúmenes de madera .....	32
<b>Tabla 2.8</b>	Clasificación de la extracción interna de minerales metálicos y metales contenidos .....	38
<b>Tabla 2.9</b>	Datos de un yacimiento hipotético y su registro en la hoja de trabajo “Mineral extraído para INE” .....	40
<b>Tabla 2.10</b>	Cómo convertir grados de compuestos metálicos a una base expresada únicamente en metales .....	46
<b>Tabla 2.11</b>	Ejemplo hipotético de procesamiento de mineral / datos de venta .....	48
<b>Tabla 2.12</b>	Clasificación de la extracción interna de minerales no metálicos .....	55
<b>Tabla 2.13</b>	Densidades específicas para minerales no metálicos destacados .....	58
<b>Tabla 2.14</b>	Factores de conversión para la fabricación de ladrillos, tejas/baldosas y productos de construcción, en arcilla cocida .....	63
<b>Tabla 2.15</b>	Consumo promedio de minerales no metálicos per cápita por regiones del mundo .....	65
<b>Tabla 2.16</b>	Requisitos de arena y grava para la construcción y mantenimiento de carreteras .....	67
<b>Tabla 2.17</b>	Requisitos de arena y grava para la construcción y mantenimiento de carreteras por unidad de ancho .....	68
<b>Tabla 2.18</b>	Clasificación de la extracción interna de combustibles fósiles .....	72
<b>Tabla 2.19</b>	Fuentes para estadísticas de energía .....	73
<b>Tabla 2.20</b>	Instrumentos y encuestados adecuados en función de las necesidades de información identificadas .....	73
<b>Tabla 2.21</b>	Combustibles fósiles en CFM-TE versus UNSD SIEC .....	76
<b>Tabla 2.22</b>	Materiales incluidos en la categoría de carbón marrón (lignito) .....	78
<b>Tabla 2.23</b>	Materiales incluidos en la categoría de carbón duro (hulla) .....	78
<b>Tabla 2.24</b>	Materiales incluidos en la categoría de petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural ...	79
<b>Tabla 2.25</b>	Factores de conversión del gas natural .....	79
<b>Tabla 2.26</b>	Materiales incluidos en la categoría de esquisto bituminoso y arenas bituminosas .....	80
<b>Tabla 3.1</b>	Clasificación del comercio físico .....	83
<b>Tabla 4.1</b>	Resultados seleccionados para DPO .....	95
<b>Tabla 4.2</b>	DPO: emisiones a la atmósfera .....	98
<b>Tabla 4.3</b>	DPO: residuos depositados en vertederos .....	105
<b>Tabla 4.4</b>	DPO: emisiones al agua .....	106
<b>Tabla 4.5</b>	DPO: uso disipativo de productos .....	109
<b>Tabla 4.6</b>	Coefficientes de producción diaria de estiércol .....	110
<b>Tabla 6.1</b>	Indicadores basados en los datos de la CFM-TE abordados en el presente manual .....	118
<b>Tabla 6.2</b>	Principales interrogantes políticos abordados por los indicadores de flujo directo de materiales .....	120
<b>Tabla A.1</b>	Tabla de contenidos del Compilador de CFM-TE .....	143

# Agradecimientos

---

*El uso de recursos naturales en la economía: Un Manual Mundial sobre la Contabilidad del Flujo de Materiales en el Total de la Economía* ha sido presentado conjuntamente por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Secretaría del Panel Internacional de Recursos (IRP), la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (UNSD), la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Este manual resume los métodos actuales desarrollados para la compilación de cuentas de flujos de materiales a nivel económico nacional, y cuenta con el apoyo del PNUMA, la UNSD, la OCDE y Eurostat. Se basa en las directrices de Eurostat y la OCDE, y emplea principios que facilitan su integración en el marco del Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental (SCAE o SEEA, por sus siglas en inglés).

Para garantizar que el manual fuera adecuado para su propósito y metodológicamente coherente con el SCAE, se estableció un grupo internacional de expertos para brindar asesoramiento sobre la metodología y su operacionalización. El manual fue revisado por el Comité de Expertos de las Naciones Unidas en Contabilidad Ambiental y Económica (UNCEEA, por sus siglas en inglés), y la UNSD facilitó una consulta global sobre el documento.

Un agradecimiento especial se extiende a los Gobiernos y Oficinas Nacionales de Estadística de la República de Chile, la República Democrática Popular Lao, la República de Filipinas y la República de Sudáfrica, que participaron en la prueba piloto de este manual. Los participantes del compromiso nacional proporcionaron comentarios importantes que se utilizaron para aumentar la practicidad del manual.

A continuación se presenta una lista de nombres de individuos e instituciones involucrados en el proceso de evaluación:

## Equipo principal de redacción

---

El manual fue redactado por un equipo de expertos técnicos en contabilidad de flujos de materiales, incluidos los autores principales, Heinz Schandl (CSIRO), James West (CSIRO), Stephan Lutter (Universidad de Economía y Negocios de Viena), Nina Eisenmenger (Universidad de Ciencias Naturales y de la Vida de Viena), Alessio Miatto (Universidad de Nagoya) y Myriam Linster (OCDE). Jillian Campbell del PNUMA lideró el desarrollo del manual.

El manual se basó en gran medida en las directrices de compilación existentes de la Comisión Europea: Eurostat (2018), *Manual cuentas de flujos de materiales en toda economía*:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-gq-18-006>.

Esta contribución también se basa en los documentos de la OCDE: OCDE (2008), *Medición de flujos de materiales y productividad de recursos Volumen I*. La guía de la OCDE:

<https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>

y OCDE (2008), *Medición de flujos de materiales y productividad de recursos Volumen II*. El marco contable:

<http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Accounting-Framework.pdf>.

El manual fue producido bajo la guía de Jian Liu, Director de la División de Ciencia del PNUMA. Desde el PNUMA, Ludgarde Coppens y Brennan Van Dyke contribuyeron a la producción del documento; Taichiro Fujino y Diana Ngina ayudaron en la edición y finalización de la publicación. Del IRB Peder Jensen, Vera Gunther, Maria Baptista y Christina Bodouroglou contribuyeron al documento.

De la División de Estadísticas de las Naciones Unidas, Alessandra Alfieri y Jessica Ying Chan contribuyeron al documento. De la Comisión Europea, Stephan Moll, Anton Steurer y Cristina Pitigoi revisaron versiones preliminares del manuscrito en varias etapas y proporcionaron comentarios.

## Consulta de Expertos sobre Contabilidad de Flujos de Materiales

---

Se extiende un sincero agradecimiento a aquellos que participaron en las consultas y en el proceso de revisión por expertos del manual. Una revisión inicial del manual fue realizada por el Comité Técnico de la UNCEEA sobre el Marco Central del SCAE.

Esto fue seguido por una consulta global. Se recibieron comentarios de las siguientes organizaciones: Oficina de Estadísticas de Samoa; Oficina Nacional de Estadística de Tokelau; Instituto Nacional de Estadística de Chile; Oficina Federal de Estadística de Suiza; Estadísticas Austria; Oficina Central de Estadística de Hungría; Oficina Estadística de la República Eslovaca; Comité Estadístico de la República de Armenia; Oficina Federal de Estadística de Alemania; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México; Comité Estadístico Nacional de la República de Bielorrusia; Estadísticas Lituania; Estadísticas Polonia; Oficina Central de Estadística, Irlanda; Estadísticas Estonia; Oficina General de Estadística de Vietnam (GSO); Estadísticas Portugal; Autoridad de Estadísticas de Filipinas; Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia; Estadísticas Suecia; Oficina de Estadísticas de Pakistán; Ministerio de Medio Ambiente de Ecuador; Estadísticas Canadá; Dirección General de Estadísticas Encuestas y Censos, Paraguay; y Ministerio de Cambio Climático de Pakistán.

Además, la Comisión Estadística de las Naciones Unidas en su 50ª sesión en 2019 acogió con beneplácito la finalización del manual y alentó su implementación en los países (para referencia, consulte <https://unstats.un.org/unsd/statcom/50th-session/documents/Report-on-the-50th-session-of-the-statistical-commission-E.pdf> Decision 50/115 (e)).

## Revisión

---

El manual fue publicado por primera vez en 2021. Fue revisado en 2023 por Sophia Leticia Groll (PNUMA), Ekaterina Poleshchuk (PNUMA) y James West (CSIRO).

## Diseño y maquetación

---

Estudio Relativo.

# Acrónimos

<b>AEA</b>	Air emissions account	Cuenta de emisiones atmosféricas
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alumina	Alúmina
<b>AOX</b>	Absorbable organic halogen compounds	Compuestos halógenos orgánicos absorbibles
<b>BGS</b>	British Geological Survey	Servicio Geológico Británico
<b>BOD/DBO</b>	Biological oxygen demand	Demanda biológica de oxígeno
<b>CFM-TE/ EW-MFA</b>	Economy-wide material flow accounting	Contabilidad del flujo de materiales en el total de la economía
<b>CH<sub>4</sub></b>	Methane	Metano
<b>CLRTAP</b>	UNECE Convention on long-range transboundary air pollutants	Convenio de la CEPE sobre contaminantes atmosféricos transfronterizos de gran alcance
<b>CO</b>	Carbon monoxide	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Carbon dioxide	Dióxido de carbono
<b>COD/DQO</b>	Chemical oxygen demand	Demanda química de oxígeno
<b>COP/POPs</b>	Persistent organic pollutants	Contaminantes orgánicos persistentes
<b>COT/TOC</b>	Total organic carbon	Carbono orgánico total
<b>COVDM/ NMVOC</b>	Non-methane volatile organic compounds	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
<b>CPC</b>	Central Product Classification	Clasificación Central de Productos
<b>CSIRO</b>	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	Organización de Investigación Científica e Industrial de la Commonwealth
<b>DAP</b>	Diammonium Phosphate	Fosfato diamónico
<b>DBO/BOD</b>	Biological oxygen demand	Demanda biológica de oxígeno
<b>DE</b>	Domestic Extraction	Extracción Interna
<b>DEU</b>	Domestic Extraction Used	Extracción Interna usada
<b>DM</b>	Tonnes of dry matter	Toneladas de materia seca
<b>DMC</b>	Domestic Material Consumption	Consumo Interno de Materiales
<b>DMI</b>	Direct Material Input	Entrada directa de materiales
<b>DPO</b>	Domestic Processed Output	Salida Nacional Procesada
<b>DQO/COD</b>	Chemical oxygen demand	Demanda química de oxígeno
<b>DTA</b>	Domestic Technology Assumption	Suposición de Tecnología Nacional
<b>EIA</b>	US Energy Information Administration	Administración de Información Energética de EE.UU.
<b>Eurostat</b>	The European Union statistical office	Oficina Estadística de la Unión Europea
<b>EW-MFA/ CFM-TE</b>	Economy-wide material flow accounting	Contabilidad del flujo de materiales en el total de la economía
<b>EX</b>	Direct physical exports	Exportaciones físicas directas
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
<b>FAOSTAT</b>	FAO statistics	Estadísticas de la FAO
<b>FISHSTAT</b>	FAO fishery statistics	Estadísticas pesqueras de la FAO

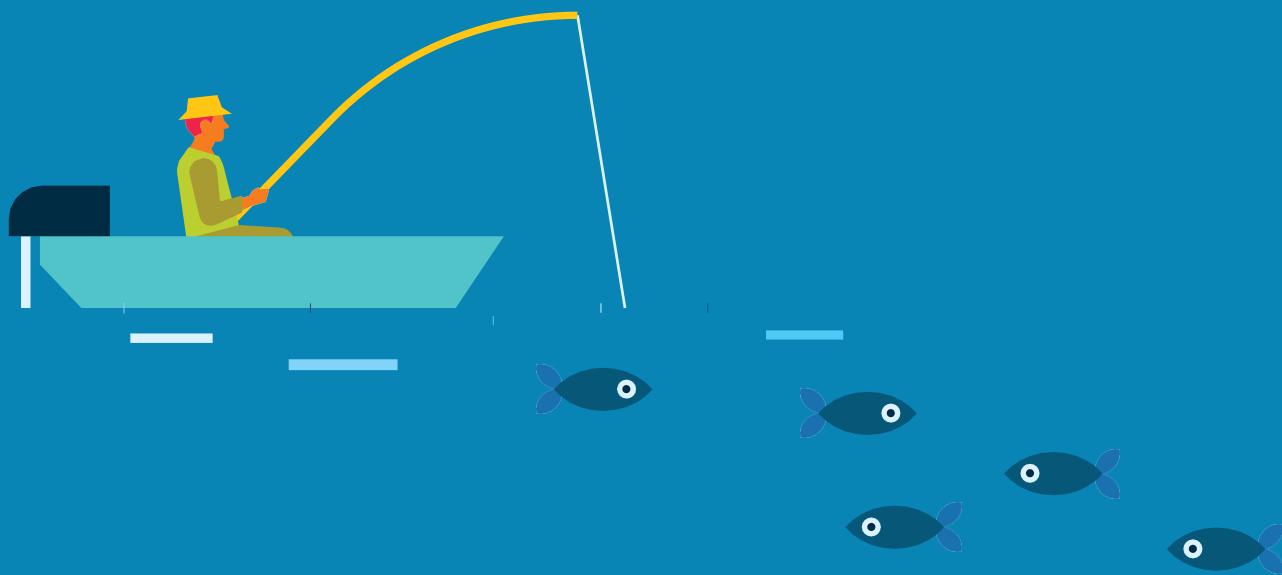
<b>GCV</b>	Gross calorific value	Poder calorífico bruto
<b>GDP</b>	Gross Domestic Product	Producto Interno Bruto
<b>GHG</b>	Greenhouse Gases	Gases de efecto invernadero
<b>GNI</b>	Gross National Income	Renta Nacional Bruta
<b>GSO</b>	General Statistics Office of Viet Nam	Oficina General de Estadística de Vietnam
<b>GWP</b>	Global Warming Potentia	Potencial de calentamiento global
<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbon	Hidrofluorocarbono
<b>HFCs</b>	Hydrofluorocarbons	Hidrofluorocarbonos
<b>HS</b>	Harmonized system	Sistema Armonizado
<b>IEA</b>	International Energy Agency	Agencia Internacional de la Energía
<b>IM</b>	Direct physical Imports	Importaciones físicas directas
<b>INE/NSO</b>	National Statistics Office	Instituto Nacional de Estadística
<b>INEGI</b>	Instituto Nacional de Estadística y Geografía	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
<b>IO</b>	Input-Output Model	Modelo de Insumo-Producto
<b>IOA</b>	Input-Output Analysis	Análisis de Insumo-Producto
<b>IPCC</b>	International Panel on Climate Change	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
<b>IRES</b>	International Recommendations for Energy Statistics	Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas de Energía
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment	Análisis de Ciclo de Vida
<b>LCA-IO</b>	Life Cycle Assessment-Input-Output model	Modelo de Insumo-Producto con Análisis de Ciclo de Vida
<b>LPG</b>	Liquefied Petroleum Gas	Gas licuado de petróleo
<b>MAP</b>	Monoammonium Phosphate	Fosfato monoamónico
<b>Mc</b>	Moisture content	Contenido de humedad
<b>MF</b>	Material Footprint of consumption	Huella material del consumo
<b>MRIO</b>	Multi-Regional Input-Output models	Modelos Insumo-Producto Multi-Regionales
<b>N</b>	Nitrogen	Nitrógeno
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Dinitrogen oxide	Óxido de dinitrógeno
<b>NAS</b>	Net Additions to Stocks	Adiciones netas a las existencias
<b>NGL</b>	Natural Gas Liquids	Líquidos de gas natural
<b>NMVOC/ COVDM</b>	Non-methane volatile organic compounds	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
<b>NO<sub>x</sub></b>	Nitrogen oxides	Óxidos de nitrógeno
<b>NSO/INE</b>	National Statistics Office	Instituto Nacional de Estadística
<b>ODS/SDGs</b>	Sustainable Development Goals	Objetivo de Desarrollo Sostenible
<b>OECD</b>	Organization for Economic Co-operation and Development	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
<b>OQB</b>	Operator Questionnaire-Based	Basado en cuestionarios para operadores
<b>P</b>	Phosphorus	Fósforo
<b>PAHs</b>	Sum of the four indicator polycyclic aromatic hydrocarbons	Suma de los cuatro hidrocarburos aromáticos policíclicos indicadores
<b>PBTs</b>	Persistent, bioaccumulative and toxic substances	Sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas
<b>PFC</b>	Perfluorocarbons	Perfluorocarbonos

<b>POPs/COP</b>	Persistent organic pollutants	Contaminantes orgánicos persistentes
<b>ppm</b>	Parts per million	Partes por millón
<b>PSUT</b>	Physical Supply and Use Table	Cuadro de Oferta y Uso Físico
<b>PTB</b>	Physical Trade Balance	Balance comercial físico
<b>RMC</b>	Raw Material Consumption	Consumo de materias primas
<b>RME</b>	Raw Material Equivalents	Equivalentes a materias primas
<b>RME<sub>IM</sub></b>	Raw Material Equivalents of Imports	Equivalentes a materias primas de las importaciones
<b>RME<sub>EX</sub></b>	Raw Material Equivalents of Exports	Equivalentes a materias primas de las exportaciones
<b>RMI</b>	Raw Material Input	Entrada de materia prima
<b>ROM</b>	Run of Mine	Mineral en bruto
<b>ROW</b>	Rest of the World	Resto del mundo
<b>RTB</b>	Raw material Trade Balance	Balance comercial de materias primas
<b>scm</b>	Solid cubic meters	Metros cúbicos sólidos
<b>SDGs/ODS</b>	Sustainable Development Goals	Objetivo de Desarrollo Sostenible
<b>SEEA/SCAE</b>	System for integrated Environmental and Economic Accounting	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica
<b>SEEA-CF/SCAE-MC</b>	SEEA Central Framework	Marco Central del SCAE
<b>SF<sub>6</sub></b>	Sulphur hexafluoride	Hexafluoruro de azufre
<b>SIEC</b>	UNSD Standard International Energy Product Classification	Clasificación Internacional Estándar de Productos Energéticos de la UNSD
<b>SMS</b>	Secondary Mixed Sources	Fuentes Mixtas Secundarias
<b>SNA</b>	System of National Accounts	Sistema de Cuentas Nacionales
<b>SO<sub>2</sub></b>	Sulphur dioxide	Dióxido de azufre
<b>TMC</b>	Total material consumption	Consumo total de material
<b>TMR</b>	Total Material Requirement	Necesidad total de material
<b>TOC/COT</b>	Total organic carbon	Carbono orgánico total
<b>TOMPs</b>	Toxic Organic Micro Pollutants	Micro Contaminantes Orgánicos Tóxicos
<b>UDE</b>	Unused Domestic Extraction	Extracción de Materiales Internos no Usados
<b>UN/ONU</b>	United Nations	Organización de las Naciones Unidas
<b>UNCEEA</b>	UN Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting	Comité de Expertos de las Naciones Unidas sobre Contabilidad Ambiental y Económica
<b>UN Comtrade</b>	UN Commodity Trade Statistics Database	Base de datos de estadísticas del comercio de productos básicos de las Naciones Unidas
<b>UNECE/CEPE</b>	United Nations Economic Commission for Europe	Comisión Económica Para Europa de las Naciones Unidas
<b>UNEP/PNUMA</b>	United Nations Environment Programme	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
<b>UNFCCC/CMNUCC</b>	United Nations Framework Convention on Climate Change	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>UNSD</b>	United Nations Statistics Division	División de Estadística de las Naciones Unidas
<b>USGS</b>	United States Geological Survey	Servicio Geológico de los Estados Unidos

1

# Introducción

---





# 1 Introducción

---

## 1.1 Finalidad y aplicaciones en política de las cuentas de flujos de materiales en el total de la economía establecida a nivel nacional

---

La política ambiental es el campo específico de la política pública que se enfoca en la interrelación entre los procesos socioeconómicos, el uso de los recursos naturales, la disposición de desechos y emisiones, y las funciones relacionadas con los ecosistemas. Debido a estas complejas interacciones entre los sistemas naturales y sociales, los formuladores de políticas ambientales requieren datos e información que van más allá de las estadísticas económicas tradicionales, para poder ofrecer políticas y programas que aborden de manera integral las dimensiones económicas y ambientales. Las cuentas físicas proporcionan esa información adicional de manera complementaria a las estadísticas económicas.

La CFM-TE representa un marco para describir la interacción de una economía nacional con el entorno natural y con la economía del resto del mundo en términos de flujos de materiales, desechos y emisiones. En la medida de lo posible, los principios de la CFM-TE se encuentran alineados con el Sistema de Cuentas Nacionales con respecto a definiciones, límites del sistema y clasificaciones.

Los principios contables y los métodos de cálculo de la CFM-TE han sido estandarizados hace dos décadas y se han aplicado en las estadísticas nacionales de varios países, sobre todo de los Estados miembro de la Unión Europea. Eurostat ha sido fundamental en el establecimiento de convenios vinculantes para CFM-TE y su integración en el SCAE. Los principios contables se han desarrollado en una serie de guías de compilación que Eurostat publica desde 2001. La guía de compilación de Eurostat (Eurostat 2018) y los métodos contables han continuado perfeccionándose con el tiempo.

Las cuentas y los indicadores basados en la CFM-TE ofrecen una visión integral de la extracción y del comercio de recursos naturales, de la disposición de residuos y de las emisiones. Miden las presiones ambientales derivadas del uso de los recursos naturales, y los indicadores principales basados en la CFM-TE se han utilizado como aproximaciones (indicadores proxy) de la presión ambiental global y del impacto generado por una economía nacional. Por este motivo, se han adoptado indicadores basados en conjuntos de datos de la CFM-TE con el fin de supervisar el progreso de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y de las metas de los ODS para la productividad de los recursos (ODS 8.4) y el uso sostenible de recursos naturales (ODS 12.2).

Los conjuntos de datos e indicadores de las CFM forman parte del programa de trabajo de un número creciente de institutos nacionales de estadística de todo el mundo; y la aplicación global de la CFM-TE en las estadísticas nacionales, más allá de Europa, ha exigido la creación de un manual de orientación global. Éste se basa en la experiencia y en la excelencia de las guías de contabilidad de Eurostat, pero las amplía en varios aspectos importantes. El manual global sobre la CFM-TE:

- presenta un enfoque modular de la CFM-TE para que los institutos nacionales de estadística con diferentes niveles de capacidad en contabilidad ambiental puedan establecer sus cuentas,
- aborda cuestiones específicas de las economías extractivistas y las actividades económicas de subsistencia, que son más frecuentes en los países en desarrollo,
- favorece la practicidad frente al detalle, y se enfoca en aquellos métodos que permiten a los estadísticos captar los aspectos importantes de su economía,



- también apunta a establecer una conexión entre la CFM-TE establecida y las cuestiones de política ambiental y económica que pueden ser pueden informarse mediante el uso de conjuntos de datos e indicadores basados en la CFM-TE.

Esta primera edición del manual global de CFM-TE representa un paso importante hacia una norma contable internacional. Su objetivo es proporcionar orientación a los expertos en estadísticas ambientales de las oficinas nacionales de estadística de todo el mundo para desarrollar la capacidad de CFM-TE a nivel nacional e informar sobre el progreso hacia las metas 8.4 y 12.2 de los ODS.

El manual global CFM-TE está estructurado en ocho capítulos:

- El capítulo 1 se enfoca en los principios contables generales y en la relación con otros sistemas contables, describe las fuentes de datos más comunes para las CFM-TE, e introduce la estructura principal del manual.
- El capítulo 2 presenta el eje central de la CFM-TE, es decir, la extracción interna de materiales: biomasa, combustibles fósiles, y minerales metálicos y no metálicos.

- El capítulo 3 describe los principios contables y las cuestiones específicas que se plantean al establecer las cuentas de materiales para el comercio de bienes.
- El capítulo 4 se centra en los flujos de salida de materiales (de la economía al ambiente) como, por ejemplo, la disposición de residuos y las emisiones, y tiende un puente hacia temas importantes de la política ambiental de contaminación y toxicidad.
- El capítulo 5 integra las entradas y salidas de la CFM-TE en un balance de flujo de materiales.
- El capítulo 6 presenta los indicadores principales de las cuentas de flujos de materiales CFM-TE más utilizados por la comunidad política.
- Los capítulos 7 y 8 tratan otros aspectos del CFM-TE: las cuentas de huella material y las cuentas de existencias (stocks) de materiales. Sin embargo, en esta edición del manual no se tratan en detalle los métodos contables de estas últimas.

## 1.2 Estructura y cobertura del manual global de las CFM-TE

El manual global de la CFM-TE proporciona orientación a las oficinas nacionales de estadística para la compilación de conjuntos de datos sencillos sobre flujos de materiales (también denominados cuentas directas de flujos de materiales en este manual) que se enfocan en la extracción de materias primas, el comercio físico (es decir, importaciones y exportaciones), los residuos y las emisiones.

Las cuentas directas tratan la economía nacional como una caja negra y excluyen los flujos de materiales aguas arriba y aguas abajo asociados al comercio, así como también los flujos de reciclaje o reutilización dentro de la economía, y la movilización de materiales que no entran en el proceso económico. Tampoco proporcionan estimaciones de

las cantidades de materiales incorporados en las edificaciones e infraestructuras. La Figura 1.1 muestra la estructura simplificada de la CFM-TE.

Para aclarar la diferencia entre las cuentas directas de flujo de materiales y las cuentas adicionales, las CFM-TE están estructuradas en seis módulos contables que cubren aspectos específicos de la interacción entre la economía y los recursos naturales:

- El primer módulo se ocupa de la Extracción Interna (DE) y de las Importaciones y Exportaciones Físicas Directas (IM y EX) de materiales (capítulos 2 y 3 de este manual).

- El segundo módulo se centra en los flujos indirectos asociados a las importaciones y exportaciones, es decir, las Materias Primas Equivalentes de las Importaciones (RME<sub>IM</sub>) y las Exportaciones (RME<sub>EX</sub>) (capítulo 7).
- Un tercer módulo examina las salidas de las cuentas de flujos de materiales e informa sobre la salida nacional procesada (DPO), es decir, los flujos de residuos y emisiones, y las vías por las que salen de la economía hacia el ambiente (vertederos, suelo, agua y aire) (capítulo 4).
- El cuarto módulo mide las adiciones netas a las existencias (NAS) y puede contener una cuenta de existencias en uso. Permite cerrar el balance de flujo de materiales vinculando las entradas a las salidas e introduciendo un conjunto de elementos de balance (capítulos 5 y 8).
- El quinto módulo examina la extracción no utilizada que se produce en el contexto de la extracción interna en una economía objetivo o con respecto a la extracción de materias primas relacionada con las importaciones y exportaciones (sección 6.3).
- Un sexto módulo se centraría en los flujos de materiales de diferentes industrias específicas y crearía una auténtica cuenta satélite de flujo de materiales. Estaría relacionada con la articulación completa de los cuadros de oferta y uso físico.

Figura 1.1 Estructura simplificada de la CFM-TE.



Cada módulo de contabilidad aborda diferentes preguntas de política y proporciona un conjunto de indicadores específicos principales. Estos módulos se describen a continuación.

Este manual cubre el módulo uno (en el capítulo 2 y capítulo 3) y el módulo tres (en el capítulo 4), y algunos aspectos limitados del módulo cuatro (en el capítulo 5). Proporciona orientación sobre cómo establecer conjuntos de datos para estos módulos. Discute el módulo dos (en el capítulo 7) y el módulo cuatro (en el capítulo 8), pero no proporciona pautas de contabilidad específicas.

### Módulo 1: Extracción interna, importaciones y exportaciones físicas directas

El módulo uno es el núcleo de un conjunto de datos de flujo material nacional. Cubre la extracción interna (DE) de materiales que se utilizan en procesos económicos, generalmente contabilizados en el punto en que el recurso natural se convierte en mercancía y se le asigna un precio<sup>1</sup>. Esto incluye biomasa, combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales no metálicos. También cubre las importaciones (IM) y exportaciones (EX) de bienes medidos en los volúmenes en que cruzan las fronteras nacionales. Las importaciones y exportaciones típicamente contienen productos en diferentes etapas de procesamiento, incluyendo productos primarios no procesados, productos primarios procesados, manufacturas de elaboración simple y manufacturas de elaboración compleja. Con esta información, se pueden derivar indicadores adicionales, incluyendo un Balance Comercial Físico (PTB) y el Consumo de Material Doméstico (DMC), donde  $PTB = IM - EX$  y  $DMC = DE + IM - EX = DE + PTB$ . Un indicador adicional, la Entrada Material Directa (DMI), se puede calcular donde  $DMI = DE + IM$ .

### Módulo 2: Equivalentes de materia prima del comercio y huella material

El módulo dos se centra en una perspectiva de demanda final del uso de material. Mide los  $RME_{IM}$

y  $RME_{EX}$  que son los requisitos materiales aguas arriba para producir importaciones y exportaciones directas. Los RMEs asumen un límite de sistema similar (punto de extracción y mercantilización) para materiales domésticos e intercambiados. El Balance Comercial de Materia Prima (RTB) se establece restando  $RME_{EX}$  de  $RME_{IM}$ . Con esta información, se establece el indicador de huella material de consumo (MF). La huella material atribuye la extracción global de material (dondequiera que ocurra y a lo largo de todo el ciclo de vida de los recursos naturales) a la demanda final en un país donde  $MF = DE + RME_{IM} - RME_{EX} = DE + RTB$ .

### Módulo 3: Flujos de material hacia fuera

El módulo tres cubre el lado de salida de la ACV-ME y registra los flujos de materiales de la economía a diferentes medios ambientales. Los flujos de materiales incluyen las cantidades de residuos que van a vertederos, emisiones al aire y emisiones al agua. Permite el establecimiento de indicadores para DPO y para  $DPO_{tierra}$ ,  $DPO_{aire}$  y  $DPO_{agua}$  donde  $DPO = DPO_{tierra} + DPO_{aire} + DPO_{agua}$ .

### Módulo 4: Balance material y cuentas de existencias

El módulo cuatro trata sobre la cantidad de materiales que están almacenados en edificios e infraestructuras en la economía nacional. Esta información es un primer paso hacia las cuentas físicas de existencias calculando las adiciones y salidas de las existencias y es una aproximación para los futuros flujos de materiales que podrían convertirse en materias primas secundarias o desechos. Las cuentas físicas completas de existencias requieren la cuantificación del stock acumulado además de las NAS. Las cuentas de existencias físicas permiten comparar los materiales incrustados en el capital humano con el capital natural. Los stocks se informan por material y características de los activos, incluyendo tablas de vida para los principales activos.

<sup>1</sup> Mientras que la mercantilización siempre indica que un material se utiliza en la economía, la definición de "utilizado" en la CFM-TE es algo más amplia, ya que abarca, por ejemplo, cosas como los residuos de cultivos que se retiran del campo y se utilizan en la granja para cosas como lecho para animales o alimentos de valor de mercado bajo o nulo.

El cálculo de NAS, donde  $NAS = DMC - DPO +$  elementos de balance en los lados de entrada y salida, se puede realizar con información de los módulos uno y tres. Hay diferentes formas adicionales de contabilizar NAS basadas en la modelación de stock y flujo.

#### Módulo 5: Extracción no usada

El módulo cinco se centra en la extracción no utilizada de materiales, es decir, materiales que se movilizan pero no entran en la economía (ver la nota al pie del módulo 1 arriba). La extracción no utilizada en volumen es a menudo del mismo tamaño que la extracción utilizada, pero los datos para la extracción no utilizada, si existen, tienen un rango más amplio de incertidumbre. La extracción no utilizada mayormente no se informa en estadísticas oficiales y requiere técnicas de estimación y modelado que aún no están estandarizadas internacionalmente.

#### Módulo 6: Cuentas de flujo de material por industria

El módulo seis trata sobre una perspectiva industria por industria de los flujos de materiales y abre la caja negra de la economía informando los flujos entre industrias. El módulo seis permite la producción de cuentas satélite completas para los flujos de materiales, un paso importante que no se ha realizado muy a menudo principalmente debido a las necesidades adicionales de datos. Los datos físicos que sustentan el uso de material de industrias específicas a menudo no están directamente disponibles en estadísticas oficiales. Requeriría la elaboración de un Cuadro de Oferta y Uso Físico (PSUT) para apoyar el establecimiento de cuentas específicas de la industria para los flujos de materiales.

En el contexto del Sistema de Contabilidad Económico-Ambiental (SCAE), las cuentas de flujo y stock de materiales podrían estar relacionadas con cuentas de recursos naturales que pueden incluir stocks de bosques y peces, reservas de combustibles fósiles y minerales.

## 1.3 Principios fundamentales de la contabilidad y relación con otros sistemas contables

---

### 1.3.1 El Marco Central del SCAE y el CFM-TE

---

Las **cuentas ambientales** describen la escala completa de las actividades socioeconómicas en cantidades físicas, pero son totalmente compatibles con las cuentas económicas nacionales. Las cuentas ambientales deben considerarse un sistema satélite del sistema de cuentas nacionales. Existen diferentes marcos estadísticos internacionales que proporcionan orientación conceptual y práctica. Entre ellos se encuentran las Cuentas Ambientales Europeas (Eurostat 2015) y el Sistema de Contabilidad Económica Ambiental de las Naciones Unidas (SCAE; ONU 2014), que constituye "un marco que integra datos económicos y ambientales para proporcionar una visión más integral y multipropósito de las interrelaciones entre la economía y el ambiente, y las existencias y los

cambios en las existencias de activos ambientales, ya que aportan beneficios a la humanidad" (ONU 2017).

Las **CFM-TE** son un módulo de las Cuentas Ambientales Europeas y están conceptualmente integradas en el marco del Sistema de Contabilidad Económica Ambiental (SCAE; ONU 2014), que amplía las cuentas monetarias nacionales a través de una dimensión física y ambiental.

El marco del SCAE se enfoca en las interacciones físicas entre el ambiente y la economía, incluyendo un enfoque basado en las existencias (activos ambientales) y los flujos (flujos físicos). Esto permite una estrecha relación conceptual entre las cuentas ambientales y el Sistema de Cuentas Nacionales (SNA).

El Marco Central de la SCAE de 2012 (ONU 2014) describe los conceptos, definiciones y principios

contables estandarizados y acordados internacionalmente para la elaboración de estadísticas comparables a nivel internacional sobre el ambiente y su relación con la economía. El Marco Central del SCAE se basa en los conceptos, clasificaciones y definiciones de las cuentas nacionales (ONU 2014). La integración de las cuentas de flujo de materiales dentro del Marco Central del SCAE ha logrado el mayor grado de complementariedad posible. Las cuentas de flujo de materiales forman parte de las cuentas de flujo físico (capítulo 3) del Marco Central del SCAE y se recogen en la sección 3.6.6 "Cuentas de flujo de materiales para el total de la economía" del Marco Central del SCAE.

El Marco Central del SCAE establece los PSUT (paralelamente a los cuadros de oferta y uso físico) como marco contable de los flujos físicos. Introduce un conjunto de principios y límites contables que permiten un registro internamente coherente de todos los tipos de flujos físicos que van de la mano de la actividad económica. Los flujos físicos contemplados incluyen la energía, el agua, los materiales, los residuos y las emisiones. Las cuentas de flujos físicos tienen dos características importantes que son relevantes para la contabilidad de los flujos de materiales: el marco contable de los cuadros de oferta y uso físico, y la delineación de tres tipos de flujos físicos que son los insumos naturales, los productos y los residuos.

La CFM-TE se menciona específicamente en una subsección del capítulo de flujos físicos del Marco Central del SCAE, y muchos aspectos de las cuentas de flujos físicos se relacionan de manera considerablemente directa y/o se solapan con los principios del CFM-TE.

La división en insumos naturales (extracción interna de materiales), productos (materiales comercializados o flujos internos) y la división de los residuos en desechos y emisiones según las entradas ambientales (agua, aire y suelo) coinciden con la terminología y los principios contables del Marco CFM-TE.

Las cuentas CFM no están plenamente articuladas con los PSUT, tal como se introduce en el Marco Central del SCAE. Establecer un sistema completo de PSUT sería una actividad que implicaría mucho tiempo y requeriría niveles de reporte sobre flujos físicos por industrias específicas que no existen en la actualidad o que no se encuentran disponibles, y por lo tanto no forman parte de la CFM-TE.

Existen algunas diferencias significativas entre el marco central del SCAE y los límites del sistema de la CFM-TE que son especialmente importantes en el ámbito de la agricultura, donde el SCAE conceptualiza la superficie agrícola y los cultivos como parte de la economía (recursos biológicos cultivados) y la CFM-TE como parte del ambiente. En consecuencia, el SCAE trata el agua, el dióxido de carbono y los nutrientes como un insumo natural, mientras que el CFM-TE interpreta la cosecha de los cultivos como un insumo natural.

Al igual que el sistema de cuentas nacionales, las cuentas de flujos de materiales tienen dos objetivos principales. Por un lado, proporcionan una rica base de datos empírica para muchos estudios analíticos, y por otro, se utilizan para compilar diferentes indicadores de flujo de materiales extensivos e intensivos<sup>2</sup> para las economías nacionales a varios niveles de agregación. La CFM-TE también está estrechamente relacionada con otros módulos de flujos físicos del SCAE, como las Cuentas de Emisiones a la Atmósfera, las Cuentas de Flujos Físicos de Energía, las Cuentas del Agua, etc. Los conceptos, las normas contables y las clasificaciones de la CFM-TE se armonizan en la medida de lo posible con el SCAE y los submódulos mencionados anteriormente. Una integración más explícita de la CFM-TE dentro del marco SCAE sería altamente deseable en el futuro para aprovechar toda la fuerza explicativa de ambos enfoques.

2. Los indicadores extensivos miden directamente la magnitud de una variable, por ejemplo, el PIB total o la población, mientras que los indicadores intensivos relacionan una variable con otra, por ejemplo, el PIB per cápita.

## 1.3.2 Primeras CFM nacionales y armonización internacional de las normas contables

Las **primeras** CFM-TE, en el sentido contemporáneo, se publicaron a principios de los 90 para Austria (Steurer 1992), Japón (Ministerio del Ambiente, Gobierno de Japón 1992) y Alemania (Schütz y Bringezu 1993). Dos publicaciones del WRI (Instituto de Recursos Mundiales) fueron pioneras en el análisis empírico comparativo de las economías nacionales en términos materiales y en el desarrollo de indicadores de la CFM-TE comparables internacionalmente, Adriaanse *et al.* (1997) y Matthews *et al.* (2000).

La **armonización metodológica** ha sido promovida por la UE desde principios de los noventa, lo que dio lugar a la publicación "Cuentas del flujo de materiales en el total de la economía e indicadores derivados: Una guía metodológica" (Eurostat 2001) y una especificación adicional posterior en la Guía de Compilación de Eurostat (publicada por primera vez en 2007, y la última versión a partir de 2018; Eurostat 2018). En julio de 2011, el Parlamento Europeo estableció la Regulación (EU) n.º 691/2011, que proporciona una base jurídica para la compilación de cuentas de flujo de materiales como herramienta de información clave en las cuentas ambientales y económicas de la Unión Europea. Eurostat publica los datos de las cuentas de flujo de materiales de los Estados Miembro de la EU desde 2002, y desde 2011 forman parte de las rutinas de reporte de los países. A escala internacional, la OCDE también se ha ocupado de la contabilidad de flujos de materiales, y en 2008 publicó una guía conceptual más amplia (OCDE 2008). Por último, el uso sostenible de los recursos y la CFM-TE son temas significativos en el Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas, abordados mediante la publicación de tres informes basados en datos de CFM-TE (PNUMA 2011; PNUMA 2015; PNUMA 2016).

Paralelamente al desarrollo metodológico, se han realizado y publicado numerosos estudios empíricos. Para una visión general, véase Krausmann *et al.* (2017). Desde el año 2000 se dispone de conjuntos completos de **datos globales**

recopilados por institutos de investigación (Giljum *et al.* 2014; Schaffartzik *et al.* 2014b; Schandl y West 2010; Schandl *et al.* 2017), así como también por organismos internacionales como Eurostat (Eurostat 2017) y el Panel Internacional de Recursos de las Naciones Unidas (PNUMA 2017). Las publicaciones de Fischer-Kowalski y sus colegas (2011) y Krausmann y sus colegas (2017) resumen el estado actual de la contabilidad del flujo de materiales.

## 1.3.3 Fundamentos

### 1.3.3.1 Concepto de metabolismo social

La contabilidad de los flujos de materiales a escala económica completa se basa conceptualmente en un modelo sistémico simple de una economía (denominada economía nacional en el documento siguiente) como sistema biofísico y socioeconómico integrado en su entorno socioeconómico y biofísico.

El término integrado indica que los sistemas socioeconómicos, en general, se conciben como sistemas material (y energéticamente) abiertos, es decir, sistemas que mantienen, con su entorno, intercambios materiales (y energéticos) socialmente organizados. Esta concepción biofísica de un sistema socioeconómico suele denominarse metabolismo social o industrial (Ayres y Simonis 1994; Fischer-Kowalski 1998).

El concepto de metabolismo social (Krausmann *et al.* 2017) describe a las sociedades en interacción permanente con el entorno natural, con el que intercambian flujos materiales y energéticos. Las sociedades necesitan material y energía en sus procesos socioeconómicos de producción y consumo para construir, mantener y reproducir sus poblaciones humanas y del ganado, así como también para los objetos creados por el hombre. Por esta razón, los recursos naturales se extraen del ambiente, se transforman mediante procesos económicos y se acumulan en existencias físicas o se transforman en residuos y emisiones que se devuelven al ambiente natural. Esta perspectiva sistémica exige que todas las entradas de materiales sean equivalentes a las salidas de materiales, corregidas por los cambios en las existencias (principio de balance de masa, (Ayres y Simonis 1994)).



Los patrones socioeconómicos, tales como las estructuras de producción económica, la tecnología, los estilos de vida, las características culturales, etc., conforman estas interacciones sociedad-naturaleza y los problemas ambientales se producen como resultado de la cantidad y calidad de los flujos físicos, tanto en los puntos de entrada como de salida. El medio natural desempeña dos funciones: como fuente de insumos de recursos naturales y como sumidero de productos en forma de residuos y emisiones.

### 1.3.3.2 Convenciones de las cuentas de flujo de materiales

Las CFM abarcan todos los flujos de materiales sólidos, gaseosos y líquidos que entran y/o salen de la economía, excepto los cuerpos agua y el aire; la unidad de medida es la tonelada métrica anual.

A efectos de la compilación de las CFM-TE, el sistema socioeconómico específico que se investiga es la economía nacional, en la que son posibles dos tipos de flujos de entrada o salida de materiales. Por los puntos de entrada, distinguimos entre insumos del entorno natural e importaciones de materiales de otras economías nacionales (la economía del resto del mundo (economía ROW)). Del mismo modo, por los puntos de salida, distinguimos entre las salidas hacia el ambiente y las exportaciones de materiales a otras economías.

La CFM-TE es coherente con los principios y límites del sistema de cuentas nacionales (SCAE; ONU 2017). En la CFM-TE son relevantes dos tipos de flujos de materiales a través de los límites del sistema:

1. Flujos de materiales entre la economía nacional y el entorno natural: consiste en la extracción de materiales primarios (es decir, brutos, crudos o vírgenes) del ambiente natural, y el vertido de materiales al medio natural en forma de residuos y emisiones a la atmósfera y al agua;
2. Flujos de materiales entre la economía nacional y el resto del mundo: incluye importaciones y exportaciones.

Sólo se contabilizan los flujos que cruzan la frontera del sistema por los puntos de entrada y los de salida. Los flujos de materiales dentro de la economía no están representados en las CFM-TE ni en los balances. Esto significa que la economía

nacional se trata como una caja negra en la CFM-TE y, por ejemplo, no se describen las entregas interindustriales de productos.

### 1.3.3.3 Extracción interna usada y no usada

Los insumos procedentes del medio natural se denominan "**extracción interna**". Se refiere a la extracción o traslado deliberados de materiales naturales por parte del hombre o a través de medios tecnológicos controlados por el hombre (es decir aquellos que involucran mano de obra).

No todos los materiales que se extraen o trasladan deliberadamente en el proceso de extracción entran finalmente en la economía, y no todos los materiales se trasladan con la intención de utilizarlos en la economía. Por lo tanto, existe la distinción entre extracción usada y no usada.

La "extracción usada hace referencia a un insumo destinado a ser utilizado en cualquier economía, es decir, un material que adquiere la condición de producto. [...] Los flujos no usados son materiales que se extraen del medio ambiente sin la intención de utilizarlos, es decir, materiales que se mueven en la frontera del sistema de la CFM-TE intencionalmente y mediante tecnología, pero no para su uso" (Eurostat 2001, p.20). Ejemplos de extracción no usada son: la tierra y la roca extraídas durante la construcción o la sobrecarga en minería, los restos no usados de la tala de árboles en la silvicultura, las capturas incidentales no usados en la pesca, los restos no usados de la cosecha (rastrajo) en la agricultura, y el gas natural quemado o venteado. El término comúnmente utilizado "extracción interna" –abreviado como DE– siempre se refiere a la extracción "usada", a no ser que se especifique lo contrario (algunos autores también se refieren a esto como "extracción interna usada" con la abreviatura DEU). En algunas de las primeras publicaciones sobre CFM-TE, la "extracción no usada" también se denomina "flujos ocultos". El presente manual no incluye la extracción no usada.

### 1.3.3.4 Existencias y flujos

La distinción entre existencias y flujos es otro principio fundamental de cualquier sistema de flujo de materiales. En general, un **flujo** es una variable que mide una **cantidad a lo largo de un periodo de tiempo**, mientras que una **existencia** (o stock) es una variable que mide una **cantidad en un momento dado**. La CFM-TE es un concepto de flujo

en sentido estricto. Mide los flujos de entradas y salidas de materiales y los cambios en las existencias dentro de la economía nacional utilizando la unidad de toneladas métricas por año. Esto significa que en la CFM-TE se tienen en cuenta los cambios en las existencias, pero no la cantidad de existencias socioeconómicas en sí.

Aunque las CFM-TE son conceptualmente flujos, sigue siendo importante definir cuidadosamente lo que se considera existencias materiales de una economía nacional, ya que las adiciones a las existencias y las remociones de las mismas son partes esenciales del marco CFM-TE. La definición de existencias de materiales también es esencial para determinar qué flujos de materiales deberían o no contabilizarse como entradas o salidas. Esto lleva a una definición alternativa del límite del sistema. Se consideran flujos de entrada a todos aquellos flujos de materiales que sirven como insumos para producir o reproducir existencias de materiales socioeconómicos medidos en el punto en el que cruzan el límite del sistema específico de la CFM-TE. Los flujos de salida son los vertidos al ambiente del sistema socioeconómico focal. Esto implica que se miden en el punto en el que la sociedad pierde el control sobre la posterior ubicación y composición de los materiales.

En la CFM-TE se distinguen **tres tipos de existencias** materiales socioeconómicas: artefactos, animales y seres humanos. Según su definición en las cuentas nacionales, los **artefactos** son principalmente activos fijos fabricados por el hombre, tales como infraestructura, edificaciones, vehículos y maquinaria, así como también existencias de bienes de consumo duraderos. Los bienes duraderos adquiridos por los hogares para el consumo final no se consideran activos fijos en las cuentas nacionales, pero se consideran existencias de materiales en las CFM-TE.

Asimismo, la **población humana** y los **animales** se consideran existencias socioeconómicas en la CFM-TE. Esto significa que, para un balance material completo a nivel nacional, no sólo deben considerarse como entradas y salidas materiales todos los alimentos y piensos (incluidos los piensos no comercializados, como la hierba que consumen

directamente los rumiantes en las pasturas), sino también la respiración de los seres humanos y los animales (sobre todo, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)).

En teoría, el cálculo de las variaciones netas de las existencias también debería incluir las variaciones de la población humana y los animales. Sin embargo, la experiencia demuestra que estos cambios son muy pequeños en comparación con, por ejemplo, la acumulación de existencias mediante edificaciones, maquinaria o bienes de consumo duraderos. Por lo tanto, los cambios en la población humana y en los animales suelen no considerarse en la práctica.

Como consecuencia de esta definición de existencias socioeconómicas, algunas existencias materiales se consideran naturales y no socioeconómicas a pesar de formar parte del sistema de producción económica. Esto se aplica a las **plantas agrícolas y los bosques**<sup>3</sup> (incluidos los bosques cultivados), y a las **poblaciones de peces** (a menos que se críen en acuicultura). De hecho, no es la importancia socioeconómica de una población lo que determina su inclusión en el sistema socioeconómico, sino el grado de control que una sociedad ejerce sobre la producción y reproducción de dicha población.

Desde un punto de vista más teórico, debería tenerse en cuenta que los humanos colonizan - en el sentido de que ejercen un control sostenido y organizado sobre los procesos naturales - cada vez más elementos del mundo material del que forman parte (Fischer-Kowalski y Weisz 2005). Sin embargo, la intensidad con la que los humanos colonizan distintas partes de su entorno natural no se encuentra distribuida homogéneamente. Pueden aplicarse tecnologías de colonización más o menos intensivas para hacer uso de las distintas existencias materiales que proporciona el entorno natural. En general, la atribución de existencias al sistema natural o al socioeconómico pretende seguir un gradiente de intensidades de colonización. En muchos casos, el sistema de producción ganadera puede considerarse un sistema colonizado de forma más intensiva que el de producción de plantas y madera, aunque los sistemas de pastoreo extensivo

3. Según el SCAE de la ONU, los bosques se consideran existencias socioeconómicas en las cuentas nacionales; los cambios en las existencias forestales se definen como "trabajo en curso". En busca de la coherencia entre las cuentas nacionales Y las CFM-TE, se acordó que las variaciones netas de las existencias forestales se contabilizaran como un elemento de memorándum en las CFM-TE.



son claramente mucho menos "intensivos" que un sistema de producción vegetal como el de los arrozales.

Hay otra razón más práctica por la que las plantas cultivadas se consideran existencias naturales. Tratar las plantas como partes de la economía nacional crearía la necesidad de contabilizar el agua, el CO<sub>2</sub> y los nutrientes, como los aportes primarios del ambiente. En la práctica, esto significaría que la frontera del sistema entre una economía nacional y su medio ambiente tendría que trazarse a nivel inorgánico (es decir, nutrientes vegetales, CO<sub>2</sub> y agua). Los estadísticos se verían obligados a convertir datos válidos y considerablemente sólidos relativos a las cosechas agrícolas y madereras anuales, en estimaciones comparativamente débiles de los insumos primarios necesarios para producir estas plantas. Además, se perdería toda diferenciación entre los distintos tipos de cultivos. Por último, se perdería el significado de la extracción de material como indicador de presión, que sirve como aproximación (proxy) del impacto ambiental resultante. El crecimiento forestal se interpretaría como un "aumento del uso de materiales". Es difícil imaginar cómo podrían interpretarse estos datos de forma significativa, dadas las limitaciones de un sistema contable de caja negra como la CFM-TE.

Hay algunas áreas en las que los límites del sistema son difíciles de definir, por ejemplo, cuando el grado de control sobre las existencias materiales varía o

puede variar con el tiempo. Algunos de estos ejemplos son el paso de vertederos no controlados a vertederos controlados, y la creciente importancia de la producción pesquera a través de la acuicultura en contraposición con la captura de peces en entornos no controlados. Los vertederos controlados se consideran existencias socioeconómicas, lo que significa que su tratamiento es una actividad incluida dentro del sistema socioeconómico. Cualquier filtración o pérdida de sustancias al suelo o el vapor de agua que se desprende de los residuos orgánicos, en particular, deberían considerarse emisiones a la naturaleza. En la práctica, estos flujos se estiman pequeños y, por tanto, despreciables. Los sistemas de acuicultura también deben tratarse como existencias socioeconómicas. En este caso, no habría que tener en cuenta la producción de peces, sino los nutrientes y otros insumos, así como las emisiones de los residuos.

### 1.3.3.5 Principio de balance de materiales

Ya que la CFM-TE contabiliza los materiales que entran y salen de un sistema, se le aplica el principio de conservación de masa, que establece que la materia no puede crearse ni destruirse. Aunque este principio no es universalmente cierto (ya que las reacciones nucleares pueden transformar masa en energía), constituye una formulación suficientemente apropiada para las relaciones de intercambio de materiales de los macrosistemas.

---

#### EL PRINCIPIO DE BALANCE DE MASA PUEDE FORMULARSE COMO:

---

$$\begin{aligned} \text{ENTRADA} &= \text{productos} + \text{adiciones a las existencias} - \text{sustracciones de existencias} \\ &= \text{SALIDA} + \text{variaciones netas de las existencias} \end{aligned}$$


---

Todas las entradas de material en un sistema durante un periodo de tiempo determinado son iguales a todas las salidas (productos) durante el mismo periodo, más los aumentos de existencias, menos las salidas de existencias. En principio, las variaciones netas de las existencias pueden ser positivas, lo que indica una acumulación neta, o negativas, lo que indica un agotamiento de las existencias.

En el CFM-TE, el principio de balance de masa se utiliza para comprobar la **coherencia** de las cuentas. También ofrece la posibilidad de estimar la adición neta de existencias (NAS). No obstante, hay que tener en cuenta que la elaboración de un balance material completo a nivel nacional no es necesariamente el resultado de una contabilidad de los flujos de materiales en el total de la economía. A menudo se elaboran cuentas parciales, enfocadas

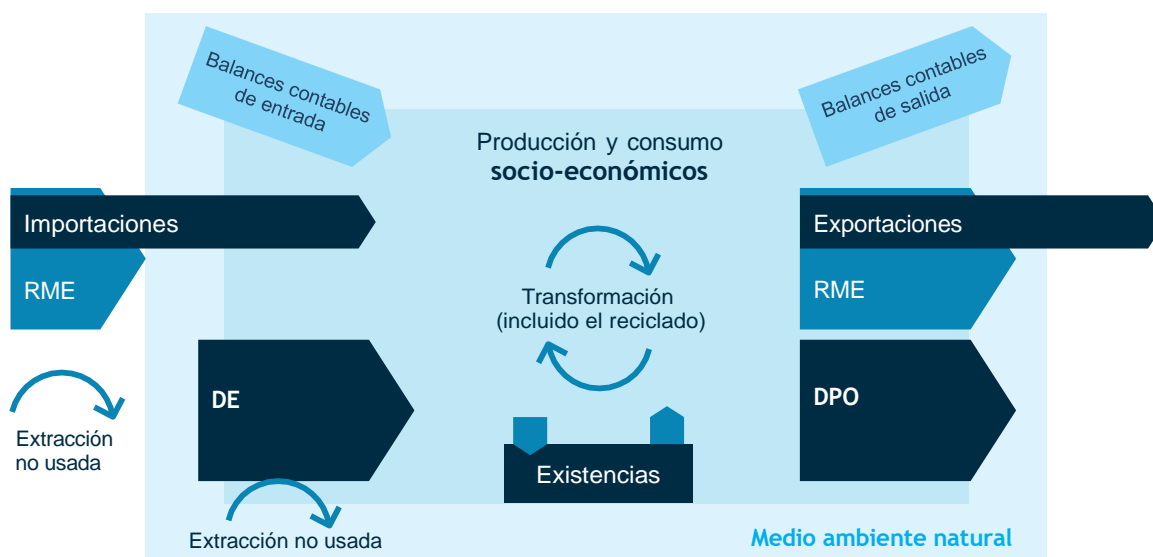
sobre todo en los insumos o puntos de entrada y en los flujos de comercio.

### 1.3.3.6 Tipología de flujos

La Figura 1.2 ofrece una representación esquemática

del marco de la contabilidad de flujos de materiales y sus principales categorías. Todos los flujos que cruzan la frontera del sistema socioeconómico se denominan flujos directos. En la Figura 1.2, estos flujos aparecen coloreados en azul oscuro.

Figura 1.2 Representación esquemática de CFM-TE.



#### Leyenda

DE = extracción interna; DPO = salida nacional procesada, es decir, residuos, emisiones, usos disipativos y pérdidas; RME = equivalentes a materias primas.

Fuente: (Matthews et al. 2000, modificado).

En los **puntos de entrada**, distinguimos entre DE, importaciones y elementos de balance de la entrada que comprenden las entradas de agua y aire que deben tenerse en cuenta para completar el balance de materiales (principalmente en los procesos de combustión). En los puntos de salida, se distingue entre exportaciones, DPO y elementos de balance de la salida. Por último, se consideran las entradas y salidas de las existencias, lo que da lugar a cambios netos en las mismas. Las principales categorías de flujo de materiales se definen del siguiente modo, indicando entre paréntesis la(s) tabla(s) correspondiente(s) del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1):

**Extracción interna - DE** (Tabla A): El flujo agregado DE cubre la cantidad anual de materias primas

sólidas, líquidas y gaseosas (excepto el agua y el aire) extraídas del medio natural para ser utilizadas como factor de entrada de materiales en el procesamiento económico. El término "utilizado" se refiere a la adquisición de valor dentro del sistema económico. Estos materiales consisten en biomasa, minerales no metálicos (a veces también denominados minerales de construcción e industriales), minerales metálicos y combustibles fósiles. En cuanto al contenido de agua de las materias primas, la convención es contabilizar todas las materias primas según su peso fresco, con la excepción de la cosecha de hierba, el forraje consumido directamente por los rumiantes y la cosecha de madera. Estos materiales de biomasa se contabilizan con un contenido de agua estandarizado del 15 %.

**Importaciones físicas directas y exportaciones físicas directas** (Tablas B y C respectivamente): Estos agregados abarcan todos los bienes básicos importados o exportados en toneladas. Los productos comercializados comprenden bienes básicos en todas las fases de procesamiento, desde los bienes básicos hasta los de elaboración compleja.

**Adiciones netas a las existencias - NAS:** Las NAS miden el "crecimiento físico de la economía", es decir, la cantidad (peso) de los nuevos materiales de construcción que se acumulan en edificaciones e infraestructuras, y los materiales incorporados a bienes duraderos con una vida útil superior a un año, tales como automóviles, maquinaria industrial y electrodomésticos.

Los materiales se agregan a las existencias económicas cada año (adiciones brutas) y los materiales antiguos se retiran de las existencias a medida que se demuelen edificaciones y se eliminan bienes duraderos (bajas). Estos materiales eliminados, si no se reciclan, se contabilizan en la DPO. Por lo tanto, las adiciones netas a las existencias no se calculan equilibrando las entradas y salidas de existencias (como podrían sugerir las flechas de la Figura 2), sino como un balance estadístico entre entradas y salidas. Además de los materiales que entran en las existencias en la fase de utilización, los productos también pueden hacerlo antes de ser utilizados o comercializados. Es el caso, por ejemplo, de los combustibles fósiles o los cereales, cuyas existencias pueden ser considerables. Las NAS también pueden ser negativas, es decir, pueden producirse remociones netas de las existencias. Prácticamente no se han observado NAS negativas en ningún país industrializado, donde los cambios en las existencias están relacionados principalmente con el aumento de las infraestructuras y las edificaciones.

**Salida nacional procesada (DPO)** (Tabla D): el DPO mide el peso total de los materiales, extraídos del medio natural o importados, que se han utilizado en la economía nacional antes de pasar al medio ambiente. El DPO comprende todos los flujos de residuos y emisiones que se producen en las fases

de transformación, fabricación, utilización y disposición final de la cadena de producción-consumo. Esto incluye las emisiones a la atmósfera, los residuos industriales y domésticos depositados en vertederos no controlados (mientras que los residuos depositados en vertederos controlados se consideran una adición al stock socioeconómico), la carga de materiales en las aguas residuales y los materiales dispersos en el medio ambiente como resultado del uso de los productos (flujos disipativos). Asimismo, materiales como los fertilizantes, que se introducen intencionalmente en los ecosistemas, deben contabilizarse como DPO. Los flujos de materiales reciclados se contabilizan como flujos dentro de la economía (por ejemplo, de metales, papel o vidrio) y, por tanto, no se consideran salidas (ni entradas).

**Elementos de balance de entradas y salidas (insumos y productos)** (Tabla E): Aunque los flujos de aire y cuerpos de agua se hayan excluido de la CFM-TE, las transformaciones de materiales durante el procesamiento pueden implicar intercambios de agua y aire que afectan significativamente el balance de masa. Los elementos de balance son estimaciones de estos flujos, que no forman parte de la DE, la DPO o las NAS, porque no están incluidos en la definición de dichos flujos. Los elementos de balance se refieren principalmente a la demanda de oxígeno procedente de diversos procesos de combustión (tanto técnicos como biológicos), al vapor de agua procedente de la respiración biológica y de la quema de combustibles fósiles que contienen agua y/u otros compuestos de hidrógeno. Los flujos de considerable importancia económica, como el nitrógeno extraído de la atmósfera para producir fertilizantes en el proceso Haber-Bosch, o las aguas subterráneas utilizadas en la producción de bebidas, también se contabilizan como elementos de balance. En la compilación de estos flujos, sólo se tienen en cuenta unos pocos procesos cuantitativamente significativos y los flujos se estiman utilizando ecuaciones estequiométricas generalizadas.

Una vez definidas estas categorías de flujos de materiales, podemos escribir una ecuación nacional de balance de materiales en términos de CFM-TE:

---

$$DE + \text{Importaciones} + \text{Elementos de balance de entrada} = \text{Exportaciones} + \text{DPO} + \text{Elementos de balance de salida} + \text{NAS}$$

---

Además de estos flujos directos, de acuerdo con una perspectiva más amplia de la CFM-TE, pueden considerarse otros flujos. Éstos son: la **extracción no usada** asociada a las actividades de extracción directa (véase el apartado 1.3.3.3) y el **uso de materiales aguas arriba** asociado a las importaciones y exportaciones (Eurostat 2001). Estos últimos suelen denominarse RME de las importaciones y exportaciones. Ninguno de estos flujos entra en el sistema socioeconómico focalizado: el primero, la extracción no utilizada, permanece dentro del sistema natural, y el segundo, RME, permanece en las economías extranjeras.

Para referirse a las necesidades aguas arriba de la extracción utilizada asociadas a las importaciones o las exportaciones, se acuñó el término **RME** (Eurostat 2001). Si se tiene en cuenta el uso de materiales en las fases previas, se puede calcular la extracción global de materias primas asociada a la demanda final en un país concreto; este indicador se denomina **Huella Material** (MF; Wiedmann *et al.* 2015) o **Consumo de Materias Primas** (RMC; Eisenmenger, Fischer-Kowalski y Weisz 2007; Muñoz, Giljum y Roca 2009; Schaffartzik *et al.* 2014a; Schoer *et al.* 2012). Los métodos para contabilizar los RME se han desarrollado rápidamente en los últimos años y pueden agruparse

en tres enfoques diferentes:

- (1) enfoques de una única región, que aplican patrones de uso de materiales de la producción nacional (denominados supuestos de tecnología nacional, DTA) a las importaciones (véanse ejemplos; Muñoz, Giljum y Roca 2009);
- (2) modelos multirregionales de insumo-producto (MRIO), que integran los modelos nacionales de entrada-salida en un modelo mundial (véanse ejemplos; Bruckner *et al.* 2012; Tukker *et al.* 2014; Wiebe *et al.* 2012; Wiedmann *et al.* 2015);
- (3) enfoques híbridos del modelo de Insumo-Producto con **Análisis de Ciclo de Vida** (LCA-IO), que utilizan el enfoque DTA pero aplican coeficientes de Análisis del Ciclo de Vida (LCA) a aquellas importaciones que no están representadas, o al menos no suficientemente, por las estructuras 10 nacionales (véanse ejemplos; Schaffartzik *et al.* 2014a; Schoer *et al.* 2012; Weinzettel y Kovanda 2009).

Los distintos métodos de cálculo proporcionan resultados variables (Eisenmenger *et al.* 2016), por lo que el desarrollo de los mismos sigue en curso.

## 1.4 Fuentes de datos comunes para la CFM-TE nacional

La calidad de los datos disponibles para elaborar las CFM-TE variará considerablemente entre las distintas categorías de materiales. Por esta razón, cada una de las secciones detalladas que tratan sobre categorías de materiales individuales tiene su propia subsección acerca de las fuentes de datos más comunes para dicho material. Esta sección introductoria aborda, en cambio, algunos ejemplos ilustrativos y directrices de carácter general.

Los datos relativamente sólidos sobre flujos de materiales en unidades físicas suelen estar disponibles cuando existe un organismo internacional encargado específicamente de recopilar datos sobre ese material, cuando el material es relativamente fácil de medir en términos físicos, y cuando el país en cuestión ha otorgado

cierta prioridad al cumplimiento de los requisitos de información de dicho organismo. Quizá el mejor ejemplo de ello sea el de los combustibles fósiles.

Por regla general, los flujos de materiales que tienen un alto valor económico, como los combustibles fósiles y los metales o los productos agrícolas, están bien documentados, mientras que los flujos de materiales que tienen un bajo valor unitario, como la arena y la grava, o los flujos de residuos, lo están en menor medida.

En un contexto nacional, se dispondrá de varios conjuntos de datos estadísticos existentes que podrán utilizarse para la CFM-TE a escala nacional. Entre ellos se incluyen:

- Estadísticas de agricultura, silvicultura y pesca: para la extracción interna de biomasa, incluidos cultivos, madera y pescado.
- Estadísticas de minas y canteras, estadísticas energéticas y estadísticas industriales: para la extracción interna de combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales no metálicos.
- Estadísticas comerciales: para materias primas, productos semi-manufacturados, y bienes finales comercializados.
- Estadísticas de residuos: para flujos de residuos al suelo y al agua.
- Inventarios de emisiones: emisiones a la atmósfera.

Estos conjuntos de datos presentan una calidad y exhaustividad variables, y suelen cubrir series temporales que pueden abarcar varias décadas, permitiendo documentar la tendencia a lo largo del tiempo. **Un buen primer paso es investigar qué tipos de datos se encuentran disponibles en una oficina nacional de estadística o en otras instituciones nacionales responsables de la recopilación de datos. Esta evaluación cualitativa previa ayuda a establecer un nivel adecuado de ambición, y a comprobar la viabilidad preliminar de establecer cuentas de flujo de materiales.** Existen bases de datos estadísticos similares a escala internacional que se construyen a partir de los conjuntos de datos nacionales.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) ha diseñado un sistema contable de flujos de energía para las economías nacionales individuales, y más de dos tercios de las naciones del mundo están empleando este esquema. Cualquiera que desee compilar las CFM-TE para combustibles fósiles, en un país que ya informe a la AIE, puede tener la certeza de que existe una agencia nacional que ya está recopilando datos sobradamente adecuados para tal fin.

En cuanto a la biomasa, la situación es buena para muchos componentes, como los principales cultivos y productos vegetales, los animales y sus productos derivados, los productos forestales y de la pesca. Esto se debe a que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

recopila y pone a disposición dicha información a través de los portales FAOSTAT. Cuando los datos de la FAO proceden de datos recopilados por los organismos nacionales de un país, se señalan como datos oficiales, lo que indica al compilador que los mismos deberían poder obtenerse en forma directa. De lo contrario, la FAO suele hacer sus propias estimaciones, y el responsable de la compilación deberá juzgar por sí mismo si es posible obtener mejores estimaciones a nivel local.

Cuando los componentes son muy difíciles de medir directamente, por ejemplo, la biomasa de pastoreo, la FAO no suele disponer de datos directos. No obstante, es probable que los datos comunicados a la FAO sobre productos animales o número de animales resulten útiles para un compilador, como datos de entrada para realizar una estimación. En este caso, el compilador tendría que encontrar datos adicionales sobre la pastura requerida por animal, o por kg de producto animal, para completar el proceso de estimación. Estos datos pueden obtenerse en organismos agrícolas nacionales o en instituciones de investigación.

La situación de los minerales metálicos es mucho menos favorable, ya que no existe un equivalente real de la AIE o la FAO. Agencias como el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y el Servicio Geológico Británico (BGS) efectivamente recogen datos sobre la producción de metales y, en algunos casos, de minerales. Desafortunadamente, ninguna de las dos instituciones parece disponer del nivel de respuesta internacional sistemática a los cuestionarios que tienen la AIE o la FAO. Además, el problema de la contabilidad de los minerales metálicos tiene algunas dificultades inherentes que no comparten con otros materiales. En cuanto a los datos sobre el comercio de minerales metálicos, el USGS y el BGS disponen de aún menos información, por lo que es probable que los mejores datos que se están recopilando actualmente en muchos países, sean los que se envían a la base de datos de estadísticas comerciales de las Naciones Unidas (UN Comtrade). En el capítulo dedicado a los minerales metálicos se detalla una propuesta para remediar esta situación general de escasez de datos, que se basa en el establecimiento de nuevos sistemas de reporte a nivel local.

La situación de los datos sobre minerales no metálicos también es, en general, deficiente. No sólo



que no existen agencias internacionales especializadas en recopilar y cotejar sistemáticamente la mayoría de estos datos, sino que los componentes individuales más significativos de los flujos de minerales no metálicos suelen ser materiales de muy bajo valor unitario (\$ por kg). Los áridos para la construcción, en particular, aunque representan un gran volumen total, suelen ser extraídos mediante numerosas operaciones individuales de pequeña envergadura, que generalmente se desarrollan en la economía informal.

Aunque algunos países han elaborado un buen sistema de contabilidad, suele tratarse de aquellos de ingresos altos con Institutos Nacionales de Estadística (INE) que disponen de recursos suficientes. Menos frecuente es que un país de ingresos bajos realice un gran esfuerzo para garantizar el cumplimiento de los requisitos de reporte de la extracción de dichos materiales. Fiyi constituye un ejemplo destacado en este sentido, ya que demuestra que no existe ninguna dificultad fundamental a la hora de elaborar una buena contabilidad en esta categoría, siempre que el gobierno lo considere prioritario. En ausencia de tal priorización gubernamental, es probable que los datos directos sólo sean registrados sistemáticamente mediante operaciones individuales para componentes de mayor valor y menor volumen, tales como los minerales químicos y fertilizantes, el cemento, etc. Es probable que los volúmenes de los elementos de bajo valor unitario deban estimarse aplicando determinados coeficientes a flujos asociados de mayor valor. Por ejemplo, los áridos de construcción pueden

estimarse a partir del consumo de cemento, y la extracción de arcilla, a partir de la producción de ladrillos.

Los datos comerciales suelen estar disponibles en las estadísticas nacionales de comercio. Se diferencian de los datos de extracción en que incluyen los flujos de materiales en todas las etapas del procesamiento, desde las materias primas y los productos semi-manufacturados, hasta los bienes de consumo final.

Los datos comerciales se consignan en unidades mixtas, que pueden ser toneladas, volumen u otras unidades físicas (como por ejemplo hojas, paquetes o números). En algunos casos, la información se limita a valores monetarios y no proporciona ningún tipo de medida física. Todas las unidades diferentes requieren una conversión a toneladas métricas, lo que puede implicar un largo proceso. Un primer paso sería establecer una contabilidad confiable de las importaciones y exportaciones de materias primas, que en muchos casos abarcaría más del 80 % de los volúmenes comerciales (físicos) totales.

Los datos sobre residuos y emisiones suelen estar contemplados en los informes ambientales tradicionales, siendo los datos de mejor calidad aquellos relativos a las emisiones a la atmósfera (que pueden vincularse fácilmente a los procesos técnicos que transforman los recursos en productos energéticos). No suele haber datos fiables acerca de las emisiones al agua y, en muchos países, los datos sobre residuos también pueden ser considerablemente pobres.

2

## Extracción Interna

---



## 2 Extracción Interna

### 2.1 Biomasa

#### 2.1.1 Introducción

La biomasa comprende toda materia orgánica no fósil de origen biológico. Es un recurso abundante y ubicuo, y todos los países la extraen. La mayor parte de ella se utiliza como alimento para los seres humanos y pienso para los animales, y en lo que respecta a estos usos, es un recurso no sustituible. Pero además la biomasa se emplea para proporcionar energía técnica (por ejemplo, leña) o como materia prima (en la fabricación de textiles, papel y madera para la construcción). Durante la mayor parte de la historia de la humanidad, la biomasa, con un porcentaje mayor al 95 %, fue el principal entre todos los insumos materiales. A partir de la industrialización, el porcentaje uso de biomasa en los materiales ha ido disminuyendo hasta situarse por debajo del 30 % en la mayoría de los países industrializados. Sin embargo, a escala global, su extracción y uso se han incrementado, obedeciendo, este aumento en la demanda mundial, a factores como el crecimiento de la población, los cambios en la dieta y, en los últimos años, la producción de biocombustibles y el cambio a materias primas bióticas en el contexto del fomento de la bioeconomía y de las estrategias para mitigar el cambio climático.

Según las convenciones de la CFM-TE, la DE de biomasa incluye toda la biomasa de origen vegetal extraída por los seres humanos y sus animales, la captura de peces silvestres y la proveniente de animales cazados. La biomasa animal y de los productos ganaderos (por ejemplo, leche, carne, huevos, pieles) no se contabiliza como extracción interna, aunque sí se debe registrar como flujos dentro del sistema económico.

La biomasa representa el 30 % de la DE total mundial (Schandl *et al.* 2017). Sus valores de

extracción alcanzan una media de 3 t/cap/año a nivel mundial y oscilan entre 0,1 t/cap/año y 20 t/cap/año en los diferentes países. En la cosecha total a nivel mundial, la proporción media de cultivos asciende al 35 %, la de residuos de cultivos al 20 %, la de cultivos forrajeros y biomasa de pastoreo al 32 % y la de madera al 10 %. La pesca, la caza y la recolección revisten una importancia cuantitativa menor en la mayoría de los países. La estructura cuantitativa y cualitativa real de la cosecha de biomasa puede variar significativamente en función de las características regionales del sistema de uso de la tierra. En general, la DE de biomasa es mayor en los países con baja densidad poblacional y elevado número de animales per cápita (Krausmann *et al.* 2008).

La mayor parte de la biomasa se utiliza a nivel nacional; solo el 10 % de la DE mundial se comercializa a nivel internacional. Sin embargo, la proporción de las exportaciones en la DE mundial está aumentando con rapidez, en particular, para el caso de determinados productos (como la soja, el trigo o las frutas); y en algunos países los flujos comerciales pueden ser de gran magnitud. Las naciones con alta densidad demográfica suelen tener una mayor dependencia de las importaciones de biomasa, mientras que los países poco poblados tienden a convertirse en exportadores netos de la misma.

La producción de biomasa está relacionada con una amplia gama de problemas ambientales que comprenden cuestiones relacionadas con la expansión de las zonas agrícolas y la intensidad del uso de la tierra. La expansión de la agricultura conduce a la deforestación y la pérdida de praderas naturales y otros ecosistemas. La explotación intensiva de la tierra implica, por ejemplo, el uso de productos agroquímicos, maquinaria y agua de riego. Esto puede causar erosión y degradación del



suelo, agotamiento y contaminación de las aguas subterráneas y pérdida de la biodiversidad. Además, la agricultura se considera un importante contribuyente a las emisiones de Gases de Efecto

Invernadero (GEI), que derivan de una variedad de procesos como la conversión de tierras, la cría de animales, la aplicación de fertilizantes y el uso de combustibles fósiles.

**Tabla 2.1** Clasificación de la extracción interna de biomasa.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
<b>A.1 BIOMASA</b>	<b>A.1.1 Cultivos</b>	A.1.1.1 Cereales	A.1.1.1.1 Arroz
			A.1.1.1.2 Trigo
			A.1.1.1.3 Maíz
			A.1.1.1.4 Cereales n.c.p.
		A.1.1.2 Raíces, tubérculos	
		A.1.1.3 Cultivos de azúcar	
		A.1.1.4 Legumbres	
		A.1.1.5 Frutos secos/de cáscara	
		A.1.1.6 Cultivos oleaginosos	
		A.1.1.7 Hortalizas/vegetales/verduras	
		A.1.1.8 Frutas	
		A.1.1.9 Fibras	
A.1.1.10 Cultivos de especias, bebidas y productos farmacéuticos			
A.1.1.11 Tabaco			
A.1.1.12 Otros cultivos n.c.p.			

**Tabla 2.1** Clasificación de la extracción interna de biomasa (Continuación).

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
<b>A.1 BIOMASA</b>	<b>A.1.2</b> Residuos de cultivos (utilizados), cultivos forrajeros, biomasa de pasturas	A.1.2.1 Paja	
		A.1.2.2 Otros residuos de cultivos (hojas de remolacha azucarera y forrajera, otros)	
		A.1.2.3 Cultivos forrajeros (incluida la biomasa cosechada en praderas/pastizales)	
		A.1.2.4 Biomasa de pasturas	
	<b>A.1.3</b> Madera	A.1.3.1 Madera en rollo industrial	
		A.1.3.2 Combustible de madera y otras extracciones	
	<b>A.1.4</b> Extracción/Recolección silvestre n.c.p.	A.1.4.1 Captura de peces silvestres	
		A.1.4.2 Captura de otros animales acuáticos silvestres	
		A.1.4.3 Cosecha y recolección de plantas acuáticas silvestres	
		A.1.4.4 Cosecha y recolección de plantas terrestres silvestres n.c.p.	
		A.1.4.5 Captura de animales terrestres silvestres (incluida la caza)	

Nota: Estos ítems aparecen en la Tabla A del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1).

### 2.1.2 Fuentes de datos y disponibilidad

Los informes estadísticos sobre la extracción de biomasa tienen una larga tradición. La mayoría de las fracciones de extracción de biomasa son informadas por las oficinas nacionales de estadística o por otros organismos nacionales dedicados a la agricultura, la silvicultura y la pesca en sus respectivas series de estadísticas. Los marcos contables para la cosecha de biomasa se encuentran ya consolidados y muestran un alto grado de estandarización y precisión a nivel internacional. Tanto las fuentes de datos nacionales como las internacionales abarcan generalmente la cosecha de todo tipo de cultivos

(1.1), la madera (1.3), y la extracción de biomasa mediante las actividades de pesca y caza (1.4). En algunos casos, incluso los residuos de cultivos (1.2.1 y 1.2.2), los cultivos forrajeros cosechados y biomasa de pasturas para los animales (1.2.3) se reportan en las fuentes estadísticas. La biomasa de pasturas (1.2.4) no suele estimarse en las estadísticas oficiales. Para estas partidas, que por lo general revisten una gran importancia cuantitativa, la presente guía ofrece procedimientos de estimación estandarizados.

La fuente de información internacional más consistente en materia de extracción de biomasa es la base de datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación<sup>4</sup> (FAOSTAT). Ésta abarca una amplia

4. <https://www.fao.org/faostat/en/#home>

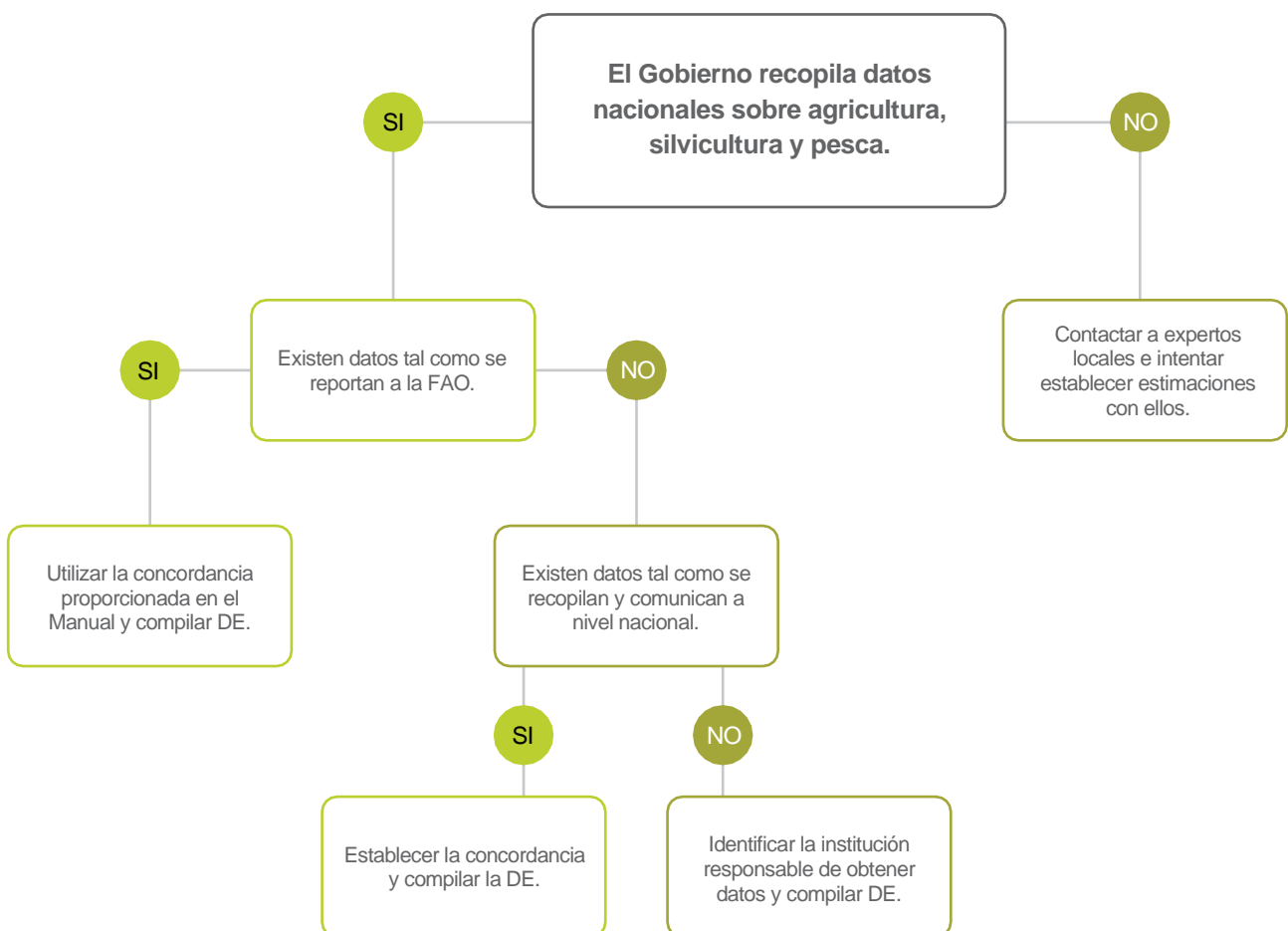
gama de datos sobre la agricultura, la silvicultura, la pesca y sobre el uso de la tierra y el sistema alimentario en general, a nivel de estados nacionales y en series temporales a partir de 1961. La estructura de las tablas CFM-TE es compatible con los datos proporcionados por la FAO.

Como primer paso, los compiladores deberán comprobar la disponibilidad de información, analizando qué conjuntos de datos recopilan los organismos nacionales de conformidad con la normativa (internacional). La FAO proporciona datos sobre la producción agrícola, forestal y pesquera de todos los países del mundo, y en la medida de lo posible, estos datos se basan en la información

comunicada por dichos países. Al descargar los datos de FAOSTAT (véase "símbolos") también se puede apreciar qué información se basa en datos comunicados oficialmente y cuál se basa en estimaciones de la FAO. En los casos en que FAOSTAT publica datos oficiales, es necesario que exista una fuente local que los haya recopilado y comunicado a la FAO; por lo tanto, es posible establecer contacto con esta oficina para que proporcione los datos en forma directa.

En la Figura 2.1 se presenta un árbol de decisiones que ayuda a trabajar preferentemente con fuentes de datos alternativas.

Figura 2.1 Árbol de decisiones para cuentas de extracción de biomasa.



En general, los datos informados a la FAO contienen un nivel de detalle considerablemente mayor que el requerido para la CFM-TE. Por lo tanto, dichos datos pueden utilizarse para alimentar las CFM-TE y como datos de entrada para los procedimientos de estimación que se describen a continuación. Los datos detallados sobre los balances de bienes básicos (commodities), los animales y el uso de la tierra que ofrece FAOSTAT también contribuyen a proporcionar datos de entrada para los procedimientos de estimación que se describen a continuación y, en términos generales, a profundizar el conocimiento de la estructura física de la economía.

### 2.1.3 Métodos Contables y directrices prácticas para la recopilación de datos

#### 2.1.3.1 Convenciones de la CFM

**Terminología y clasificación:** La terminología y la clasificación de los elementos y agregados de la biomasa utilizados en esta guía, se ajustan, en líneas generales, a la terminología empleada por la FAO, pero pueden diferir de las empleadas en las estadísticas nacionales.

**Contenido de humedad:** Un rasgo característico de todos los tipos de biomasa es su considerable contenido de humedad (mc), que puede representar más del 95 % de la biomasa vegetal viva fresca. Sin embargo, éste varía según las partes de la planta, las especies y los períodos de crecimiento vegetativo. En muchos casos, la biomasa se cosecha con un bajo contenido de humedad (como los cereales) o se seca durante el proceso de recolección (como el heno). De acuerdo con las estadísticas agrícolas, la biomasa se contabiliza según su peso "tal cual" al momento de la cosecha. En el caso de las categorías 1.2.3 cultivos forrajeros, 1.2.4 biomasa de pastura y 1.3 madera, el contenido de humedad se normaliza al 15 % conforme a las convenciones de la CFM-TE.

**Cosecha primaria y residuos de cultivos:** En muchos casos, el producto primario cosechado de un cultivo es sólo una fracción de la biomasa vegetal total. Sin embargo, el residuo restante del cultivo o cierta fracción del mismo puede ser objeto de un uso socioeconómico posterior y también se contabiliza en la CFM-TE. El ejemplo más destacado es la paja

(de cereales), que puede utilizarse como pienso o material de cama para los animales, para la generación de energía, o como materia prima para otros fines. El mismo principio se aplica al aprovechamiento de la madera, en el que se distingue entre tala y retirada. Los residuos de cultivos que son arados en el campo o quemados no se contabilizan como DE.

**Cría de animales:** De acuerdo con los límites y convenciones del sistema CFM-TE, los animales se consideran un elemento del compartimento físico del sistema socioeconómico (existencias). En consecuencia, toda la ingesta directa de biomasa por parte de los animales se contabiliza como extracción interna, mientras que los animales y sus productos derivados se consideran productos secundarios y no se contabilizan en la DE. Las excepciones son los animales que se cazan y la captura de peces silvestres (excluida la acuicultura), que se consideran una extracción del medio natural y, por lo tanto, se contabilizan como DE. La ingesta de biomasa por parte de los animales está compuesta por piensos de mercado (cereales, residuos de la transformación de alimentos, etc.), cultivos forrajeros (remolacha y leguminosas forrajeras, etc.), residuos de cultivos (paja, hojas de remolacha, etc.) y biomasa de pasturas. La extracción interna de piensos de mercado se incluye en la extracción de cultivos en la sección A.1.1, los residuos de cultivos utilizados para piensos, los cultivos forrajeros, la cosecha de pastizales y biomasa de pasturas en el apartado A.1.2.

#### 2.1.3.2 - A.1.1 Cultivos

La cosecha de cultivos abarca a la cosecha completa obtenida de tierras cultivables y los cultivos permanentes. Esto incluye los principales alimentos básicos procedentes de tierras de cultivo y jardines, como cereales, raíces y tubérculos, legumbres y hortalizas, así como también los cultivos comerciales para piensos, los industriales y todas las frutas y frutos secos procedentes de cultivos permanentes. La base de datos de producción de cultivos de la FAO distingue unos 160 tipos diferentes. En la mayoría de los países, el número de cultivos será muy inferior; en el caso de los países europeos, suele oscilar entre 30 y 50.

Las fuentes estadísticas nacionales e internacionales proporcionan datos de buena calidad sobre la extracción de cultivos, y pueden utilizarse directamente para la compilación de las CFM-TE sin

procesamiento adicional. Con respecto a la incorporación de la cosecha de cultivos individuales al nivel de 4 dígitos, seguimos el esquema de clasificación sugerido por la FAO, que también es compatible con el de la Clasificación Central de Productos (CPC). La tabla de correspondencias de la FAO en el compilador de las CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1) enumera todos los tipos de cultivos comunes (1.1.1 a 1.1.12). Los cultivos no identificados en esta lista, pero reportados en las estadísticas nacionales deben clasificarse con el nivel de 4 dígitos o, en caso de no ser posible, incluirse en la categoría 1.1.12 (otros cultivos) (por ejemplo, flores o productos de vivero).

Los pesos de los cultivos en la sección A.1.1 deben registrarse sobre la base denominada "tal cual" (peso tal como se cosecha), que es la empleada por la FAO. Este hecho es digno de mención, ya que significa que las distintas variedades de cultivos tendrán proporciones muy variadas de materia seca: de contenido de humedad.

Nota sobre la producción para subsistencia: En la mayoría de los países, los datos estadísticos sobre la producción de cultivos se basan en la información relativa a las tierras de las explotaciones y/o a las superficies sembradas. Es posible que en los informes estadísticos se aplique un determinado umbral para el tamaño mínimo de las explotaciones agrícolas, y que los datos sobre el uso de las tierras agrícolas sean incompletos o de calidad deficiente. En los países donde la producción para subsistencia es muy importante, es posible que los datos oficiales no reflejen la totalidad de las cosechas. Del mismo modo, la producción de los huertos familiares no suele incluirse en las estadísticas sobre cosechas. Y mientras que en la mayoría de los países industrializados ésta representa un flujo comparativamente pequeño, en los países de bajos ingresos puede contribuir considerablemente al suministro de alimentos.

En los casos en los que exista la posibilidad de que se haya subregistro, se recomienda consultar a las instituciones nacionales y a los expertos responsables de las estadísticas agrícolas y forestales para obtener información sobre la exhaustividad de los datos notificados.

### 2.1.3.3 - A 1.2 Residuos de cultivos (utilizados), cultivos forrajeros, biomasa de pastoreo

#### A 1.2.1 y 1.2.2 Residuos de cultivos (utilizados)

En la mayoría de los casos, la cosecha de cultivos primarios es sólo una fracción de la biomasa vegetal total del respectivo cultivar. La biomasa residual, como paja, hojas, rastrojos, etc., suele ser objeto de un uso económico posterior. Una gran parte de los residuos de cultivos se utiliza como lecho en la cría de animales, pero también pueden utilizarse como pienso, como materia prima industrial, o para la producción de energía.

Sólo la fracción utilizada de los residuos de cultivos se contabiliza como DE. En muchos países, se trata de un flujo considerable que puede suponer entre el 10 % y el 20 % de la DE de biomasa total. Los residuos que se dejan en el campo, y son arados o quemados, no se contabilizan como DE

Las cuentas CFM distinguen dos tipos de residuos de cultivos:

1.2.1 Paja de cereales: comprende la totalidad de la paja cosechada de cereales, incluido el maíz;

1.2.2 Otros residuos de cultivos: pueden incluir, por ejemplo, las sumidades y hojas de los cultivos de azúcar.

En algunos casos, en las estadísticas agrícolas nacionales se contabiliza el total o parte de los residuos cosechados. Sin embargo, ni FAOSTAT ni las estadísticas agrícolas nacionales de la mayoría de los países aportan datos sobre los mismos. En los casos en que las estadísticas nacionales proporcionen datos sobre la fracción utilizada de los residuos cosechados, éstos pueden emplearse directamente para la compilación de las CFM-TE sin procesamiento adicional. Sin embargo, para la mayoría de los países, la producción de residuos de cultivos y la fracción recuperada para usos socioeconómicos deberán estimarse del siguiente modo:

Etapas: 1: Identificación de los cultivos que generan residuos para usos socioeconómicos posteriores. En

la mayoría de los casos se incluirán los cereales (1.1.1), los cultivos azucareros (1.1.3) y algunos cultivos oleaginosos (1.1.6). Sólo en casos excepcionales se deberá considerar otros cultivos.

Etapa 2: Estimación de los residuos de cultivos disponibles mediante factores de cosecha.

El procedimiento utilizado para estimar la cantidad total de residuos de cultivos disponibles se basa en relaciones que se asume que existen entre la cosecha primaria, y los residuos asociados para cultivos específicos. En agronomía, se utilizan diferentes medidas para esta relación. Las más destacadas son: el índice de cosecha, que indica la proporción de cosecha primaria respecto del total de biomasa vegetal aérea y la relación entre grano y paja. Estas relaciones son específicas de cada

cultivar. Sin embargo, estarán sujetas a cambios en función de la variación de las condiciones ambientales (por ejemplo, el clima) y del efecto de la cruce selectiva a lo largo del tiempo, cuyo objetivo es maximizar la proporción de cultivos primarios de los distintos cultivares. Utilizando estas relaciones, es posible estimar la biomasa total residual de la cosecha de cultivos primarios (ecuación (1)). Ante la falta de información nacional, se pueden aplicar los factores de cosecha medios para los cultivos de diferentes regiones del mundo que figuran en la Tabla 2.2.

(1) Residuos de cultivos disponibles [t (peso al momento de la cosecha)] = cosecha de cultivos primarios [t (peso al momento de la cosecha)] \* factor de cosecha.

**Tabla 2.2** Valores estándar de los factores de cosecha (a) e índices de recuperación (b) de residuos de cultivos comunes.

	ASIA OR.	EUROPA OR.	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	ÁFRICA DEL NORTE Y ASIA OCC.	AMÉRICA DEL NORTE Y OCEANÍA	ASIA CENTRAL Y MERIDIONAL	ÁFRICA SUB-SAHARIANA	EUROPA OCC.
<b>A) FACTORES DE COSECHA. RESIDUO DE CULTIVOS [t (peso al momento de cosecha)] = COSECHA DE CULTIVOS PRIMARIOS [t (peso al momento de cosecha)] * FACTOR DE COSECHA.</b>								
Trigo, otros cereales	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,7	2,3	1,0
Arroz, Arrozales	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5	1,5	1,2
Maíz	3,0	1,9	3,0	3,0	1,2	3,5	3,5	1,2
Miko	3,0	1,9	3,0	3,0	1,2	3,5	3,5	1,2
Sorgo	3,0	1,9	3,0	3,0	1,2	3,5	3,5	1,2
Raíces y Tubérculos	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Caña de azúcar	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16

**Tabla 2.2** Valores estándar de los factores de cosecha (a) e índices de recuperación (b) de residuos de cultivos comunes (Continuación).

	ASIA OR.	EUROPA OR.	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	ÁFRICA DEL NORTE Y ASIA OCC.	AMÉRICA DEL NORTE Y OCEANÍA	ASIA CENTRAL Y MERIDIONAL	ÁFRICA SUB-SAHARIANA	EUROPA OCC.
Remolacha azucarera	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Legumbres	0,4	1,0	0,4	0,4	1,0	0,4	0,4	1,0
Soya	1,2	1,5	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2
Maníes con cáscara	1,2	1,2	1,5	1,5	1,2	1,5	1,5	1,2
Semillas de canola	2,3	1,9	2,3	2,3	1,9	2,3	2,3	1,9
<b>B) TASAS DE RECUPERACIÓN DE CULTIVOS UTILIZADOS: CULTIVOS UTILIZADOS [t (peso al momento de cosecha)]= RESIDUOS DISPONIBLES [t (peso al momento de cosecha)]* TASA/COEFICIENTE DE RECUPERACIÓN.</b>								
Cereales incl. arroz y maíz	0,8	0,75	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7
Raíces y tubérculos	0,75	0,25	0,75	0,75	0	0,75	0,75	0
Caña de azúcar	0,52	0,47	0,4	0,47	0,47	0,52	0,47	0,47
Remolacha azucarera	0,75	0,25	0,75	0,75	0	0,75	0,75	0
Cultivos azucareros	0,8	0,3	0,8	0,8	0	0,8	0,8	0
Judías/Alubias, secos	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
Otras legumbres	0,8	0,75	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7
Otros cultivos oleaginosos	0,8	0,75	0,8	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7
Semillas de girasol	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Semillas de canola	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Fuente: Basado en datos proporcionados en la información complementaria Krausmann *et al.* (2013) y Wirseniens (2000).



Etapa 3: Estimación de la fracción de residuos utilizados.

En la mayoría de los casos, sólo una fracción del total de residuos de cultivos disponibles se recuperará y será objeto de un uso posterior. La fracción de residuos utilizados (tasa de recuperación) puede estimarse sobre la base del conocimiento de expertos o de estudios específicos de cada país sobre el uso de residuos de cultivos. En los casos en que no se disponga de información confiable, pueden aplicarse las tasas de recuperación que figuran en la Tabla 2.2, aunque debe tenerse en cuenta que se trata sólo de aproximaciones. Por otro lado, las tasas de recuperación pueden variar considerablemente de un país a otro dentro de una misma región, y a lo largo del tiempo. La cantidad de residuos de cultivos utilizados se calcula mediante la ecuación (2).

(2) Residuos de cultivos utilizados [t (en peso)] = residuos de cultivos disponibles [t (en peso)] \* tasa de recuperación.

#### 2.1.3.4 - A.1.2.3 y A.1.2.4 Cultivos forrajeros (incluida la biomasa cosechada de pastizales) y biomasa de pastoreo

Estas categorías comprenden diferentes tipos de forrajes, incluidos los cultivos forrajeros, la biomasa proveniente de pastura cosechada y la consumida directamente por los animales. La cobertura de estos grandes flujos en las estadísticas agrícolas suele ser escasa. Los tipos más importantes de cultivos forrajeros pueden recogerse en las estadísticas sobre cosechas (por ejemplo, maíz para ensilaje, cultivos forrajeros de leguminosas, pastos para ensilar o heno). Si existen balances nacionales sobre alimentación animal, de ellos pueden derivarse estimaciones para ambas categorías de biomasa de pastura: la cosechada y la pastada.

En los casos en los que no existan datos fiables tanto sobre cultivos forrajeros (1.2.3) como sobre biomasa pastada (1.2.4), se puede utilizar el método A o B de la sección 1.2.4 para estimar la demanda total de forraje. En tal caso, no se registra extracción en 1.2.3, y la estimación de la demanda total se indica en 1.2.4.

#### 1.2.3 Cultivos forrajeros (incluida la cosecha de biomasa de pastoreo)

Esta categoría abarca todos los tipos de cultivos forrajeros, incluido el maíz para ensilaje, cultivos forrajeros de gramíneas y leguminosas (trébol, alfalfa, etc.), la remolacha forrajera y también la pastura segada para ensilaje o producción de heno. Ninguno de los cultivos forrajeros comerciales, como la cebada, el maíz, la soja, etc., que también pueden utilizarse para la producción de alimentos o como materias primas industriales, se incluye en esta categoría, ya que se contabilizan como cultivos en A.1.1. Las estadísticas agrícolas nacionales suelen informar sobre los cultivos forrajeros. Sin embargo, la FAO dejó de hacerlo a partir de la reciente reestructuración de la base de datos FAOSTAT. En algunos casos es necesario estandarizar el contenido de humedad, lo que puede realizarse de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Paso 1: Se deben identificar los cultivos forrajeros que requieren normalización del contenido de humedad. Nótese que los cultivos forrajeros de gramíneas y la biomasa de pastura pueden ser cosechados y utilizados tanto frescos (es decir, con un alto contenido de humedad; para alimentación inmediata o producción de ensilaje) como con peso seco al aire (heno). Según las convenciones de la CFM-TE, estos cultivos forrajeros deben contabilizarse en peso seco al aire, es decir, con un contenido de humedad estandarizado del 15 %. En los casos en que no se disponga de información sobre el contenido de humedad de los forrajes declarados, puede efectuarse una verificación aproximada observando el rendimiento por unidad de superficie. Los forrajes herbáceos en peso seco al aire [t/ha/año] suelen rendir de 2 a 3 veces más que los cereales (por ejemplo, trigo o cebada). En peso fresco, su rendimiento es mucho mayor (entre 5 y 15 veces el de los cereales).

Paso 2: Cuando el peso de los cultivos forrajeros se indique en peso fresco (es decir, con un contenido de humedad del 60 % al 80 %), éste deberá reducirse al 15 % aplicando las ecuaciones (3) y (4):

$$(3) \text{Factor}_{mc} = (1 - mc_{\text{fresco}}) / 0,85$$

$$(4) \text{Peso seco aéreo (al 15 \% mc)} = \text{peso fresco (por ejemplo, al 80 \% mc)} * \text{Factor}_{mc}$$



### 1.2.4 Biomasa de pastoreo

La biomasa consumida por los animales no se recoge en las estadísticas agrícolas estándares. En algunos casos, la información sobre el pastoreo está disponible en los balances alimentarios nacionales o puede obtenerse de expertos agrícolas locales. Es posible emplear estos datos para la CFM-TE; teniendo en cuenta que las cantidades informadas en otras unidades (por ejemplo, peso seco o energía digestiva) tienen que convertirse a peso seco al aire (15 % mc). Para ello puede recurrirse a la información contenida en las tablas de composición de piensos, al conocimiento de expertos, o bien utilizar las ecuaciones (3) y (4). Si no se dispone de información procedente de fuentes estadísticas, existen dos métodos de estimación:

- A. Estimación de la biomasa pastada basada en el consumo de forraje por cabeza.
- B. Estimación de la biomasa pastada basada en la eficiencia de conversión de los piensos.

El método de estimación (A) requiere datos sobre el número de animales. En muchos países, estos datos se obtienen de los censos ganaderos y suelen ofrecer una calidad razonable. La demanda de forraje se calcula utilizando coeficientes para la ingesta diaria media por cabeza. El método de estimación (B) requiere datos sobre la producción de carne y leche, y coeficientes para el alimento requerido por kg de producto producido. Si bien este método resulta más sensible a los cambios de productividad a lo largo del tiempo, los datos y los coeficientes a menudo resultan menos sólidos que los necesarios para el método (A).

#### Método A: Estimación de la biomasa pastada a partir del consumo de forraje por cabeza

Los datos sobre el número de animales figuran normalmente en las estadísticas agrícolas nacionales de la mayoría de los países, y también están disponibles en FAOSTAT, presentando, por lo

general, una calidad razonable. Utilizando estos datos en combinación con la ingesta media de forraje de los animales en pastoreo, se puede estimar la demanda de biomasa pastada (y otros forrajes). Cabe señalar que dicha ingesta diaria de biomasa depende de la edad y el peso vivo del animal, de su productividad (por ejemplo, aumento de peso o producción de leche), y del sistema de alimentación (por ejemplo, la composición del alimento). Por lo tanto, puede variar considerablemente dentro de una misma especie, en función de los sistemas de producción ganadera predominantes. El procedimiento aquí descrito es una versión simplificada de un modelo de balance de alimentación, utilizado en las estimaciones de la cosecha de biomasa a nivel mundial. (Para una descripción más detallada de los balances de alimentación, véase Krausmann *et al.* (2008) y Krausmann *et al.* (2013)).

La Tabla 2.3 muestra el rango de consumo de forraje por especies ganaderas en diferentes sistemas de producción, y la Tabla 2.4 muestra los promedios de varias especies ganaderas para diferentes regiones del mundo. Los valores se refieren al peso seco al aire (es decir, con un contenido de humedad del 15 %) y tienen en cuenta que parte de la demanda total de alimentos se satisface con piensos de mercado y residuos de cultivos. La proporción de los mismos en la alimentación animal (sobre la base de materia seca, media de todas las especies) oscila entre el 5 % y el 50 %. Los coeficientes de la Tabla 2.3 y la Tabla 2.4 pueden utilizarse para calcular las raciones totales requeridas por cada especie animal consumidora de forraje (ecuación (5)).

**Tabla 2.3** Consumo típico de forrajes por animales de pastoreo.

	INJESTA ANUAL SISTEMA GANADERO TRADICIONAL [t/cabeza y año]	INJESTA ANUAL SISTEMA GANADERO INDUSTRIAL [t/cabeza y año]
Bovinos (y búfalos)	1–2	4–6
Ovejas y cabras	0,43	0,46
Caballos	3,0	4,3
Mulas y asnos	1,8	2,6a

Los valores representan la ingesta anual de biomasa de peso seco (15 % mc) en t/cabeza y año.

Fuentes: Los valores derivan de los balances nacionales de alimentos y de la bibliografía relacionada (BMVEL 2001; Hohenecker 1981; Wheeler et al. 1981; Wirsenius 2000).

**Tabla 2.4** Estimación de la ingesta anual de forraje por animales de pastoreo.

t/cabeza/año	ASIA CENTRAL Y MERIDIONAL	EUROPA OR.	NORTE DE ÁFRICA Y ASIA OCC.	AMÉRICA DEL NORTE Y OCEANÍA	EUROPA OCC.	AFRICA SUB- SAHARIANA	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	ASIA OR.	MUNDO
Bovinos y búfalos	1,2	4,5	2,8	5,9	5,9	2,0	3,6	4,1	3,0
Ovejas y cabras	0,3	0,6	0,3	0,6	0,6	0,3	0,3	0,4	0,3
Caballos	2,8	4,0	3,4	4,1	4,2	3,0	3,5	4,3	3,2
Mulas y asnos	1,7	2,4	2,0	2,5	2,5	1,8	2,1	2,6	1,9

Los datos se refieren a 2010; la ingesta de forraje incluye biomasa pastada, heno y cultivos forrajeros, los valores se dan en t (al 15 % mc) /cabeza/año. La ingesta de piensos de mercado y residuos de cultivos ha sido descontada.

Fuente: Derivado de Krausmann et al. (2013).

(5) Demanda de forraje [t a 15 % mc] = animales [número] \* ingesta anual de forraje [t a 15 % mc por cabeza y año].

La ingesta de forraje puede realizarse a través de cultivos tipo pastos, heno o ensilado, o bien a través

del pastoreo. Para estimar la ingesta de biomasa por pastoreo, al consumo total de forraje debe descontarse la cantidad de cultivos forrajeros disponibles y la biomasa cosechada en pasturas (punto 1.2.3) (ecuación (6)).

(6) Demanda de biomasa pastada [t a 15 % mc] = requerimiento de forraje [t a 15 % mc] - cultivos forrajeros [t a 15 % mc].

#### Método B: Estimación basada en la eficiencia de conversión alimenticia

Los datos sobre productos primarios de origen animal, como la carne y la leche, suelen obtenerse de las estadísticas agrícolas nacionales y/o de FAOSTAT. Sin embargo, particularmente para los países en vías de desarrollo, estos datos son probablemente menos precisos que el número de animales. Aplicando los factores de conversión alimenticia adecuados (demanda de piensos por unidad de producto) a los datos de productos animales, se puede estimar la demanda de alimentos y, por consiguiente, también la biomasa pastada. Es importante que los coeficientes de conversión aplicados tengan en cuenta la estructura demográfica del rebaño. Esto significa, por ejemplo, que además de los alimentos consumidos por las vacas lecheras, hay que contabilizar también los requeridos por los terneros, terneras y novillos necesarios para el mantenimiento del rebaño. La producción nacional de alimentos de origen animal debe corregirse, a su vez, respecto del comercio de animales vivos: un novillo importado que se sacrifica después de la importación se registrará en las estadísticas de producción, pero los alimentos necesarios para criarlo se consumieron en el país exportador y no en el importador. Por lo tanto, el equivalente del peso en canal de los animales vivos importados y exportados debe restarse o añadirse, respectivamente, a la producción nacional de carne. FAOSTAT proporciona datos sobre la producción de carne autóctona corregidos en función de los animales comercializados<sup>5</sup>. Una fuente de subestimación al emplear este método se deriva de la utilización de los animales para otros usos distintos de la producción de carne y leche. Los países de bajos ingresos, en especial, destinan una parte importante del ganado vacuno y de los búfalos al trabajo de tracción. Los piensos utilizados para proporcionar estos servicios no se contabilizarán aplicando este método.

La carne debe declararse en términos del peso en canal, y la leche en términos de la producción láctea total. El primer paso consiste en calcular la alimentación necesaria para elaborar cada tipo de producto animal primario, utilizando los coeficientes de conversión que figuran en la Tabla 2.5 (o bien coeficientes de mayor calidad de origen local, en caso de que se encuentren disponibles) y la ecuación (7). En un segundo paso, se calcula la proporción de forraje (cultivos forrajeros y biomasa de pasturas) en la alimentación total, mediante la ecuación (8), aplicando las proporciones de forraje alimenticio, específicas para cada región, que figuran en la Tabla 2.6, o bien coeficientes de mayor calidad de origen local, en caso de que se encuentren disponibles. Si se cuenta con información sobre la cosecha de cultivos forrajeros (gramíneas, leguminosas, maíz para ensilaje), la masa de cultivos forrajeros disponibles debe restarse de la demanda total de forraje bruto, para llegar a la cantidad de biomasa pastada (ecuación (9)).

(7) Demanda de forraje producto i [t a 15 % mc] = producto i [t en peso] \* coeficiente de conversión de pienso producto i [t/t].

(8) Demanda de forraje bruto producto i [t a 15 % mc] = Requerimiento total de alimento i [t a 15 % mc] \* proporción/coeficiente de forraje bruto [%].

(9) Biomasa pastada [t a 15 % mc] = Demanda de forraje [t a 15 % mc] - cultivos forrajeros [t a 15 % mc].

Dado que el método es proclive a una incertidumbre considerable, la verosimilitud de los resultados derivados de este procedimiento de estimación debe cotejarse calculando la demanda media de forraje per cápita del ganado bovino/búfalo y ovino/caprino. Esto puede calcularse dividiendo la demanda estimada de forraje para carne y leche, por ejemplo, de bovinos y búfalos, por el número total de animales de la especie (bovinos y búfalos). Los resultados pueden compararse con los valores medios de demanda que figuran en la Tabla 2.3.

5. La producción autóctona de carne corresponde a los ejemplares locales, es decir, incluye el equivalente en carne de los animales vivos exportados y excluye el equivalente en carne de los animales importados.  
<http://www.fao.org/faostat/en/#home>

**Tabla 2.5** Coeficientes de conversión alimentaria.

		ASIA CENTRAL Y MERIDIONAL	EUROPA OR.	NORTE DE ÁFRICA Y ASIA OCC.	AMÉRICA DEL NORTE Y OCEANÍA	EUROPA OCC.	AFRICA SUB- SAHARIANA	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	ASIA OR.
Carne de vacuno	t/t canal	56,4	18,1	17,1	14,9	14,3	42,2	29,9	35,4
Leche de vaca	t/t leche	1,6	1,1	1,6	0,8	0,8	3,3	1,5	1,2
Carne de ovejas y cabras	t/t canal	112,9	36,2	64,5	29,9	28,5	84,4	59,7	70,8
Leche de ovejas y cabras	t/t leche	3,1	2,3	3,2	1,6	1,7	6,6	3,0	2,5

Valores referidos el año 2000 (aprox.); requerimiento de pienso por unidad de producto animal (t de alimento con 15 % mc por t de producto (peso)) por regiones del mundo. La carne se refiere al peso en canal (peso en el matadero), la leche a la leche entera, fresca.

Fuente: Tabla 3.9 en Wirsenius (2000) sobre la base de un contenido energético medio del pienso de 10.4 MJ/kg.

**Tabla 2.6** Proporción de forraje bruto en el suministro de alimentos/piensos por regiones del mundo.

% de energía digerible	ASIA CENTRAL Y MERIDIONAL	EUROPA OR.	NORTE DE ÁFRICA Y ASIA OCC.	AMÉRICA DEL NORTE Y OCEANÍA	EUROPA OCC.	AFRICA SUB-SAHARIANA	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	ASIA OR.
Vacuno de producción láctea	65 %	80 %	64 %	39 %	43 %	69 %	77 %	73 %
Vacuno de producción de carne	67 %	79 %	64 %	60 %	58 %	69 %	77 %	69 %
Ovejas y cabras	100 %	100 %	100 %	80 %	80 %	100 %	100 %	100 %

Valores referidos el año 2000 (aprox.); el forraje incluye cultivos forrajeros como gramíneas/pastos, leguminosas, maíz para ensilado y biomasa pastura. Valores en % del total de energía digerible total.

Fuente: Figura 3.28 en Wirsenius (2000, p. 139), ponderada según el contenido de energía digerible (tabla B5 en Wirsenius (2003)).

**Biomasa pastada por caballos, mulas y asnos, y otros animales de pastoreo**

El método B sólo permite calcular la demanda de forraje en bruto de los animales que producen leche o carne. En el caso de otros animales (como caballos, mulas y asnos, o camellos), dicha demanda debe calcularse aplicando el método A, y utilizando tanto los datos sobre el tamaño del rebaño (cabezas de animales) como la información sobre la ingesta media de forraje en bruto por cabeza y año que figura en las Tablas 2.3 y 2.4.

**2.1.3.5 - A.1.3 Madera**

Esta categoría comprende la madera en rollo o industrial (1.3.1), y la leña y otras extracciones (1.3.2). Incluye la extracción proveniente de bosques y también la de plantaciones de rotación corta o de tierras agrícolas.

La extracción de madera se registra en las estadísticas forestales, que suelen diferenciar entre madera de coníferas y no coníferas. Cuando ésta se obtiene de plantaciones de rotación corta, también puede registrarse en las estadísticas agrícolas, ya que los bosques de rotación corta se consideran tierras de cultivo en muchos países. Los balances nacionales de madera, en los casos en que se encuentran disponibles, suelen proporcionar conjuntos de datos más exhaustivos, ya que también incluyen la producción proveniente de tierras no forestales.

La madera se suele contabilizar en términos de volumen y no de peso. Las unidades utilizadas son metros cúbicos apilados y metros cúbicos sólidos (scm). Un metro cúbico apilado se considera equivalente a 0,70 metros cúbicos sólidos. En la CFM-TE, las medidas de volumen deben convertirse en medidas de peso utilizando los factores de conversión normalizados que se indican en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7** Factores estandarizados para la conversión de los volúmenes de madera.

	DENSIDAD [t at 15 % mc / scm]
Coníferas	0,52
No coníferas	0,68
Media EU25 (80 % CONÍFERAS)	0,55

Estos factores se refieren a toneladas con un 15% de contenido de humedad (mc) por metro cúbico sólido (scm) para madera conífera y no conífera.

Fuente: Basado en factores utilizados en los inventarios de gases de efecto invernadero del IPCC (IPCC 2003).

**Tala versus remoción y fracción de corteza:**

Las estadísticas forestales, especialmente los inventarios forestales, distinguen a veces entre talas y extracciones. La CFM-TE sólo contempla la biomasa extraída de los bosques para un uso socioeconómico posterior, es decir, las extracciones de madera. La totalidad de la biomasa no extraída (ramas, portainjertos, etc.), es decir, la tala menos

las extracciones, no se contabiliza en el programa. Esta es una distinción que debe tomarse en consideración.

La corteza merece especial atención, ya que puede representar hasta el 10 % del peso de la madera del tronco. Las extracciones de madera suelen indicarse en scm bajo corteza (es decir, sin corteza), aunque

la madera se extrae incluyendo la corteza y una fracción significativa de la misma está sujeta a un uso socioeconómico posterior (por ejemplo, producción de energía). Para corregir las extracciones reportadas en función de la corteza, utilizamos un factor de extensión derivado de los valores típicos de la fracción de corteza del tronco (ecuación (10)):

(10) extracciones de madera incl. corteza [t a 15 % mc] = extracciones de madera bajo corteza [t a 15 % mc] \* 1,1.

Nota sobre la calidad de los datos y la tala ilegal: La calidad de los datos sobre extracción de leña en las estadísticas forestales suele ser deficiente. Por lo general, éstas sólo registran el aprovechamiento comercial de la madera, ignorando la leña extraída para las necesidades de subsistencia. Y en los casos en los que se calcula, la extracción de leña suele tratarse sólo de una estimación aproximada. Las estadísticas energéticas nacionales e internacionales pueden proporcionar información adicional y estimaciones más precisas sobre el uso de la leña. No obstante, debe tenerse en cuenta que los datos reportados sobre el uso de biomasa sólida para energía pueden incluir residuos de la transformación de la madera, biomasa no procedente de madera (como residuos de cultivos o estiércol seco) y recursos secundarios (por ejemplo, madera reciclada procedente de demoliciones), ninguno de los cuales debe computarse como DE (ya que se produciría una doble contabilización). En

algunos países, la tala ilegal puede ser un importante flujo de extracción, aunque no figure en las estadísticas forestales. Cuando la tala ilegal sea un factor problemático, consulte con expertos locales o consulte informes específicos sobre tala ilegal.

### 2.1.3.6 - A.1.4 Extracción silvestre no clasificada previamente (n.c.p.)

La pesca (1.4.1) y la extracción de otros animales acuáticos (1.4.2) y plantas (1.4.3) se recogen en las estadísticas pesqueras nacionales y en las estadísticas pesqueras de la FAO<sup>6</sup> (FISHSTAT). La producción de pescado y marisco procedente de la acuicultura no se considera extracción interna, sino un producto secundario de la industria ganadera (véanse los fundamentos de la sección). Por lo tanto, sólo la pesca de captura (incluida la recreativa) y otros animales y plantas extraídos de sistemas no manejados de agua dulce y salada deben consignarse en los apartados 1.4.1 a 1.4.3.

Las plantas terrestres silvestres recolectadas (1.4.4) y los animales terrestres silvestres cazados (1.4.5) revisten una importancia cuantitativa menor y sólo se registran si se cuenta con datos en las estadísticas nacionales. Podría ser necesario realizar una conversión de individuos u otras unidades físicas a toneladas. La versión de 2018 de la guía de compilación CFM-TE de Eurostat ofrece una larga lista de pesos medios de las especies de animales cazadas (véase Eurostat (2018)).

## 2.2 Minerales metálicos

### 2.2.1 Conceptos y clasificación

#### 2.2.1.1 Conceptos

Los metales en estado puro y que no forman parte de una aleación (no aleados) son elementos químicos. Generalmente son sólidos a temperatura ambiente (a excepción del mercurio) y suelen ser buenos conductores de la electricidad y el calor, dúctiles y maleables, rígidos y brillantes.

Representan alrededor de las tres cuartas partes de los elementos de la tabla periódica, aunque constituyen menos del 30 % de la masa de la corteza terrestre.

La combinación de dureza y maleabilidad de los metales, características, ambas, que pueden controlarse con precisión y mejorarse mediante diversos procesos metalúrgicos, los han convertido en elementos de suma importancia en la tecnología mecánica desde hace milenios. Estas cualidades,

6. <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>

unidas a su capacidad de conducción, los han hecho indispensables en prácticamente todas las tecnologías basadas en la electricidad de los últimos siglos. Además, la gama de metales que se han utilizado en los últimos años se ha ampliado enormemente debido a las nuevas tecnologías electrónicas y también a la necesidad de nuevas y mejores aleaciones para una serie de aplicaciones que requieren usos físicamente muy exigentes (por ejemplo, en la industria aeroespacial).

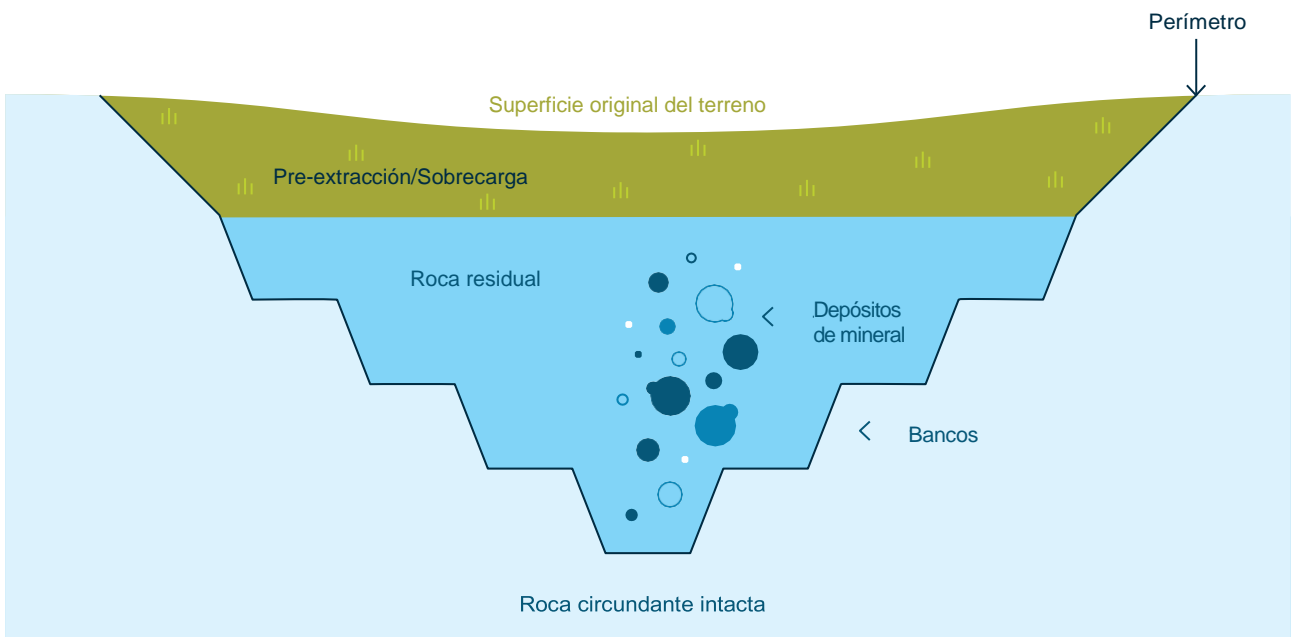
Los únicos metales de importancia económica para el ser humano son los que se encuentran en la corteza terrestre. En la mayoría de los casos, se presentan en combinación química con otros elementos no metálicos, en forma de compuestos, lo que suele requerir un procesamiento intensivo en términos de capital y energía para obtener los metales de manera rentable. Los "minerales" metálicos que forman parte de menas se consideran depósitos de compuestos metálicos en la corteza terrestre, que pueden procesarse para producir los metales deseados, a un coste económicamente viable. Esta definición lleva implícito el hecho de que "mineral" es un término tanto físico como económico. Si el precio de mercado de un metal aumenta, la concentración de metal (o "ley") mínima requerida para que una roca pueda considerarse mena disminuirá.

Los yacimientos de mineral son generalmente rocas, pero en algunos casos importantes también pueden ser suelos especiales o depósitos de arena.

Un aspecto importante a la hora de contabilizar la producción mineral es determinar qué debe contarse exactamente, y dónde. A efectos de la CFM-TE, sólo debe computarse la parte de la roca excavada que vaya a ser procesada de algún modo para obtener los metales deseados. Esto significa que cualquier tipo de suelo o roca que se excave y se mueva, únicamente para acceder a la propia mena metálica, no debe contabilizarse como tal. En una mina a cielo abierto (véase la Figura 2.2), esto incluiría toda la sobrecarga previamente removida, así como cualquier otra roca no procesada que se extraiga a medida que avanza la producción. Normalmente, esto significa que la gran mayoría (a menudo en una proporción > 3:1) del suelo y la roca excavados en una operación a cielo abierto, no se contabiliza en absoluto como parte de la CFM-TE. Incluso después de retirar la sobrecarga, la mayor parte de la roca excavada de cada banco (escalones de la excavación) a menudo se remueve solo para permitir un mayor acceso a los yacimientos de mineral, conservando ángulos de pared de pozo adecuadamente estables. El mineral se transporta selectivamente para su posterior procesamiento, mientras que la roca residual se retira y se vierte directamente en una pila de desechos (normalmente lo más cerca posible del punto de excavación y de modo que no interfiera con la continuación de las operaciones mineras). En resumen, aunque se excava todo lo que se encuentra dentro del "contorno del pozo" de la Figura 2.2, sólo la roca contenida en los "yacimientos" se contabilizaría idealmente como mineral metálico.



**Figura 2.2** Corte transversal estilizado de una mina a cielo abierto, que muestra la zona de excavación total (todo lo comprendido dentro del contorno del pozo), la zona de pre-extracción y los bancos del nivel de producción que contienen tanto roca residual como el mineral metálico objetivo.



Los grandes volúmenes de roca estéril que se extraen en los bancos superiores en general obedecen a la necesidad de mantener la estabilidad de las paredes del pozo, mientras se accede a los niveles inferiores. Éste es uno de los principales motivos por los que se deteriora la rentabilidad de las explotaciones a cielo abierto frente a las subterráneas, a medida que aumenta la profundidad del yacimiento. En las operaciones subterráneas, que acceden a los mismos mediante túneles, la cantidad de roca residual y sobrecarga por tonelada de mineral extraído tiende a ser mucho menor que en la minería a cielo abierto.

En algunos casos, los minerales de un mismo depósito pueden procesarse de distintas maneras, en función del contenido metálico y de las características metalúrgicas específicas del mineral. Un ejemplo habitual es el de los minerales de cobre de alta ley (alto porcentaje de Cu) que se someten directamente a un proceso de molienda y flotación, mientras que los minerales de baja graduación del mismo yacimiento se someten a un proceso de "lixiviación en pilas". En ambos casos, el tratamiento posterior a la excavación, y la extracción de metales,

se realizan en la roca, por lo que ambos deben contabilizarse como mineral extraído.

Debido a la limitada capacidad de los métodos modernos de minería a cielo abierto para separar con precisión la roca estéril de la mena, durante el proceso de extracción ambas se mezclan en gran medida, por lo que parte de la roca estéril se incluye en la corriente de procesamiento posterior y parte de la mena se descarta como residuo, sin procesamiento alguno. Afortunadamente, a efectos del programa CFM-TE, este problema puede ignorarse en gran medida contabilizando el mineral "a boca de mina" (ROM). El mineral ROM ya incluye los elementos de roca estéril que se mezclaron con el mineral ("dilución" del mineral) en el proceso de extracción. Los tonelajes de mineral ROM suelen registrarse en uno o varios de los siguientes apartados:

- En la "cancha (en diversos países se utiliza este término) /playa de minerales", el lugar en el que se vierte/n el/los mismo/s, en la superficie tras su excavación inicial y cualquier trituración primaria necesaria para permitir su transporte fuera de una

mina subterránea.

- Según las mediciones realizadas en una báscula puente, ya sea cuando un camión abandona la mina para transportar el mineral a la planta de procesamiento, o a la entrada de la planta de procesamiento, o bien antes de ser vertido "en la pila" para las operaciones de lixiviación.

Para los responsables de la elaboración de la CFM-TE, normalmente bastará con saber que cuando una explotación minera indica una cifra de producción de mineral, la base sobre la que se ha medido, y el flujo de materia prima que pretendemos contabilizar responden a este criterio.

Cabe señalar que la roca estéril y los vertederos de residuos no deben confundirse con los "relaves" de la mina. Estos últimos son el principal residuo de procesamiento que se genera una vez que el mineral ha sido tratado/beneficiado, y forman parte de las cuentas de la CFM-TE si el mineral se ha contabilizado correctamente. Los relaves se componen principalmente de aquellas partículas del mineral que, aunque carecen de valor económico significativo, están tan íntimamente asociadas a los compuestos metálicos valiosos que no pueden separarse en el proceso de excavación inicial. En comparación con la roca estéril/residual, los relaves contendrán a menudo concentraciones considerablemente más elevadas de metales valiosos, debido a que el tratamiento del mineral sólo extrae una parte del compuesto metálico contenido. El grado de recuperación del metal es el "factor de recuperación", y suele expresarse como el porcentaje de metal contenido en el mineral que entra en el proceso, y que se conserva a su vez en el concentrado extraído.

Los relaves suelen revestir una importancia económica y ambiental considerablemente mayor que la roca residual. Además de los riesgos de contaminación y las oportunidades económicas potenciales que plantean los metales residuales de los relaves, a menudo contienen niveles elevados de otros contaminantes que se encuentran en asociación con los minerales de la mena, por ejemplo, arsénico, cadmio, sulfuros asociados, y a veces, restos de los productos químicos utilizados en el procesamiento, como cianuro. También es habitual que se encuentren molidos en partículas mucho más finas que la roca residual, y por ello

resultan más reactivos y propensos a liberar estos contaminantes en el medio que los rodea.

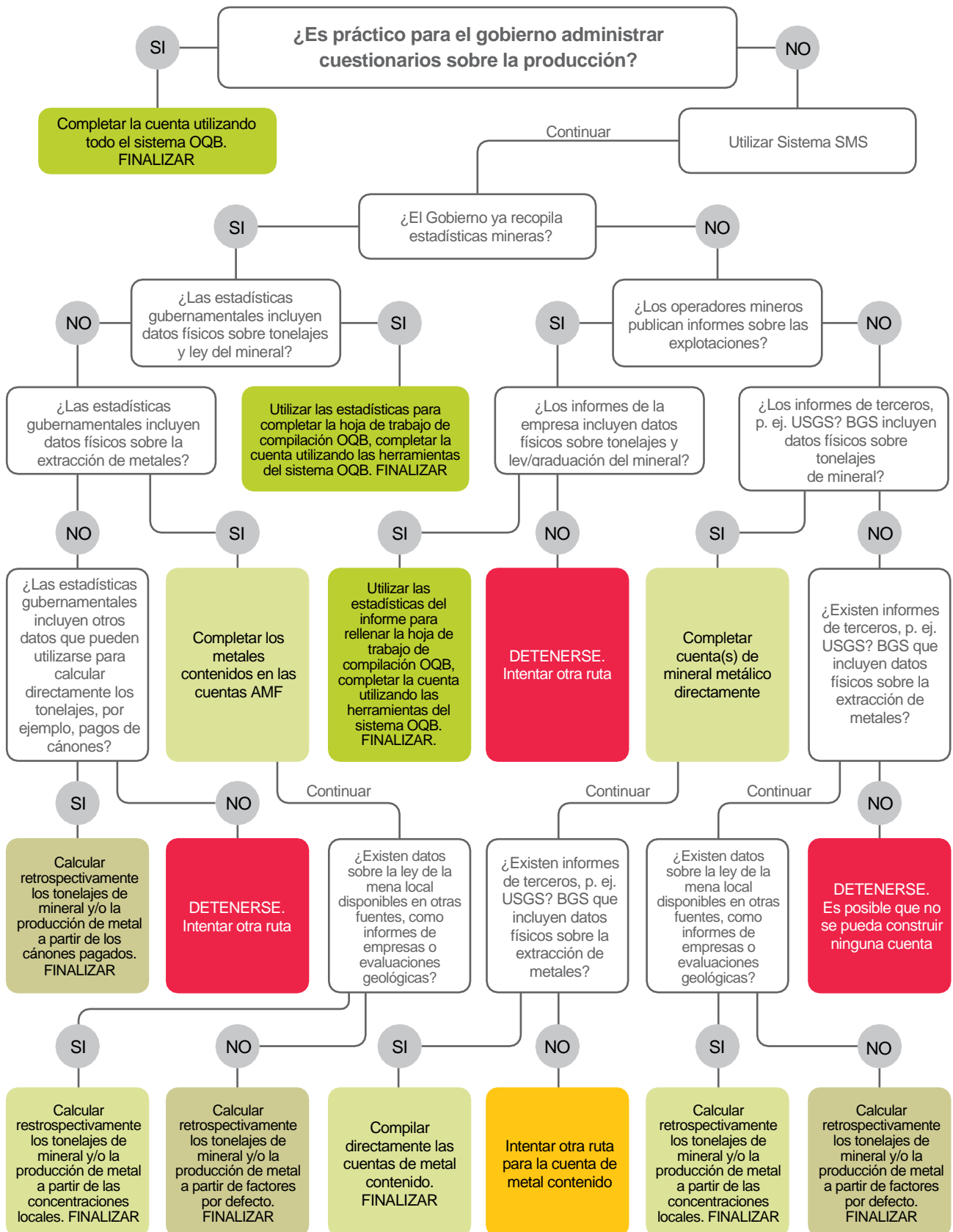
Una forma de explotación que posee una importancia mucho menor, comparada tanto con la minería a cielo abierto como con la subterránea, es la lixiviación in situ (que no debe confundirse con la lixiviación en pilas u otras formas de lixiviación, que sólo se refieren a métodos específicos de procesamiento que se aplican al mineral una vez extraído de forma convencional). Este tipo de explotación se aborda aquí principalmente para adelantarse al interrogante que plantea para el CFM-TE. La lixiviación in situ consiste en inyectar un disolvente directamente en un depósito de mineral, recuperar el disolvente después de que haya disuelto los metales y extraer los metales de este lixiviado. Dado que en realidad no se extrae ninguna mena como tal, la mejor manera de abordar esta situación es introducir el tonelaje de metal extraído como tonelaje de mena y fijar la ley ROM en 1.000.000 de partes por millón (ppm) (es decir, el 100 %). De este modo, el cálculo del "metal contenido" se efectuará de forma adecuada, según se describe más adelante en la sección de clasificación.

Aunque se recomienda aplicar el sistema detallado a continuación, en el que se utilizan encuestas basadas en cuestionarios a los principales productores de minerales del país, su éxito depende de la cooperación de los explotadores de las minas. Ellos serán, en efecto, la fuente primaria de todos los datos. Este sistema contable se denominará en lo sucesivo sistema basado en cuestionarios del operador (OQB). Para los países en los que el nivel de cooperación requerido no es factible, en la sección 2.b se propone un método alternativo de elaboración de informes. Aunque el sistema alternativo es más sencillo, será considerablemente menos preciso y puede recabar escasa información al margen de la directamente aplicable a la compilación de las CFM-TE. Esta alternativa se nominará sistema de fuentes mixtas secundarias (SMS).

En la Figura 2.3 se muestra un diagrama de flujo que tiene por objeto ayudar a decidir el enfoque más adecuado en función de las circunstancias particulares del compilador.

**Figura 2.3** Diagrama de flujo para facilitar la toma de decisiones en la compilación de las cuentas de minerales metálicos.

En la medida de lo posible, si se sigue una de las rutas hacia uno de los tres nodos FINALIZAR de color verde brillante, que incluyan el uso de al menos algunas de las herramientas del sistema OQB, es probable que se obtengan los resultados de mayor calidad y utilidad.



### 2.2.1.2 Clasificación - detalle

En esquemas de clasificación anteriores, utilizados para la CFM-TE, por ejemplo, Eurostat (2013), los minerales metálicos se dividían en dos categorías principales, ferrosos y no ferrosos, y a su vez, los no ferrosos se subcategorizaban en función de cada metal concreto, por ejemplo, en "mineral de aluminio", "mineral de cobre", "mineral de zinc", etc. Uno de los principales inconvenientes de este sistema era que no tenía en cuenta el hecho de que, en muchos casos importantes desde el punto de vista económico, los metales suelen presentarse combinados entre sí, como coproductos de minerales polimetálicos.

En el presente manual, esta realidad física se refleja de forma más apropiada mediante la creación de tres categorías principales de menas metálicas, una para los dos metales de mayor importancia económica volumétrica (hierro y aluminio) y otra para el resto de las menas metálicas ("otros minerales metálicos"). La práctica de contabilizar por separado cada uno de los metales contenidos en Eurostat (2013) se ha mantenido en este sistema de forma modificada, y se ha convertido en un componente más relevante debido a la pérdida de resolución a nivel de las menas. El sistema de clasificación revisado se utiliza tanto en el sistema contable OQB como en el SMS.

Tabla 2.8 Clasificación de la extracción interna de minerales metálicos y metales contenidos.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS
<b>A.2 MINERARLES METÁLICOS</b>	<b>A.2.1</b> Minerales de Hierro
	<b>A.2.2</b> Minerales de Aluminio
	<b>A.2.3</b> Otros minerales metálicos
<b>M.2 METALES CONTENIDOS</b>	<i>M.2.Fe Contenido en metales de los minerales de hierro (elemento de memorándum)</i>
	<i>M.2.Al Contenido en metales de los minerales de Aluminio (elemento de memorándum)</i>
	<i>M.2.x Contenido en metales de los minerales de X, donde X es un elemento metálico específico diferente del hierro o el aluminio (elemento de memorándum)</i>

Nota: Estos elementos se recopilan en la Tabla A del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1).

La revisión del sistema de clasificación va acompañada de una revisión de las directrices para la recolección y compilación de datos sobre minerales metálicos. El sistema OQB recomendado, incluidas las hojas de trabajo de los cuestionarios que deben enviarse a los operadores de minas, se incorpora en las siguientes hojas de cálculo: "Hojas de trabajo para la compilación de datos de minerales metálicos para institutos nacionales de estadística" ("[Metal ore compilation worksheets for national statistical offices](#)") y "Cuestionario de información sobre minerales metálicos para operadores de

minas" ("[Metal ores reporting questionnaire for mine operators](#)").

El principal aspecto a destacar de este sistema revisado es que requiere la compilación de un formulario agregado, que recoge el tipo de información registrada como parte de los datos operativos rutinarios de la mayoría de las explotaciones mineras metalíferas. Aunque el requisito de compilación de datos es más riguroso que en las directrices anteriores del programa CFM-TE, la información recabada puede reutilizarse en

otras aplicaciones de gran relevancia política, en un modo que no era posible hacer con los métodos anteriores.

### 2.2.1.3 - A.2.1 Minerales de hierro y A.2.2 Minerales de aluminio

A los minerales de hierro y aluminio se les ha asignado categorías propias debido a una serie de características, entre las que se incluyen las siguientes:

- Son los dos metales más significativos en términos de volumen utilizado. En cuanto a los tonelajes de metales contenidos, el hierro predomina ampliamente a escala mundial en la categoría de metales, con volúmenes utilizados muy superiores a los de todos los demás metales en conjunto. Las estimaciones de USGS (2017) indican que en 2015, a nivel global, se extrajo mineral de hierro que contenía 1.400 millones de toneladas de hierro. Esto equivale a más de 20 veces las estimaciones correspondientes del USGS para el volumen de aluminio, y a más de 70 veces para el metal de cobre producido en 2015 (el tercer metal más extraído)<sup>7</sup>.
- Ambos metales se obtienen, en su inmensa mayoría, a partir de minerales de los que constituyen el único metal de producción económicamente significativa, hecho que no ocurre con la mayor parte del resto de los metales.
- El porcentaje de metal contenido (su "ley") es muy similar tanto entre las diferentes menas de hierro como entre las de aluminio.
- Dentro de estas dos categorías, es poco frecuente que las leyes de minerales que compiten entre sí difieran en un factor de dos (por ejemplo, un 65 % de Fe sería un mineral de hierro de muy alta ley, un 25 % de Fe suele ser una ley baja y antieconómica). En cambio, las variaciones de un factor de cinco o más son habituales en los minerales de los que se extraen el cobre, el oro, el níquel, etc., en gran

parte, debido a que a menudo éstos se encuentran en minerales polimetálicos. El cobre, por ejemplo, suele ser un producto rentable para menas que oscilan entre el 0,2 % de Cu y el 2,0 % de Cu.

- El cambio de ley entre el mineral extraído y el primer producto comercializado es mucho menor para estos dos metales que para la mayoría de los restantes. Tanto el mineral de hierro como la bauxita (el único mineral de aluminio económicamente significativo en la actualidad) se comercializan a menudo en un estado que no varía apreciablemente respecto de su estado de extracción, o bien tras un proceso de beneficio que normalmente no llega a duplicar su concentración. La bauxita, en su estado original, o tras un lavado y filtrado rudimentarios, suele contener ya más de un 40 % de alúmina<sup>8</sup>.
- La extracción rentable tanto del mineral de hierro como de la bauxita consiste, a menudo en un ejercicio que busca minimizar la inclusión de contaminantes, tanto como maximizar la inclusión del metal objetivo. Este aspecto no suele ser relevante en el caso de otros metales, en los que los contaminantes se tratan, en mayor medida, en las fases de procesamiento y refinado.

Por lo tanto, si se utiliza la hoja de cálculo "Hojas de trabajo para la compilación de datos de minerales metálicos para institutos nacionales de estadística" ("[Metal ore compilation worksheets for national statistical offices](#)") para elaborar cuentas de minerales de hierro y aluminio, probablemente sólo será necesario introducir una fila por cada año de producción de cada yacimiento individual. En las cinco primeras líneas de la Tabla 2.9 se muestra un ejemplo (hipotético) que puede servir de referencia. La estructura de esta hoja de cálculo y su cumplimentación, así como sus extensiones y usos potenciales más allá de la CFM-TE, se analizan en la sección A.2.3 sobre "Otros minerales metálicos".

7 Sin embargo, el predominio del hierro en términos de tonelaje real de mineral extraído no resulta del todo clara. La cantidad de mineral de cobre extraído para obtener los 19,1 millones de toneladas de cobre metal producidas en 2015 se calculó en más de dos mil millones de toneladas según la estimación del UNEP *et al.* (2017).

8 La alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) es quizás el compuesto de aluminio más comercializada en términos de tonelaje. Constituye una etapa intermedia en la producción, entre el metal extraído y el refinado. A grandes rasgos, entre 4 y 7 toneladas de bauxita producirán 2 toneladas de alúmina, que a su vez rendirá 1 tonelada de aluminio metálico.

**2.2.1.4 - A.2.3 Otros minerales metálicos**

Esta categoría combinada se creó para reflejar el hecho de que la coproducción de diferentes metales a partir de los mismos minerales es extremadamente común, por lo que carece de sentido desde el punto de vista físico hablar de categorías como "mineral de cobre" y "mineral de oro" cuando en muchos casos son coproductos importantes del mismo mineral. La alternativa de intentar incluir categorías específicas para varios minerales mixtos, por ejemplo, añadiendo una clasificación explícita para "mineral mixto de cobre y oro", no es factible debido a la enorme variedad de combinaciones de elementos que se extraen en la actualidad.

En vista de ello, el enfoque adoptado aquí consiste en aceptar la agregación de todos los minerales metálicos restantes dentro de una única categoría y, a continuación, desglosar la información (relevante) sobre los metales que efectivamente contienen mediante un procedimiento de estimación y compilación independiente. Al hacerlo, aún el nivel alto de las CFM-TE perderá la capacidad de proporcionar información sobre la cantidad de "mineral de cobre", "mineral de oro", etc. que se ha extraído, capacidad que, de todos modos, siempre

ha sido más aparente que real. Los sistemas de clasificación anteriores fomentaban involuntariamente la práctica del cálculo retrospectivo de las toneladas de mineral a partir del metal producido (lo que a menudo conduce al recuento múltiple del mismo mineral, entre otros graves inconvenientes). Los esfuerzos por corregir este problema introdujeron otros, en particular, la creación de parcelas imaginarias de minerales de un solo elemento, que a su vez suponían leyes aparentes de mineral muy superiores a las que se extraían en realidad. El nuevo enfoque debería eliminar estas fuentes de error.

Como las menas de esta categoría suelen contener dos o más metales de valor, el criterio de emplear una la línea única por año y por yacimiento, como la que figura en la Tabla 2.9 para el hierro y el aluminio, se vuelve más complejo (si se utiliza el sistema OQB), ya que se requiere una línea por cada metal económicamente significativo contenido en un yacimiento (corriente de mineral), por cada año de producción. Las ocho últimas líneas de la Tabla 2.9 ofrecen ejemplos.

**Tabla 2.9** Datos de un yacimiento hipotético y su registro en la hoja de trabajo "Mineral extraído para INE".

ID_CORRIENTE_MENA	AÑO	PRODUCCIÓN MINERAL BRUTO (toneladas)	TIPO DE MINERAL	METAL	LEY DEL MINERAL ROM (ppm)	ROCA RESIDUAL (toneladas)
Mina de Hierro A	2015	25.000.000	A.2.1	M.2.Fe	580.000	62.500.000
Mina del Desierto A1	2015	10.000.000	A.2.1	M.2.Fe	570.000	13.000.000
Mina del Desierto A2	2015	7.000.000	A.2.1	M.2.Fe	470.000	21.000.000
Weipa A	2015	18.000.000	A.2.2	M.2.Al	200.000	27.000.000
AlMine	2015	10.000.000	A.2.2	M.2.Al	170.000	21.000.000
Bonanza A	2015	25.000.000	A.2.3	M.2.Cu	5.000	102.500.000
Bonanza A	2015	25.000.000	A.2.3	M.2.Au	0,9	102.500.000
Bonanza A	2015	25.000.000	A.2.3	M.2.Ag	5,0	102.500.000



**Tabla 2.9** Datos de un yacimiento hipotético y su registro en la hoja de trabajo "Mineral extraído para INE" (Continuación).

ID_CORRIENTE_MENA	AÑO	PRODUCCIÓN MINERAL BRUTO (toneladas)	TIPO DE MINERAL	METAL	LEY DEL MINERAL ROM (ppm)	ROCA RESIDUAL (toneladas)
Bonanza A	2015	25.000.000	A.2.3	M.2.Mo	105	102.500.000
Bonanza B	2015	13.000.000	A.2.3	M.2.Cu	12.000	78.000.000
Bonanza B	2015	13.000.000	A.2.3	M.2.Mo	300	78.000.000
Miscmines grupo A	2015	5.000.000	A.2.3	M.2.Zn	50.000	17.500.000
Miscmines grupo A	2015	5.000.000	A.2.3	M.2.Pb	30.000	17.500.000
Miscmines grupo A	2015	5.000.000	A.2.3	M.2.Ag	30	17.500.000
Mina de Hierro A	2016	29.000.000	A.2.1	M.2.Fe	603.200	58.750.000
Mina del Desierto A1	2016	9.200.000	A.2.1	M.2.Fe	524.400	10.660.000
Mina del Desierto A2	2016	7.700.000	A.2.1	M.2.Fe	460.600	21.840.000
Weipa A	2016	17.640.000	A.2.2	M.2.Al	228.000	21.600.000
AlMine	2016	10.000.000	A.2.2	M.2.Al	176.800	24.780.000
Bonanza A	2016	24.500.000	A.2.3	M.2.Cu	5.600	118.900.000
Bonanza A	2016	24.500.000	A.2.3	M.2.Au	1,0	118.900.000
Bonanza A	2016	24.500.000	A.2.3	M.2.Ag	4,0	118.900.000
Bonanza A	2016	24.500.000	A.2.3	M.2.Mo	126	118.900.000
Bonanza B	2016	10.400.000	A.2.3	M.2.Cu	10.800	82.680.000
Bonanza B	2016	10.400.000	A.2.3	M.2.Mo	246	82.680.000
Miscmines grupo A	2016	4.400.000	A.2.3	M.2.Zn	56.000	15.750.000
Miscmines grupo A	2016	4.400.000	A.2.3	M.2.Pb	25.200	15.750.000

*Fuente:* Hoja de trabajo de Recopilación de minerales metálicos para los institutos nacionales de estadística (nombre original en inglés: "Metal ore compilation worksheets for national statistical offices").



### 2.2.1.5 Minerales contenidos

La convención de utilizar el prefijo M.2 para los metales contenidos se ha adoptado de Eurostat (2013); sin embargo, las particularidades han cambiado. Mientras que en el sistema anterior los diferentes metales se identificaban añadiendo más números (por ejemplo, M.2.2.1 para el cobre, M.2.2.2 para el níquel), en el sistema empleado en el presente documento simplemente se agrega el símbolo utilizado para el elemento metálico en la tabla periódica, de modo que M.2.Cu corresponde al cobre, y M.2.Ni al níquel. Esto tiene la ventaja de que el ID de cada metal puede derivarse de forma sencilla y lógica, y del mismo modo puede extenderse fácilmente para incluir cualquier elemento que resulte significativo para la minería (tanto en calidad de producto como de contaminante).

Si se utiliza el sistema OQB, el metal contenido puede, si es necesario, calcularse manualmente de forma directa para cada corriente de mineral, como el producto de tonelaje ROM \* ley ROM / 1.000.000. De lo contrario, el metal contenido para cada metal individual, y calculado para el total de todas las corrientes de mineral, se determina ejecutando el macro en la hoja de trabajo "Herramienta básica para el reporte de minerales metálicos" ("Basic metal ore reporting tool"), en la que el resultado aparece en el extremo derecho.

## 2.2.2 Fuentes de datos y disponibilidad

### 2.2.2.1 Fuentes de datos y disponibilidad para la utilización del sistema OQB

La fuente de datos para quienes utilicen el sistema OQB deberán ser los cuestionarios respondidos por los explotadores de las minas. Los datos requeridos se encontrarán, por lo general, registrados de forma detallada, como parte de las operaciones en curso de la mayoría de las operaciones mineras importantes. Por lo tanto, la disponibilidad de estos datos dependerá en gran medida de la disposición de los operadores mineros a proporcionarlos, y/o de la voluntad del gobierno de exigir que éstos se comuniquen y se pongan a disposición del organismo nacional de estadística pertinente.

El INE debería utilizar la planilla/hoja de cálculo

"Hojas de trabajo para la compilación de datos de minerales metálicos para los institutos nacionales de estadística" ("[Metal ore compilation worksheets for national statistical offices](#)") para orientar la recopilación de datos de los cuestionarios remitidos. Ésta, cuenta con una página de notas y dos hojas de trabajo principales para la compilación de información. La hoja de trabajo "Mineral extraído para INE" ("Mined ore for NSOs") es el instrumento esencial a la hora de compilar los requisitos básicos de la CFM-TE, ya que se refiere directamente a los tonelajes de minerales metálicos extraídos. Sin embargo, para el país que esté compilando los datos, extender la recopilación para cubrir los campos de la hoja de cálculo "Mineral Procesado\_Enviado para INE" ("Processed\_Shipped ore for NSOs") mejorará significativamente la utilidad de los datos recopilados para muchos usos importantes en la formulación de políticas. Esto se tratará con más detalle en el apartado 2.2.3.

La hoja de cálculo "Cuestionario de información sobre minerales metálicos para operadores mineros" ("[Metal ores reporting questionnaire for mine operators](#)") es para uso de cada operador minero en la elaboración de informes. La situación ideal sería que éste pudiera completar directamente las hojas de cálculo "Mineral extraído para operador" ("Mined ore for operator"), y "Operador Proceso\_envío" ("Process\_Ship operator"), ambas anualmente. No obstante, si la información más detallada en que se basa no se ha agregado previamente para su notificación anual, se pueden utilizar las hojas de trabajo "Mineral extraído para operador" ("Mined ore for operator"), por lote y "Proceso\_envío operador" ("Process\_Ship operator"), también por lote, y posteriormente realizar la correspondiente agregación.

### 2.2.2.2 Fuentes de datos y disponibilidad para la utilización del sistema SMS

Si la utilización del sistema OQB se considera poco práctica, la búsqueda de datos sustitutos será un proceso mayormente ad hoc en gran parte de los casos, y variará considerablemente en función de las disposiciones vigentes para la notificación de la producción de minerales en cada país.

El primer paso debe ser identificar y remitirse a la autoridad nacional competente encargada de la concesión de licencias y de la supervisión de las

operaciones mineras, para determinar qué nivel de notificación de la producción de minerales es obligatorio. Puede existir más de una autoridad gubernamental que disponga de la información pertinente, por ejemplo, los departamentos de minería, recursos primarios, medio ambiente, etc.

En algunos casos, los gobiernos exigen que todos los operadores mineros reporten anualmente datos detallados sobre la cantidad y las características del mineral extraído<sup>9</sup>. En otros casos, parece no ser necesario informar sobre los resultados físicos de la minería, sino que la obligación de declarar se limita, principalmente, a la información financiera. Este último tipo de datos no resulta de gran utilidad para los fines del programa CFM-TE, aunque permiten realizar un cálculo retrospectivo del mineral extraído al combinarlos con otros datos sobre las características geológicas de los yacimientos minerales explotados, y los precios de los metales<sup>10</sup>.

En ausencia de informes directos y detallados sobre los productos físicos de las minas, puede resultar útil recurrir a datos indirectos en los países en los que se aplica un régimen fiscal de regalías de recursos. Este procedimiento será especialmente ventajoso cuando el sistema de regalías se base en un pago fijo por tonelada de mineral extraído; aunque incluso un sistema fundado en los metales extraídos podría arrojar información útil. Dicha información debería obrar en poder de las oficinas fiscales nacionales o estatales/provinciales, o del departamento responsable de la administración de las actividades

mineras. Es muy probable que estos datos se encuentren en jurisdicciones en las que los yacimientos subterráneos son propiedad del Estado, y su explotación se lleva a cabo en el marco de un sistema de concesiones otorgadas por el gobierno.

Una tercera fuente potencial de datos son los informes de las empresas. Es habitual que éstas incluyan, en sus informes anuales o trimestrales, información detallada sobre la producción de mineral y las toneladas de metal producidas. El alcance, la calidad y la utilidad de los datos obtenidos a partir de estos informes variarán enormemente y dependerán en gran medida de los estándares de reporte empresarial exigidos en cada jurisdicción. Sin embargo, aún en los casos en que dichas normas sean poco exigentes en el país en el que se realizan las operaciones, cabe la posibilidad de obtener datos de mejor calidad a partir de los informes que deban remitirse al país en el que estén domiciliadas las empresas.

En muchos países, la producción volumétrica de la industria minera está dominada por un pequeño número de grandes explotaciones. En estos casos, puede ser posible realizar una buena estimación de la extracción interna de minerales metálicos a partir de un número relativamente reducido de informes individuales de las compañías. En estos supuestos, aunque no existan informes oficiales, o éstos carezcan de información detallada, puede ser posible elaborar una estimación razonable a través de la búsqueda en fuentes no oficiales en línea<sup>11</sup>.

9 Por ejemplo, el Departamento de Minas y Petróleo de Australia Occidental especifica que, como parte de un informe ambiental anual, los operadores mineros deben informar acerca de la actividad de exploración, del mineral procesado, de los residuos trasladados, de los minerales producidos y de los índices de recuperación (véase la sección 6.4. en el sitio <http://www.dmp.wa.gov.au/Documents/Environment/ENV-MEB-108.pdf>). La situación es similar en Fiyi, donde se exige un nivel de información ligeramente inferior (véase el "formulario 14" adjunto a [http://www.pacii.org/fj/legis/consol\\_act\\_0K/ma81/](http://www.pacii.org/fj/legis/consol_act_0K/ma81/)). Por otra parte, la Ley de Minerales de Mongolia en sus artículos 37 y 38 (véase <http://faolex.fao.org/docs/texts/mon37842.doc>) establece un nivel de información con énfasis en el aspecto financiero, y en consecuencia puede considerarse un claro ejemplo en el que la información obligatoria resulta menos útil para la CFM-TE.

10 El proceso de cálculo retrospectivo de la DE de minerales metálicos a partir del metal producido es muy propenso a errores y sólo es factible cuando el número de yacimientos que dominan la producción nacional es muy pequeño. El cálculo retrospectivo a partir de datos financieros es aún más precario y debería considerarse como un último recurso.

11 Wikipedia, por ejemplo, puede ofrecer un listado de explotaciones mineras de un país concreto; y las entradas correspondientes a cada explotación pueden vincularse a diversas fuentes de referencia, algunas de las cuales incluyen informes geológicos, evaluaciones históricas y previsiones. Los mismos pueden contener datos específicos sobre el tipo de yacimiento mineral y, en ocasiones, sobre las explotaciones reales. La información geológica detallada sobre los principales yacimientos puede ser de gran importancia si, en última instancia, las estimaciones de extracción de mineral deben calcularse retrospectivamente a partir de la producción de metal y de las cifras financieras.

Por último, están los conjuntos de datos internacionales recopilados por organismos como el USGS y el BGS. Si bien en general, la calidad de la información es alta, sólo proporcionan datos sobre la producción (y el comercio) de la mayoría de los metales más importantes. Prácticamente no incluyen los tonelajes de mineral (salvo en el caso del mineral de hierro y la bauxita). Esto significa que los valores en toneladas necesarios para el programa CFM-TE deben calcularse en forma retrospectiva a partir de la producción de metal, por lo que están sujetos a la amplia gama de errores e incertidumbre que este procedimiento introduce. Además, las fuentes de las que disponen estas agencias para recopilar datos están limitadas en gran medida por la calidad de los informes primarios exigidos a nivel gubernamental y/o empresarial en cada país<sup>12</sup>. El INE de los países donde la calidad de los informes primarios es baja, no debería esperar que los datos procedentes de estas fuentes (USGS, BGS) tengan la misma calidad que los de los países con alta exigencia de información.

Si se utiliza el sistema SMS para compilar las cuentas, el INE responsable debe intentar obtener los datos sobre tonelajes de mineral directamente de las fuentes indicadas más arriba. En caso de que no exista otra opción que hacer un cálculo retrospectivo del mineral extraído a partir del metal extraído, será necesario analizar y controlar, en la medida de lo posible, una serie de importantes fuentes de error. Éstas se tratan en el apartado.

### 2.2.3 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos

La siguiente sección se enfoca en la descripción de las dos hojas de trabajo principales que utiliza un INE para compilar los datos recogidos de los operadores mineros a través de cuestionarios. Allí también se tratan brevemente los cuestionarios proporcionados

en forma de hojas de cálculo Excel, aunque sus principales instrucciones de uso se encuentran en las propias hojas de cálculo del cuestionario.

Asimismo, se incluye una sección en la que se analiza dónde pueden surgir las mayores fuentes de error para quienes opten por utilizar el sistema SMS para compilar las cuentas sobre minerales metálicos en lugar del sistema OQB basado en cuestionarios.

#### 2.2.3.1 Utilización del sistema OQB

Esta sección proporciona una descripción ampliada y algunos ejemplos ilustrativos sobre el modo de utilizar las dos hojas de trabajo que son fundamentales para compilar las cuentas de minerales metálicos utilizando el sistema OQB. Cabe recordar que también se proporcionan instrucciones básicas de uso en las mencionadas hojas de cálculo.

#### 2.2.3.2 Hoja de cálculo “Mineral extraído para los INE” (“Mined ore for NSOs”)

La estructura de la planilla "Extraído" ("Mined") se muestra en la Tabla 2.9. Es recomendable que todos los datos especificados en esta sección se obtengan, en la medida de lo posible, directamente de los operadores de las minas, o de los organismos nacionales encargados de recopilar los datos de las explotaciones mineras. En caso de que no existan tales mecanismos centralizados de información, debería evaluarse la posibilidad de establecerlos. Aunque los datos exhaustivos sobre las extracciones mineras pueden considerarse bastante sensibles desde el punto de vista comercial, no ocurre lo mismo con la información más agregada que se solicita en el presente documento, sobre todo para los ejercicios anteriores al año en curso. A continuación, se describe la naturaleza de los datos necesarios para cada columna:

<sup>12</sup> Del sitio web de BGS, <https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/worldStatistics.html>

“La información contenida en el conjunto de datos, y las publicaciones asociadas, se recopila a partir de una amplia gama de fuentes: departamentos gubernamentales nacionales y extranjeros, oficinas nacionales de estadística, autoridades especializadas en bienes básicos, informes de empresas y una red de contactos en todo el mundo”.

### ID\_Corriente\_Mena

Se trata simplemente de un identificador utilizado para designar corrientes individuales de mineral. En los casos más sencillos y habituales, el campo ID\_Corriente\_Mena debería corresponder a la producción de una mina o yacimiento durante un año.

No obstante, es frecuente que una mina posea múltiples yacimientos, y/o múltiples corrientes de salida de mineral de un mismo yacimiento, que varían notablemente en sus características metalúrgicas esenciales y en los procesos de tratamiento a los que se someten. En otros casos, el mineral procedente de varias fuentes separadas espacialmente puede mezclarse antes de llegar al lugar donde se miden por primera vez. Por ello, este campo no se denomina simplemente "ID\_depósito" o "ID\_Mina".

La mejor manera de crear la etiqueta que se utilizará en este caso es que la agencia que elabore la cuenta lo haga a partir de los datos operativos procedentes de las distintas explotaciones mineras. Los puntos clave en la asignación de un ID\_corriente\_mena efectivo son que refleje un punto posterior a la excavación en el que las características clave del mineral (tonelaje, ley) puedan ser evaluadas/promediadas a lo largo de un año, antes de que el mineral entre en un proceso de beneficio/tratamiento posterior.

En los ejemplos de la Tabla 2.9, la mina "Mina de Hierro A" representa el caso más sencillo, en el que una mina tiene una única corriente de producción, que se vende directamente o pasa a otra corriente de procesamiento. "Mina del Desierto A1" y "Mina del Desierto A2" reflejarían una mina o grupo de minas con dos corrientes de salida de mineral significativamente diferentes, por ejemplo, una mina de hierro con un corriente de mineral de alta ley que se destina directamente a la exportación, y otra corriente de mineral de baja ley que se acopia (separado de la roca estéril) para su futuro beneficio antes de la venta.

Los ejemplos de "Bonanza A" y "Bonanza B" demuestran cómo, en el caso de la categoría "2.3 Otros minerales metálicos", debe introducirse una línea por cada metal registrado para cada

ID\_corriente\_mena (Ore\_Stream\_ID). En este ejemplo, Bonanza representa el nombre de la mina o grupo de minas. Hay dos corrientes distintos de salida de mineral de Bonanza, A y B. La corriente de mineral Bonanza A, ha sido analizada por su contenido en cobre, oro, plata y molibdeno, mientras que Bonanza B sólo presenta análisis de cobre y molibdeno.

### Año

Se refiere al año al que corresponde la información registrada. El modo en que se organicen los datos agregados y recopilados de las operaciones mineras determinará si se trata de años calendario o de ejercicios financieros.

### Mineral ROM (toneladas)

Se trata del tonelaje total estimado de mineral ROM extraído a través de un determinado ID durante el año en cuestión.

### Tipo de mineral

Hace referencia al código ID de la categoría de material CFM-TE, es decir, una de las categorías A.2.1, A.2.2 o A.2.3, para minerales de hierro, minerales de aluminio u otros minerales metálicos, respectivamente.

### Ley ROM (ppm)

Es la concentración media estimada de uno de los metales en un corriente de mineral, promediada a lo largo del año correspondiente. Deberá consignarse un valor para cada uno de los metales objetivo, pero también deberán registrarse, si se encuentran disponibles, los datos relativos a los metales incidentales, especialmente en los casos en los que presenten un interés económico potencial en el futuro, o sean especialmente sensibles desde el punto de vista ambiental. El número de metales concretos para los que existen datos determina en última instancia, el número de líneas individuales introducidas bajo un ID de corriente de mineral para el año en cuestión.

La concentración se determina en función del peso, en ppm, es decir, una ley de 1.500 para A.2.Cu significaría que hay 1.500 gramos de cobre puro contenidos en cada tonelada de mineral.

En un gran número de metales, los datos originales indican la concentración en porcentaje. En estos casos, la conversión se calcula simplemente multiplicando por 10.000. En otras ocasiones, las leyes se expresan en un compuesto clave del metal, por ejemplo,  $U_3O_8$ . Para convertir estos valores a una base expresada únicamente en metales como la utilizada en este documento, se debe primero determinar la fracción del peso del metal, como se muestra en los ejemplos de la Tabla 2.10, y luego aplicar este factor adicional para completar la conversión. Una ley dada como 37 %  $Cr_2O_3$  debe convertirse como  $37 \times 10.000 \times 0,684 = 253.080$  ppm.

### Roca residual (toneladas)

Si se dispone de ellos, es en esta sección donde deben registrarse los datos sobre la cantidad de roca residual y sobrecarga excavada a lo largo del año para acceder a los minerales metálicos asociados a cada ID\_corriente\_mena. A diferencia de todos los campos mencionados hasta este punto, que constituyen la base para establecer las cuentas de minerales metálicos de las CFM-TE, éste último no ocupa un lugar central en las mismas y, por lo tanto, es opcional. Sin embargo, esta cantidad cobra importancia en otros sistemas de notificación de corrientes de materiales, y tiene incidencia ambiental en sí misma.

Tabla 2.10 Cómo convertir grados de compuestos metálicos a una base expresada únicamente en metales.

FACTOR DE CONVERSION DE GRADOS PARA METALES COMPUESTOS A UNA BASE EXPRESADA ÚNICAMENTE EN METALES			
		ELEMENTO 1	ELEMENTO 2
$Al_2O_3$		Al	0
	Peso atómico	26,982	15,999
	Átomos	2	3
	Peso total	53,964	47,997
	Fracción del peso	<b>0,529</b>	0,471
$Cr_2O_3$		Cr	0
	Peso atómico	51,996	15,999
	Átomos	2	3
	Peso total	103,992	47,997
	Fracción del peso	<b>0,684</b>	0,316
$TiO_2$		Ti	0
	Peso atómico	47,867	15,999
	Átomos	1	2
	Peso total	47,867	31,998
	Fracción del peso	<b>0,599</b>	0,401

**Tabla 2.10** Cómo convertir grados de compuestos metálicos a una base expresada únicamente en metales (Continuación).

FACTOR DE CONVERSION DE GRADOS PARA METALES COMPUESTOS A UNA BASE EXPRESADA ÚNICAMENTE EN METALES			
		ELEMENTO 1	ELEMENTO 2
		U	O
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Peso atómico	238,03	15,999
	Átomos	3	8
	Peso total	714,09	127,992
	Fracción del peso	<b>0,848</b>	0,152

**2.2.3.3 Planilla de trabajo “Mineral Procesado\_Enviado para INE” (“Processed\_Shipped ore for NSOs”)**

Los datos especificados en esta hoja de trabajo no son necesarios para el programa básico de CFM-TE. Sin embargo, son cruciales para ampliar la utilidad de los datos recogidos en la planilla "Mineral extraído para INE" ("Mined ore for NSOs") en una serie de funciones que si bien no están relacionadas con la CFM-TE, son prácticas y relevantes para las decisiones políticas. Si un organismo nacional tiene la intención de implementar los procesos de recopilación de datos que requiere la planilla "Mineral extraído para INE", ya estará en condiciones de recabar los datos adicionales necesarios para cumplimentar la planilla "Mineral Procesado\_Enviado para INE" y obtener una utilidad significativamente mayor del procedimiento.

En la Tabla 2.11 se presenta un ejemplo hipotético de cómo podría completarse esta tabla. En la práctica, es probable que muchas de las entradas de los seis primeros campos de la misma coincidan con, o se aproximen a, las entradas del mismo año de la planilla "Mineral extraído para INE", con el mismo "ID\_Fuente ("Source\_ID)". Tal como sucede con los datos de la hoja de trabajo "Mineral extraído para INE", es probable que los operadores de minas cuenten con la información necesaria, registrada con mucho más detalle temporal que el requerido para esta tabla. El cuestionario para operadores contiene planillas opcionales que pueden completarse en caso de que no se dispongan de datos resumidos por año.



Tabla 2.11 Ejemplo hipotético de procesamiento de mineral / datos de venta.

ID_CORRIENTE_MENA	AÑO	ENTRADA (toneladas)	TIPO DE MINERAL	METAL	LEY DEL MINERAL (ppm)	FACTOR DE RECUPERACIÓN	VENTA
Mina de Hierro A	2015	25.000.000	A.2.1	M.2.Fe	580.000	100 %	1
Mina del Desierto A1	2015	10.200.000	A.2.1	M.2.Fe	575.000	70 %	1
Weipa A	2015	17.800.000	A.2.2	M.2.Al	200.000	100 %	1
AlMine	2015	10.600.000	A.2.2	M.2.Al	170.000	60 %	1
Bonanza A	2015	30.000.000	A.2.3	M.2.Cu	5.200	75 %	1
Bonanza A	2015	30.000.000	A.2.3	M.2.Au	1	55 %	1
Bonanza A	2015	30.000.000	A.2.3	M.2.Ag	4	30 %	1
Bonanza A	2015	30.000.000	A.2.3	M.2.Mo	95	50 %	0
Bonanza B	2015	12.500.000	A.2.3	M.2.Cu	12.000	60 %	1
Bonanza B	2015	12.500.000	A.2.3	M.2.Mo	300	70 %	1
Eastern	2015	7.500.000	A.2.3	M.2.Zn	64.000	85 %	1
Eastern	2015	7.500.000	A.2.3	M.2.Pb	28.000	65 %	1
Eastern	2015	7.500.000	A.2.3	M.2.Ag	38	45 %	0
Mina de Hierro A	2016	23.000.000	A.2.1	M.2.Fe	530.000	100 %	1
Mina del Desierto A1	2016	9.800.000	A.2.1	M.2.Fe	520.000	72 %	1
Weipa A	2016	18.000.000	A.2.2	M.2.Al	200.000	100 %	1
AlMine	2016	11.200.000	A.2.2	M.2.Al	170.000	62 %	1
Bonanza A	2016	28.000.000	A.2.3	M.2.Cu	4.900	77 %	1
Bonanza A	2016	28.000.000	A.2.3	M.2.Au	1	53 %	1
Bonanza A	2016	28.000.000	A.2.3	M.2.Ag	6	32 %	1
Bonanza A	2016	28.000.000	A.2.3	M.2.Mo	95	70 %	0



**Tabla 2.11** Ejemplo hipotético de procesamiento de mineral / datos de venta (Continuación).

ID_CORRIENTE_MENA	AÑO	ENTRADA (toneladas)	TIPO DE MINERAL	METAL	LEY DEL MINERAL (ppm)	FACTOR DE RECUPERACIÓN	VENTA
Bonanza B	2016	14.000.000	A.2.3	M.2.Cu	11.000	63 %	1
Bonanza B	2016	14.000.000	A.2.3	M.2.Mo	290	71 %	1
Bonanza C	2016	6.000.000	A.2.3	M.2.Cu	2.850	55 %	1
Bonanza C	2016	6.000.000	A.2.3	M.2.Mo	400	35 %	1
Eastern	2016	9.000.000	A.2.3	M.2.Zn	69.000	82 %	1
Eastern	2016	9.000.000	A.2.3	M.2.Pb	31.000	62 %	1
Eastern	2016	9.000.000	A.2.3	M.2.Ag	51	48 %	0
...							

Fuente: Planilla de trabajo para la compilación de datos de "Minerales metálicos para los institutos nacionales de estadística".

Puede haber pequeñas variaciones entre el mineral extraído y el procesado/enviado cuando éste se mide, analiza y registra en dos puntos diferentes entre la salida de la mina y la entrada en el proceso de producción; por ejemplo, en la cancha/playa de la mina, y luego al momento de la entrega a la planta de procesamiento. Estas pequeñas variaciones se deben principalmente a errores de medición.

Las causas más comunes de grandes divergencias entre los tonelajes registrados para los flujos de mineral en las hojas de trabajo "Mineral extraído para INE" y "Mineral Procesado\_Enviado para INE" incluyen:

- Acumulación significativa de corrientes de mineral: La ausencia de la corriente de mineral extraído en "Mina del Desierto A2" respecto de la lista de corrientes de mineral procesado/enviado es lo que esperaríamos ver si este mineral se extrajera, y luego se almacenara (quizás a la espera de la construcción y puesta en marcha de una planta

de beneficio diseñada para mejorar este mineral de hierro de baja ley y hacerlo más comercializable). Del mismo modo, la aparición de una corriente de Bonanza C en la hoja de cálculo de procesado/enviado, de la que no existe una corriente de mineral correspondiente en la hoja de cálculo de mineral extraído, indicaría que parte del mineral procedente de otra(s) corriente(s) de mineral de la mina de Bonanza se extrajo y almacenó durante años anteriores, pero no se procesó hasta 2015.

- Aumento/reducción parcial del almacenamiento: El aumento del 20 % en el tonelaje de mineral procesado/enviado para Bonanza A, probablemente indica que el mineral extraído de Bonanza A en años anteriores se almacenó temporalmente y luego se procesó/envió en 2015, junto con la producción del año en curso.
- Mezcla de mineral: La corriente de mineral "Eastern" procesado, que no tiene su correspondiente corriente de mineral extraído,

sería coherente con el hecho de contar con mineral que procede de una serie de diferentes corrientes mezcladas antes del procesamiento, y por lo tanto no es atribuible a ninguna corriente de mineral extraído. Este mineral podría incluso proceder de otros operadores mineros, molido bajo contrato. En ese caso, el cuestionario presentado por el operador no incluiría los tonelajes de mineral extraído correspondientes.

A continuación, se describe la naturaleza de los datos necesarios para completar las dos columnas adicionales de la hoja de cálculo "Mineral Procesado\_Enviado para INE":

#### Factor de recuperación

Es el porcentaje del metal total contenido en el mineral ROM que entra en la planta de procesamiento y que se retiene en el concentrado metálico. Cuando el mineral sólo se envía en lugar de procesarse, este factor debería ser siempre de aproximadamente el 100 %; sin embargo, prácticamente cualquier proceso de beneficio conllevará alguna pérdida del metal contenido que, en muchos casos, puede ser superior al 50 %<sup>13</sup>.

El factor de recuperación es un parámetro de rendimiento crucial en la explotación de la mayoría de las plantas de tratamiento de minerales metálicos, por lo que los explotadores mineros o de procesamiento suelen registrarlo con mucho más detalle que el requerido para esta hoja de cálculo.

#### Vendido

En este campo sólo se registra la recepción por parte del operador minero del pago por el componente concreto del mineral o su concentrado. Es habitual que las explotaciones mineras sólo reciban el pago íntegro por algunos de los metales valiosos contenidos en sus menas o concentrados. Otros componentes metálicos pueden percibir un pago parcial, no percibir pago alguno o incluso ser objeto de penalización si se consideran contaminantes, como es el caso del bismuto en un concentrado de cobre.

Nótese que este campo no es importante para las cuentas básicas de la CFM-TE. Se ha incluido debido a su valor para otros temas políticos potencialmente importantes.

#### 2.2.3.4 Cuestionario para operadores y procesadores de minas (que utilizan el sistema OQB)

La recopilación de los datos detallados requeridos anteriormente dependerá de la cooperación de los operadores mineros. Como ya se ha comentado anteriormente, el tipo de información requerida no es más que una versión agregada y menos detallada de los datos que se recopilan en el curso de la gestión de la mayoría de las explotaciones mineras. Por lo tanto, el cuestionario que se envía a los operadores es muy similar a las orientaciones y hojas de trabajo descritas anteriormente, con algunas aclaraciones adicionales sobre cómo debe realizarse la agregación.

#### Hojas de trabajo "Mineral extraído para el operador" ("Mined ore for operator")

Es probable que el operador de la mina sólo quiera facilitar datos preagregados, debido a que los datos más desagregados pueden ser más sensibles desde el punto de vista comercial. Este tipo de datos se reportarían según el formato mostrado en la hoja de trabajo "Mineral extraído para el operador (anual)". En el mejor de los casos, los datos serían casi idénticos a los exigidos por los INE, tal como se presentan en la hoja de trabajo "Mineral extraído para INE" ("Mined ore for NSOs"), y podrían trasladarse directamente. La principal diferencia radica en la columna "Componente" en lugar de "Metal", ya que es probable que los registros de algunos operadores se expresen en términos de  $U_3O_8$ ,  $TiO_2$ , etc., y en esos casos las conversiones a metal elemental contenido podrían delegarse en el INE para que éste las realizara de forma consistente.

Sin embargo, es posible que el explotador de la mina no disponga de los datos necesarios calculados anualmente y en cambio, sólo cuente con información que se refiera a la producción diaria

13 Ésta es una de las principales fuentes de error cuando se intenta hacer un cálculo retrospectivo de las toneladas de mineral extraído a partir de las estadísticas de producción de metales, razón por la cual debería evitarse en la medida de lo posible. Las otras razones principales son la información inadecuada sobre la ley del mineral y el problema de la coproducción (analizado anteriormente).

individual de diferentes yacimientos o incluso de subdivisiones más pequeñas dentro de los mismos (como "paneles", "cámaras/galerías", "cabeceras", "puntos de extracción", etc.). En ese caso, los datos específicos pueden introducirse en el formato que se muestra en la hoja de trabajo "Mineral extraído para el operador (lote)" ("Mined ore for operator (batch)" del "Cuestionario de información sobre minerales metálicos para operadores de minas" ("[Metal ores reporting questionnaire for mine operators](#)"). A continuación, el operador o el INE pueden combinar dichos datos en un formato agregado, asegurándose de que las leyes ponderadas en función del volumen se calculen de forma correcta.

#### Hojas de trabajo "Operador Proceso\_Envío" ('Process\_Ship operator')

Al igual que en el caso del mineral extraído, es posible que los procesadores de mineral no deseen facilitar datos muy detallados, potencialmente sensibles desde el punto de vista comercial, sobre las operaciones de procesamiento del mineral, lo que en cualquier caso no sería deseable a efectos de la CFM-TE. Se prevé que el operador generalmente reporte en el formato descrito en la planilla "Operador\_Proceso envío (anual)" ("Process\_Ship operator (yearly)"). De ser así, los datos comunicados deberían poder trasladarse en forma relativamente directa a los registros nacionales del INE.

Si el procesador no dispone de información recopilada en forma de resumen anual, puede introducir datos operativos más detallados en el formato presentado en la hoja de trabajo "Operador\_Proceso envío (lote)" ("Process\_Ship operator (batch)") y combinarlos en un formulario anual agregado, garantizando al mismo tiempo, que se calculen correctamente las leyes ponderadas en función del volumen, los factores de recuperación y los tonelajes a pagar.

#### 2.2.3.5 Utilización del sistema SMS

Si se utiliza el sistema SMS para compilar las cuentas, el INE debe procurar obtener datos directos sobre los tonelajes de mineral de las fuentes indicadas en el apartado 2.2.2.2. Si el INE tiene certeza de haber contabilizado gran parte del mineral producido simplemente recopilando y clasificando registros directos de tonelajes de

mineral procedentes de fuentes primarias, debería considerar cautelosamente antes de intentar ampliar su cuenta para dar una cobertura más amplia mediante cálculos retrospectivos a partir de la producción de metal. Esto se debe a que el cálculo retrospectivo puede acumular fácilmente errores importantes, los que pueden superar con creces las ventajas de una cobertura en apariencia más amplia. Esto ocurre especialmente en el caso de los metales menores, que a menudo se obtienen como subproductos de minas que se dedican a otro(s) metal(es).

Si se ve obligado a recurrir al sistema SMS, se recomienda que el compilador de INE considere en primer lugar la posibilidad de utilizar la hoja de trabajo "Mineral extraído para INE" ("Mined ore for NSOs") como guía para la elaboración de reportes. Es posible completarla de forma que se obtengan cuentas razonables, incluso sin la información directa de los operadores mineros. Esto se da especialmente si el número de minas que concentran la producción nacional es relativamente pequeño, y si se dispone, al menos, de parte de los datos sobre el tonelaje extraído y sobre la ley de esas minas. Por el contrario, es probable que la cumplimentación de "Mineral Procesado\_Enviado para INE" ("Processed\_Shipped ore for NSOs") no sea factible sin el aporte del operador de la mina.

Si no existe otra opción que hacer un cálculo retrospectivo del mineral extraído a partir del metal producido, o (peor aún) a partir de una estimación del metal producido calculado, también en retrospectivo, a través del valor de los metales producidos, entonces existen varias fuentes importantes de error que deben controlarse tanto como sea posible. A continuación, se enumeran las más importantes. En la planilla de cálculo "Cálculo retrospectivo de SMS para los INE" ("SMS Back calculation for NSOs") se ofrece una herramienta sencilla para este tipo de cálculo retrospectivo a partir de los tonelajes de metal.

#### Ley del mineral

Esta es la fuente de error más obvia y directa. Si para el cálculo retrospectivo del mineral extraído se utiliza una ley por defecto, como las proporcionadas en Eurostat (2013), el error será directamente proporcional a la diferencia entre la ley por defecto y

la verdadera ley media local. Por ejemplo, si se utiliza la ley de cobre por defecto del 1,04 %, el cálculo retrospectivo subestimarán la extracción de mineral asociada a la producción de cobre en un factor de dos si las verdaderas leyes locales de cobre se sitúan en torno al 0,5 % (5000 ppm), y se sobreestimarán en un factor de dos si la ley real es del 2,0 %. Las leyes que oscilan entre el 0,5 % y el 2 % son habituales en las minas de cobre en funcionamiento. Una información deficiente sobre la ley puede dar lugar a errores tan significativos que, en este manual, no se proporcionan leyes por defecto para el cálculo retrospectivo de los tonelajes de mineral. Con ello se pretende garantizar que para determinar dichas leyes se utilicen, al menos, parte de los conocimientos locales.

Se debe poner especial cuidado al intentar mejorar las estimaciones de las leyes locales, en una situación en la que las explotaciones mineras de un país presenten leyes muy diferentes para la misma materia prima. Si, por ejemplo, un país tiene dos minas de cobre, cada una de las cuales produce 100.000 toneladas de cobre al año, pero una mina tiene una ley del 0,5 % y la otra del 2,0 %, la ley media correcta para ese país debe calcularse como una media de volumen ponderado. Si se utiliza la media aritmética simple (1,25 %) se obtendrá una estimación de 16 millones de toneladas de mineral, mientras que la cifra real debería ser de 25 millones. Aunque es poco probable que se cuente con la totalidad de la información necesaria para realizar un promedio de volumen ponderado correcto, disponer de datos sobre la producción de una pequeña muestra de las minas, sobre todo si son las de mayor producción, puede limitar los errores en este punto.

### Co-production

Como se ha comentado en el apartado 2.2.1.2, los minerales metálicos a menudo no pueden clasificarse claramente en función de un único producto primario. En muchos casos, las minas de metales modernas no serían rentables si no recibieran pagos por varios productos del mismo mineral. Esta realidad se ha reconocido al agrupar todos los minerales diferentes del hierro y el aluminio en la categoría "A.2.3 Otros minerales metálicos". Lamentablemente, esto no resuelve el problema de

la contabilización múltiple del mismo mineral si los tonelajes se calculan en forma retrospectiva a partir de la producción de metales.

La mejor forma de resolver este problema con el sistema SMS consiste en identificar un número relativamente pequeño de minas de gran importancia en las que predomine claramente un metal en términos de valor. Si, por ejemplo, hay tres minas importantes que contienen diferentes combinaciones de cobre y/u oro y/u otro metal, en una de las cuales predomina el cobre, en otra predomina el oro y en la otra no se puede determinar el metal dominante, se podría proceder de la siguiente manera:

- utilizar la ley de cobre de la mina con predominio del mismo, como ley para calcular retrospectivamente el tonelaje de mineral necesario para obtener el total de la producción nacional de cobre;
- utilizar la ley de oro de la mina dominante de oro, para calcular retrospectivamente el mineral de oro necesario para generar su producción nacional total;
- no intentar hacer un cálculo retrospectivo de mineral alguno a partir de otro(s) metal(es) asociado(s).

Obsérvese que el procedimiento arriba recomendado se aleja notablemente de los procedimientos de coproducción sugeridos en la guía actual de Eurostat.

Si, por el contrario, el cobre (o el oro) fuera el producto dominante en los tres, se recomienda estimar una ley media ponderada por volumen sólo para el cobre (o el oro), luego utilizar esa ley para hacer un cálculo retrospectivo del tonelaje de mineral necesario para producir toda la producción nacional de cobre (u oro), y no calcular más mineral para el oro (o el cobre) y los demás metales asociados en este conjunto. Es importante destacar que este método probablemente no ofrezca una respuesta exacta, pero evitará la sobreestimación que puede derivarse del recuento múltiple.

### Precios de los metales

Esta información resulta relevante cuando se intenta calcular la producción de metal a partir de datos sobre el importe de las ventas. Los precios de los metales suelen ser muy fluctuantes. Por ejemplo, los del cobre sufrieron una variación de más del 500 % entre 2000 y 2010, y a veces se producen variaciones del 50 % o más dentro del mismo año. A menos que se disponga de buenas estimaciones de los precios medios recibidos, calculados sobre una base anual como mínimo, sería preferible no aplicar este método, incluso cuando no exista otra alternativa.

### Factor de recuperación

Aunque siempre se utiliza una ley de mineral en el cálculo retrospectivo de la producción mineral a partir de la producción de metales, a menudo se omite el uso de factores de recuperación, una práctica que supone tácitamente que la tasa de recuperación es del 100 %. De hecho, éstas suelen ser inferiores al 80 %, sobre todo en el caso de los metales secundarios, coproductos de menas metalúrgicamente complejas. El resultado es una subestimación de la extracción de mineral. En caso de que la producción de metales esté centralizada en un número reducido de minas importantes, y se pueda obtener información sobre los factores de recuperación del principal producto metálico de dichas minas, podría ser conveniente ajustar (es decir, incrementar) el mineral calculado retrospectivamente, a la luz de esta información.

Obsérvese que el factor de recuperación relevante en este caso se refiere a la recuperación del metal a partir del mineral procesado (por ejemplo, en concentrados de flotación, metales en bruto recuperados por lixiviación en pilas, etc.). Para los minerales que se envían de forma directa, se puede suponer que el factor de recuperación correspondiente es efectivamente del 100 %.

Un segundo factor de recuperación, que a menudo se menciona en los informes operativos, es el factor de recuperación "minero" o "de cámara/galería", que **no resulta relevante para la CMF-TE**. Se refiere a la fracción del yacimiento que se ha excavado con éxito y que está disponible para su posterior procesamiento o transporte. Este dato no es relevante para la CFM-TE, y el uso de una base ROM (mineral en bruto) significa que el mismo ya ha sido considerado.

### Importaciones

Al calcular retrospectivamente la extracción interna de mineral a partir de la producción interna de metal, se debe tener la precaución de no incluir la producción metálica procedente de minerales o de concentrados de metal que fueron importados para su procesamiento local. Desafortunadamente, si un INE se encuentra en la necesidad de realizar un cálculo retrospectivo de este tipo es poco probable que disponga de los datos detallados sobre el contenido de metal en los minerales y concentrados importados, que se requieren para realizar esta corrección. En ese caso, y cuando se tenga constancia de que los volúmenes de minerales importados para la transformación local son relativamente significativos, quizá sea conveniente no realizar cálculo retrospectivo alguno de la producción nacional de minerales metálicos.

## 2.2.4 Cuestiones específicas de los países en desarrollo

---

Uno de los principales problemas de la CFM-TE en la mayoría de los países en desarrollo, es la escasez de recursos disponibles para dedicarlos a la recopilación y tratamiento de estadísticas en general, y la poca relevancia que se le atribuye a las CFM-TE en relación con las preocupaciones políticas más urgentes y de índole práctica de los países en desarrollo. Además, las metodologías y prácticas actuales de la CFM-TE fueron diseñadas en su inmensa mayoría por países desarrollados y reflejan tanto las prioridades políticas como los flujos materiales de dichos países. Esto es especialmente evidente en el tratamiento de la DE de minerales metálicos, ya que la industria minera suele tener relativamente poca influencia directa en la actividad económica de la mayoría de las economías más desarrolladas.

Este manual global ha dedicado más atención a la contabilidad de los minerales metálicos con el fin de reflejar su mayor importancia relativa para muchos países en desarrollo. Asimismo, se ha diseñado para intentar garantizar que el esfuerzo realizado en la elaboración de las cuentas de los minerales metálicos ofrezca utilidad práctica en múltiples temas políticos, más allá de los relacionados directamente con las cuentas de flujos de materiales.



Esta es, en gran parte, la razón por la que se defiende el uso del sistema OQB de contabilidad de minerales metálicos, además del hecho de que permite elaborar cuentas de flujos de materiales de alta calidad para los mismos.

Sin embargo, la principal motivación para que un país en desarrollo utilice este sistema suele ser otra. Los mayores beneficios potenciales se derivan de la posibilidad de establecer un alto nivel básico de información sobre la explotación de los recursos minerales no renovables de una nación, algo que no se conseguía con los sistemas anteriores, ni con el sistema alternativo SMS. Mediante la recogida sistemática de los datos consignados en los cuestionarios, un gobierno dispondrá de información que podrá utilizar para supervisar o calcular:

- el ritmo al que se está explotando su base de recursos minerales, con la debida observancia de la calidad de los recursos explotados;
- la eficiencia con la que los operadores actuales están extrayendo el recurso primario, y el valor en bruto de esa corriente de recursos;
- la medida en que los subproductos potencialmente valiosos podrían estar escapando a la consideración de los regímenes tributarios o de regalías;

- la cantidad y las principales características de los residuos potencialmente nocivos y/o los futuros recursos económicos que se acumulan en los vertederos de las minas.

Una ventaja adicional de la aplicación del sistema OQB en los países en desarrollo, consiste en que permite institucionalizar la recolección y compilación básica de datos como responsabilidad de los explotadores de las minas. Se trata de una medida razonable, ya que los operadores mineros se encuentran, sin duda, en la mejor posición para hacerlo con facilidad y precisión, gracias a los sistemas internos de información de los que disponen. También es una medida equitativa, ya que suelen ser ellos, los principales beneficiarios de la actividad minera y, en muchos casos, pueden obtener beneficios futuros de la recopilación actual de datos; por ejemplo, al disponer de información centralizada sobre los recursos potenciales acumulados en las escombreras de las minas. Y lo que es más importante, también reduce la demanda de los limitados recursos de los INE. El contenido de los cuestionarios debidamente cumplimentados por los operadores mineros puede trasladarse fácilmente a las hojas de cálculo de los INE.

## 2.3 Minerales no metálicos

### 2.3.1 Conceptos y clasificación

La OCDE define oficialmente los minerales no metálicos como "[...] las canteras de piedra y los yacimientos de arcilla y arena; los depósitos de minerales químicos y fertilizantes; los depósitos de sal, los yacimientos de cuarzo, yeso, piedras preciosas naturales, asfalto y bitumen, turba y otros minerales no metálicos distintos del carbón y el petróleo" (OCDE 2001). Estos materiales abundan en todo el mundo y, en su mayoría, se extraen dentro del país. Si se consideran en función de su masa, la inmensa mayoría de los materiales de esta categoría está constituida por arena, grava y arcilla empleadas

para la construcción, mientras que el resto se utiliza como material decorativo o para fabricar productos químicos y fertilizantes. La Tabla 2.12 muestra la clasificación propuesta para los minerales no metálicos. En ella no se distingue con precisión entre los utilizados con fines industriales y los utilizados para la construcción, ya que no existe una diferenciación clara y nítida entre ambos, y determinados materiales pueden emplearse indistintamente con ambos fines. Obsérvese que la categoría A.3.3, utilizada anteriormente en el programa CFM-TE para la pizarra, ha quedado vacía, ya que se ha subdividido y se ha incorporado a las secciones A.3.1 y A.3.8. según corresponda.

**Tabla 2.12** Clasificación de la extracción interna de minerales no metálicos.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS
	<b>A.3.1</b> Piedra ornamental o de construcción	
		A.3.2.1 Creta
	<b>A.3.2</b> Minerales carbonatos esenciales para el cemento	A.3.2.2 Dolomita
		A.3.2.3 Caliza
	<b>A.3.3</b> N/A	
	<b>A.3.4</b> Minerales químicos y fertilizantes	
<b>A.3 MINERALES NO METÁLICOS</b>	<b>A.3.5</b> Sal	
	<b>A.3.6</b> Yeso	
	<b>A.3.7</b> Arcillas	A.3.7.1 Arcillas estructurales
		A.3.7.2 Arcillas especiales
	<b>A.3.8</b> Arena y grava	A.3.8.1 Arena y grava industriales
		A.3.8.2 Arena y grava para construcción
	<b>A.3.9</b> Otros minerales no metálicos n.c.p.	

Nota: Estos elementos se recopilan en la Tabla A del Compilador CFM-TE del PNUMA (ver Anexo 1).

La gran mayoría de los minerales no metálicos se utilizan para la construcción: la arena, la grava y la arcilla son materiales de bajo costo y gran disponibilidad en todo el mundo, y además presentan características mecánicas, térmicas y de durabilidad adecuadas para responder a las necesidades de los constructores. En algunos casos, estos materiales se usan sin necesidad de procesos mecánicos, térmicos o químicos adicionales. Por ejemplo, la arena y la grava se utilizan en los lechos de las carreteras o, en algunos

casos, para crear una capa de separación entre las edificaciones y el suelo. La arcilla, por su parte, puede moldearse en forma de cubo y secarse al aire libre para formar un adobe (ladrillo sin cocción). Sin embargo, es más frecuente que la arena y la grava se mezclen con cemento, agua y otros aditivos para elaborar hormigón, o con bitumen para producir hormigón asfáltico; mientras que la arcilla, mezclada con arena y más aditivos, se hornea para fabricar ladrillos cocidos.



De todos los materiales extraídos y producidos cada año, la categoría de minerales no metálicos es la que ha mostrado mayor crecimiento durante las últimas 4 décadas, y actualmente constituye la principal fuente de recursos naturales consumidos cada año (Schandl *et al.* 2017). Al mismo tiempo, se trata también de la categoría de materiales sobre la que menos se reporta (Fischer-Kowalski *et al.* 2011), y muchos países no presentan ningún tipo de informe al respecto. Por este motivo, se ha desarrollado una nueva metodología (Miatto *et al.* 2016) que utiliza el consumo de cemento, bitumen y ladrillos como aproximación para calcular el consumo de minerales no metálicos en bruto.

Al tratarse de materiales tan abundantes en la corteza terrestre, se asume que la extracción interna de los mismos coincide con su consumo. Esta premisa es válida para la mayoría de los países del mundo, dado el escaso valor económico, y el elevado peso y volumen de los minerales no

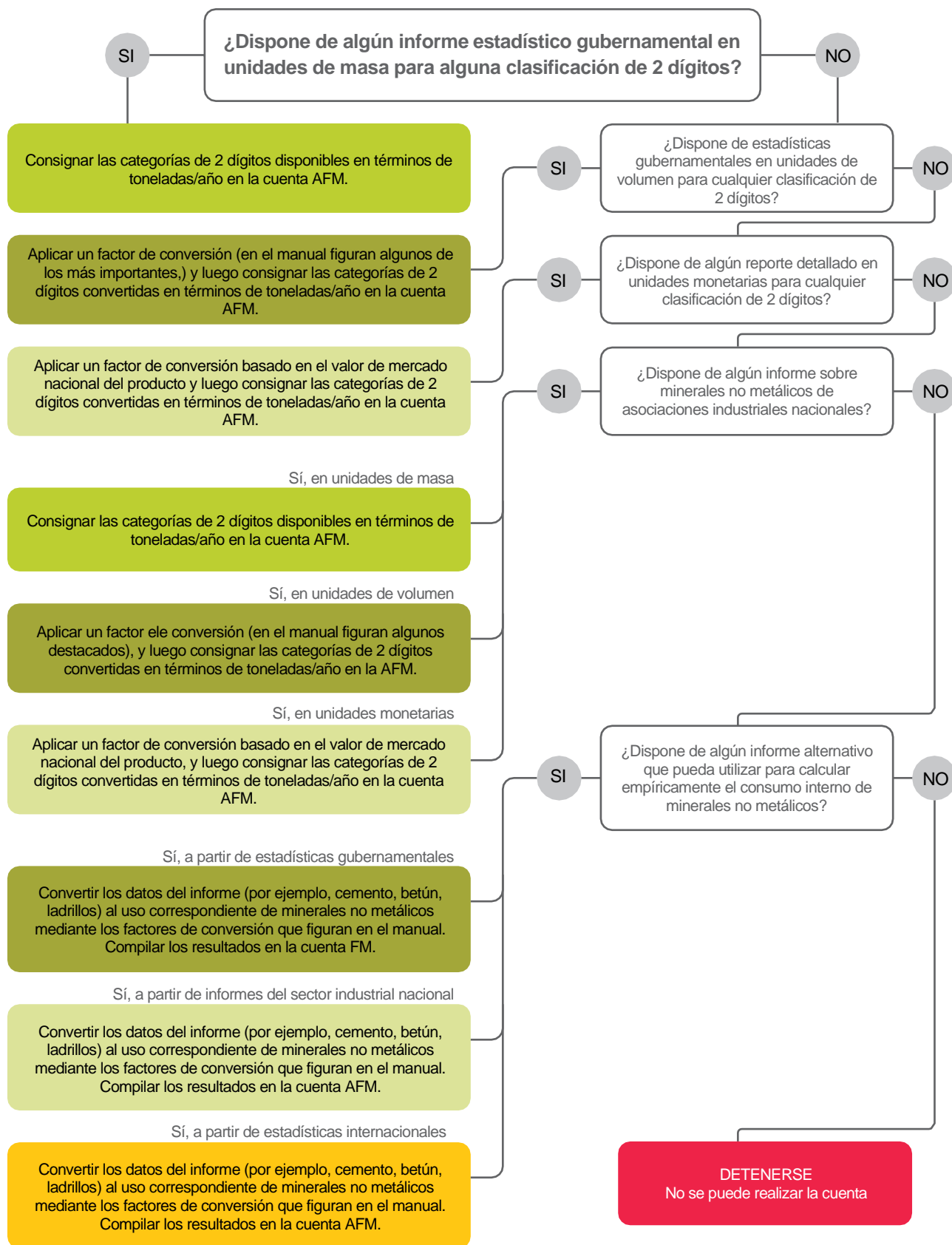
metálicos; con algunas excepciones destacables en el caso de países muy pequeños y densamente poblados (tales como Mónaco, Singapur y Hong Kong).

### 2.3.2 Árbol de toma de decisiones, fuentes de datos y disponibilidad

---

A la hora de compilar las CFM-TE, probablemente será necesario recurrir a una amplia gama de conjuntos de datos existentes, algunos de los cuales podrían encontrarse ya disponibles en las estadísticas gubernamentales, mientras que otros podrían requerir la consulta de informes de asociaciones industriales. Con el fin de simplificar este proceso, se ha elaborado un diagrama de flujo (véase la Figura 2.4) que servirá de guía para la compilación de la CFM-TE.

**Figura 2.4** Diagrama de flujo para la compilación del Análisis de Flujo de Materiales de Minerales No Metálicos (CFM-TE).



**Leyenda** ● Ideal ● Bueno ● Aceptable ● Deficiente ● Imposible

En caso de que se disponga de estadísticas gubernamentales oficiales de minerales no metálicos, se debería optar por ellas. En el mejor de los casos, estas cuentas proporcionarán datos en unidades de masa, aunque cuando no sea así, será posible aplicar factores de conversión para transformar las unidades disponibles (de volumen o monetarias) en unidades de masa. En caso de que las estadísticas oficiales de los gobiernos no contengan datos sobre los minerales no metálicos, éstos podrían obtenerse de los informes de las asociaciones industriales, siguiendo las mismas recomendaciones anteriores.

Desafortunadamente, las estadísticas oficiales de extracción de minerales no metálicos suelen ser escasas, ya que la arena y la grava a menudo se obtienen de la sobrecarga de la extracción de minerales, y por lo tanto no suelen reportarse. En estos casos, debe utilizarse un método de contabilidad indirecta. El cálculo del consumo de cemento, bitumen y ladrillos de un país, puede indicar indirectamente su consumo de minerales no metálicos. La contabilización de estos materiales es una práctica mucho más extendida, dada su importancia estratégica y su alto valor económico. Es posible obtener datos en los informes estadísticos nacionales oficiales, así como también en las asociaciones industriales. Cabe señalar que deben tenerse en cuenta las mismas salvedades que se mencionaron en el párrafo anterior.

Cuando ninguna de las opciones anteriores sea posible, se podrá recurrir a importantes conjuntos de datos internacionales (por ejemplo, el British Geological Survey o el United States Geological Survey), en los que se ofrece una cuenta directa de los minerales no metálicos o de sus sustitutos (o proxis, por ejemplo, el cemento). A pesar de que estas instituciones recopilan sus conjuntos de datos a partir de una gran variedad de fuentes, cuya coherencia se comprueba de forma cruzada, debería recurrirse a ellas como última opción, sólo cuando el resto las de fuentes no hayan proporcionado datos nacionales suficientes.

### 2.3.3 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos

Todos los datos deben presentarse en unidades de masa (por ejemplo, toneladas). Si bien se trata de un método relativamente habitual en la industria minera, en ocasiones los datos pueden indicarse en unidades de volumen (por ejemplo, metros cúbicos). En este caso, deben convertirse a toneladas. La Tabla 2.13 muestra los factores de conversión para algunos minerales no metálicos comunes, aunque lo ideal sería que estos valores fueran específicos para los minerales extraídos en el área de análisis.

Tabla 2.13 Densidades específicas para minerales no metálicos destacados.

MATERIAL	DENSIDAD [t/m³]
<b>PIEDRA ORNAMENTAL Y DE CONSTRUCCIÓN</b>	
Mármol, macizo	2,563
Granito, macizo	2,691
Arenisca, maciza	2,323
Pórfido, macizo	2,547

**Tabla 2.13** Densidades específicas para minerales no metálicos destacados (Continuación).

MATERIAL	DENSIDAD [t/m <sup>3</sup> ]
Basalto, macizo	3,011
Piedra (valor por defecto si no hay otras especificaciones disponibles)	2,5
<b>TIZA Y DOLOMITA</b>	
Tiza, en terrones	1,442
Dolomita, en terrones	1,522
Creta y dolomita (valor por defecto si no hay otras especificaciones disponibles)	1,5
<b>PIZARRA</b>	
Pizarra, maciza	2,691
Pizarra, en trozos	1,29–1,45
Pizarra, pulverizada	1,362
Pizarra (valor por defecto si no hay otras especificaciones disponibles)	1,4
<b>CALIZA Y YESO</b>	
Yeso, triturado	1,602
Caliza, en trozos	1,554
Caliza (C)	1,5
<b>ARCILLA</b>	
Arcilla, excavada en seco	1,089
Arcilla, excavada en húmedo	1,826
Arcilla, terrón seco	1,073
Arcilla, al fuego	1,362
Arcilla, terrón húmedo	1,602

**Tabla 2.13** Densidades específicas para minerales no metálicos destacados (Continuación).

MATERIAL	DENSIDAD [t/m <sup>3</sup> ]
Arcilla, compactada	1,746
Arcilla (valor por defecto si no hay otras especificaciones disponibles)	1,5
<b>ARENA Y GRAVA</b>	
Grava, suelta, seca	1,522
Grava, natural, con arena	1,922
Grava, seca de 1,3 a 5,1 cm	1,682
Grava, húmeda de 1,3 a 5,1 cm	2,002
Arena, húmeda	1,922
Arena, húmeda, compacta	2,082
Arena, seca	1,602
Arena, suelta	1,442
Arena, apisonada	1,682
Arena, húmeda	1,922
Arena con grava, seca	1,65
Arena con grava, húmeda	2,02
Arena y grava (valor por defecto si no hay otras especificaciones disponibles)	1,9

Fuente: (Eurostat 2013).

### 2.3.3.1 - A.3.1 Piedra ornamental o de construcción

Esta categoría se compone de rocas que pueden utilizarse en forma de baldosas o mosaicos, losas o bloques, ya sea con fines estructurales o decorativos. Incluye el mármol y otras piedras calcáreas ornamentales o de construcción (por

ejemplo, travertino y alabastro), y el granito. También comprende la arenisca y otros materiales ornamentales o de construcción (como pórfido y basalto), y la piedra para tejados. Los datos cuantitativos suelen proporcionarse en metros cúbicos, y por lo tanto deben convertirse a toneladas (véase la Tabla 2.13 para obtener algunos factores de conversión destacables).

### 2.3.3.2 - A.3.2 Minerales carbonato escenciales para el cemento

La tiza es una forma de caliza blanda, blanca y porosa compuesta por el mineral calcita. Es una roca sedimentaria, cuyos múltiples y frecuentes usos comprenden la tiza de pizarra, la tiza de sastre, la que se emplea para marcar límites o campos de deportes, y la que se aplica a las manos o a los instrumentos para evitar que resbalen.

Dolomita es una denominación que se aplica tanto a una roca carbonatada, como a un mineral formada por carbonato de calcio y magnesio, de estructura cristalina. La roca dolomítica (también dolomita) está compuesta principalmente por el mineral del mismo nombre. La caliza que ha sido parcialmente reemplazada por dolomita se denomina caliza dolomítica. La dolomita se utiliza comúnmente como agregado en forma de piedra triturada, para la producción de cemento, y para otros usos industriales y agrícolas. En los informes estadísticos, la dolomita suele combinarse con la caliza, aunque se diferencian por códigos CPC (Clasificación Central de Productos) a nivel de 5 dígitos.

La piedra caliza se utiliza principalmente para la producción de cemento, y en segundo lugar como agregado en forma de roca triturada. La que se usa con fines industriales (por ejemplo, producción de cal o cemento) se incluye en la categoría A.3.2 de la clasificación de la CFM-TE, mientras que el agregado de piedra caliza triturada se asigna al elemento A.3.8 (arena y grava), y la que se emplea como piedra de cantera se consigna en A.3.1 (piedra ornamental o de construcción).

Es frecuente que en los informes estadísticos se subestime la extracción de piedra caliza con fines de construcción, en particular para la producción de cemento. Con el objeto de comprobar si es necesario corregir este déficit, se puede aplicar la siguiente estimación: se toman las cifras de producción correspondientes al cemento y se multiplican por un factor de 1,216. La relación de 1,216 toneladas de piedra caliza para la producción de 1 tonelada de cemento Portland, puede tomarse como valor característico. Al comparar este valor empírico con el obtenido a partir de las estadísticas, se podrá determinar si es necesario realizar correcciones. Como dato a reportar para la extracción interna de piedra caliza debería seleccionarse la cifra más alta (con una tolerancia de  $\pm 10\%$  por la utilización de la

cifra original de las estadísticas). En caso de que en los informes estadísticos se consignen claramente datos sobre el uso de la caliza para otros fines distintos de la producción de cemento, esta cifra deberá añadirse a la estimación realizada para el mismo.

La piedra caliza puede sustituirse parcialmente por dolomita para la producción de cemento; ésta se denomina caliza dolomítica. En los casos en que los datos para la caliza se deriven de una estimación como la descrita anteriormente, debe verificarse si esta aproximación incluye el uso de dolomita (para la producción de cemento). En caso de ser necesario, los datos relativos a la dolomita indicados en el apartado A.3.2 deberán corregirse para evitar el doble cómputo.

### 2.3.3.3 - A.3.4 Minerales químicos y fertilizantes

Este grupo incluye principalmente numerosos tipos de minerales utilizados en la industria, entre los que se destacan:

- Los fosfatos naturales de calcio o de aluminio-calcio, a menudo combinados bajo la categoría de "roca fosfórica". Estos minerales se utilizan sobre todo para producir fertilizantes, aunque también se destinan a la fabricación de detergentes, piensos y otras diversas aplicaciones menores.
- La carnalita, la silvinita y otras sales naturales de potasio en bruto, a menudo combinadas bajo el rótulo "potasa". El potasio es esencial en los fertilizantes y se utiliza ampliamente en la industria química y en explosivos. Los datos sobre la potasa suelen expresarse en contenidos de  $K_2O$ . En este caso, como en el de los metales, es necesario calcular la producción a boca de mina para obtener los datos sobre la extracción interna usada.
- La pirita de hierro sin tostar, que es un disulfuro de hierro. Ésta se utiliza para la producción de dióxido de azufre, (por ejemplo, en la industria papelera), y también para la producción de ácido sulfúrico, aunque estas aplicaciones han disminuido su importancia.

- El azufre bruto o sin refinar, materia prima fundamental para la industria química. Nota técnica: no toda la producción interna de azufre se contabiliza en la categoría A.3.4. "Minerales químicos y fertilizantes". Para las CFM-TE pueden distinguirse tres tipos principales de azufre: (1) Azufre procedente de la minería, que debe contabilizarse en la categoría A.3.4. (2) Azufre producido en la refinera mediante la desulfuración de recursos petrolíferos. Éste se incluye en las cantidades de recursos petrolíferos extraídos y no debe declararse en A.3.4. (3) Azufre que puede generarse, en algunos casos, como subproducto no utilizado de la extracción de recursos petrolíferos. Éste se considera extracción no utilizada y por lo tanto no se contabiliza.
- La baritina, que se emplea en diversas industrias por su elevada gravedad específica (densidad relativa).
- La witherita, mineral de carbonato de bario que constituye la principal fuente de sales de bario. Se utiliza en la elaboración de veneno para ratas, en la fabricación de vidrio y porcelana y, antiguamente, también se empleaba para refinar azúcar.
- Los boratos, productos químicos derivados de minerales de borato que se usan como conservantes de la madera. Los boratos son los minerales más comunes que contienen boro.
- La fluorita, mineral coloreado que se emplea industrialmente como fundente en la metalurgia y en la fabricación de ciertos vidrios y esmaltes.

#### 2.3.3.4 - A.3.5 Sal

A este grupo de materiales corresponde el cloruro sódico. La sal puede producirse a partir de la sal gema, o de la salmuera o el agua de mar. Se utiliza para el consumo humano, en la industria química, y para evitar la formación de hielo en las carreteras.

#### 2.3.3.5 - A.3.7 Arcillas

La caolinita es un mineral arcilloso, y las rocas ricas en caolinita se conocen como arcilla china o caolín. Otras arcillas caolínicas son los minerales de caolín como la caolinita, la dickita y la nacrita, la anauxita y la halloysita-endelita.

El principal uso del caolín se encuentra en la fabricación de papel, ya que es un ingrediente clave para lograr un papel brillante (aunque existe un material alternativo, el carbonato de calcio, que compite con el caolín en esta función). Las arcillas y el caolín también se utilizan en cerámica, medicina, fabricación de ladrillos, como aditivo alimentario, en la industria cosmética y las pastas dentales, y recientemente en la elaboración de aerosoles especiales que se aplican a frutas, verduras y otros tipos de vegetación para repeler o disuadir insectos.

En estadística, el caolín puede agruparse con otras arcillas bajo el apartado de "Arcillas industriales o especiales". Entre ellas pueden encontrarse: la arcilla de bola, la bentonita, la atapulgita, la arcilla cerámica, la arcilla refractaria, la arcilla de sílex, la tierra de batán, la hectorita, la arcilla íltica, la paligorskita, la arcilla para alfarería, la saponita, el esquisto/pizarra, la arcilla especial y la arcilla de pizarra. Éstas deben contabilizarse en la sección A.3.7.2 "Arcillas especiales".

El caolín y otras arcillas especiales suelen estar bien documentados en las estadísticas. Las arcillas y margas comunes para la construcción, en particular para ladrillos y tejas, se distinguen de las arcillas especiales o industriales. Las arcillas y margas para la construcción deben tenerse en cuenta en la categoría A.3.7.1 Arcillas estructurales, pero a menudo están infrarrepresentadas o excluidas de las estadísticas. Se recomienda especialmente buscar fuentes nacionales específicas (por ejemplo, asociaciones industriales) para convertir los datos sobre la producción de productos de arcilla en cantidades de arcilla bruta. Si no se dispone de fuentes nacionales, pueden utilizarse factores de conversión como los que se muestran en la Tabla 2.14.



**Tabla 2.14** Factores de conversión para la fabricación de ladrillos, tejas/baldosas y productos de construcción, en arcilla cocida.

PRODUCTO	UNIDAD TÍPICA REPORTADA	FACTOR DE CONVERSIÓN DE UNIDADES ORIGINALES A TONELADAS DE PRODUCTO	FACTOR DE CONVERSIÓN DE TONELADAS DE PRODUCTO A TONELADAS DE ARCILLA CRUDA	FACTOR DE CONVERSIÓN DE UNIDADES ORIGINALES DEL PRODUCTO A TONELADAS DE ARCILLA CRUDA
Ladrillos de construcción de arcilla no refractaria (excluidas las harinas o tierras silíceas fósiles)	m <sup>3</sup>	1,35135	1,349	1,822973
Bloques de arcilla no refractaria para pisos, soporte de baldosas para relleno y similares (excluidas las harinas o tierras silíceas fósiles)	kg	0,001	1,349	0,001349
Tejas para techos de arcilla no refractaria	p/st (número de unidades)	0,00237	0,003197	1,349
Productos de construcción de arcilla no refractaria (incluidos chimeneas, sombreretes y revestimientos de chimeneas, conductos de humo, ornamentos arquitectónicos, rejillas de ventilación, listones de arcilla; excluidos tubos, canaletas y similares)	kg	0,001	1,349	0,001349
Tubos, conductos, canaletas y accesorios de tubería de cerámica: tubos de desagüe y canaletas con accesorios	kg	0,001	1,349	0,001349

La Tabla 2.14 muestra los factores de conversión medios estimados a toneladas de arcilla cruda para los productos de arcilla, tal como suelen figurar en los informes estadísticos. El factor de conversión general de kg de producto de arcilla a toneladas de arcilla cruda se obtuvo del manual CFM-TE vigente utilizado en Europa (Eurostat 2013). Según el mismo, se necesitan 1,349 toneladas de arcilla para producir 1 tonelada de producto de arcilla.

La conversión de ladrillos expresados en volumen, o losetas expresadas en número de piezas, puede resultar muy complicada debido a la gran variedad de productos disponibles en el mercado. Lo más recomendable sería desarrollar un coeficiente específico para cada país, pero en caso de que no se disponga de datos suficientes, se puede utilizar un factor de 1,351 kg/m<sup>3</sup> para los ladrillos o de 2,37 kg/unidad para las losetas de arcilla. Se debe tener en cuenta que estos factores se derivan de bienes básicos europeos estándar y que los valores pueden diferir según el tipo de ladrillos y baldosas producidos en otras partes del mundo.

El resultado de la estimación deberá compararse con las cifras de extracción de arcillas y margas comunes que figuran en las estadísticas (excluidas las arcillas industriales o especiales). Y como dato para la extracción interna de arcilla común y marga, deberá seleccionarse la cifra más alta (con una tolerancia eventual de alrededor del 10 % por la utilización de la cifra original de las estadísticas).

### 2.3.3.6 - A.3.8 Arena y grava

Existen dos grandes grupos de arena y grava que se distinguen en función de sus usos principales: Arenas y gravas industriales (A.3.8.1) y Arenas y gravas para la construcción (A.3.8.2).

Las arenas y gravas industriales presentan propiedades materiales específicas que se requieren para sus usos en la producción y fabricación de hierro, (incluido el de uso industrial resistente al fuego en la producción de vidrio y cerámica) y la producción química. Estos materiales también se utilizan como filtros y para otros fines específicos. Algunas fuentes estadísticas (por ejemplo, el USGS) mencionan datos específicos sobre la arena y la grava en los procesos de producción industrial.

La arena y la grava para la construcción se utilizan en ingeniería estructural (por ejemplo, edificaciones) e ingeniería civil (por ejemplo, carreteras). En la ingeniería estructural, se utilizan principalmente para la producción de hormigón. En ingeniería civil, para diferentes tipos de estratos en la construcción de carreteras, en elementos de hormigón y para la elaboración de asfalto.

Las estadísticas sobre la arena y la grava a menudo subestiman o no reportan la cantidad total extraída tanto para uso industrial como para la construcción. Con frecuencia, sólo se reportan las arenas y gravas especiales para uso industrial (véase más arriba). Con el fin de determinar si la cantidad total extraída de estos materiales se ha reportado adecuadamente, se pueden realizar las siguientes comprobaciones:

**Tabla 2.15** Consumo promedio de minerales no metálicos per cápita por regiones del mundo.

REGIÓN DEL MUNDO	CONSUMO ANUAL DE MINERALES NO METÁLICOS PER CAPITA [t/cap] EN 2010
África	1,5
Asia y el Pacífico	6
Europa del Este, Cáucaso y Asia Central	3,5
Europa	5
América Latina y el Caribe	2,5
América del Norte	5,3
Asia Occidental	8,2
Mundo (promedio)	4,8

Nota: Estos valores se han obtenido de Miatto *et al.* (2016), y se refieren al año 2010.

Fuente: (Miatto et al 2016).

El consumo de arena y grava per cápita de la población en el año correspondiente puede tomarse como indicador. Por regla general, si esta cantidad difiere significativamente de los valores mostrados en la Tabla 2.15, puede asumirse que las mismas no han sido reportadas apropiadamente y requieren una estimación. Además, debe consultarse a las partes interesadas y a los expertos relacionados con esta actividad económica, para determinar la pertinencia de las cifras indicadas. En caso de que no se disponga de datos estadísticos adecuados sobre la cantidad total de arena y grava extraída para la construcción, deberá realizarse una estimación de la misma.

El siguiente es un procedimiento de estimación sencillo que tiene en cuenta las principales aplicaciones de dichos materiales. En él se combina una estimación de la arena y la grava necesarias para la producción de hormigón (paso 1), de la arena y la grava utilizadas en los estratos de la

construcción de carreteras (paso 2), de la grava utilizada en la construcción de ferrocarriles (paso 3) y de la grava utilizada como capa de separación debajo de las edificaciones (paso 4). En el paso 5 se calcula la cantidad total de arena y grava como la suma de los resultados obtenidos en los pasos 1 a 4.

### **Paso 1: Estimación de la arena y la grava necesarias para la producción de hormigón**

El hormigón es una mezcla de cemento, arena, grava, agua y aditivos. Existen cientos de combinaciones posibles de hormigón, dependiendo de las características finales deseadas y de su aplicación. Para estimar la arena y la grava utilizadas en el hormigón, se recomienda consultar a constructores y expertos en los métodos nacionales de construcción. En caso de que esto no sea viable, se podría obtener una estimación del siguiente modo:

$$\text{Arena\_y\_grava}_y = \text{Consumo\_aparente\_de\_cemento}_y \times 5,26$$

Donde Arena\_y\_grava es la cantidad de dichos materiales consumida en el año “y”, mientras que Consumo\_aparente\_de\_Cemento también se refiere al consumo aparente de cemento anual “y” y 5,26 es un coeficiente que se utiliza para calcular la cantidad

correspondiente de arena y grava utilizada para producir hormigón.

Obsérvese que el consumo aparente de una sustancia/bien genérico se define como:

$$X_{\text{consumo\_aparente}} = X_{\text{de\_importación}} + X_{\text{de\_extracción\_interna}} - X_{\text{de\_exportación}}$$

Por lo tanto, para calcular el consumo aparente de cemento en el año “y” es necesario sumar todas las importaciones y la producción interna de cemento de dicho año, y restar las exportaciones de cemento del mismo período.

### **Paso 2: Estimación de la arena y la grava necesarias para la construcción y el mantenimiento de carreteras**

A partir de la información sobre la longitud de las carreteras de construcción reciente (por tipo de carretera y año) es posible estimar la cantidad de arena y grava utilizada en la construcción de carreteras. También deben incluirse la arena y la grava necesarias para el mantenimiento anual del total de kilómetros de carreteras existentes.

Además de la información sobre la longitud de la red vial, deben obtenerse datos sobre la cantidad de arena y grava necesaria para construir un kilómetro del tipo determinado de carretera en cuestión. Cada país tiene sus propias particularidades (por ejemplo, tipo de suelo, intensidad media de tránsito) que determinarán el tipo de carretera "característico". Por ello, es aconsejable consultar a los expertos nacionales y a los constructores locales, con el fin de identificar el tipo de carretera que más se ajusta a la realidad en el propio país. De no ser posible, la Tabla 2.16 ofrece datos sobre las cantidades de arena y grava necesarias por kilómetro para la construcción y el mantenimiento de carreteras.

**Tabla 2.16** Requerimientos de arena y grava para la construcción y mantenimiento de carreteras.

TIPO		ARENA Y GRAVA PARA CONSTRUCCIÓN [t/km]	ARENA Y GRAVA PARA MANTENIMIENTO [t/km]
No compactado	Rural	0	0 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	0	0 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Compactado, no pavimentado	Rural	210	84 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	252	101 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo bajo	Rural	355	103 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	532	154 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo intermedio	Rural	1722	359 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	1722	359 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo flexible alto	Rural	5265	1026 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	3948	770 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo semirrígido alto	Rural	4988	616 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	4988	616 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo rígido alto	Rural	4821	3811 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
	Urbana	4821	3811 x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>

El parámetro `intervalo_mantenimiento` es el intervalo de tiempo expresado en años entre dos intervenciones de mantenimiento programadas. Obsérvese que la columna "Arena y grava para mantenimiento [t/km]" calcula las cantidades necesarias de material, sin dar información sobre las fuentes de los mismos, es decir, sin especificar si se extraen de recursos vírgenes o se reciclan. Por ello, a la hora de elaborar los informes CFM-TE es

necesario evaluar el origen de estos materiales para evitar una doble contabilización.

Si se dispone de datos suficientes sobre el ancho de las carreteras, es conveniente calcular las necesidades de arena y grava utilizando la Tabla 2.17. El parámetro `w/a` indica el ancho medio de la carretera y se expresa en metros.

**Tabla 2.17** Requisitos de arena y grava para la construcción y mantenimiento de carreteras por unidad de ancho.

TIPO	ARENA Y GRAVA PARA CONSTRUCCIÓN [t/km]	ARENA Y GRAVA PARA MANTENIMIENTO [t/km]
No compactado	0 x w	0 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Compactado, no pavimentado	84 x w	34 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo bajo	118 x w	34 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo intermedio	287 x w	60 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo flexible alto	439 x w	86 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo semirrígido alto	416 x w	51 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>
Pavimento, de tipo rígido alto	402 x w	318 x w x intervalo_de_mantenimiento <sup>-1</sup>

**Paso 3: Estimación de la arena y la grava necesarias para la construcción de vías férreas**

Una cantidad considerable de grava se utiliza como balasto bajo las vías del ferrocarril. Para obtener

valores reales se deberá consultar a las normas y expertos nacionales. Y en caso de que esto no sea viable, se puede utilizar la siguiente fórmula para calcular una cantidad estimativa de grava necesaria para construir 1 km de vía férrea.

$$Grava_{ferrocarril,y} = 2119,3 \times \Delta l \times g - 581,2$$

Donde “Grava\_ferrocarril” indica la cantidad de grava utilizada en el año “y”, para la construcción del ferrocarril expresada en toneladas, “Δl” es la diferencia de longitud del ferrocarril entre dos años consecutivos (es decir, la longitud que se ha construido en un año) expresada en kilómetros, y “g” es la anchura del ancho de vía (trocha) expresada en metros.

Esta fórmula se deriva de las estadísticas ferroviarias japonesas, y puede encontrarse una explicación más detallada en Miatto *et al.* (2016).

**Paso 4: Estimación de la arena y la grava necesarias para la construcción de subcapas**

La estimación de la grava utilizada en las subcapas de construcción es extremadamente complicada, dada la gran variabilidad en la composición del suelo, la profundidad de las aguas subterráneas, los patrones climáticos, los métodos de construcción típicos y las cargas de construcción medias, que cambian no solo de un país a otro, sino de una región a otra dentro del mismo país. Se recomienda especialmente que se consulte a expertos locales.

Para una estimación aproximada, es posible aplicar una fórmula muy sencilla que convierte el hormigón

producido en un país en la cantidad de grava que se destina a la construcción de subcapas.

$$Grava\_subcapas_y = Arena\_y\_grava_y \times 0,08$$

Donde “Arena\_y\_grava\_y” es la cantidad de arena y grava utilizada para el hormigón calculada en el paso 1, “Grava\_subcapas\_y” es la cantidad anual de grava utilizada para las subcapas de construcción y 0,08 es un factor de conversión.

#### **Paso 5: Suma de todas las estimaciones anteriores**

Las cifras estimadas de arena y grava para hormigón (paso 1), arena y grava para la construcción y mantenimiento de carreteras (paso 2), grava para la construcción de ferrocarriles (paso 3) y grava para subcapas de edificaciones (paso 4) deberán sumarse y se compararse con la cifra que figura en las estadísticas. La cifra más alta deberá seleccionarse como dato para la extracción interna de arena y grava para la construcción (con una tolerancia eventual de alrededor del 10 % por la utilización de la cifra original de las estadísticas). Si en los informes estadísticos se indica un valor específico de arena y grava para usos industriales, esta cifra deberá añadirse a la cifra estimada para la construcción.

Señalamos una vez más que el uso de arena y grava recicladas, también debería considerarse, y restarse de la estimación anterior.

#### **2.3.3.7 - A.3.9 Otros minerales no metálicos no clasificados en otra parte (n.c.p.)**

Se trata de un grupo diverso que comprende esencialmente todos los minerales no incluidos en los grupos anteriores. A continuación, se enumeran algunos de los minerales que se asignan a la categoría A 3.9.

**Bitumen y asfalto, asfaltitas naturales y rocas asfálticas:** el principal uso del asfalto es la fabricación de hormigón asfáltico para carreteras. En esta categoría sólo se contabilizan el asfalto natural

y el betún. Cabe señalar que el bitumen para la construcción de carreteras suele reciclarse, por lo que dicha fracción no se debe contabilizar en el cálculo de la extracción de materiales.

**Piedras preciosas y semipreciosas:** diferentes piedras como la piedra pómez, el esmeril, el corindón natural, el granate natural y otros abrasivos naturales, que se utilizan para diversos fines industriales. Los diamantes sintéticos no se declaran en la categoría 3.9 y no se contemplan como extracción interna.

**Grafito:** forma estable de carbono puro que se utiliza principalmente en refractarios.

**Cuarzo y cuarcita:** tipos especiales de silicio empleados, por ejemplo, en la industria óptica y en la fabricación de metales.

**Harinas silíceas fósiles:** minerales como el Kieselgur, la Tripolita, la Diatomita y otras tierras silíceas, que se usan, por ejemplo, como agentes de absorción o materiales para el aislamiento térmico.

**Amianto:** mineral fibroso, cuyo uso está actualmente restringido debido a sus graves riesgos para la salud.

**Esteatita y talco:** minerales de silicato de magnesio utilizados para diversos fines industriales.

**Feldespatos:** componente esencial en la fabricación de vidrio y cerámica.



## 2.3.4 Caso específico: roca triturada

Numerosas fuentes estadísticas utilizan la categoría "roca triturada" o "piedra triturada". Ésta se obtiene comúnmente de piedras naturales rotas y se utiliza para la construcción de carreteras, ferrocarriles, vías navegables y edificaciones. Para producirla se puede emplear una amplia gama de tipos de piedra natural. Entre ellos se incluyen los tipos explícitamente mencionados en esta guía en los apartados A.3.2 (minerales carbonatos esenciales para el cemento), A.3.6 (yeso), A.3.8 (arena y grava) y A.3.9 (otros minerales no metálicos n.c.p.). Además, la piedra triturada puede comprender otras rocas naturales como arenisca, rocas volcánicas, basalto, granito, cuarcita, gneis y otras.

La clasificación de la CFM-TE de minerales pétreos de la Tabla 2.12 no se corresponde totalmente con las clasificaciones que tipifican la piedra (o roca) triturada en las estadísticas mineras nacionales e internacionales. Otras posibles clasificaciones pueden presentar las siguientes características:

- Los datos estadísticos incluyen la grava dentro de la de roca triturada, o viceversa, sin distinción alguna;
- Los datos estadísticos sobre piedra de construcción pueden incluir las piedras de dimensión y la roca triturada, sin diferenciarlas;

- Los datos sobre la piedra caliza se indican en su propio apartado, pero también se incluyen en el de la roca triturada, por lo que se produce una doble contabilización.

Estas razones hacen que resulte difícil evaluar si las distintas fuentes estadísticas presentan los datos de producción de piedra triturada de forma completa y sin dobles contabilizaciones. Por consiguiente, se recomienda seguir el procedimiento descrito en esta guía para obtener datos sobre la extracción interna de minerales no metálicos. La información sobre la roca triturada debería, entonces, estar incluida principalmente en los datos del yeso, la tiza, la dolomita y la caliza, así como también el bitumen y la roca asfáltica.

El total obtenido de la suma de estos minerales puede compararse con la cantidad total de roca triturada que figura en las estadísticas nacionales. Cuando esta última cifra sea considerablemente superior a la suma de los minerales relacionados, contabilizados según se expone en esta guía, la diferencia entre ambas cantidades puede considerarse una estimación de la extracción interna adicional de roca triturada que no es posible identificar con mayor precisión.

En tal caso, se deberá añadir la cantidad adicional de roca triturada en A.3.6 y agregar una nota a pie de página en la que se indique qué cantidad adicional de roca triturada se ha añadido y con qué método se ha estimado.

## 2.4 Combustibles fósiles

### 2.4.1 Introducción

La energía desempeña un papel esencial en casi todas las formas de actividad humana. Un suministro energético fiable y eficiente es un requisito previo para el éxito de la economía. Los hogares necesitan energía confiable y asequible para la calefacción, la luz y los aparatos domésticos, mientras que las empresas dependen de la energía para producir bienes y servicios. Sin embargo, su creciente

demanda mundial desafía la sostenibilidad del suministro y los impactos sobre el medio ambiente. Es esencial que los países controlen y gestionen sus recursos energéticos, como también los aspectos relativos a la producción y el uso de la energía. Las decisiones políticas en este contexto dependen de datos fiables y exhaustivos basados en normas, clasificaciones y otros marcos acordados internacionalmente a fin de garantizar la comparabilidad entre países y la coherencia a lo largo del tiempo (UNSD 2018).

Los combustibles fósiles continúan siendo los principales portadores de energía en todo el mundo. Se trata de materiales formados a partir de biomasa en el pasado geológico, y comprenden compuestos sólidos, líquidos y gaseosos. La mayor parte de la producción mundial de energía se obtiene mediante la combustión de distintos tipos de carbón. Los recursos petrolíferos se utilizan principalmente para proporcionar energía, pero también se emplean como materiales de base para procesos industriales (por ejemplo, para la producción de compuestos químicos orgánicos y materiales sintéticos o fibras). El gas natural, por su parte, se utiliza como fuente de energía para la calefacción, la cocina y la generación de electricidad, pero también como combustible para vehículos y para la fabricación de plásticos y otros productos químicos orgánicos de interés comercial.

En 2016, los combustibles fósiles constituyeron alrededor del 17 % de la extracción mundial de materiales. El carbón concentró más de la mitad de la DE total de portadores de energía fósiles, seguido del gas natural (~30 %) y el petróleo (~20 %). La extracción de turba solo reviste importancia a nivel regional, por ejemplo, en Canadá y algunos países de la Unión Europea (PNUMA 2017).

La quema de combustibles fósiles, principalmente carbón, petróleo y gas natural, junto con la deforestación, la erosión del suelo y la ganadería, son las principales fuentes de emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> (es decir, emisiones producidas por actividades humanas). El CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero antropogénico más importante. Entre 1970 y 2004, las emisiones

anuales aumentaron aproximadamente un 80 %. Según el Panel Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC), las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en 2005 superaron con creces el rango natural de los últimos 650.000 años, y en lo que respecta al CO<sub>2</sub>, el incremento global de sus concentraciones se debe principalmente al uso de combustibles fósiles. Dado que la mayor parte del aumento observado en las temperaturas medias mundiales desde mediados del siglo XX, puede atribuirse muy probablemente al incremento de las concentraciones antropogénicas de GEI (IPCC 2007a), existe una necesidad urgente de gestionar adecuadamente y disminuir el uso mundial de combustibles fósiles.

Las estadísticas y los balances energéticos, como los comunicados a la AIE, proporcionan una imagen integral y exhaustiva del suministro y uso de todos los portadores de energía. En la CFM-TE, el registro de los datos sobre la extracción interna de materiales energéticos se limita a la extracción de los combustibles fósiles, lo que implica que los recursos energéticos renovables primarios, como la energía hidráulica, eólica, solar y geotérmica no se reportan. Sin embargo, los materiales necesarios para construir, por ejemplo, centrales hidroeléctricas, turbinas eólicas o paneles solares se incluyen en las cuentas de metales o minerales del país donde se extraen. La biomasa utilizada con fines energéticos se contabiliza como biomasa, y la extracción interna de uranio se registra dentro de la categoría de metales. La Tabla 2.18 muestra la clasificación de los flujos de materiales para la extracción interna de portadores de energía fósiles.

**Tabla 2.18** Clasificación de la extracción interna de combustibles fósiles.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS	
<b>A.4</b> <b>COMBUSTI- BLES FÓSILES</b>	<b>A.4.1</b> Carbón y turba	A.4.1.1	Lignito	
			A.4.1.1.1	Lignito
		A.4.1.2	Antracita	
			A.4.1.1.2	Otros carbones sub-bituminosos
			A.4.1.2.1	Antracita
			A.4.1.2.2	Carbón de coque
			A.4.1.2.3	Otros carbones bituminosos
		A.4.1.3	Turba	
		<b>A.4.2</b> Petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural	A.4.2.1	Petróleo crudo
			A.4.2.2	Gas natural
A.4.2.3	Líquidos de gas natural			
<b>A.4.3</b> Esquisto bituminoso y arenas bituminosas				

Nota: Estos materiales se compilan en la Tabla A del Compilador CFM-TE del PNUMA (ver Anexo 1).

## 2.4.2 Fuentes de datos y disponibilidad

### 2.4.2.1 Fuentes y recopilación de datos

Según la UNSD (2018), existen cuatro fuentes principales de estadísticas energéticas (véase la Tabla 2.19). Para el compilador de la CFM-TE sobre combustibles fósiles, el enfoque más directo

consiste en comenzar por comprobar si la AIE y/o la UNSD proporcionan datos para el país objeto de observación. En caso afirmativo, es muy probable que un organismo oficial sea el encargado de recopilar dichos datos y, por tanto, puedan ajustarse a las estructuras de las CFM-TE (véase más adelante). Cuando no existan tales datos, podrán utilizarse otras fuentes.

**Tabla 2.19** Fuentes para estadísticas de energía.

FUENTE DE DATOS	CARACTERÍSTICAS
Datos administrativos	Derivados de una fuente administrativa, es decir, de una "unidad organizativa responsable de la aplicación de una regulación (o grupo de regulaciones) administrativas, en la que el correspondiente registro de unidades y transacciones se consideran una fuente de datos estadísticos" <sup>14</sup> .
Encuestas estadística	Encuestas por muestreo y censos.
Modelización	Estimación de una variable/un dato que no puede medirse directamente, sino que se estima a partir de datos medibles y observables.
Mediciones in situ	Técnicas de recolección de datos detallados sobre el consumo basadas en un dispositivo de medición que, por ejemplo, puede instalarse en el punto de consumo final.

Fuente: (UNSD 2018).

El objetivo debe ser siempre obtener los datos de la manera más eficiente posible, y para ello cada una de estas fuentes presenta ventajas y desventajas. El mejor escenario sería disponer de información procedente de una fuente administrativa o de una encuesta existente. Cuando los datos disponibles no reúnan las condiciones de calidad adecuadas, las encuestas existentes podrían complementarse con preguntas adicionales, o incluso podría considerarse la posibilidad de realizar una nueva encuesta. Otra

fuente de datos la constituyen los sistemas administrativos, ya que la producción energética suele ser una actividad sujeta a licencia (UNSD 2018).

El Manual de la UNSD identifica los siguientes instrumentos y encuestados adecuados para obtener datos sobre la producción primaria de materiales sólidos, líquidos y gaseosos.

**Tabla 2.20** Instrumentos y encuestados adecuados en función de las necesidades de información identificadas.

MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	FUENTES DE DATOS	DATOS POTENCIALES OBSERVADOS
Datos administrativos	Propietarios de los datos	Producción de carbón
Censo/encuesta por muestreo	Entidades en la industria minera (carbón, petróleo, gas)	Producción de petróleo crudo Producción de gas natural

Fuente: (UNSD 2018).

14 OCDE Glosario de Términos Estadísticos: <http://stats.oecd.org/glossary/>

#### 2.4.2.2 - Reportes/Informes existentes

Las estadísticas mineras y energéticas, y los balances elaborados por los institutos nacionales de estadística, proporcionan datos sobre la extracción de recursos petrolíferos y otros portadores de energía fósiles. La calidad de estos datos suele ser alta para todas las subcategorías, y además, en muchos casos, como por ejemplo los datos suministrados a la AIE (véase más adelante), son compatibles con la estructura de las tablas de las CFM-TE.

Como primer paso, los compiladores deberían comprobar la disponibilidad de información, a través de la revisión de los conjuntos de datos que han sido previamente recopilados de acuerdo con la normativa (internacional). Es muy probable que si la AIE o la UNSD publica datos sobre un país concreto (<https://www.iea.org/data-and-statistics>, <https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/yearbook/>), exista alguna fuente local responsable de proporcionar datos oficiales a esta agencia. Por lo tanto, debería ser posible obtener dichos datos directamente de esa fuente local.

Los dos principales requisitos internacionales de reporte sobre combustibles fósiles son:

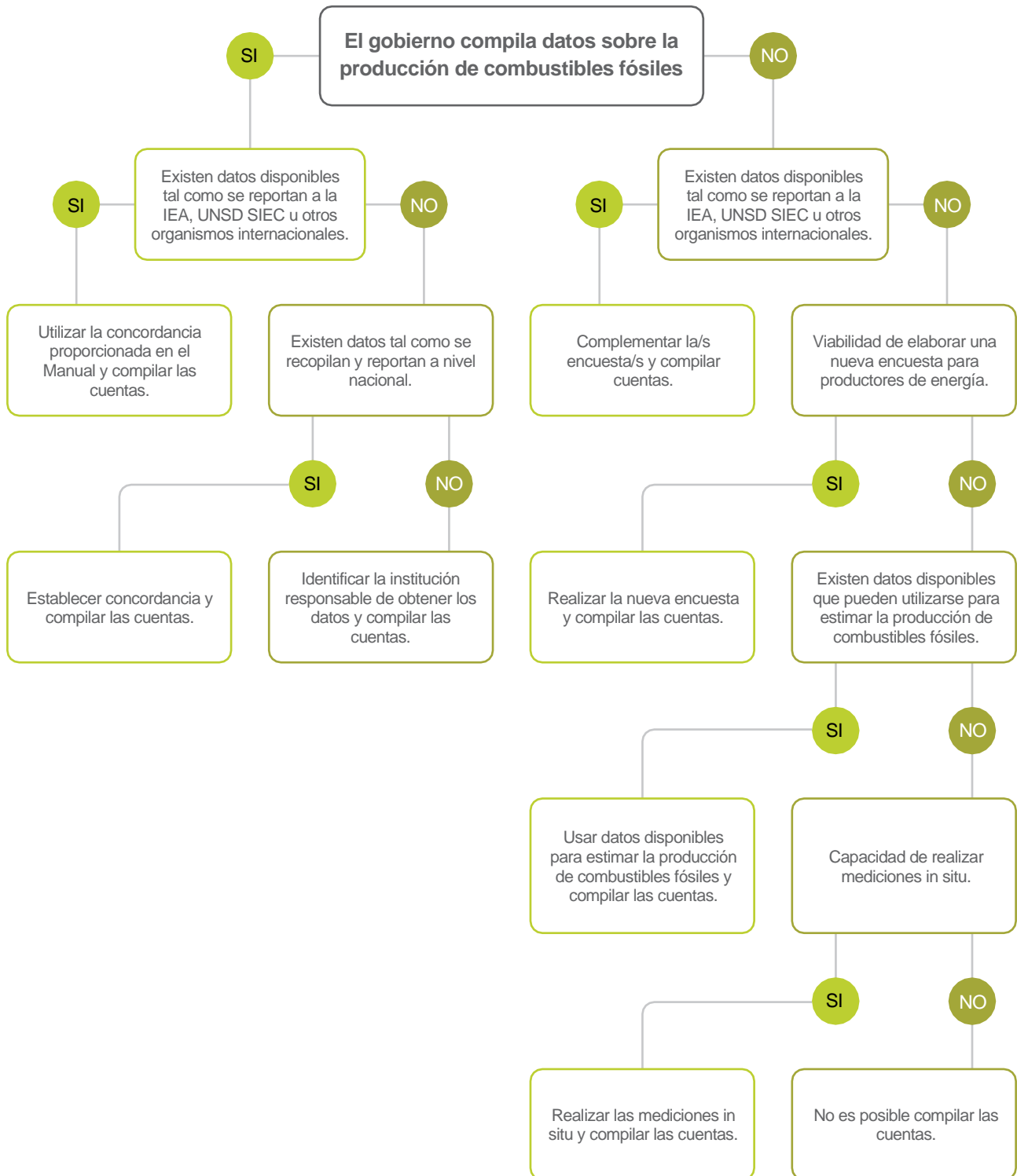
- Presentación de informes a la AIE
- Presentación de informes a la UNSD para la base de datos de estadísticas energéticas<sup>15</sup>

En general, el nivel de detalle de la información comunicada a organizaciones internacionales como la AIE o la UNSD es considerablemente superior al necesario para las CFM-TE. En consecuencia, estos pueden utilizarse para completar las cuentas de flujo de materiales. Por otra parte, notificar los datos a la AIE no sólo resulta beneficioso para completar las cuentas de flujo de materiales. Éstos presentan un nivel de detalle y especificidad de la industria o el sector tal, que permite mejorar el trabajo de huella (véase el capítulo 7) y comprender con mayor profundidad la estructura física de la economía.

---

15 El Cuestionario Anual sobre Estadísticas Energéticas de la UNSD se envía cada año a las oficinas nacionales de estadística, ministerios de energía y otras autoridades responsables de las estadísticas energéticas en los países.

**Figura 2.5** Árbol de decisiones para la búsqueda de datos para las cuentas de extracción de combustibles fósiles.



### 2.4.3 Clasificación de los combustibles fósiles en el Marco de la CFM-TE versus el marco SIEC (Clasificación Internacional de los Productos Energéticos) de la UNSD

En 2016, la División de Estadística de las Naciones Unidas publicó la Clasificación Internacional Uniforme de los Productos Energéticos (SIEC) de la

UNSD como parte de las Recomendaciones Internacionales para Estadísticas Energéticas (IRES) (UNSD 2016). Los datos compilados en el marco de la SIEC se ajustan perfectamente a la estructura de la CFM-TE; sin embargo, solo es necesario utilizar una pequeña parte, ya que la SIEC no sólo contempla los productos energéticos sino también los portadores de energía.

La Tabla 2.21 muestra los elementos del SIEC que pueden utilizarse para completar la CFM-TE.

**Tabla 2.21** Combustibles fósiles en CFM-TE versus UNSD SIEC.

CÓDIGO CFM-TE	NOMBRE CFM-TE	CÓDIGO SIEC	NOMBRE SIEC	UNSD
A.4.1.1.1	Lignito (carbón pardo)	022	Lignito	LN
A.4.1.1.2	Otros carbones sub-bituminosos	021	Carbón sub-bituminoso	SB
A.4.1.2.1	Antracita	011	Antracita	AT
A.4.1.2.2	Carbón de coque	0121	Carbón de coque	CC
A.4.1.2.3	Otros carbones bituminosos	0129	Otros carbones bituminosos	OB
A.4.1.3	Turba	111	Turba de musgo	PT
		112	Turba molida	PT
A.4.2.1	Petróleo crudo	410	Petróleo crudo convencional	CR
A.4.2.2	Gas natural	300	Gas natural	NG
A.4.2.3	Líquidos de gas natural	420	Líquidos de gas natural (NGL)	GL
A.4.3	Esquisto bituminoso y arenas bituminosas	200	Esquisto bituminoso y arenas bituminosas	OS



### 2.4.3.1 - Fuentes alternativas

Cuando se carece de información sobre los materiales energéticos fósiles, se puede recurrir a las bases de datos internacionales de la Agencia Internacional de la Energía, de las Estadísticas de Energía de las Naciones Unidas, de la Administración de Información Energética de EE.UU. (EIA), y del USGS y el BGS.

Todas estas bases de datos proporcionan información sobre la extracción de los distintos tipos de carbón, petróleo crudo y gas natural, y pueden utilizarse para elaborar cuentas de flujo de materiales. Las diferencias en los valores reportados por las distintas fuentes suelen deberse a variaciones en la definición, o en los procedimientos de conversión de unidades. Por ello, se recomienda especialmente que los encargados de la aplicación de la CFM-TE trabajen en colaboración con el personal responsable de compilar los datos energéticos comunicados a las fuentes mencionadas anteriormente.

Los datos sobre la extracción de todos los recursos petrolíferos y otros portadores de energía fósil que se registran en unidades de masa pueden integrarse en el CFM-TE sin necesidad de procesamiento adicional. En cambio, los valores indicados en volumen o contenido energético deben convertirse a unidades de masa. Para estas conversiones deben aplicarse factores específicos de cada país, ya que las características técnicas de los recursos petrolíferos varían de una región a otra.

### 2.4.4 Métodos contables y directrices prácticas para la recopilación de datos

Algunos países elaboran balances energéticos que reflejan el suministro y el uso de energía por parte de

distintas industrias específicas. Los datos del balance energético sobre la producción interna de materiales y/o portadores de energía fósiles, deberán considerarse la fuente primaria de información para la compilación de los datos de las CFM-TE. A continuación, se detallan las definiciones de todas las categorías, sobre la base de la guía de compilación de Eurostat (Eurostat 2013).

La categoría A.4.1 incluye todos los tipos de carbón. La agrupación de carbones aquí se basa en gran medida, en el concepto de "rango" de los mismos. El rango más bajo del carbón, o más bien su precursor, es la turba (A.4.1.3). Ésta es un material orgánico blando, a menudo esponjoso, con un alto contenido de humedad, y compuesto en su mayor parte por materia vegetal parcialmente descompuesta, y mineral en menor cantidad (véase más adelante). Al someter a la turba a mayores niveles de presión y temperatura, a lo largo de prolongadas escalas de tiempo (geológicas), aumenta su rango.

Dicho aumento de rango se traduce básicamente en una importante reducción del contenido de humedad y de los componentes orgánicos volátiles, lo que a su vez incrementa tanto la dureza como el contenido de calor útil efectivo por tonelada, (especialmente a medida que se asciende desde el lignito hasta los carbones bituminosos). El carbón de rango más bajo es el lignito (A.4.1.1.1), que suele ser de color marrón y presentar una textura blanda y terrosa, además de un alto contenido de humedad. En un rango superior se encuentran los carbones sub-bituminosos (A.4.1.1.2), que tienden a ser de color negro apagado; mientras que los carbones bituminosos (A.4.1.2) son de color negro brillante, y presentan un alto poder calorífico, por lo que resultan muy eficaces para la generación térmica de electricidad). El carbón de mayor rango, la antracita (A.4.1.2.1), es duro, negro y brillante, y su contenido en humedad y volátiles es muy bajo, por lo que se prefiere para usos metalúrgicos de alto valor.

### 2.4.4.1 - A.4.1.1 Carbón marrón/Lignito

Tabla 2.22 Materiales incluidos en la categoría de carbón marrón (lignito).

MATERIA PRIMA	DEFINICIÓN
Lignito/carbón pardo	Carbón no aglomerante con un valor calorífico bruto <17,4 MJ/kg que contiene más del 31 % de materia volátil sobre base seca libre de materia mineral.
Otros carbones sub-bituminosos	Carbones no aglomerantes con un valor calorífico bruto de 17,4–23,9 MJ/kg, que contienen más del 31 % de materia volátil sobre base seca libre de materia mineral.

### 2.4.4.2 - A.4.1.2 Carbón duro

Tabla 2.23 Materiales incluidos en la categoría de carbón duro (hulla).

MATERIA PRIMA	DEFINICIÓN
Antracita	
Carbón de coque	Poder calorífico bruto >23,9 MJ/kg.
Otros carbones bituminosos	

### 2.4.4.3 - A.4.1.3 Turba

La turba es un depósito sedimentario fósil combustible, blando, poroso, o comprimido, de origen vegetal, con un alto contenido en agua, que puede utilizarse tanto para combustión como con fines agrícolas. Estos últimos representan una parte importante de la extracción total de este compuesto. De ahí que en esta categoría deban consignarse todos los tipos de turba, tanto los empleados para usos energéticos como no energéticos.

**Nota:** En los casos en que no se disponga de fuentes nacionales, se puede utilizar el USGS como fuente exhaustiva<sup>16</sup>.

Para la conversión de metros cúbicos de turba seca a toneladas, se puede utilizar el siguiente factor de conversión (ONU 1987): 1 m<sup>3</sup> = 0,753 t.

16 En "USGS Minerals Information" existe una sección dedicada a las "Estadísticas e Información sobre la Turba", que se encuentra disponible en <https://www.usgs.gov/centers/national-minerals-information-center/peat-statistics-and-information>. Para obtener datos sobre la producción nacional a nivel global, consúltese la Tabla 9 del anuario "Mineral Yearbook" Tabla 9.

### 2.4.4.4 - A.4.2 Petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural

**Tabla 2.24** Materiales incluidos en la categoría de petróleo crudo, gas natural y líquidos del gas natural.

MATERIA PRIMA	DEFINICIÓN
Petróleo crudo	Aceite mineral constituido por una mezcla de hidrocarburos de origen natural.
Gas Natural	Gases que se encuentran en depósitos subterráneos, licuados o en estado gaseoso, constituidos principalmente por metano. Incluye tanto el gas "no asociado" procedente de yacimientos que sólo producen hidrocarburos en estado gaseoso, como el gas "asociado" a la explotación de petróleo crudo, y el metano extraído de las minas de carbón (gas de mina).
Líquidos del gas natural (NGL)	Hidrocarburos líquidos, generalmente de tres a ocho átomos de carbono por molécula, disueltos en gas natural en un yacimiento de hidrocarburos, y extraídos con la corriente de gas. Los componentes más ligeros (de tres a cuatro átomos de carbono), principalmente propano, butano, butilenos, propileno y sus isómeros, son gaseosos a temperaturas estándar. Los componentes más pesados (de cinco a ocho átomos de carbono), constituyen los "condensados", y son generalmente líquidos a temperatura y presión estándar.

Además del petróleo crudo extraído de pozos convencionales, utilizando técnicas de recuperación mejorada, como la fracturación hidráulica (fracking), la subsección de petróleo crudo dentro de esta categoría también abarcará la totalidad de la extracción de petróleo de arenas petrolíferas que tenga lugar in situ, es decir, aquella en las que la arena petrolífera se deja en el lugar, y el componente de petróleo se extrae directamente a través de técnicas como la inyección de vapor y/o disolvente. El mismo principio se aplica a los esquistos bituminosos, siempre que haya extracción directa de productos petrolíferos sin necesidad de excavar físicamente la roca hospedadora. Las cantidades de gas natural producido se miden después de su purificación y de la extracción de los líquidos del gas natural (NGL por su sigla en inglés) y el azufre.

El gas reinyectado y las cantidades venteadas o quemadas en antorcha (la denominada producción seca total) se consignan por separado en las estadísticas energéticas, y deben incluirse siempre que sea posible.

**Nota:** Los datos en unidades de masa pueden integrarse sin procesamiento adicional en las CFM-TE. Sin embargo, la producción de gas natural suele reportarse en unidades de volumen o de contenido energético ("valor calorífico bruto", GCV por su sigla en inglés). Para su conversión a toneladas métricas, se recomienda aplicar los coeficientes específicos de cada región. En ausencia de tales datos, pueden aplicarse factores promedio.

**Tabla 2.25** Factores de conversión del gas natural.

kg / m <sup>3</sup> (METRO CÚBICO ESTANDAR A 15 °C)	GCV [MJ/kg]	GCV [MJ/m <sup>3</sup> ]
0,8	50	40

Fuente: (Eurostat 2013).

Los NGL son hidrocarburos ligeros, que contienen generalmente de tres a ocho átomos de carbono por molécula, se encuentran disueltos en gas natural asociado o no asociado, en un yacimiento de hidrocarburos, y son extraídos en una corriente de gas. Los componentes más ligeros (con tres a cuatro átomos de carbono, principalmente propano, butano, butilenos, propileno y sus isómeros), que son gaseosos a temperaturas estándar, en general se separan durante el procesamiento o refinamiento como producto LPG (gas licuado de petróleo por su sigla en inglés). Los componentes más pesados (de

cinco a ocho átomos de carbono), que tienden a ser líquidos a temperatura y presión estándar, son los "condensados". En caso de que los condensados (en particular, los "condensados de yacimiento") y los NGL, se contabilicen por separado, por lo general deberán sumarse para obtener la DE de los líquidos del gas natural (NGL). En cambio, si el LPG se registra individualmente, NO debe sumarse a la DE, ya que éste suele ser un producto de refinería, por lo que ya debería haberse incluido como parte de los NGL, y añadirlo a la DE supondría una doble contabilización.

#### 2.4.4.5 - A.4.3 Esquisto bituminoso y arenas bituminosas

Tabla 2.26 Materiales incluidos en la categoría de esquisto bituminoso y arenas bituminosas.

MATERIA PRIMA	DEFINICIÓN
Esquisto bituminoso	Roca sedimentaria que contiene kerógeno, un material orgánico sólido.
Arenas bituminosas	Arenas naturalmente impregnadas de bitumen, de las cuales se obtienen mezclas de hidrocarburos líquidos, y que requieren un procesamiento adicional, distinto de la mezcla mecánica, para convertirse en productos petrolíferos acabados.

Como se indica en A.4.2, los productos derivados del petróleo extraídos directamente de arenas o esquistos bituminosos in situ, deben contabilizarse como parte de esa categoría. Sólo cuando éstos se excavan físicamente, y luego se procesan o se utilizan de forma directa, deben registrarse en la categoría A.4.3. En caso de que la arena petrolífera o el esquisto bituminoso se excave físicamente, deberá contabilizarse todo el material excavado que luego se procese o utilice de forma directa, y no sólo el componente petrolífero extraído. Cuando en este supuesto sólo se registre el producto petrolífero extraído puede aplicarse por defecto un factor de 2 toneladas de arena bituminosa por barril de petróleo, para el cálculo total (Eurostat 2013); sin embargo, es recomendable intentar obtener los coeficientes locales.

En el caso de los esquistos bituminosos, los factores suelen ser considerablemente diferentes y específicos de cada lugar. Sin embargo, al momento de redactar este informe, la producción de petróleo de esquisto bituminoso real era poco significativa, y

estaba dominada a nivel mundial por un único país (Estonia), donde la mayor parte de la producción se quemaba para producir electricidad térmica.

**Nota:** el nombre "esquisto bituminoso" puede causar confusión en esta categoría. La característica esencial que define a los esquistos bituminosos pertenecientes al apartado A.4.3 es que, en realidad, no contienen petróleo, sino querógenos, compuestos que requieren un tratamiento térmico adicional para transformarse en petróleo. Sin embargo, en los últimos años se han empleado con éxito tecnologías de fracturación hidráulica para extraer gran cantidad de petróleo común de yacimientos cuya permeabilidad no permitía la extracción convencional. Estos depósitos "herméticos" también suelen denominarse "de esquisto", y el producto extraído se conoce en términos generales como "petróleo de esquisto". Se trata de un proceso y un producto totalmente diferentes de los esquistos bituminosos, y corresponden en su totalidad al petróleo de producción convencional de la categoría A.4.2.



## 3 Comercio de Materiales

---

### 3.1 Conceptos y clasificación

---

#### 3.1.1 Conceptos

---

El método para contabilizar el comercio de materiales expuesto en esta guía pretende capturar la máxima cantidad posible en términos de masa física, empleando categorías estrechamente alineadas con las utilizadas para las secciones de extracción interna. Y al mismo tiempo, busca evitar introducir errores significativos derivados de un excesivo cálculo retrospectivo de tonelajes, o de una categorización errónea de los materiales comercializados.

Una diferencia importante en el ensamblaje de las cuentas de comercio físico, en comparación con las cuentas de extracción interna, es que el riesgo de cómputo múltiple del mismo material en las cuentas de comercio es mínimo. Por ejemplo, al confeccionar las cuentas de DE, hay que prestar especial atención en no incluir la madera por primera vez cuando se tala, luego, posiblemente por segunda vez, como madera aserrada, viruta de madera o pasta, y posiblemente, una tercera vez, como papel u otros productos derivados de la madera. En general, esto no supone un problema para el comercio, ya que una vez que un producto se exporta en una forma, lógicamente no puede volver a exportarse en otra (al menos no sin que antes se reimporte). Como consecuencia de ello, el conjunto de materiales y productos contabilizados en las cuentas comerciales de la CFM-TE es mucho mayor. Mientras que la DE sólo contabiliza la madera tal como se extrae del ambiente, la cuenta comercial tratará de incluir la madera procesada y los productos derivados de la misma. Del mismo modo, mientras que las cuentas de DE del petróleo incluyen principalmente el petróleo crudo y los líquidos de gas natural, las cuentas del comercio del petróleo deberían incluir también los combustibles refinados y otros productos petrolíferos secundarios.

Aunque el conjunto de los productos comprendidos en las cuentas comerciales de la CFM-TE es mucho más amplio que en las cuentas de DE, no se ha realizado ningún intento por contabilizar la "incorporación" de los recursos naturales en el comercio físico, a excepción de aquellos materiales que son objeto de comercio físico directo. Las toneladas de materiales necesarios para fabricar un producto, que no constituyen una parte física del producto final a comercializar, no se registran en el comercio físico. Por ejemplo, aunque para producir una tonelada de metal de aluminio se hayan necesitado varias toneladas de bauxita y varias toneladas de carbón (para la electricidad necesaria), en la cuenta de comercio únicamente se computa la tonelada de aluminio comercializada. La contabilización de los materiales que se emplean en la producción de energía es objeto de diferentes metodologías, en particular la del análisis de la huella de los materiales.

Aunque la gama de productos contabilizados para el comercio es mucho más amplia que para la DE, el conjunto de los materiales reales que deberían incluirse es el mismo; es decir, se debería prestar especial atención a no incluir materiales como el agua adicional o los gases de la atmósfera, que no se contabilizan en la DE. Los primeros pueden revestir importancia en el caso de algunos productos de la biomasa, mientras que los últimos pueden tenerla en el caso de los fertilizantes (analizados en los apartados 3.3.1 y 3.3.3, respectivamente).

Los materiales que entran y salen de un país, simplemente de paso hacia su lugar de destino, se conocen como flujos en tránsito, y no deben contabilizarse ni en las cuentas de importación ni en las de exportación.

### 3.1.2 Clasificación - detalle

El esquema de clasificación empleado para el comercio físico figura en el cuadro 3.1. En este caso, las clasificaciones corresponden a las importaciones, que se definen con un prefijo B, pero se corresponden directamente con el sistema utilizado para las exportaciones, que utiliza sólo un prefijo C en el código.

Las categorías se han seleccionado para que exista la mayor correspondencia posible con las categorías utilizadas para la extracción interna, pero se han introducido algunas adicionales. Esto permite registrar otros productos con algún grado de procesamiento, e incluso algunas manufacturas, en

los que predominan. Los casos de este tipo se reflejan principalmente en las categorías que llevan un sufijo "compuesto". Por ejemplo, el sufijo compuesto B.4 permitiría al compilador registrar considerables tonelajes de importaciones de neumáticos, que suelen estar compuestos principalmente de caucho, o de material de origen petroquímico, pero que también tienen componentes significativos de metales, y quizás algo de caucho a base de biomasa.

En las secciones específicas relativas a cada material, que aparecen a continuación, se ofrece información más detallada sobre cómo utilizar este sistema a la hora de elaborar cuentas de comercio físico.

Tabla 3.1 Clasificación del comercio físico.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
B.1 BIOMASA	B.1.1 Cultivos, en crudo y procesados		B.1.1.1.1 Arroz
			B.1.1.1.2 Trigo
		B.1.1.1 Cereales	B.1.1.1.3 Maíz
			B.1.1.1.4 Cereales n.c.p.
		B.1.1.2 Raíces, tubérculos	
		B.1.1.3 Cultivos de azúcar	
		B.1.1.4 Legumbres	
		B.1.1.5 Nueces/Frutos secos	
		B.1.1.6 Cultivos oleaginosos	
		B.1.1.7 Hortalizas	
		B.1.1.8 Frutas	
		B.1.1.9 Fibras	
		B.1.1.10 Especies, plantas para bebidas, cultivos farmacéuticos	
		B.1.1.11 Tabaco	
		B.1.1.12 Otros cultivos n.c.p.	



**Tabla 3.1** Clasificación del comercio físico (Continuación).

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS	
<b>B.1 BIOMASA</b>	<b>B.1.2</b> Residuos de cultivos (utilizados) y cultivos forrajeros	B.1.2.1 Paja		
		B.1.2.2 Otros residuos de cultivos (azúcar y hojas de remolacha forrajera, etc.)		
		B.1.2.3 Cultivos forrajeros (incluida la biomasa de pastizales)		
	<b>B.1.3</b> Madera y productos de la madera	B.1.3.1 Madera en rollo (industrial)		
		B.1.3.2 Combustible de madera y otras extracciones		
	<b>B.1.4</b> Peces, animales acuáticos y plantas silvestres	B.1.4.1 Captura de peces silvestres		
		B.1.4.2 Otros animales acuáticos silvestres		
		B.1.4.3 Plantas acuáticas		
	<b>B.1.5</b> Animales vivos y productos (excluidos peces, animales acuáticos y plantas silvestres)	B.1.5.1 Animales vivos (excluidos peces y animales silvestres)		
		B.1.5.2 Carne y productos derivados		
		B.1.5.3 Productos lácteos, huevos de ave y miel		
		B.1.5.4 Otros productos de origen animal		
		<b>B.1.compuesto</b> Productos mixtos/ compuestos principalmente a partir de biomasa		
	<b>B.2 MINERALES METÁLICOS</b>	<b>B.2.Fe</b> Minerales de hierro y concentrados, hierro y acero, productos con contenido dominante de hierro		
		<b>B.2.Al</b> Contenido de metal en minerales de aluminio (elemento de memorándum)		

**Tabla 3.1** Clasificación del comercio físico (Continuación).

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
<b>B.2 MINERALES METÁLICOS</b>	<b>B.2.x</b> Contenido de metal en minerales de X, donde X es un elemento metálico específico distinto de hierro o aluminio (elemento de memorándum)		
	<b>B.2.compuesto</b> Productos mixtos/ compuestos principalmente a partir de metal		
<b>B.2.M CONTENIDO DE METALES</b>	<i>B.2.Fe.m Minerales de hierro y concentrados, hierro y acero, productos con contenido dominante de hierro</i>		
	<i>B.2.Al.m Contenido de metal en minerales de aluminio (elemento de memorándum)</i>		
	<i>B.2.x.m Contenido de metal en minerales de X, donde X es un elemento metálico específico distinto de hierro o aluminio (elemento de memorándum)</i>		
<b>B.3 MINERALES NO METÁLICOS</b>	<b>B.3.1</b> Piedra ornamental o para la construcción		
		B.3.2.1 Tiza	
	<b>B.3.2</b> Minerales carbonatados esenciales para el cemento	B.3.2.2 Dolomita	
		B.3.2.3 Piedra caliza	
		B.3.2.4 Cemento y sus subproductos	
	<b>B.3.4</b> Minerales industriales agrícolas		
	<b>B.3.5</b> Sal		
	<b>B.3.6</b> Yeso y subproductos		
<b>B.3.7</b> Arcillas		B.3.7.1 Arcillas estructurales y subproductos	
		B.3.7.2 Arcillas especiales	

**Tabla 3.1** Clasificación del comercio físico (Continuación).

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
		B.3.8.1 Arena y grava industrial	
	<b>B.3.8</b> Arena, grava, gravilla	B.3.8.2 Arena y grava para la construcción	
<b>B.3 MINERALES NO METÁLICOS</b>	<b>B.3.9</b> Otros minerales no metálicos n.c.p.		
	<b>B.3.compuesto</b> Productos mixtos/ compuestos principalmente de minerales no metálicos		
			B.4.1.1.1 Lignito
		B.4.1.1 Lignito	B.4.1.1.2 Otro carbón sub-bituminoso
			B.4.1.2.1 Antracita
	<b>B.4.1</b> Carbón y turba	B.4.1.2 Hulla	B.4.1.2.2 Carbón de coque
<b>B.4 COMBUSTIBLES FÓSILES</b>			B.4.1.2.3 Otro carbón bituminoso
		B.4.1.3 Turba	
		B.4.1.4 Productos derivados del carbón n.c.p.	
	<b>B.4.2</b> Petróleo y gas convencionales	B.4.2.1 Productos de petróleo crudo y productos líquidos de petróleo	
		B.4.2.2 Gas natural y productos petrolíferos gaseosos	

**Tabla 3.1** Clasificación del comercio físico (Continuación).

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
<b>B.4 COMBUSTIBLES FÓSILES</b>	<b>B.4.3</b> Esquisto bituminoso y arenas bituminosas		
	<b>B.4.compuesto</b> Productos a base de combustibles fósiles		
<b>B.5 PRODUCTOS MIXTOS/COMPLE- JOS n.c.p.</b>			
<b>B.6 RESIDUOS PARA TRATAMIENTO FINAL Y ELIMINACIÓN</b>			

Nota: Las importaciones de artículos se recopilan/encuentran en la Tabla B del Compilador de la CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1), mientras que las exportaciones deben recopilarse en la Tabla C.

### 3.2 Fuentes de datos

Los institutos nacionales de estadística (INE) de alrededor de 200 países ya comunican sus estadísticas comerciales a Comtrade de las Naciones Unidas. Esto significa que, en la mayoría de los países, un primer paso sería determinar quién se ocupa de ello dentro del INE y, a continuación, consultar cómo obtienen los datos primarios.

Identificar la fuente local de los datos que se comunican a Comtrade es un buen primer paso; sin embargo, cuando se trata de biomasa y combustibles fósiles, en muchos casos los INE locales u otros organismos gubernamentales pueden comunicar datos comerciales por separado a la FAO (biomasa) o a la Agencia Internacional de Energía (AIE) (combustibles fósiles), en respuesta a los cuestionarios. En tal caso, es conveniente identificar a los agentes locales que responden a la FAO y/o a la AIE, ya que los datos comerciales que

poseen estos organismos para sus materiales específicos suelen ser superiores a los que se comunican a Comtrade, quizás debido a que estas organizaciones han adquirido mayor especialización en el sector. La FAO publica sus datos comerciales gratuitamente en línea, y aunque por ello resulte útil obtener una copia de los mismos para el país en cuestión, dichos datos deben compararse con los originales proporcionados por los organismos locales. Esto se debe a que la FAO realiza un considerable trabajo de control de calidad que también incluye sus propias estimaciones por categorías. El origen de cada entrada en los datos de la FAO suele estar claramente indicado. Los organismos locales que recopilan las CFM-TE deberían estar en condiciones de recurrir a expertos locales para determinar qué estimación debe adoptarse.

Cuando los organismos locales no informan de manera sistemática a Comtrade, la FAO, la AIE, etc., es probable que exista una autoridad local que registre las importaciones y exportaciones de determinados materiales a efectos fiscales. Esto puede ser responsabilidad de las autoridades portuarias locales, los organismos de aduanas/control fronterizo o los departamentos fiscales. La capacidad de reconstruir las cuentas del

comercio físico a partir de dichos datos dependerá, en gran medida, de tres factores: la exactitud con la que se puedan hacer corresponder las categorías fiscales a las categorías físicas, el carácter físico o financiero de la base imponible (dólares por tonelada versus porcentaje del valor en dólares) y la fiabilidad con la que puedan convertirse los valores monetarios a toneladas físicas.

### 3.3 Métodos contables y directrices prácticas para la compilación de datos

La cuestión práctica más importante que debe tenerse en cuenta a la hora de compilar las cuentas comerciales de la CFM-TE, es que se trata de cuentas físicas, medidas en toneladas, y que la mayor parte del tonelaje comercializado está representado por un número relativamente pequeño de bienes básicos o casi primarios de bajo valor unitario (\$ por kg)<sup>17</sup>. Esta situación es prácticamente inversa a la de las cuentas financieras, en las que muchas de las partidas de mayor valor están relacionadas con actividades con valores unitarios muy elevados (en algunos casos, estos productos y servicios tienen poco o ningún contenido material directo).

En consecuencia, a la hora de compilar las CFM-TE, el esfuerzo invertido en garantizar que las cuentas de unos pocos bienes básicos a granel sean correctas, supondrá una mejora mucho mayor en la precisión de las cuentas que el mismo esfuerzo invertido en intentar refinar las cuentas de productos de alto valor unitario. Aunque los sistemas de clasificación utilizados para informar sobre el comercio suelen tener muchos miles de categorías, en la mayoría de los países, menos del 1 % (y a menudo <0,1 %) de las mismas representan más del 90 % del tonelaje total del volumen comercializado.

Otra razón para no dedicar mucho esfuerzo a contabilizar los bienes de mayor valor unitario en las cuentas del comercio físico, es que muchos de los productos más elaborados tienden a contener materiales de muchas categorías diferentes, y las proporciones de éstos son muy variables y difíciles de determinar. Por ejemplo, un teléfono inteligente con un valor de 1.000 dólares contiene menos de 0,5 kg de materiales, pertenecientes a al menos cuatro categorías principales (minerales ferrosos, minerales no ferrosos, minerales no metálicos y combustibles fósiles). En cambio, un mineral de hierro (o arroz, o petróleo crudo) por el valor de 1.000 dólares, contendrá miles de veces este material, que puede asignarse íntegramente a una categoría específica.

Una última razón para no dedicar mucho esfuerzo a contabilizar los bienes de mayor valor unitario es que rara vez se registran en términos de peso, sino más bien como recuento de unidades individuales, y/o en términos de valor monetario. La relación entre los elementos individuales del producto o sus valores, y su masa física, suele variar considerablemente, por lo que cualquier intento de convertirlo al comercio físico tiene quizá tantas probabilidades de introducir errores como de mejorar la cuenta<sup>18</sup>.

17 El término "Bienes Básicos" se utiliza aquí para indicar su proximidad a las materias primas originales a lo largo de una cadena de valor agregado. Mientras que el mineral de hierro y el carbón son bienes básicos, los productos como el arrabio y el acero en crudo pueden considerarse casi primarios, ya que se encuentran en las primeras fases de la posterior industrialización y una gran parte de su valor monetario se debe al coste de los productos de materias primas. En cambio, productos como los teléfonos inteligentes, los aviones y las hojas de bisturí, obtienen casi todo su valor monetario a partir de una serie de transformaciones cada vez más elaboradas a lo largo de la cadena de valor agregado, por lo que no pueden considerarse de ningún modo casi primarios.

18 En algunos de los anexos de Eurostat (2013) se han incluido tablas que convierten los productos clasificados en el sistema de la CN a unidades de peso (masa). Sin embargo, antes de utilizarlas, el compilador debe plantearse si estos factores reflejan con exactitud los productos locales, si es probable que la ampliación de las cuentas introduzca más errores de los que elimina y si se justifica el esfuerzo requerido.

En los siguientes apartados, dedicados a la compilación de cada una de las principales categorías de materiales objeto de comercio, se hará referencia repetidamente al esquema de clasificación presentado en la Tabla 3.1. Aunque ésta se refiere específicamente a las importaciones, la estructura de la tabla de exportaciones es idéntica, salvo que el prefijo C y la palabra “Exportaciones” deben sustituirse por el B e “Importaciones”, respectivamente. Las cuatro categorías principales se han denominado de forma que coincidan exactamente con las utilizadas en las cuentas de la DE; sin embargo, los nombres de las categorías comerciales pueden reflejar directamente una materia prima o la materia prima de la que se ha derivado principalmente un producto. Esto se observa claramente en los nombres de las subcategorías de 2 a 4 dígitos. Las subcategorías de 2 dígitos incluyen una subcategoría extra respecto a las presentes en la contabilidad de la DE. El sufijo reza “compuesto” y permite acumular los tonelajes de productos, en los que se considera que predomina claramente una de las principales categorías de materiales, aunque éstos se encuentren mezclados/combinados y por ende no resulte práctico atribuirlos con precisión a subcategorías más específicas.

### 3.3.1 Biomasa comercializada

En el caso de la biomasa, las descripciones a nivel de 2 a 4 dígitos deberían abarcar la mayor porción de los materiales primarios y casi primarios de biomasa relevantes. Por ejemplo, productos como el trigo, la harina de trigo, el pan de centeno, las premezclas de pan, los alimentos para mascotas, etc., se incluirían en B.1.1.1.2 o B.1.1.1.4, dependiendo del grado en que el compilador pueda determinar el/los cereal/es utilizados. Aunque el pan tiene otros componentes además de los cereales, en la mayoría de los casos el componente cereal es lo suficientemente dominante como para que incluirlo en B.1.1.12 o B1. compuesto probablemente no resulte en una pérdida de información relevante. Como siempre, se debe priorizar la información local, de modo que si el compilador dispone de información fidedigna que indique que la gran mayoría de la harina o del pan comercializados internacionalmente en su país utilizan, principalmente harina de plátano, por ejemplo, no debería dudar en clasificar el

tonelaje de pan comercializado en B.1.1.8. El objetivo es reflejar lo más fielmente posible las materias primas originales dominantes.

Del mismo modo si el compilador tiene fácil acceso a datos que indican que comercializan grandes volúmenes de un producto principalmente compuesto por cereales con un 30 % de trigo, un 30 % de arroz, un 20 % de otras materias vegetales (no especificadas) y un 20 % de subproductos de la industrialización de la carne, la solución óptima sería consignar esos porcentajes del peso comercializado de ese producto en B.1.1.1.2, B.1.1.1.1, B.1.1.12 y B.1.5.2, respectivamente.

A falta de información detallada sobre su composición, un producto similar podría clasificarse en B.1. compuesto. En un tercer caso, para un producto similar en el que el compilador tenga conocimiento de que el mismo está compuesto en un 50 % por trigo y en un 50 % por otras materias en las que predomina la biomasa no especificada, entonces sería apropiado dividir el tonelaje total por igual entre B.1.1.1.2 y B.1.compuesto.

Los ejemplos anteriores ilustran el enfoque general que debe adoptarse. Una vez más, en todo momento el compilador debería evaluar si no sería más útil emplear el tiempo dedicado a encontrar la información necesaria para realizar tales asignaciones detalladas, a comprobar y afinar las partidas de gran tonelaje en otras secciones de las cuentas, por ejemplo, garantizando quizá que el comercio de cereales a granel sea correcto con una precisión de unos pocos puntos porcentuales.

Un problema que puede afectar a algunos productos de biomasa, y que el compilador debe tener en cuenta, es el de las bebidas. El componente principal de muchas bebidas es el agua, que se ha agregado a cantidades relativamente pequeñas de productos derivados de cultivos, por lo que no deberían contabilizarse. Es el caso de los refrescos azucarados y la cerveza. En cambio, en el caso del vino y los concentrados de zumo de frutas, el contenido de agua proviene, en realidad, del cultivo tal como se cosechó, por lo que deben contabilizarse para mantener la coherencia con las cuentas de la DE. Aunque los volúmenes de estos líquidos se pueden convertir a toneladas con razonable facilidad (normalmente entre 1,0 y 1,5 toneladas por m<sup>3</sup>), a menos que el compilador pueda excluir los

principales productos con agua agregada (cerveza y refrescos), o esté seguro de que éstos representan un componente relativamente menor, puede resultar más conveniente excluir por completo las bebidas de la cuenta de comercio. Del mismo modo, aunque la mayoría de los productos lácteos deben contabilizarse en B.1.5.3, la leche líquida debería excluirse por completo, ya que su contenido de agua es superior al 85 %, o en su defecto, el tonelaje aparente debería reducirse en la misma proporción. Esto se debe a que la gran mayoría de esta agua no procede de la ingesta de biomasa de la vaca, sino del agua adicional que bebe.

Si bien la mayoría de los flujos de productos de biomasa de gran volumen se registran en toneladas u otras unidades de masa, algunos de ellos se consignan en unidades volumétricas, piezas individuales o incluso unidades de superficie o longitud. Esto es habitual en el caso de los productos madereros. Por ejemplo, de las principales categorías que la mayoría de los países ya declaran a la FAO, los diversos tipos de pasta de madera y papel se registran normalmente en toneladas, y pueden entrar directamente en las cuentas. En cambio, la madera en rollo industrial y la aserrada, la leña, los aglomerados y otros componentes se registran en m<sup>3</sup> y por tipo (coníferas o no coníferas), por lo que deben convertirse a toneladas utilizando coeficientes como los que figuran en la sección DE de Madera, u otros coeficientes locales específicos cuando sea posible.

Aunque elementos como las virutas de madera y los aglomerados aparecen en las estadísticas de la FAO como toneladas o m<sup>3</sup>, el compilador debería comprobar si los datos originales suministrados por el organismo local se habían facilitado en esas mismas unidades. A menudo, productos como los aglomerados y la madera aserrada, se registran originalmente en m<sup>2</sup> o metros lineales. En tal caso, el compilador debería revisar de forma independiente si la conversión a m<sup>3</sup> o toneladas parece razonable, en función de los conocimientos locales. Hay que tener en cuenta que las densidades por m<sup>3</sup> de la madera, de las partículas de madera y de los aglomerados varían ampliamente, incluso cuando se fabrican a partir de especies de árboles idénticas. Esto se debe a la introducción de cavidades vacías rellenas de aire en el caso de los productos granulados, y a la compresión en el caso de los tableros. En este caso, lo más apropiado es aplicar los coeficientes pertinentes a nivel local.

Sin embargo, en

[https://www.simetric.co.uk/si\\_wood.htm](https://www.simetric.co.uk/si_wood.htm) se puede encontrar una amplia gama de densidades para diferentes astillas de madera (junto con una gran variedad de densidades para otros bienes básicos a granel, tanto de biomasa como de minerales).

### 3.3.2 Minerales metálicos comercializados

No existe ningún organismo internacional equivalente, que haya alcanzado, en lo que respecta a minerales metálicos o no metálicos, un estándar de información centralizada comparable a lo que la FAO o la AIE han logrado para la biomasa y los combustibles fósiles respectivamente. Debería existir una entidad local que respondiera a los cuestionarios de Comtrade, que dispone de categorías para minerales metálicos y concentrados, y para una amplia variedad de productos metálicos. Lamentablemente, las categorías utilizadas por Comtrade no permiten establecer una distinción adecuada entre algunos productos de gran tonelaje y gran variedad (por ejemplo, los minerales y concentrados de metales individuales se encuentran agrupados). Además, la obtención de factores adecuados para convertir las unidades utilizadas en el registro de muchos productos (por ejemplo, el número de artículos) a toneladas puede resultar difícil y estar sujeta a un error significativo.

En consecuencia, la contabilización exhaustiva de esta categoría puede resultar un gran reto, y con frecuencia, el compilador deberá plantearse si ha llegado al punto en el que intentar contabilizar más productos podría introducir más errores de los que eliminaría.

El esquema del actual sistema armonizado (SA) de presentación de informes a Comtrade utiliza un método de clasificación basado en un desglose relativamente detallado de los minerales y concentrados según el principal metal contenido, por ejemplo, “2603. Minerales de cobre y sus concentrados”. Por consiguiente, resulta más práctico que las categorías de la CFM-TE para el comercio de minerales metálicos sigan el sistema utilizado para los metales contenidos que los minerales extraídos, esbozado/s en la sección 2.2.1. Así pues, las categorías resultantes se construyen como B.2.x, donde x es el metal principal. Por ejemplo, B.2.Fe para minerales y concentrados de



hierro.

En comparación con la extracción interna, se pone mucho menos énfasis en tratar de registrar la composición detallada de los minerales metálicos comercializados. Esto se debe a que resulta poco probable que existan datos registrados para el comercio, comparables con los datos operativos detallados recopilados por las explotaciones mineras de forma rutinaria. En caso de que se disponga de datos detallados sobre el contenido metálico de los minerales y concentrados comercializados, o de que puedan calcularse, deberán contabilizarse utilizando el código de metales contenidos apropiado. Estos códigos adicionales se refieren al contenido de metal puro que puede contabilizarse, y se construyen siguiendo el modelo B.2.x.m, donde x es el metal principal; por ejemplo, B.2.Cu.m y C.2.Cu.m para el cobre contenido en las importaciones y exportaciones, respectivamente. Como en el caso de la DE, las cuentas de metales contenidos se mantienen separadas de la cuenta comercial principal, y no se suman al calcular los totales, ya que esto supondría una doble contabilización.

Mientras que los minerales metálicos comercializados se clasifican por metales individuales, éstos se agregan según el sistema de tres categorías: B.2.Fe (para el hierro), B.2.Al (para el aluminio) y B.2.x (para todos los demás), más una categoría adicional B.2. compuesto (para productos compuestos elaborados principalmente con metales).

Los principales tonelajes que pueden contabilizarse con absoluta seguridad corresponderán a productos primarios o casi primarios. Por ejemplo, el mineral de hierro y sus concentrados, el arrabio, el acero, la chatarra de hierro y acero, los productos siderúrgicos básicos como barras, vigas, etc. (si se registran en toneladas) deben representar la mayor parte de B.2.Fe; la bauxita, la alúmina, los lingotes y los productos básicos de aluminio se asignarán a B.2.Al; y otros minerales metálicos, concentrados, productos básicos y compuestos como el sulfato de cobre, el óxido de titanio, el wolframio, etc., a la mayor parte de los materiales de B.2.x.

En algunos casos, cuando esté claro que contienen cantidades significativas de materiales que pueden separarse razonablemente, puede ser conveniente intentar contabilizar algunos artículos manufacturados complejos. Por ejemplo, aunque la

composición y el peso promedio exactos de los automóviles comercializados difieren según las naciones y los años, en lugar de desestimar este flujo en su totalidad, el compilador podría intentar registrarlo de una de las siguientes dos maneras. La más sencilla sería asignar a B.2. compuesto, un tonelaje igual al peso medio estimado por vehículo x el número de vehículos. Si se dispusiera de datos más específicos sobre la composición de los vehículos, se podría realizar una asignación más detallada dividiendo el tonelaje total estimado de los vehículos, por ejemplo, en un 60 % de acero (asignado tanto a B.2.Fe como a B.2.Fe.m), un 10 % de aluminio (asignado tanto a B.2.Al como a B.2.Al.m), un 15 % de caucho y plástico (asignado a B.4.compuesto Productos mixtos/compuestos procedentes principalmente de combustibles fósiles) y dejando un 15 % sin asignación. En un caso como éste, en el que puede hacerse una estimación razonable (o conservadora) tanto del tamaño promedio del artículo como de su composición, probablemente sería conveniente incluirlo.

En los casos en que los productos tengan una masa individual muy variable (por ejemplo, vehículos que no sean automóviles, utensilios metálicos, tuberías, embarcaciones, refrigeradores, etc.), intentar un cálculo de este tipo podría introducir fácilmente más errores de los que elimina. La decisión dependerá de los datos brutos de los que disponga el compilador. Se han establecido tablas de pesos estandarizadas de productos para determinados sistemas de clasificación, y se han presentado para su uso en la CFM-TE, principalmente en los anexos de Eurostat (2013). Sin embargo, se recomienda enfáticamente que el compilador juzgue por sí mismo si éstas se aplican a su situación local, y si los flujos implicados pueden ser significativos. A menudo, el esfuerzo necesario para aplicar dichos esquemas, se invertiría de manera más eficiente en refinar las estimaciones sobre flujos de productos básicos de gran tonelaje.

### 3.3.3 Minerales no metálicos comercializados

Los minerales no metálicos son similares a los minerales metálicos en el sentido de que no existe ningún organismo internacional de importancia, especializado en el establecimiento de cuentas

comerciales para esta categoría. Comtrade efectivamente solicita datos sobre el comercio de la mayoría de los minerales no metálicos, por lo que el compilador debería comprobar primero qué organismo/s local/es es/son responsable/s de comunicar los datos comerciales a Comtrade, y qué datos se están recopilando a tal efecto en esta categoría. Es probable que la asignación a las categorías de la CFM-TE sea óptima si se utilizan los datos nacionales originales y detallados, en lugar de los agregados comunicados a Comtrade. Y en segunda instancia, debería escoger la mejor manera de asignar dichas categorías de materiales a las enumeradas en la Tabla 3.1.

Un área en la que es necesario proceder con cautela es la de los minerales fertilizantes. Si bien algunos fertilizantes a granel, como los que contienen fósforo y potasio, son en gran parte de origen mineral, la clase principal de fertilizantes nitrogenados proviene predominantemente del proceso artificial Haber, en la mayoría de los casos. De este modo, la mayor parte de la masa procede del oxígeno o del nitrógeno atmosféricos, ninguno de los cuales debe contabilizarse. A menos que el compilador tenga constancia de la fuente pueden ser los depósitos minerales de nitrato, los fertilizantes de nitrato como el nitrato de amonio, deben excluirse de las cuentas del comercio físico. Esto se complica aún más con los fertilizantes mixtos, como el MAP (fosfato monoamónico) y el DAP (fosfato diamónico). Para la mayoría de estos fertilizantes mixtos, las proporciones de componentes derivados de minerales son superiores a las de los componentes derivados de la atmósfera, por lo que deben contabilizarse como minerales fertilizantes. La categoría B.3.compuesto se encuentra disponible a criterio del compilador.

### 3.3.4 Combustibles fósiles comercializados

Al igual que en el caso de la extracción interna, el primer paso para un compilador de cuentas de flujos de materiales comercializados para combustibles fósiles es comprobar si su país ya está informando a la AIE o respondiendo al Cuestionario Anual sobre Estadísticas Energéticas de la UNSD<sup>19</sup>. En caso

afirmativo, el nivel de datos que ya se está recopilando para esos fines debería ser mucho más que suficiente para el cuerpo principal de las cuentas de flujos de materiales. Construir las cuentas de flujos de materiales debería entonces ser en gran medida una cuestión de asignar las categorías detalladas de combustibles fósiles comercializados registradas para los informes de la AIE/UNSD a las categorías de combustibles fósiles enumeradas en el Cuadro 3.1, aunque en algunos casos puede ser necesario convertir las unidades, por ejemplo, convertir el gas natural de energía contenida o volumen a unidad de masa (utilizar los factores de conversión proporcionados en la sección de extracción interna de combustibles fósiles).

En el caso de que un país no reporte actualmente a ninguna de las dos agencias, y disponga de recursos muy limitados para hacerlo, se recomienda que, como mínimo, el compilador descargue el cuestionario de la UNSD y las directrices asociadas, y se esfuerce por completar al menos los campos de producción, importación y exportación para cada uno de los principales bienes básicos que figuran en las hojas de trabajo "Carbón y turba", "Petróleo" y "Gases". El Compilador de la CFM-TE del PNUMA en sus hojas de trabajo "Fossil Fuels Tool\_Imp" y "Fossil Fuels Tool\_Exp" (véase el Anexo 1).

Al igual que con las otras categorías de materiales, los combustibles fósiles comercializados deben contabilizar tanto los combustibles fósiles extraídos del medio ambiente como sus productos derivados. Así, por ejemplo, no sólo el petróleo crudo y los NGL, sino también la gasolina, el queroseno, el combustible diésel, etc. se contabilizarán bajo la categoría petróleo en las cuentas comerciales.

El único aspecto de las cuentas de flujos de materiales para los combustibles fósiles que no se cubrirá adecuadamente con los datos necesarios para rellenar el cuestionario de la División de Estadística de las Naciones Unidas es la categoría B.4.compuesto. Ésta incluirá principalmente plásticos a granel, precursores y resinas de plástico, y productos con predominio de plástico (siempre que sea posible realizar estimaciones viables de los tonelajes). Para los productos en los que predomina el plástico, el enfoque debe ser similar al descripto para los productos metálicos compuestos en la

<sup>19</sup> El cuestionario de la División de Estadística de las Naciones Unidas está disponible en <https://unstats.un.org/unsd/energy/quest.htm>, junto con orientaciones para su compilación.

sección anterior. Por ejemplo, en un país donde el comercio de neumáticos es significativo, puede ser razonable asumir un peso promedio conservador para los neumáticos importados/exportados (por ejemplo, 10 kg), luego utilizarlo para calcular los tonelajes totales a partir del número de neumáticos comercializados, y finalmente atribuir todo ello a B.4.compuesto / C.4.compuesto respectivamente. En cambio, intentar calcular los tonelajes de artículos más variables, tales como juguetes y envases de plástico, probablemente no compense el esfuerzo necesario. El conocimiento local sería importante a la hora de hacer esta valoración.



4

**Salidas de Material**

---

# 4 Salidas de Material

## 4.1 Conceptos y clasificación

Por el lado de la salida de la economía, la CFM-TE considera la masa total de materiales liberados al medio ambiente como residuos y emisiones después de haber sido utilizados en la economía interna. Los flujos de salida se producen en las fases de transformación, fabricación, uso y disposición final de la cadena económica de producción y consumo. En la CFM-TE, las salidas al ambiente se resumen como DPO.

Un equipo internacional de expertos realizó un primer intento de recopilar un conjunto de datos comparativos coherentes entre países, que dio lugar

a la publicación "The Weight of Nations" ("El Peso de las Naciones", Matthews *et al.* 2000), en la que se presentaban datos sobre la DPO de EE.UU., Japón, Austria, Alemania y Países Bajos. Desde entonces, se han hecho varios intentos de recopilar más datos empíricos y desarrollar métodos. Entre los estudios de casos publicados figuran uno para Finlandia (Muukkonen 2000), otro para la UE-15 (Bringezu y Schütz 2001), otro para la República Checa (Ščasný, Kovanda y Hák 2003) y otro para Italia (Barbiero *et al.* 2003). Además, desde 2007 la UE anima a los Estados miembros a informar sobre la DPO en el cuestionario de CFM-TE.

Tabla 4.1 Resultados seleccionados para DPO.

TONELADAS PERCÁPITA	AUSTRIA	JAPÓN	ALEMANIA	PAÍSES BAJOS	EE.UU.	FINLANDIA	ITALIA
	1996	1996	1996	1996	1996	1997	1997
Emisiones al aire	10,3	10,4	11,7	15,2	22,0	16,9	8,2
de las cuales: CO <sub>2</sub>	10,1	10,4	11,5	15,1	20,5	16,8	7,9
Residuos enviados a vertedero	1,1	0,6	0,9	0,6	1,6	1,9	1,0
de los cuales: residuos municipales		0,10	0,15	0,5		0,4	0,4
Emisiones al agua	0,01	0,01	0,04	0,04	0,03	1,4	0,2
Uso disipativo de productos	1,1	0,10	0,6	2,4	0,5	4,2	2,5

**Tabla 4.1** Resultados seleccionados para DPO (Continuación).

TONELADAS PERCÁPITA	AUSTRIA	JAPÓN	ALEMANIA	PAÍSES BAJOS	EE.UU.	FINLANDIA	ITALIA
	1996	1996	1996	1996	1996	1997	1997
de los cuales: fertilizantes orgánicos	0,7	0,09	0,3	2,3	0,3	3,8	2,3
Pérdidas disipativas	0,06		0,01		0,00		0,03
DPO din definir					1,0	1,0	
<b>DPO</b>	<b>12,5</b>	<b>11,2</b>	<b>13,1</b>	<b>18,2</b>	<b>25,1</b>	<b>25,4</b>	<b>11,8</b>

Fuentes: (Matthews *et al.* 2000: Austria, Japan, Germany, Netherlands, USA); (Muukkonen 2000: Finland); (Barbiero *et al.* 2003: Italy).

Nota: Al momento de realización de estos estudios, la DPO estaba definida incluyendo residuos enviados a vertederos. En esta Guía, los residuos enviados a vertederos controlados se excluyen de la DPO.

La cuenta de DPO comprende cinco grandes categorías:

- D.1. Emisiones a la atmósfera
- D.2. Residuos vertidos (no controlados)
- D.3. Emisiones al agua
- D.4. Uso disipativo de productos
- D.5. Pérdidas disipativas

Las tres primeras categorías (D.1. a D.3.) se refieren a las tres vías a través de las cuales los materiales se liberan inicialmente al ambiente, es decir, aire, tierra y agua, comúnmente denominadas emisiones y residuos en las estadísticas oficiales. Las dos categorías restantes (D.4. y D.5.) son categorías residuales, no totalmente atribuibles a una vía de entrada específica, sino que se atribuyen a un tipo de liberación, disipativa o deliberada, más que a una vía de entrada ambiental.

Aparentemente, puede haber solapamientos entre una distinción según las vías de entrada y una distinción según los usos disipativos y las pérdidas. Principalmente, estos posibles solapamientos se refieren a unas pocas emisiones a la atmósfera. Esencialmente, hay dos reglas prácticas que ayudan a evitar la doble contabilización entre las emisiones a la atmósfera y otras categorías de DPO:

1. Las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes del uso de productos y las emisiones de COVDM procedentes de disolventes se contabilizan en "uso disipativo de productos" y no en "emisiones a la atmósfera".
2. Las emisiones a la atmósfera procedentes de la aplicación de fertilizantes como N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub> se excluyen de D.1. "Emisiones a la atmósfera". El producto primario relacionado es el fertilizante esparcido en el suelo agrícola, que ya se contabiliza en D.4. "Uso disipativo de productos".

### 4.1.1 Cuentas ascendentes y balance completo

---

Las cuentas comunes de la DPO –como se ha descrito anteriormente– siguen un enfoque "ascendente", que deriva los datos de la DPO de las estadísticas de residuos y emisiones. En consecuencia, las categorías de DPO se orientan por vía de entrada y tipo de emisión. Los métodos de contabilidad siguen los primeros planteamientos de Matthews *et al.* (2000), que se elaboraron en el manual de Eurostat (2001) y se modificaron en la guía de compilación de Eurostat (publicada por primera vez en 2009 con varias revisiones posteriores; Eurostat 2018). Los métodos se debatieron intensamente en varios grupos de trabajo de Eurostat y se avanzó hacia la normalización. Sin embargo, aún quedan cuestiones abiertas y desafíos por resolver, por ejemplo, límites del sistema incoherentes entre las estadísticas de la CFM-TE y las estadísticas de residuos/emisiones y una cobertura incompleta de las estadísticas de residuos. Se dispone de estudios empíricos que proporcionan datos de DPO sobre Italia (Barbiero *et al.* 2003), la República Checa (Ščasný, Kovanda y Hák 2003), China (Xu y Zhang 2008) y Finlandia (Muukkonen 2000).

En los últimos años, las cuentas de existencias biofísicas y las iniciativas de economía circular han dado lugar a un enfoque diferente que ha hecho más hincapié en los flujos dentro del sistema socioeconómico, incluido el reciclaje y la

reutilización, por lo que se requiere coherencia entre las entradas y salidas, así como entre las existencias. Estos estudios exigen una estructuración clara de la DPO a lo largo de las categorías de materiales con el fin de que el balance de materiales se cierre de forma coherente. Sin embargo, las estadísticas sobre residuos no siempre permiten el detalle necesario, y las inconsistencias entre los datos de entrada y los de salida pueden impedir un cierre satisfactorio del balance. Para evitar estos problemas, se desarrollan métodos que vinculan de forma consistente los flujos de entrada y salida en función de los correspondientes procesos de conversión de materiales, y que tienen en cuenta las existencias de materiales («modelización descendente»). Para más información sobre métodos y datos empíricos, véase, por ejemplo, Haas *et al.* (2015).

Al momento de la publicación, no es posible proporcionar procedimientos por defecto con nivel de detalle suficiente como para ajustarse a todas las necesidades. Las siguientes recomendaciones siguen el enfoque ascendente de Eurostat y destacan las cuestiones abiertas con un balance completo. Las siguientes directrices son de carácter general e inevitablemente dejarán preguntas sin respuesta. Sin duda, será necesario el criterio y la creatividad del profesional para aplicar estas normas generales a la situación nacional concreta. Una buena práctica consiste en especificar claramente los supuestos asumidos y las fuentes de datos utilizadas, de modo que pueda evaluarse la cuestión de la exhaustividad.

## 4.2 Emisiones a la atmósfera

---

### 4.2.1 Conceptos y clasificaciones

---

Las emisiones a la atmósfera son materiales gaseosos o en partículas liberados a la atmósfera a partir de procesos de producción o consumo en la economía. En la CFM-TE, las emisiones a la atmósfera comprenden 15 categorías principales de

materiales a nivel de 2 dígitos, como se muestra en la Tabla 4.2.



**Tabla 4.2** DPO: emisiones a la atmósfera.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS
<b>D. 1 EMISIONES A LA ATMÓSFERA</b>	D.1.1 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	D.1.1.1 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) procedente de combustión de biomasa
		D.1.1.2 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) excluyendo combustión de biomasa
	D.1.2 Metano (CH <sub>4</sub> )	
	D.1.3 Óxido de dinitrógeno (N <sub>2</sub> O)	
	D.1.4 Óxidos nitrosos (NO <sub>x</sub> )	
	D.1.5 Hidrofluorocarbonos (HFCs)	
	D.1.6 Perfluorocarbonos (PFCs)	
	D.1.7 Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> )	
	D.1.8 Monóxido de carbono (CO)	
	D.1.9 Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM)	
	D.1.10 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	
	D.1.11 Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	
	D.1.12 Metales pesados	
	D.1.13 Contaminantes orgánicos persistentes (COP)	
	D.1.14 Partículas (por ejemplo, PM10, polvo)	
D.1.15 Otras emisiones a la atmósfera		

Nota: Estos elementos se recopilan en la Tabla D del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1).

### 4.2.2 Fuentes de datos habituales y evaluación de la disponibilidad de datos

En comparación con las estadísticas agrícolas, mineras o comerciales, la experiencia en la elaboración de informes estadísticos sobre

emisiones atmosféricas se ha desarrollado en un periodo de tiempo relativamente corto. En consecuencia, los datos procedentes de distintas fuentes están menos armonizados y es probable que existan brechas en el registro histórico. En general, para la compilación de las CFM-TE deben utilizarse fuentes de datos nacionales.

Al igual que en otras categorías, existe una serie de requisitos y normas internacionales de información que deben cumplir las instituciones estadísticas. Los datos recopilados en estos contextos pueden utilizarse para rellenar las ETMA; sin embargo, en algunos casos, será necesario manipular los datos, ya que los datos procedentes de distintas fuentes están menos armonizados y es probable que se existan brechas en el registro histórico.

A continuación, se describen tres inventarios significativos de emisiones a la atmósfera. Se basan en datos nacionales y se recopilan posteriormente en bases de datos internacionales.

### 4.2.3 Informes existentes

#### Inventarios nacionales de gases de efecto invernadero en el marco común del IPCC

A los países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se les solicitan elaboren sus inventarios nacionales de gases de efecto invernadero de acuerdo con las directrices respectivas del IPCC, es decir, en el formato común de presentación de informes (CRF).

Los inventarios nacionales cubren las emisiones a la atmósfera que tienen un potencial de gases de efecto invernadero, es decir, que contribuyen directa e indirectamente al calentamiento global. El último perfeccionamiento de estas directrices se publicó en 2019 (IPCC 2019) y cubre las fuentes y sumideros de los siguientes gases de efecto invernadero directos:

- CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono)
- CH<sub>4</sub> (metano)
- N<sub>2</sub>O (óxido de dinitrógeno)
- HFC (hidrofluorocarbonos)
- PFC (perfluorocarbonos)
- SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre)

así como los gases de efecto invernadero indirectos:

- NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrógeno)

- COVDM (compuestos orgánicos volátiles distintos del metano)
- CO (monóxido de carbono)
- SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre)

Los datos específicos de cada país están disponibles en UNFCCC<sup>20</sup>.

**Nota:** Los datos comunicados al IPCC (es decir, a la CMNUCC/UNFCCC) se basan en el principio del territorio, contabilizando únicamente las emisiones producidas en el territorio específico. Para utilizar estos datos en el marco de la CFM-TE, es necesario convertirlos al principio de residencia, en el que se incluyen las emisiones de los emisores de una nacionalidad específica pero fuera del territorio. Para ello, Eurostat elaboró "tablas puente", tal como se describe en el Manual de Eurostat para las cuentas de emisiones a la atmósfera (Eurostat 2015).

*Puede encontrarse información general sobre el principio de residencia y sus implicaciones para la DPO en el manual de Eurostat sobre cuentas de flujos de materiales en el total de la economía (Eurostat 2018), capítulos 2.3 y 4.7.*

#### Convenio de la UNECE CEPE sobre contaminantes atmosféricos transfronterizos a gran distancia (CLRTAP)

El CLRTAP se firmó en 1979 y entró en vigor en 1983. Con 51 partes de los 56 Estados miembro de la CEPE/UNECE, el Convenio abarca la mayor parte de la región: Europa, América del Norte y Asia. Este Convenio se centra en los contaminantes atmosféricos clásicos.

La obligación de informar abarca las siguientes sustancias:

- SO<sub>x</sub> (óxidos de azufre)
- NO<sub>x</sub>
- CO
- COVDM (NMVOC)
- NH<sub>3</sub>
- PM<sub>2,5</sub>
- PM<sub>10</sub>
- Pb (plomo)

20 [http://unfccc.int/ghg\\_data/items/3800.php](http://unfccc.int/ghg_data/items/3800.php)

- Cd (cadmio)
- Hg (mercurio)
- PAHs (suma de los cuatro hidrocarburos aromáticos policíclicos indicadores)
- PCDD/F
- HCB (hexaclorobenceno)
- PCBs (bifenilos policlorados)

**Nota:** Al igual que los datos de la CMNUCC, los de la CEPE se basan en el principio del territorio. Para utilizar estos datos en las cuentas de la CFM-TE, es necesario convertirlos al principio de residencia. Para ello, Eurostat elaboró "tablas puente", tal como se describe en el Manual de Eurostat para las cuentas de emisiones a la atmósfera (Eurostat 2015).

*Puede encontrarse información general sobre el principio de residencia y sus implicaciones para la DPO en el manual de Eurostat sobre cuentas de flujos de materiales en el total de la economía (Eurostat 2018), capítulos 2.3 y 4.7.*

### Cuentas de emisiones a la atmósfera (CEA/AEA)

Las AEA registran los flujos de materiales gaseosos y en partículas (seis gases de efecto invernadero, incluido el CO<sub>2</sub>, y siete contaminantes atmosféricos) emitidos por la economía a la atmósfera.

Las AEA son coherentes con el marco de oferta y uso del sistema de cuentas nacionales, desglosado en 64 industrias emisoras más los hogares. Al seguir el principio de residencia de las cuentas nacionales, se incluyen las emisiones de las unidades económicas residentes, aunque estas se produzcan fuera del territorio (por ejemplo, las compañías aéreas y navieras residentes que operan en el resto del mundo). Estas dos características hacen que la AEA sea especialmente adecuada para la elaboración de modelos y análisis ambientales y económicos integrados, por ejemplo, de "huellas de carbono" y escenarios de modelización del cambio climático, que es su principal objetivo. Por otro lado, la estructura de los datos y las convenciones aplicadas son diferentes de los inventarios de emisiones tradicionales, por ejemplo, las estadísticas de la CEPE y del IPCC.

**Nota:** Los datos de la AEA se ajustan al principio de residencia y, si están disponibles, deben utilizarse.

como fuente de datos primaria para el CFM-TE. Consulte el Manual de Eurostat para las cuentas de emisiones atmosféricas (Eurostat 2015).

Dado que los tres sistemas contables sirven para fines diferentes, su cobertura y las convenciones aplicadas difieren entre sí. En términos prácticos, será necesaria una combinación de fuentes de datos para completar las cuentas CFM-TE. Las cuestiones más relevantes a tener en cuenta se describirán en la siguiente sección.

### Convenciones

La terminología de las emisiones a la atmósfera sigue las normas internacionales armonizadas del IPCC, la CEPE o la AEA.

Para los límites del sistema, una regla general que debe aplicarse es que la categoría "emisiones a la atmósfera" indica el peso total de los materiales liberados a la atmósfera por unidades nacionales residentes en un territorio económico nacional y en el extranjero. Las siguientes son excepciones:

- Todas las emisiones a la atmósfera enumeradas como "elementos de balance de salida" no se incluyen en la DPO.
- Las emisiones procedentes de la aplicación de fertilizantes no se incluyen en D.1, ya que esto representaría una doble contabilización con el "uso disipativo de productos".
- Las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes del uso de productos y las emisiones de COVDM por disolventes se contabilizan en "uso disipativo de productos".
- Las emisiones a la atmósfera derivadas del desgaste de los neumáticos y frenos de los automóviles y de la abrasión de las carreteras se contabilizan en "pérdidas por disipación".
- Los "búncers internacionales" describen las emisiones procedentes del combustible utilizado en buques o aeronaves en el transporte internacional. Consisten predominantemente en CO<sub>2</sub> procedente de la combustión de combustibles fósiles. Su cantidad puede ser muy significativa para algunos países. De ahí que deban incluirse en la DPO.

**Nota:** Al utilizar los inventarios de emisiones, hay que tener en cuenta varios puntos, ya que el límite del sistema CFM-TE no es necesariamente idéntico a los límites del sistema aplicados en los inventarios de emisiones mencionados:

- Como ya se ha mencionado, los inventarios del IPCC y de la CEPE se basan en el principio del territorio, a diferencia de la AEA, que aplica el principio de residencia y contabiliza las actividades económicas de los residentes, independientemente de que desarrollen su actividad en el territorio económico nacional o en el extranjero (es decir, incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> de los búnkeres internacionales). Por lo tanto, se recomienda utilizar la AEA como fuente de datos primaria para todas las emisiones pertinentes de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos. En los casos en que se utilicen datos del IPCC y/o de la CEPE, será necesario realizar ajustes, por ejemplo, aplicando las "tablas puente" de las cuentas de emisiones a la atmósfera del Manual de Eurostat para las cuentas de emisiones a la atmósfera (Eurostat 2015).
- Dado que el IPCC suele informar de los totales de GWP (potencial de calentamiento global) calculados siguiendo un complejo conjunto de reglas y en equivalentes a CO<sub>2</sub> en lugar de toneladas métricas, es necesario utilizar los inventarios subyacentes en lugar de los totales para compilar las emisiones a la atmósfera. Es aconsejable realizar una comprobación cruzada con las directrices metodológicas (IPCC 2019). Además, el IPCC recomienda notificar las emisiones de los búnkeres internacionales por separado y no como parte de los totales.

### Estimaciones

Hay una serie de casos en los que los datos sobre emisiones deben estimarse: (1) si los datos no están disponibles en toneladas, (2) si no hay datos disponibles y las emisiones deben estimarse aplicando coeficientes a los datos de entrada, (3) cuando faltan datos para series temporales más largas, y (4) cuando los datos se notifican sin contenido de oxígeno (por ejemplo, como carbono en lugar de CO<sub>2</sub>).

Un buen ejemplo para la estimación de las emisiones a la atmósfera es el Manual de Eurostat para las cuentas de emisiones a la atmósfera (Eurostat 2015).

### Contenido de oxígeno

El oxígeno se extrae de la atmósfera durante la combustión de combustibles fósiles y otros procesos industriales. En general, la captación de oxígeno de la atmósfera durante la producción y el consumo es sustancial y representa aproximadamente el 20 % en peso de los insumos materiales de las economías industriales (Matthews *et al.* 2000). En la CFM-TE, este oxígeno atmosférico no se incluye en los totales del lado de los insumos (DE, DMC y DMI), pero sí en los totales del lado de los productos (DPO). La razón es que el oxígeno forma parte de los contaminantes y los gases de efecto invernadero, y estas emisiones suelen notificarse y analizarse con su contenido de oxígeno. Para llegar a un balance de masa completo, el oxígeno que falta en el lado de entrada se notifica como un elemento del balance de entrada.

## 4.2.4 Métodos contables y directrices prácticas para la compilación de datos

A continuación, se ofrecen las definiciones de las categorías basadas en la guía de compilación de Eurostat (Eurostat 2013).

### 4.2.4.1 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedente de la combustión de biomasa

Esta subcategoría incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de biomasa de las siguientes fuentes:

- Biocombustibles como el biodiésel y el bioetanol.
- Biogás utilizado como biocombustible o como combustible para producir electricidad y calor.
- Biomasa para producir electricidad y calor (principalmente madera y residuos de cosechas agrícolas).

- Biomasa utilizada en zonas rurales de países en desarrollo, especialmente leña y residuos o desechos de la agricultura y la silvicultura (también denominada biomasa tradicional) (REN21 2005).

Esta subcategoría **no** incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de:

- Uso de la tierra y cambios en el uso de la tierra (considerados flujos dentro del medio ambiente).
- Respiración humana o animal (consideradas como elementos de balance de salida).

#### 4.2.4.2 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) excluida la combustión de biomasa

Esta subcategoría incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la combustión de combustibles fósiles de las siguientes fuentes:

- Fuentes energéticas (por ejemplo, petróleo).
- Fuentes no energéticas no bióticas (industria, agricultura, residuos).
- Búnkeres internacionales – estimación siguiente (IPCC 2019); se recomienda que el contable facilite información sobre qué método de estimación se ha utilizado en una nota a pie de página.

#### 4.2.4.3 Metano (CH<sub>4</sub>)

Esta subcategoría incluye las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de las siguientes fuentes:

- Descomposición anaeróbica (sin oxígeno) de residuos en vertederos.
- Digestión animal.
- Descomposición de residuos animales.
- Producción y distribución de gas natural y petróleo.
- Producción de carbón.
- Combustión incompleta de combustibles fósiles.

**Nota:** Las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de vertederos no controlados no se incluyen en el total de "emisiones a la atmósfera". Pueden declararse como un elemento de memorándum.

#### 4.2.4.4 Óxido de dinitrógeno (N<sub>2</sub>O)

Esta subcategoría incluye las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de las siguientes fuentes (IPCC 2017):

- Combustión de combustibles fósiles.
- Procesos industriales.
- Quema de biomasa.
- Ganadería y cebaderos.

El óxido de dinitrógeno es un gas incoloro, no inflamable, con un olor ligeramente dulce. Se utiliza en cirugía y odontología por sus efectos anestésicos y analgésicos. También se utiliza como oxidante en motores de combustión interna. El N<sub>2</sub>O actúa como un potente gas de efecto invernadero, ya que su potencial de calentamiento global es 300 veces superior al del CO<sub>2</sub> (IPCC 2007).

Esta subcategoría **no** incluye las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de:

- Uso de productos (deberían asignarse a "uso disipativo de productos").
- Agricultura.
- Residuos enviados a vertederos no controlados.

#### 4.2.4.5 Óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>)

Esta subcategoría incluye las emisiones de NO<sub>x</sub> procedentes de las siguientes fuentes (EEA 2017a):

- Transporte por carretera.
- Producción y distribución de energía.
- Instituciones comerciales y hogares.
- Uso de la energía en la industria.
- Transporte no carretero.
- Procesos industriales.
- Agricultura.

- Uso de disolventes y productos.
- Residuos.

El dióxido de nitrógeno es el compuesto químico NO<sub>2</sub>. Este gas naranja/marrón es uno de los varios NO<sub>x</sub>, con un característico olor penetrante y mordaz. El NO<sub>2</sub> es uno de los contaminantes atmosféricos más destacados y un veneno respiratorio.

#### 4.2.4.6 Hidrofluorocarbonos (HFC)

Esta subcategoría incluye las emisiones de HFC procedentes de las siguientes fuentes:

- Proceso de fabricación y a lo largo de la vida útil de refrigeradores, aparatos de aire acondicionado, etc.
- Producción de metales y semiconductores.

Los HFC son gases producidos comercialmente que se utilizan como sustitutos de los clorofluorocarbonos.

#### 4.2.4.7 Perfluorocarbonos (PFC)

Esta subcategoría incluye las emisiones de PFC procedentes de las siguientes fuentes:

- Fundición de aluminio.
- Enriquecimiento de uranio.
- Fabricación de semiconductores.

#### 4.2.4.8 Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Esta subcategoría incluye las emisiones de SF<sub>6</sub> procedentes de las siguientes fuentes:

- Aislamiento de equipos de alta tensión.
- Fabricación de sistemas de refrigeración de cables.

#### 4.2.4.9 Monóxido de carbono (CO)

Esta subcategoría incluye las emisiones de CO procedentes de la siguiente fuente:

- Combustión incompleta de compuestos que contienen carbono, especialmente en motores de combustión interna.

El CO tiene un importante valor como combustible, ya que arde en el aire con una llama azul característica y produce dióxido de carbono. El CO es valioso en la tecnología moderna, ya que es precursor de un gran número de productos, como la fabricación de productos químicos a granel.

#### 4.2.4.10 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

Esta subcategoría incluye las emisiones de SO<sub>2</sub> procedentes de las siguientes fuentes:

- Producción y distribución de energía.
- Uso de energía en la industria (procesos industriales como la extracción de metales a partir de menas).
- Procesos industriales y uso de productos.
- Comercio, instituciones, hogares.
- Transporte no carretero (locomotoras, barcos y otros vehículos y equipos pesados que queman combustible con alto contenido en azufre).

El dióxido de azufre es un gas incoloro con un olor penetrante y asfixiante. Se disuelve fácilmente en agua para formar una solución ácida (ácido sulfuroso) y es unas 2,5 veces más pesado que el aire.

#### 4.2.4.11 Metales pesados

Esta subcategoría incluye las emisiones de metales pesados procedentes de las siguientes fuentes:

- Transporte por carretera.
- Sector "Procesos industriales y uso de productos".

Los metales pesados son un grupo de elementos entre el cobre y el bismuto en la tabla periódica de los elementos que tienen gravedades específicas superiores a 5,0 (EIONET 2017). Todos los elementos más conocidos, a excepción del bismuto y el oro, son tóxicos.

#### 4.2.4.12 Contaminantes orgánicos persistentes (COP)

Esta subcategoría incluye las emisiones de COP procedentes de las siguientes fuentes (EEA 2017b):



- Sector "comercial, institucional y hogares".
- Sector "Procesos industriales y uso de productos".

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son compuestos orgánicos resistentes a la degradación ambiental mediante procesos químicos, biológicos y fotolíticos. Por ello, se ha observado que persisten en el medio ambiente, pueden transportarse a grandes distancias, se bioacumulan en los tejidos humanos y animales, se biomagnifican en las cadenas alimentarias y pueden tener efectos significativos en la salud humana y el ambiente.

En mayo de 1995, el Consejo de Administración del PNUMA decidió empezar a investigar los COP, comenzando inicialmente con una lista reducida de doce COP, que se ha ido ampliando desde entonces. Los grupos de compuestos que forman los COP también se clasifican como PBT (persistentes, bioacumulativos y tóxicos) o TOMP (microcontaminantes orgánicos tóxicos).

#### 4.2.4.13 Partículas (por ejemplo. PM10, polvo)

Esta subcategoría incluye las emisiones de PM10 procedentes de las siguientes fuentes (EEA 2017a):

- Transporte por carretera
- Agricultura
- Sector de "producción y distribución de energía"

Las PM10 son partículas que varían en tamaño y forma, tienen un diámetro de hasta 10 micras y están formadas por una mezcla compleja de muchas sustancias diferentes, como hollín (carbono), partículas de sulfato, metales y sales inorgánicas como la sal marina.

#### 4.2.5 Cuestiones específicas de los países en desarrollo

Es recomendable investigar si las actividades de la economía de subsistencia están cubiertas por las cuentas de emisiones al menos como valores imputados y, de no ser así, sería aconsejable buscar estudios de casos que proporcionen la información que falta.

### 4.3 Residuos enviados a vertederos

#### 4.3.1 Introducción

Por definición, los residuos se refieren a materiales que ya no tienen utilidad para el generador para producción, transformación o consumo. Los residuos pueden generarse durante la extracción de materias primas, durante la transformación de materias primas en productos intermedios y finales, durante el consumo de productos finales y en el contexto de otras actividades.

En los países industrializados, la mayoría de los flujos de residuos se depositan en vertederos controlados, que están sujetos a gestión y tratamiento. Un vertedero se define como un depósito de residuos en o sobre la tierra, tanto en forma de vertedero especialmente diseñado como

de almacenamiento temporal durante más de un año en un emplazamiento de eliminación. Un vertedero controlado es aquel cuya explotación está sujeta a un sistema de autorizaciones y a procedimientos de control técnico con arreglo a la legislación nacional vigente. A efectos de la CFM-TE, los flujos de residuos hacia vertederos controlados se consideran flujos dentro del sistema socioeconómico y no se contabilizan en la DPO.

Solo deben contabilizarse los residuos eliminados fuera de estos vertederos controlados, es decir, los depósitos no controlados en tierra o los vertidos "en la naturaleza/ilegales". Estos flujos de residuos deben consignarse en D.2. Las cantidades respectivas se consideran pequeñas en los países industrializados debido a las estrictas normativas, pero pueden ser significativas en otros países.



### 4.3.2 Convenciones y límites del sistema

**Límites del sistema:** sólo los residuos depositados en vertederos no controlados (vertidos "en la naturaleza/ilegales") se consideran una salida a la naturaleza y, por tanto, parte de la DPO. En consecuencia, no se tienen en cuenta las emisiones de los vertederos no controlados, ya que ello constituiría una doble contabilización. Por el contrario, los vertederos controlados, es decir, mantenidos, deben considerarse parte del sistema

socioeconómico.

Por lo tanto, los residuos depositados en vertederos controlados deben contabilizarse como una adición a las existencias. Al mismo tiempo, las salidas al medio ambiente de los depósitos de residuos, es decir, las emisiones al agua o al aire de los vertederos controlados, deben considerarse DPO. Esto puede incluir flujos no intencionados como fugas y filtraciones de agua (conceptualmente parte de las pérdidas disipativas D.5), así como emisiones controladas al aire o al agua.

Tabla 4.3 DPO: residuos depositados en vertederos.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS
<b>D.2 RESIDUOS DEPOSITADOS EN VERTEDEROS (NO CONTROLADOS)</b>	D.2.1 residuos municipales (no controlados)	
	D.2.2 residuos industriales (no controlados)	
<i>RESIDUOS DISPUESTOS EN VERTEDEROS CONTROLADOS (ELEMENTO DE MEMORÁNDUM)</i>		

Nota: Estos elementos se compilan en la Tabla D del Compilador CFM-TE de la UNEP (ver Anexo 1).

Aunque esta distinción entre vertederos controlados y no controlados se acepta por motivos conceptuales, hay razones para tener en cuenta los **vertederos controlados como un elemento de memorándum**. En primer lugar, puede resultar difícil separar los vertederos controlados de los no controlados en las estadísticas nacionales. En ese caso, la información sobre ambos podría ayudar a estimar una serie temporal de residuos destinados a vertederos no controlados. En segundo lugar, los datos sobre la cantidad total de residuos producidos proporcionan información valiosa para las estimaciones en el proceso de recopilación de datos de la DPO (por ejemplo, estimaciones de DPO a la atmósfera y al agua procedentes de vertederos, etc.), así como en las cuentas de existencias de materiales. Podría nutrir el análisis secundario, por ejemplo, de las tasas de reciclado y reutilización,

sirviendo de referencia para las políticas que abordan cuestiones ambientales relacionadas con la generación y el tratamiento de residuos. Por lo tanto, se recomienda que la disposición de residuos en vertederos controlados figure como elemento de memorándum.

**Contenido en agua:** los residuos suelen indicarse en peso húmedo (incluyendo el contenido de agua). Si un flujo de residuos es de cantidad considerable, debe intentarse proporcionar también el valor de la materia seca.

### 4.3.3 Recopilación de datos

Si es posible, los flujos de residuos deben distinguirse en **residuos municipales y residuos**

**industriales.** A menudo, las estadísticas sobre residuos u otras fuentes sólo informan directamente el total de residuos depositados en vertederos no controlados. Si es así, las cifras de residuos depositados en vertederos deben tomarse como totales para la contabilidad de D.2 sin más distinción.

Los **residuos de construcción y demolición** incluyen los escombros y otros materiales de desecho procedentes de la construcción, demolición, renovación o reconstrucción de edificios o partes de ellos, ya sea en la superficie o bajo tierra. Consisten principalmente en materiales de construcción y tierra, incluida la tierra excavada. Incluye residuos de todos los orígenes y de todos los

sectores económicos. Para cumplir los requisitos de la CFM-TE, debe prestarse especial atención a evitar la doble contabilización, pero también a incluir todos los flujos pertinentes para obtener un conjunto de datos completo. Esto se aplica, en particular, a los suelos excavados: por el lado de los insumos, el suelo o la tierra excavados representan la extracción interna no usada, que no forma parte de los insumos materiales directos de la economía. En consecuencia, la tierra excavada no utilizada debe omitirse también de la producción interna procesada de la economía. Sólo las partes usadas de la tierra excavada deben incluirse tanto en el lado de las entradas como en el de las salidas de la CFM-TE.

## 4.4 Emisiones al agua

### 4.4.1 Introducción

Las emisiones al agua consisten en materiales que cruzan la frontera desde la economía de regreso al ambiente, con el agua como vía de entrada. Incluyen sustancias y materiales liberados a las aguas naturales por actividades humanas después o sin pasar por el tratamiento de aguas residuales. Esta categoría incluye más o menos los vertidos de las

depuradoras municipales o industriales. La única excepción es la categoría D.3.5. "Vertido de materiales al mar".

Con sólo un 1 %, las emisiones al agua representan la categoría más pequeña de la DPO (Matthews *et al.* 2000).

Las emisiones al agua comprenden cinco categorías principales, enumeradas en el cuadro 4.4.

Tabla 4.4 DPO: emisiones al agua.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS
	D.3.1 Nitrógeno (N)	
	D.3.2 Fósforo (P)	
D.3 Emisiones al agua	D.3.3 Metales pesados	
	D.3.4 Otras sustancias y materiales (orgánicos)	
	D.3.5 Vertido de materiales al mar	

Nota: Estos elementos se recopilan en la Tabla D del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1).

## 4.4.2 Convenciones y límites del sistema

---

**Unidad de reporte:** las estadísticas sobre contaminación del agua suelen utilizar una terminología específica de reporte. Se han centrado tradicionalmente en la concentración de contaminantes en los cuerpos de agua, medida en cantidad por volumen. Sin embargo, en términos de CFM-TE los datos deben incluirse como flujos de contaminantes en los cuerpos de agua (normalmente medidos en cantidad por año).

Mientras que los contaminantes inorgánicos nitrógeno y fósforo, así como los metales pesados, suelen notificarse como elementos, los contaminantes orgánicos se notifican como compuestos utilizando diversos indicadores agregados indirectos. Debido a la escasa importancia cuantitativa de las emisiones al agua en las cuentas globales de flujo de materiales, una estimación detallada no tiene prioridad alta.

**Fuentes puntuales y difusas:** las emisiones al agua suelen notificarse como flujos procedentes de fuentes puntuales (plantas municipales de tratamiento de aguas residuales y vertidos directos industriales) y de fuentes difusas. En el caso de la categoría D.3., solo deben tenerse en cuenta las emisiones procedentes de fuentes puntuales, mientras que las emisiones procedentes de fuentes difusas deben incluirse en la categoría D.4. de la DPO "Uso disipativo de productos".

**Límites del sistema:** las emisiones al agua son materiales que cruzan la frontera desde la economía de regreso al ambiente, con el agua como vía de entrada. Por lo tanto, las emisiones al agua deben contabilizarse en el estado en que se encuentran en el momento de su vertido al ambiente. En caso de tratamiento de las aguas residuales, se trata del estado posterior al tratamiento. De lo contrario, se refiere a las sustancias o materiales liberados directamente al ambiente a través del agua.

## 4.4.3 Recopilación de datos

---

### Nitrógeno (N), fósforo (P), y metales pesados

El **nitrógeno (N)** total representa la suma de todos los compuestos nitrogenados. El nitrógeno procedente de la agricultura no se incluye en la categoría de emisiones al agua porque ya está incluido en la categoría "uso disipativo de productos" como fertilizantes nitrogenados. Las emisiones de N al agua incluyen las emisiones por aguas residuales de los hogares y la industria.

Al igual que con el nitrógeno, el **fósforo (P)** total representa la suma de todos los compuestos de fósforo. Las emisiones de P al agua incluyen las emisiones por aguas residuales de los hogares y la industria y no incluyen las emisiones de la agricultura, ya que éstas se incluyen de nuevo en la categoría "uso disipativo de productos" como fertilizantes fosforados.

Los **metales pesados** pueden proceder de vertidos municipales e industriales.

Pueden aplicarse dos **enfoques contables** a estas tres emisiones al agua:

En primer lugar, los flujos anuales de contaminantes (en cantidad por año) pueden derivarse de las estadísticas sobre emisiones al agua, si se dispone de ellas.

En segundo lugar, las emisiones al agua pueden estimarse a partir del valor límite máximo legal de cada contaminante multiplicado por la cantidad de agua tratada por las depuradoras. Este enfoque supone que las plantas respetan la normativa legal y que la concentración de contaminantes en el agua emitida se aproxima al máximo legal.

El valor estimado a partir del segundo enfoque puede dar lugar tanto a sobreestimaciones como a subestimaciones. Se recomienda encarecidamente un análisis más detallado de la situación específica nacional o local.

### Otras sustancias y materiales (orgánicos)

Las sustancias orgánicas suelen indicarse en los inventarios de emisiones de agua como indicadores sintéticos indirectos (indicadores compuestos). Los más utilizados son:

- DBO (demanda biológica de oxígeno),
- DQO (demanda química de oxígeno),
- COT (carbono orgánico total) y
- AOX (compuestos orgánicos halogenados absorbibles).

**Tenga en cuenta** que todos estos indicadores miden las sustancias orgánicas en el agua utilizando un método indirecto diferente. Por lo tanto, los valores notificados para estos indicadores no deben incluirse directamente en el CFM-TE ni agregarse. Es necesario:

1. Tomar una decisión sobre cuál de los indicadores utilizar. Nuestra recomendación es tomar el COT, si está disponible, ya que es el indicador más completo y sensible.
2. Convertir la cantidad notificada, que indica indirectamente las sustancias orgánicas, en la cantidad de la propia sustancia orgánica mediante una ecuación estequiométrica simplificada.

### Vertido de materiales en el mar

El vertido de materiales en el mar no es un formato de reporte común. La categoría incluye un complejo compuesto de flujos muy diferentes, procedentes de diversas fuentes de datos, que a menudo son incoherentes e incompletas. Los datos también pueden no estar disponibles en absoluto. Se debe prestar atención a no incluir materiales que forman parte de la extracción interna no usada, como el dragado, para ser coherentes con el lado de entrada de materiales.

A continuación, se ofrece información que puede ayudar en el proceso de recopilación de datos.

Los flujos de materiales incluidos en el "vertido al mar" pueden diferenciarse en basura de origen terrestre y basura de origen marino:

La **basura de origen marino** incluye la procedente de la industria pesquera, la navegación (por ejemplo, turismo, transporte), la minería y extracción en alta mar, los vertidos ilegales en el mar y los aparejos de pesca desechados.

La **basura de origen terrestre** comprende la que llega a los océanos desde las regiones costeras y la que llega a través de los ríos. Incluye los vertidos a los océanos y mares procedentes de vertederos, ríos y aguas de crecidas, vertidos industriales, vertidos de desagües pluviales, aguas residuales municipales no tratadas y ensuciamiento de playas y zonas costeras (turismo).

## 4.5 Uso disipativo de productos

---

### 4.5.1 Introducción

---

"Algunos materiales se disipan deliberadamente en el ambiente porque la dispersión es una cualidad inherente al uso o la calidad del producto y no puede

evitarse" (Matthews *et al.* 2000, p. 27). En la Tabla 4.5 se enumeran los productos que se utilizan como disipadores:

**Tabla 4.5** DPO: uso disipativo de productos.

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS
<b>D.4 USO DISIPATIVO DE PRODUCTOS</b>	D.4.1 Fertilizante orgánico (estiércol)	
	D.4.2 Fertilizante mineral	
	D.4.3 Lodos de depuradora	
	D.4.4 Compost	
	D.4.5 Pesticidas	
	D.4.6 Semillas	
	D.4.7 Sal y otros materiales de deshielo esparcidos en las carreteras	
	D.4.8 Disolventes, gas hilarante y otros	

Nota: Estos elementos se recopilan en la Tabla D del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1).

Matthews *et al.* (2000) fueron los primeros en intentar contabilizar estos flujos como parte de un CFM-TE. Sus resultados para 1996 muestran, por ejemplo, que los fertilizantes minerales aplicados oscilaban entre 17 kilogramos per cápita (kg/cap) por año en Japón, y unos 110 kg/cap en Austria y Alemania, el estiércol esparcido entre 105 kg/cap en Japón y 2.282 kg/cap en los Países Bajos, los lodos de depuradora entre 4 kg/cap en los Países Bajos y 13 kg/cap en Alemania, los pesticidas entre 0,4 kg/cap en Alemania y 3 kg/cap en Austria, y los materiales de gravilla entre 26 kg/cap en Alemania y 134 kg/cap en Austria.

### 4.5.2 Convenciones y límites del sistema

**Contenido en agua:** el abono orgánico (estiércol) esparcido en tierras agrícolas debe notificarse en peso seco. Por lo tanto, los datos con contenido de

agua deben convertirse a materia seca. Lo mismo ocurre con los lodos de depuradora y el compost.

### 4.5.3 Recopilación de datos

#### Abono orgánico

El estiércol es materia orgánica, excretada por los animales, que se utiliza como modificador del suelo y fertilizante.

El estiércol esparcido por las tierras agrícolas no suele figurar en las estadísticas agrarias o lo hace de forma insuficiente, por lo que debe estimarse (véase, por ejemplo, Matthews *et al.* 2000). Una estimación podría basarse en el número de animales por tipo multiplicado por la producción de estiércol por animal y año y un coeficiente para corregir la materia seca. En la Tabla 4.6 se ofrecen ejemplos de los coeficientes necesarios.

**Tabla 4.6** Coeficientes de producción diaria de estiércol.

	PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL POR ANIMAL Y DÍA EN kg	MATERIA SECA DE ESTIÉRCOL (1 = PESO HÚMEDO)
Vacas lecheras	70	0,085
Terneros	17	0,05
Otros bovinos	28	0,085
Cerdos para faena	7	0,071
Cerdos de cría	26	0,028
Otros cerdos	8	0,071
Ovinos	7	0,07
Caballos/ equinos	7	0,07
Aves de corral	0,2	0,15

Fuente: Meissner (1994).

Durante el almacenamiento del estiércol se producen otras pérdidas en forma de emisiones a la atmósfera, que deberían incluirse en D.1. Sin embargo, hasta ahora no existen estimaciones viables de estas pérdidas. Además, el abono orgánico no sólo contiene estiércol de animales, sino también otras sustancias como, por ejemplo, la paja utilizada como material de cama en la ganadería. Este material adicional (que también se considera extracción interna en el lado de los insumos) debe estimarse cuidadosamente, en particular, para que sea coherente con los flujos de insumos.

### Fertilizantes minerales

La industria de los fertilizantes se ocupa esencialmente de suministrar tres nutrientes principales para las plantas –nitrógeno, fósforo y potasio– en formas disponibles para las plantas. El nitrógeno se expresa en forma elemental, N, pero el fósforo y el potasio pueden expresarse como óxidos (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) o como elementos (P, K).

El azufre también se suministra en grandes cantidades, en parte a través de los sulfatos presentes en productos como el superfosfato y el sulfato de amonio.

En consecuencia, las estadísticas agrícolas suelen informar del consumo interno en la agricultura de fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados, fertilizantes potásicos y fertilizantes multinutrientes (NP/NPK/NK/PK) especificados. FAOSTAT, por ejemplo, informa sobre fertilizantes nitrogenados, fertilizantes fosfatados y fertilizantes potásicos para la UE. Los datos se refieren sobre todo al contenido en nutrientes de los fertilizantes. Un fertilizante del que a menudo no se informa es la cal (por ejemplo, en silvicultura), para el que habría que comprobar fuentes específicas.

En principio, la contabilización de fertilizantes y plaguicidas debe hacerse por masas totales. Sin embargo, las estadísticas suelen presentar los

fertilizantes por su contenido en nutrientes (por ejemplo, N, P, K) y los plaguicidas por su contenido en ingredientes activos. Deben aplicarse multiplicadores para obtener los pesos totales.

### Lodos de depuradora

Por lodo de depuradora se entiende cualquier residuo sólido, semisólido o líquido eliminado durante el tratamiento de las aguas residuales municipales o domésticas. Aunque son útiles como fertilizantes y acondicionadores del suelo, los lodos de depuradora, si se aplican de forma inadecuada, también pueden ser potencialmente perjudiciales para el agua y el suelo, así como para la salud humana y animal. Por ello, la aplicación de lodos en terrenos agrícolas está sujeta a una normativa estricta en muchos países.

Por convenio, la categoría D.4.3. sólo debe incluir los lodos de depuradora esparcidos en tierras agrícolas y utilizados para la gestión del paisaje. Otras aplicaciones de los lodos de depuradora están cubiertas en otras categorías de OPD o no son un producto según los límites del sistema del AMMA. Por ejemplo, el compostaje de lodos de depuradora debe incluirse en D.4.4. (Compost), el vertido en D.2., el vertido en el mar en D.3.5. y la incineración en D.1.

Los lodos de depuradora deben indicarse en peso seco. Si se declaran en peso húmedo, puede suponerse un contenido de agua del 85 % para la conversión a peso seco.

### Compost

El compostaje es una técnica de gestión de residuos sólidos que utiliza procesos naturales para convertir los materiales orgánicos en humus mediante la acción de microorganismos. El compost es una mezcla formada en gran parte por materia orgánica en descomposición que se utiliza para fertilizar y acondicionar la tierra.

El compost puede figurar en las estadísticas agrícolas, en las estadísticas ambientales o en estudios específicos como los inventarios de la CMNUCC dentro de los datos de referencia sectoriales sobre residuos. Hay que tener cuidado para evitar el doble cómputo, por ejemplo, si las emisiones procedentes de la incineración de biogás se incluyen en D.1., el compost incinerado para la

recuperación de energía debe excluirse de D.4.4. "Compost".

El compost debe indicarse en peso seco. Si se declara en peso húmedo, puede asumirse un contenido de agua del 50 % para la conversión a peso seco.

**Nota:** los hogares pueden compostar materiales orgánicos adquiridos previamente (es decir, biomasa que se registró en el lado de los insumos). Este compostaje no suele registrarse en las estadísticas. Si fuera relevante para esta categoría de DPO, habría que añadir una estimación en el lado de la producción.

### Pesticidas

Un pesticida se define comúnmente como "cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir, repeler o mitigar cualquier plaga". Un pesticida puede ser una sustancia química o un agente biológico (como un virus o una bacteria) que se utiliza contra plagas como insectos, patógenos vegetales, malas hierbas, moluscos, aves, mamíferos, peces, nematodos (ascárides) y microbios. Los pesticidas suelen ser tóxicos para el ser humano, aunque no siempre. La Red de Acción en Plaguicidas (PAN) (<https://www.pesticideinfo.org/>) o la Base de Datos de Plaguicidas de la UE ofrecen una extensa lista y datos sobre plaguicidas.

Las estadísticas agrícolas suelen informar de las cantidades de pesticidas/plaguicidas utilizados en la industria agrícola (o vendidos a ella). Las cifras suelen expresarse en ingredientes activos. Deben aplicarse multiplicadores para convertir estas cifras en masa total.

### Semillas

Las semillas son los embriones encapsulados de las plantas con flores. Las semillas destinadas a la producción agrícola suelen registrarse en las estadísticas agrícolas (por ejemplo, en los balances de productos alimenticios de la FAO).

### Sal y otros materiales de deshielo esparcidos por las carreteras (incluida la gravilla)

La sal es un material importante en esta categoría; otros materiales de deshielo incluyen la gravilla o los residuos de la industria siderúrgica. Las primeras estimaciones de estos flujos se realizaron para



Austria y EE.UU. (Matthews *et al.* 2000). En los países con inviernos rigurosos, D.4.7. puede representar cantidades significativas. En Suiza, D.4.7. representa alrededor del 10 % de D.4.

Hasta ahora, solo se han hecho algunos intentos de estimar los materiales de deshielo esparcidos por las carreteras (por ejemplo, Matthews *et al.* 2000).

Se podría desarrollar un posible enfoque de estimación basado en la longitud de las carreteras de cada país europeo diferenciadas por tipos de calles (teniendo en cuenta la altitud y la pendiente), la cantidad media de días de heladas al año y la media de materiales esparcidos.

### Disolventes, gas hilarante y otros

Esta categoría incluye las emisiones procedentes de diversos usos disipativos de productos, por ejemplo,

uso de disolventes, gas hilarante, pavimentación de carreteras, N<sub>2</sub>O para anestesia. Los datos de las emisiones de disolventes de COVDM pueden tomarse, por ejemplo, de los informes de los inventarios nacionales a la CMNUCC a partir de las categorías de información del CRF:

- 3.A Aplicación de pintura
- 3.B Desengrasado y limpieza en seco
- 3.C Fabricación y transformación de productos químicos
- 3.D Otros

El N<sub>2</sub>O (gas hilarante) para anestesia se incluye en 3.D y sus valores específicos pueden extraerse de bases de datos detalladas de emisiones a la atmósfera de los países.

## 4.6 Pérdidas disipativas

---

### 4.6.1 Introducción

---

Las pérdidas por disipación son salidas no intencionadas de materiales al ambiente resultantes de la abrasión, corrosión y erosión en fuentes móviles y fijas, y de fugas o accidentes. Esto incluye la abrasión de neumáticos, productos de fricción, edificios e infraestructuras, fugas (por ejemplo, de gasoductos) o por accidentes durante el transporte de bienes básicos.

Los datos disponibles a escala internacional son muy escasos. Matthews *et al.* (2000) presentan datos estimados sobre la abrasión producida por los neumáticos en Austria, Alemania y Estados Unidos.

### 4.6.2 Recopilación de datos

---

Esta categoría incluye varios tipos de flujos disipativos. Se supone que las pérdidas de materiales debidas a la corrosión, la abrasión y la erosión de edificios e infraestructuras son de tamaño y relevancia ambiental significativos. Otro flujo

significativo desconocido es la pérdida de lubricantes, que se estima en torno al 50 % del uso total de lubricantes

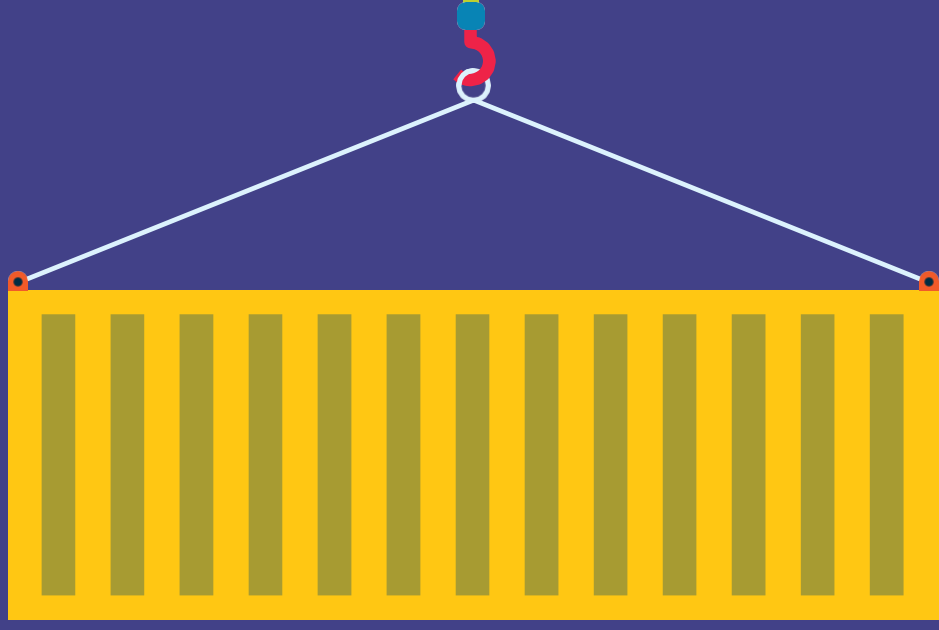
Muchos de estos flujos nunca se han cuantificado. Se recomienda completar sólo aquellos datos que puedan proporcionarse con un esfuerzo justificable. Las comunicaciones sobre emisiones a la Convención de la CEPE sobre Contaminantes Atmosféricos Transfronterizos a Gran Distancia (CLRTAP) son la fuente de datos más importante para este punto. La base de datos incluye información sobre las emisiones en el transporte por carretera debidas al desgaste de los neumáticos y los frenos de los automóviles (código NFR: 1A3bvi) y a la abrasión de las carreteras por los automóviles (código NFR: 1A3bvii).

Debería intentarse desarrollar un enfoque global para contabilizar estos flujos.

- La abrasión de los neumáticos es el desgaste del caucho de los neumáticos de los coches. El procedimiento aplicado en el estudio de caso austriaco de Matthews *et al.* (2000) utilizó datos

de las estadísticas de transporte junto con un coeficiente de 0,03 g/km para la abrasión media por neumático, extraído de un estudio especial sobre ecología y tráfico por carretera en Austria.

- Las partículas desgastadas por productos de fricción, como frenos y embragues, aún no se han abordado en la CFM-TE.
- Las pérdidas de materiales debidas a la corrosión, abrasión y erosión de edificios e infraestructuras son probablemente relevantes desde el punto de vista cuantitativo, y parece que también lo son en el marco de los aspectos ambientales. Hasta ahora, no existe un enfoque global para contabilizar estos flujos. No obstante, se han estudiado aspectos concretos como las pérdidas debidas a la lixiviación del cobre de los tejados o de las pinturas de la construcción. Estos estudios pueden servir de punto de partida para una contabilidad más exhaustiva de las pérdidas materiales de este tipo.
- Las pérdidas por disipación también pueden deberse al transporte de bienes básicos. Las estadísticas alemanas, por ejemplo, informan de la pérdida irreversible de productos químicos debido a accidentes durante el transporte.
- Otro flujo relevante pueden ser las fugas durante el transporte por de gas (natural) por gasoducto (si no se reportan como emisiones a la atmósfera). Los datos pueden recogerse en estudios específicos.



Balance de materiales

5

## 5 Balance de materiales

---

Una de las principales ventajas de organizar las estadísticas ambientales empleando un enfoque de contabilidad de flujos de materiales, es que brinda la posibilidad de comprobar la coherencia de los distintos conjuntos de datos, mediante un balance de materiales de entradas y salidas. Dicho balance de materiales se establece sumando la extracción

interna, las importaciones y los elementos de balance, que debe ser equivalente a la suma de las exportaciones, la salida nacional procesada (DPO), las adiciones netas a las existencias (NAS), y los elementos de balance, donde las NAS incluyen el consumo intermedio, el consumo final y la acumulación (stock).

---

$$DE + \text{Importaciones} + \text{Elementos de Balance (de entrada)} = \text{Exportaciones} + \text{DPO} + \text{NAS} + \text{Elementos de Balance (de salida)}$$

---

Los elementos de balance se definen como las entradas y salidas adicionales necesarias para establecer un equilibrio de materiales. En lo que respecta a las entradas, éstos pueden incluir:

- Oxígeno para los procesos de combustión;
- Oxígeno para la respiración humana y de los animales; y para la respiración de bacterias presentes en los residuos sólidos y las aguas residuales.
- Nitrógeno para el proceso Haber-Bosch;
- Agua requerida para la producción nacional de bebidas exportadas.

En cuanto a las salidas, los elementos de equilibrio se componen de:

- Vapor de agua procedente de la combustión;
- Gases procedentes de la respiración humana y animal (CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O), y de la respiración bacteriana de residuos sólidos y aguas residuales (H<sub>2</sub>O).

- Agua procedente de la biomasa y los productos.

Los elementos de balance se recopilan en la Tabla E del Compilador CFM-TE del PNUMA (véase el Anexo 1). En la sección 4.8 del manual de Eurostat sobre cuentas de flujo de materiales en la economía (Eurostat 2018) se ofrece una explicación detallada y exhaustiva de los mismos.

En la práctica, las NAS se calcularían como el remanente de la identidad del balance de materiales. En consecuencia, las NAS contendrían todos los errores de cálculo. Es posible determinar el stock y los cambios en el stock de materiales directamente utilizando una combinación de principios contables ascendentes y descendentes que permitirían ejecutar controles de calidad del balance de materiales.

El balance de materiales también revela importantes relaciones entre los distintos indicadores y muestra si una economía invierte en la constitución de existencias físicas, o se nutre de un gran flujo de materiales.

# Indicadores principales

---



## 6 Indicadores principales

---

### 6.1 Antecedentes

---

En los últimos años, la eficiencia de los recursos se ha convertido en un tema central del debate político internacional. Diversos países han hecho hincapié en la urgente necesidad de aumentar la productividad de los recursos y reducir el uso de materiales como parte de sus estrategias de desarrollo económico y planes de política ambiental. En particular, Japón, la Unión Europea y China han puesto en marcha agendas políticas de alto nivel con el fin de reducir el uso de materiales y aumentar la eficiencia de los recursos (PNUMA 2016).

Asimismo, la Agenda 2030 para el Desarrollo

Sostenible de las Naciones Unidas y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU 2015) afirman que el uso y la gestión sostenibles de los recursos naturales son una condición necesaria para lograr un futuro mejor para las generaciones actuales y futuras. En dos de los ODS, el Objetivo 8, "Crecimiento económico sostenible, empleo y trabajo decente para todos", y el Objetivo 12, "Modalidades de consumo y producción sostenibles", se han definido submetas cuyo seguimiento requiere específicamente indicadores basados en los flujos de materiales, por ejemplo, las metas 8.4 y 12.2 (véase el cuadro de texto).

---

Meta 8.4 de los ODS: Mejorar progresivamente, hasta 2030, la eficiencia global del consumo y la producción de recursos, y procurar desacoplar el crecimiento económico de la degradación ambiental, de conformidad con el marco decenal de programas sobre consumo y producción sostenibles, con los países desarrollados asumiendo el liderazgo.

---

Meta 12.2 de los ODS: Para 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

---

Es posible establecer un gran número de indicadores a partir de las cuentas de flujos de materiales en toda la economía. En general, estos indicadores corresponden a las principales variables de la CFM-TE y describen el uso de materiales en diferentes etapas de las actividades económicas, partiendo de la extracción de materiales, pasando por el comercio internacional y el consumo de los mismos, hasta llegar a la generación de residuos y emisiones. De acuerdo con el esquema del balance de materiales, los principales tipos de indicadores pueden definirse como: indicadores de entrada,

indicadores de consumo, indicadores de comercio y equilibrio, e indicadores de salida.

Estos diferentes tipos de indicadores proporcionan información complementaria sobre diversos aspectos relacionados con el uso de materiales a nivel nacional. También pueden combinarse entre sí para ofrecer una descripción más completa de las problemáticas relacionadas. Además, pueden combinarse con indicadores económicos, como el Producto Interno Bruto (PIB), para construir indicadores de productividad material.

En función del alcance de los flujos de materiales considerados, los indicadores pueden agruparse en varias categorías:

- A. Indicadores basados en cuentas de flujos directos de materiales, es decir, extracción interna e importaciones y exportaciones físicas.
- B. Indicadores que también incluyen los flujos indirectos de materiales asociados a las importaciones y exportaciones directas; que también se denominan equivalentes a

materias primas (RME, por su sigla en inglés).

- C. Indicadores que consideran además la extracción de materiales no utilizados, tanto de origen nacional como extranjero.

Dado que este manual se enfoca en la contabilidad de los flujos directos de materiales, el grupo de indicadores (A) concentrará la mayor parte de la atención en este capítulo. Sin embargo, también se proporcionará información resumida sobre los grupos de indicadores (B) y (C).

## 6.2 Indicadores sobre flujos directos de materiales

### 6.2.1 Descripción técnica

La Tabla 6.1 ofrece una descripción de los distintos indicadores que pueden calcularse a partir de las CFM-TE de los flujos directos de materiales. Estas descripciones se han adaptado de la guía de la

OCDE para medir los flujos de materiales y la productividad de los recursos (OCDE 2008). Obsérvese que los indicadores respectivos pueden presentarse como una suma total de todas las categorías de materiales, o desglosados por grupo principal de materiales, a fin de identificar los componentes más relevantes de la cifra agregada.

**Tabla 6.1** Indicadores basados en los datos de la CFM-TE abordados en el presente manual.

INDICADOR	ABREVIATURA	CÁLCULO	DESCRIPCIÓN
Extracción interna	DE	-	La extracción interna mide los flujos de materiales que se originan en el ambiente y que entran físicamente en el sistema económico para su transformación o consumo directo. Estos materiales se convierten en productos o se incorporan a ellos, y suelen tener valor económico, es decir, son "utilizados" por la economía (por lo tanto, a veces también se la denomina DEU, para diferenciarla de la extracción interna no usada).
Entrada Directa de Materiales	DMI	DE + IMP	La DMI mide la entrada directa de materiales utilizados en la economía, es decir, todos los materiales que tienen valor económico y se emplean en las actividades de producción y consumo; la DMI es equivalente a la extracción interna usada más las importaciones.



**Tabla 6.1** Indicadores basados en los datos de la CFM-TE abordados en el presente manual (Continuación).

INDICADOR	ABREVIATURA	CÁLCULO	DESCRIPCIÓN
Consumo Interno de Materiales	DMC	DMI-EXP	El DMC mide la cantidad total de materiales utilizados directamente en una economía (es decir, sin incluir los flujos indirectos). El DMC se define del mismo modo que otros indicadores físicos clave, como el consumo interno bruto de energía. El DMC es equivalente a la DMI menos las exportaciones.
Balance Comercial Físico	PTB	IMP-EXP	La PTB refleja el superávit o déficit comercial físico de una economía. Se define como las importaciones menos las exportaciones.
Salida Nacional Procesada	DPO		La DPO mide el peso total de los materiales extraídos del entorno doméstico o importados que, tras ser utilizados en la economía, retornan al ambiente. Estos flujos se generan durante todas las fases de la cadena de producción-consumo: transformación, fabricación, utilización y eliminación final. Incluyen las emisiones a la atmósfera, los residuos industriales y domésticos depositados en vertederos no controlados, las descargas de materiales en las aguas residuales y los materiales dispersados en el ambiente como resultado del uso de productos (flujos disipativos).
Productividad Material		PIB/DMC	La productividad material se define como la relación entre el PIB y el DMC. Indica el valor económico por unidad de consumo de materiales. A lo largo del tiempo, este indicador revela si se ha logrado desacoplar el uso de materiales del crecimiento económico. Por ello también se denomina indicador de la eficiencia de los recursos, por ejemplo, en el contexto de la política europea.
Intensidad Material		DMC/PIB	La intensidad material es el indicador recíproco de la productividad material. Se calcula como DMC/PIB, ilustrando el consumo de materiales necesario para producir una unidad de PIB.

### 6.2.2 Cuestiones políticas

Los indicadores agregados basados en los flujos de materiales resultan especialmente útiles para el seguimiento de objetivos y metas políticos generales, como los definidos en el contexto de los ODS. En particular, estos indicadores permiten medir la dimensión física total de una economía e identificar sus principales componentes en grupos

de materiales. Además, pueden vincularse a indicadores económicos, lo que facilita la evaluación de la productividad material general y del funcionamiento desacoplado de una economía.

Otra fortaleza de los indicadores agregados de los flujos de materiales, radica en su potencial para simplificar el proceso de comunicación pública y llegar a destinatarios que suelen recibir escasa información sobre las complejas interacciones entre

la economía y el ambiente. Esto es útil para los formuladores de políticas y el público en general, que necesitan información sintetizada que no incluya demasiados detalles (OCDE 2008).

Los diversos indicadores enumerados en la Tabla 6.1 (presentada más arriba), permiten el abordaje de diferentes interrogantes políticos, que se resumen en la Tabla 6.2. a continuación.

**Tabla 6.2** Principales interrogantes políticos abordados por los indicadores de flujo directo de materiales.

INDICADOR	PRINCIPALES INTERROGANTES POLÍTICOS
DE	<p>¿Qué cantidades de materias primas se extraen en el territorio nacional para sostener las actividades económicas?</p> <p>¿Cuál es la composición de las materias primas extraídas y cómo ha cambiado esta composición a lo largo del tiempo?</p>
DMI	<p>¿Qué materias primas constituyen la base material del sistema económico nacional, es decir, la producción destinada a la demanda interna y a la exportación?</p> <p>¿Cuál es la relación entre las materias primas nacionales y las importadas, es decir, en qué medida depende una economía de las importaciones de materias primas?</p>
DMC (DMC/cap relevante para ODS 12.2)	<p>¿Qué materias primas abastecen el consumo aparente de un país, es decir, excluyendo los materiales y productos que se exportan al extranjero?</p> <p>¿Qué presiones ambientales se generan dentro del territorio debido a los materiales utilizados en un sistema económico (ya sea que acaben en forma de aumento de las existencias físicas o en forma de residuos y emisiones al ambiente)?</p> <p>¿Cuáles son los temas (políticos) críticos en las medidas de gestión de recursos relacionados con el consumo interno de materiales?</p>
PTB	<p>¿Es el país un importador físico neto o un exportador físico neto de materias primas?</p> <p>¿Qué grupos de materias primas presentan elevadas importaciones netas, indicando un posible punto crítico ligado a la dependencia de importaciones?</p>
DPO	<p>¿Qué salidas de materiales están relacionadas con las actividades de producción y consumo de un país determinado?</p> <p>¿Qué cantidades de emisiones a la atmósfera se producen en el territorio nacional?</p> <p>¿Cómo han cambiado las emisiones relacionadas con el clima a través del tiempo?</p> <p>¿Están disminuyendo o aumentando los flujos de residuos que se devuelven al ambiente?</p>
PIB/DMC (relevante para ODS 8.4)	<p>¿Cuánto valor económico genera una unidad de material consumido por la economía nacional?</p> <p>¿Se ha logrado el desacople entre el crecimiento económico y el uso directo de los recursos?</p>

## 6.3 Indicadores que incluyen flujos indirectos y no utilizados de materiales

Además de los indicadores basados en las cuentas de flujos directos de materiales, se pueden derivar otros indicadores del marco amplio de la CFM-TE. Estos se refieren a los grupos (B) y (C) mencionados anteriormente.

El primer paso para ampliar el alcance de los indicadores (Grupo B) se refiere a la inclusión de los flujos indirectos de materiales asociados a las importaciones y exportaciones directas. Por ejemplo, un coche importado no se medirá por su peso real, sino por el peso de todos los materiales que fueron necesarios para su fabricación a lo largo de todas las cadenas de producción internacionales (esto significa que se deberá incluir, por ejemplo, el peso de la mayor parte del carbón y el mineral de hierro necesarios para producir acero en un tercer país, que luego se importó como tal, al país fabricante del coche, para su posterior transformación en la carrocería). Para ello, se deberán convertir los pesos de los flujos directos de importación y exportación a sus respectivos equivalentes en materias primas (RME).

Los dos indicadores que incluyen RME son:

- Entrada de materias primas (RMI por su sigla en inglés), que añade la parte indirecta de los equivalentes a materias primas de las importaciones ( $IMP_{RME}$  por su sigla en inglés) al DMI.
- Consumo de materias primas (CMR), también denominado "huella material" (véase el capítulo siguiente), que deduce los RME de las exportaciones ( $EXP_{RME}$  por su sigla en inglés) de la RMI.

Otra ampliación de los límites del sistema considerados por los indicadores basados en los flujos de materiales se refiere a la inclusión de la denominada "extracción interna no usada (UDE por su sigla en inglés)" (Grupo C). Esta categoría de flujos de materiales comprende tres componentes

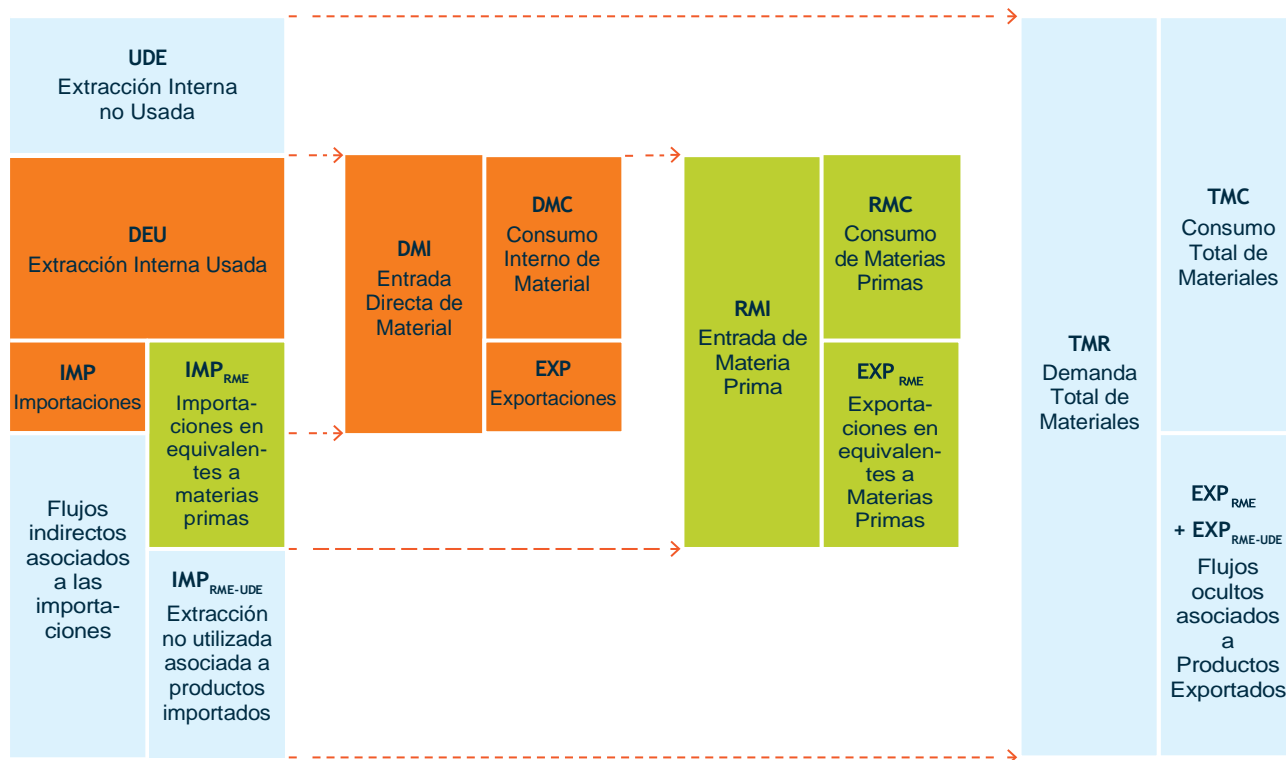
principales (Eurostat 2001): (1) extracción no utilizada de minas y canteras (residuos de extracción de minas y canteras, como sobrecarga o materiales de extracción); (2) extracción no utilizada de la cosecha de biomasa (capturas incidentales desechadas, pérdidas de la explotación maderera y otros residuos de la cosecha); (3) excavación de suelos (y rocas) y materiales de dragado (materiales extraídos durante las actividades de construcción y dragado).

Los dos indicadores que incluyen la extracción de materiales no utilizados son:

- Demanda total de materiales (TMR por su sigla en inglés) incluye –además de la RMI– la extracción interna no usada (UDE) y la extracción no usada relacionada con las RME de las importaciones ( $IMP_{RME-UDE}$ ).
- Consumo total de materiales (TMC por su sigla en inglés), que, además del consumo de materias primas (RMC), también contabiliza la extracción no usada relacionada con los RME tanto de las importaciones como de las exportaciones. El TMC es igual a la TMR menos las exportaciones, sus respectivos RME y la UDE relacionada.

La Figura 6.1 ofrece una síntesis de todos los indicadores de insumos y consumo disponibles, aplicables al sistema estadístico europeo. La figura representa el estado de la aplicación estadística de la CFM-TE a nivel europeo (Eurostat 2013): los flujos directos de materiales (en color naranja) están regulados por una normativa legal; los equivalentes a las materias primas (RME) corresponden a estimaciones de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat); y los indicadores que incluyen los flujos de materiales no utilizados no están disponibles actualmente en el Sistema Estadístico Europeo.

Figura 6.1 Visión general de la "familia" de indicadores basados en el flujo de materiales.



Leyenda

- Regulados por la base jurídica (Reglamento nº 691 /2011 sobre las cuentas económicas europeas del ambiente)
- Estimaciones del Eurostat (agregado EU27)
- No disponible en el Sistema Estadístico Europeo

### 6.4 Fortalezas y limitaciones de los indicadores con diferente alcance

Los indicadores basados en los flujos directos de materiales, en particular el DMC, se encuentran actualmente entre los indicadores de CFM más utilizados en los procesos políticos, por ejemplo, en el contexto de la aplicación de la "Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos" (CE 2011), en la que se seleccionó el PIB como indicador principal, por encima del DMC.

El DMC es un indicador de la CFM-TE ampliamente aceptado, en especial en las instituciones estadísticas, ya que puede calcularse en gran medida a partir de las estadísticas oficiales sobre producción y comercio nacionales, tal como se muestra en este manual. Así pues, se han recopilado datos sobre el DMC de un número considerablemente mayor de países, así como de

una gran variedad de instituciones estadísticas y académicas, en comparación con otros indicadores más complejos, que consideran los flujos aguas arriba de materiales de importaciones y exportaciones, y a menudo se basan en datos modelizados, como el RMC.

El DMC tiene una gran relevancia como indicador de la presión ambiental potencial en un territorio nacional. Abarca todos los materiales que entran en la economía nacional, que efectivamente fluyen a través de ella y que se devuelven al ambiente en forma de residuos y emisiones, o que se acumulan contribuyendo al aumento de las existencias físicas nacionales con posibles flujos de residuos y emisiones en el futuro (Marra Campanale y Femia 2013). Además, a la hora de diseñar estrategias nacionales para la gestión de recursos, el DMC y sus componentes, son más sencillos de abordar para los gobiernos, en comparación con los indicadores que incluyen flujos indirectos de materiales procedentes de otros países, a lo largo de las cadenas de suministro de productos importados, y que, por lo tanto, requieren de la cooperación política internacional.

Sin embargo, es necesario aclarar que los indicadores de flujos directos de materiales, como el DMC, no dan cuenta de la totalidad, a escala global, de los flujos de materiales relacionados con el consumo final en un país o región, ya que los mismos no contemplan los materiales indirectos (o incorporados) en los productos importados y exportados. En las economías globalizadas, las cadenas de suministro muestran un creciente

carácter internacional, ya que a menudo involucran un gran número de países a lo largo del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de las materias primas, su procesamiento y manufactura, hasta la entrega al consumidor final. De ahí que los indicadores de flujos directos de materiales no puedan reflejar las consecuencias ambientales reales generadas por el consumo de determinados productos, dado que los flujos de materiales pueden localizarse en otras regiones del mundo.

Por lo tanto, un país puede reducir en apariencia su consumo de materiales, medido con el indicador DMC, mediante la subcontratación de las actividades de extracción y transformación intensivas de materiales en el extranjero. Evaluar el uso global de materiales relacionado con el consumo final, requiere otros indicadores basados en la CFM, como el RMC (véase también el siguiente capítulo sobre "huellas materiales"). Estos aspectos deben analizarse al valorar los resultados del DMC en los distintos países, por ejemplo, en relación con los avances hacia el desacople entre el consumo de materiales y el crecimiento económico.

Además, cabe destacar que los indicadores de flujos directos de materiales no contemplan la extracción no utilizada, como la sobrecarga de las minas de metal o carbón, o los residuos de las cosechas en la agricultura. Y sin embargo, estos flujos de materiales no utilizados provocan diversas presiones ambientales, tales como la contaminación del agua y los cambios en el paisaje. Con el fin de incluir estos flujos, es necesario aplicar indicadores como TMR o TMC.



# 7 Huella material del consumo

## 7.1 Introducción

Las evaluaciones ambientales suelen aplicar una perspectiva territorial –o basada en la producción– para analizar las presiones e impactos ambientales que se producen dentro de las fronteras de un país o región. Y por lo tanto el seguimiento de las políticas ambientales actuales se apoya principalmente en indicadores que adoptan esta perspectiva. Algunos ejemplos destacados incluyen el indicador de eficiencia de los recursos PIB/DMC aplicado por la Comisión Europea (capítulo 6), la contabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero en el contexto de los tratados sobre el clima de la CMNUCC, las evaluaciones de la extracción del agua en relación con el agua disponible, o los cambios en el uso del suelo, así como sus efectos derivados en los ecosistemas y la biodiversidad.

Sin embargo, en la era de la globalización, el carácter internacional de las cadenas de suministro crece continuamente, lo que ocasiona la desvinculación entre la localización de la producción y del consumo final. En consecuencia, diversos impactos ambientales y sociales locales en los países que extraen y procesan materias primas o productos manufacturados, suelen estar relacionados con la demanda final en otros países. Es por ello que los indicadores orientados a la producción no pueden dar cuenta de la totalidad de los impactos ambientales reales inducidos por el consumo de determinados productos, ya que no contemplan aquellos efectos que se producen en otras regiones del mundo.

El indicador RMC o "huella material" (véase también el capítulo anterior) responde a la necesidad de comprender con mayor claridad estas "teleconexiones" entre lugares distantes de producción y de consumo. Éste se calcula transformando los pesos de los flujos directos de importación y exportación en sus respectivos RME. El RME hace referencia a las extracciones de materias primas necesarias para producir un

determinado bien importado o exportado, a lo largo de toda la cadena de suministro. Por ejemplo, si un país importa una determinada cantidad de carne vacuna, los respectivos RMEs corresponden, entre otros materiales, a las plantas forrajeras necesarias para alimentar a los animales. O si un país importa automóviles, los RMEs comprenden todas las extracciones de materias primas básicas que fueron necesarias para producir el coche (por ejemplo, el mineral de hierro o de cobre en bruto para producir acero o alambres de cobre, y el petróleo crudo para las piezas plásticas).

De este modo, el RMC o "huella material", corrige el balance nacional de materiales para el comercio internacional, dado que contabiliza tanto la extracción interna, como la procedente del exterior, aplicando los mismos límites del sistema. Al utilizar el DMC, la relocalización de la producción intensiva de materiales del territorio nacional a otras regiones del mundo, mientras se mantiene constante la demanda final de productos y servicios, dará como resultado un mejor desempeño aparente. En cambio, si se utiliza el RMC, los países importadores netos no podrán obtener mejores resultados mediante la mera externalización. Asimismo, en el caso de los exportadores netos con una demanda final interna reducida, las cifras obtenidas con el RMC serán inferiores a las del DMC.

En los últimos años, el indicador RMC ha recibido una atención considerable en las publicaciones de instituciones académicas y estadísticas. También en los debates políticos actuales, se sugiere el empleo de este indicador para supervisar el uso de materiales y la productividad de un país en un contexto global. Ejemplos de ello son los debates sobre el establecimiento de objetivos para la productividad de los recursos en el contexto de la "Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos" de la UE (CE 2011; CE 2014), o sobre la aplicación de indicadores basados en la



demanda de flujos de materiales en el contexto de los Indicadores de Crecimiento Verde de la OCDE (OCDE 2014). En este último caso en particular, se han intensificado esfuerzos durante los últimos años

para profundizar el desarrollo de indicadores del tipo RMC con el fin de optimizar la formulación de políticas.

## 7.2 Resumen de los métodos disponibles

En general, se distinguen tres tipos de métodos para el cálculo de indicadores de la huella de materiales (véase Lutter, Giljum and Bruckner 2016): (1) enfoques descendentes que parten del nivel macroeconómico en las estructuras de la economía y la extracción de materiales, (2) enfoques ascendentes que utilizan coeficientes relativos al insumo de materiales por unidad de producto, y (3) enfoques híbridos que combinan los dos enfoques anteriores.

### 7.2.1 Enfoque descendente: análisis entrada-salida

Los enfoques descendentes se fundamentan en el análisis entrada-salida (IOA por su sigla en inglés), que considera la estructura económica de un país como matrices que representan los flujos interindustriales, es decir, las tablas entrada-salida. Cada columna de una tabla del Modelo Entrada-Salida (IO), puede interpretarse como un inventario de insumos de producción. Los datos ambientales sobre el uso de materiales vinculados como extensiones a una tabla IO, pueden considerarse un inventario de insumos ambientales, como las materias primas.

En general, se distinguen dos tipos principales: los modelos unirregionales y los modelos MRIO. Los modelos IO unirregionales asumen que los productos importados se fabrican con la misma tecnología que los productos nacionales. En cambio, en los modelos MRIO, las tablas IO de los países se vinculan entre sí a través de datos de comercio bilateral, contemplando las diferentes tecnologías aplicadas en cada país. Este análisis permite no sólo rastrear las cadenas de valor de los productos y el uso de materiales asociados, a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida de todos los bienes y

servicios, (desde la extracción de las materias primas hasta la demanda final), sino también considerar las intensidades de materiales específicas de cada país.

El IOA, en particular en su modalidad multirregional, presenta una serie de ventajas fundamentales. La principal es que permite calcular las huellas materiales de todos los productos e industrias, incluidos aquellos con cadenas de suministro internacionales muy complejas. Al seguir un enfoque descendente, el análisis entrada-salida también evita la doble contabilización: un insumo material específico sólo puede asignarse una única vez a la demanda final, ya que las cadenas de suministro y uso se hallan íntegramente contempladas. En consecuencia, el sistema resulta coherente a nivel global, es decir, la suma de la totalidad de las huellas equivale a la suma de la extracción global de materiales.

Una de las principales desventajas del IOA es que sólo permite distinguir un número limitado de bienes básicos y regiones, debido a la desagregación sectorial/industrial y regional de los modelos IO. Además, el supuesto de que todos los productos de un grupo presentan características ambientales homogéneas genera resultados imprecisos. Otro inconveniente se deriva de que la mayoría de los enfoques basados en MRIO utilizan las estructuras de uso monetario de las industrias y los productos, para asignar la extracción de materiales a la demanda final, asumiendo una proporcionalidad entre los flujos monetarios y físicos que no debería asumirse, ya que, por ejemplo, es posible que existan diferencias de precios entre las distintas industrias.

En la actualidad, existen diversas bases de datos globales de MRIO, que pueden ampliarse con otros datos sobre la extracción global, con el fin de realizar

un seguimiento de los flujos de materiales, incorporados a lo largo de las cadenas de suministro internacionales hasta la demanda final (Lutter, Giljum y Bruckner 2016). Para consultar estudios sobre huellas materiales basados en datos MRIO, incluidas descripciones técnicas detalladas, véase Arto *et al.* 2013; Eisenmenger *et al.* 2016; Giljum *et al.* 2016; Giljum *et al.* 2017; Giljum, Bruckner y Martínez 2015; Wiedmann *et al.* 2015.

### 7.2.2 Enfoque ascendente: coeficiente de intensidad material

---

Los enfoques ascendentes incluyen datos detallados sobre el comercio bilateral y la producción interna, expresados en cantidades (como toneladas o unidades). Bajo este enfoque, el "consumo aparente" de un país se calcula sumando la producción más las importaciones, y restando las exportaciones. Las cantidades de cada producto consumido en un país se multiplican por coeficientes que reflejan el uso previo (aguas arriba) de los recursos vinculados. Dichos coeficientes se obtienen principalmente de las evaluaciones del ciclo de vida, y cuantifican los materiales necesarios a lo largo de toda la cadena de suministro de un producto (véase Wiesen y Wirges, 2017).

La principal ventaja de los métodos ascendentes basados en coeficientes, en comparación con los descendentes, consiste en el alto nivel de detalle que su aplicación permite. Este enfoque no se plantea restricciones en cuanto a la definición de sectores/industrias o grupos de productos y, por lo tanto, permite realizar comparaciones sumamente específicas de las huellas, inclusive a nivel de productos o materiales individuales.

Una de las principales desventajas, sin embargo, yace en el gran esfuerzo que supone elaborar coeficientes sólidos para un gran número de productos, especialmente para aquellos de procesamiento complejo. De ahí que la disponibilidad de coeficientes para productos terminados sea limitada. Por otra parte, es posible que se produzca una doble contabilización, especialmente en los casos en que los productos atraviesan más de una frontera a lo largo de las

etapas de transformación, ya que los mismos se contabilizan cada vez que cruzan una frontera. En consecuencia, al aplicarse a nivel global, la suma de todas las huellas obtenidas a partir de cálculos ascendentes, diferirá inevitablemente de la suma de la extracción global de materiales.

En cuanto a la disponibilidad de información sobre coeficientes de materiales, el Instituto Wuppertal de Alemania mantiene una base de datos para más de 200 productos, en la que la mayoría de los coeficientes se refieren a un país concreto (principalmente europeo) o a la media mundial (Instituto Wuppertal 2014). La Oficina Europea de Estadística también proporciona información sobre los coeficientes de RME para importaciones y exportaciones de 182 grupos de productos y 51 categorías de materias primas, adaptados al contexto europeo (Eurostat 2016a).

### 7.2.3 Enfoques híbridos: uso de coeficientes como complemento del análisis entrada-salida

---

Los enfoques híbridos procuran combinar las ventajas del análisis entrada-salida con las cuentas del comercio físico y los coeficientes basados en procesos. Así, los indicadores de la huella de los distintos productos se calculan aplicando enfoques diferenciados, en función de la etapa de procesamiento de los mismos, y de la calidad y disponibilidad de los datos. Normalmente, se utilizan coeficientes materiales para las materias primas y los productos con un bajo nivel de procesamiento. Mientras que los bienes básicos transformados y los bienes terminados con cadenas de producción más complejas, se miden utilizando el IOA, que permite contemplar el conjunto de los efectos indirectos y, por lo tanto, la totalidad de la demanda aguas arriba de materiales.

Debido a las ventajas y posibilidades que ofrecen, los modelos híbridos se aplican cada vez con mayor frecuencia en todos los ámbitos de la contabilidad de flujos de recursos. La combinación de métodos descendentes y ascendentes puede lograrse de diversas maneras. Los enfoques híbridos utilizados para el cálculo de indicadores de flujo de materiales basados en el consumo, integran estadísticas

detalladas en unidades de masa, a tablas monetarias de origen-uso, creando así tablas IO de unidades mixtas.

Se han elaborado modelos de cálculo híbridos para una serie de países europeos (véase, por ejemplo,

Kovanda y Weinzettel 2013; Schaffartzik *et al.* 2014a). Asimismo, la Oficina Europea de Estadística ha desarrollado un método de cálculo híbrido para evaluar la huella material de la UE-28 (Eurostat 2016b).

## 7.3 Perspectivas

---

Sobre la base de la evolución de las políticas internacionales actuales, por ejemplo, en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS; ONU 2016), se espera un creciente aumento en la necesidad de calcular la huella material y otras cuentas basadas en la demanda. Esto se debe a que los ODS exigen que los países promuevan la eficiencia en el uso de los recursos, tanto en la producción como en el consumo, lo que requiere la aplicación tanto del DMC como del RMC.

Sin embargo, aún no existe un método de referencia a escala global para calcular las huellas materiales. Debido a las características internacionales de las cadenas de suministro, y a las diferencias en la estructura industrial entre los distintos países, ninguna oficina nacional de estadística se encuentra en condiciones de llevar a cabo sus propias cuentas basadas en la demanda, de manera confiable. Por lo

tanto, es probable que los requisitos para la presentación de informes en el contexto de los ODS demanden un sistema de cálculo MRIO global, gestionado por una organización internacional de prestigio, de modo que las oficinas nacionales de estadística puedan luego utilizar esta capacidad.

Una vez establecido dicho sistema, las tablas IO multirregionales globales podrían quedar a disposición del público, para uso de las oficinas nacionales de estadística, las agencias gubernamentales y los institutos de investigación. La utilidad de este marco global armonizado trascendería la contabilidad de la huella material, y podría emplearse para integrar cuentas satélite de energía, emisiones, residuos, agua y biodiversidad, así como también otros datos económicos y sociales (por ejemplo, jornada laboral, empleo y efectos multiplicadores) para evaluar las distintas huellas del consumo.



8

## Contabilización de existencias

---

# 8 Contabilización de existencias

---

## 8.1 Introducción

---

Desde el estudio inicial de flujo de materiales del World Resources Institute (Adriaanse *et al.* 1997; Matthews *et al.* 2000), la investigación sobre el metabolismo social y la CFM-TE se ha centrado principalmente en los flujos, cuantificando la extracción de materiales, los flujos comerciales y el consumo interno de materiales. En menor medida, la investigación también ha investigado los flujos de desechos y emisiones. Esta investigación ha avanzado considerablemente en la comprensión de los patrones y tendencias de los flujos globales de materiales y los impulsores socioeconómicos y biogeográficos subyacentes. El concepto de metabolismo social implica que el tamaño y la composición de los flujos de materiales están estrechamente relacionados con las existencias de materiales en uso: se requieren flujos de entrada para construir y mantener existencias de artefactos, proporcionar servicios a partir de ellos y alimentar a los seres humanos y sus animales.

En particular, la información sobre el desarrollo histórico de las existencias de productos y artefactos en uso y su relación con los flujos de entrada y fin de vida es de vital importancia para comprender los patrones de flujo de materiales y su evolución a lo largo del tiempo. Las existencias de artefactos tienen una vida útil de varias décadas y, por lo tanto, un

impacto duradero. Constituyen legados para los futuros flujos de materiales (Brunner y Rechberger 2002; Kapur y Graedel 2006) y pueden contribuir a la creación de situaciones de "bloqueo". Las existencias en constante crecimiento limitan las posibilidades de cierre de bucles materiales mediante el reciclaje (Economía Circular), y la distribución por edades de las existencias determina cuándo los materiales pueden estar disponibles como recursos secundarios potenciales y cuál es probable que sea su composición (Haas *et al.* 2015; Krook y Baas 2013). También se ha reconocido la importancia de las existencias para la mitigación de gases de efecto invernadero, ya que la construcción y utilización de existencias de edificios e infraestructura son responsables de gran parte del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero de la humanidad (Müller *et al.* 2013; Pauliuk y Müller 2014). Aunque el interés en las existencias de materiales en uso ha crecido en los últimos años, los métodos para estimar el tamaño de las existencias todavía son incipientes, y el conocimiento de las existencias socioeconómicas agregadas y su evolución a lo largo del tiempo es, en el mejor de los casos, fragmentario. Se carece aún de estimaciones integrales para los diferentes tipos de existencias, su composición material y su relación con los flujos a escala global.

## 8.2 Métodos para cuantificar existencias

---

### 8.2.1 Descripción general

---

Como se describe en la sección 1.3.3 de este manual, en la CFM-TE se distinguen tres tipos de existencias socioeconómicas: artefactos, animales y

humanos. Los artefactos son principalmente activos fijos hechos por el hombre según se define en las cuentas nacionales, como infraestructuras, edificios, vehículos y maquinaria, así como inventarios de productos duraderos. Los bienes duraderos comprados por los hogares para el consumo final no

se consideran activos fijos en las cuentas nacionales, pero también se consideran como existencias de materiales en la CFM-TE. Las existencias de artefactos en uso generalmente representan más del 99 por ciento del total de existencias; el tamaño de humanos y animales es comparativamente pequeño. El tamaño de las existencias de animales y humanos se puede estimar utilizando datos de población y número de animales y suposiciones sobre el peso vivo promedio por clase de edad, pero en términos prácticos, a menudo se ignora en las evaluaciones de existencias.

Existen una multitud de enfoques para cuantificar el tamaño de las existencias de artefactos en uso y los flujos de materiales relacionados (Augiseau y Barles, 2017; Tanikawa *et al.* 2015). En un nivel muy general, se pueden distinguir dos tipos de enfoques: enfoques basados en contabilidad (ascendentes, bottom-up) "impulsados por existencias" y modelado dinámico "impulsado por flujos de entrada" (descendentes, top-down). Los enfoques basados en contabilidad estiman la masa de materiales en existencias a partir de información cuantitativa sobre los diferentes tipos de existencias, como edificios, infraestructuras o maquinaria, y su composición material. Los modelos impulsados por flujos de entrada utilizan información de series temporales sobre las entradas de materiales a las existencias en uso, en combinación con suposiciones sobre sus vidas útiles, para inferir el tamaño de las existencias a lo largo del tiempo y posteriormente modelar los flujos de residuos al final de la vida desde las existencias en cada punto específico en el tiempo. En la práctica, a menudo se utilizan enfoques híbridos que combinan diferentes métodos, según los datos disponibles y los objetivos de investigación.

### 8.2.2 Contabilidad de existencias

Los enfoques basados en contabilidad para cuantificar existencias son principalmente enfoques estáticos de abajo hacia arriba. Utilizan inventarios o datos de encuestas sobre artefactos en uso para estimar la masa y composición material de estos tipos específicos de existencias. Este enfoque requiere información sobre diferentes tipos de existencias en uso (por ejemplo, longitud de carreteras por tipo de carretera, estadísticas de

construcción o el número de vehículos) y la masa y composición de las existencias (por ejemplo, la masa de diferentes materiales contenidos en un km de diferentes tipos de carreteras o edificios, o por vehículo). Este es un método que requiere muchos datos y generalmente se aplica solo a tipos específicos de existencias. Miatto *et al.* (2017), por ejemplo, han cuantificado el desarrollo a largo plazo de las existencias de materiales en el sistema vial de los Estados Unidos. Se han hecho pocos intentos de utilizar este enfoque a escala nacional para estimaciones de existencias más completas. Ejemplos incluyen el estudio de Rubli *et al.* (2005), que ha estimado las existencias de edificios e infraestructuras en su análisis de la economía suiza utilizando dicho enfoque; Wiedenhofer *et al.* (2015) han cuantificado existencias de edificios residenciales, carreteras y ferrocarriles para la Unión Europea, mientras que Tanikawa *et al.* (2015) estimaron el desarrollo de las existencias de materiales de construcción en Japón en todos los edificios e infraestructuras. Ortlepp, Gruhler y Schiller (2015) desagregaron la suma de superficie construida en Alemania en varios tipos de construcción. Estos enfoques de contabilidad impulsados por existencias pueden producir estimaciones de existencias de alta resolución para años específicos, pero son menos útiles para estimaciones integrales de todo el sistema de existencias en uso de materiales, ya que esto requeriría datos para una gran variedad de tipos de existencias diferentes y sus cambiantes composiciones materiales a lo largo del tiempo. Sin embargo, los datos estadísticos generalmente existen solo para unas pocas existencias (por ejemplo, longitud de carreteras y ferrocarriles, número de edificios y espacio en el suelo, número de automóviles) y a menudo son de baja calidad. La conversión de variables de existencias a unidades de masa es propensa a una considerable incertidumbre y la descomposición en materiales específicos, que es clave para vincular la información de existencias a los datos de flujo de materiales de la CFM-TE, requiere información detallada sobre la composición material de diferentes existencias. Debido a estos problemas, los resultados de la contabilidad impulsada por existencias a menudo no son totalmente consistentes con la CFM-TE (Schiller, Müller y Ortlepp 2017) y actualmente, a menudo se limitan a años recientes (Augiseau y Barles 2017).



### 8.2.3 Modelado dinámico de existencias

Los modelos dinámicos de existencias impulsados por flujos de entrada, que utilizan las vidas útiles promedio de los materiales de construcción de existencias para cuantificar el tamaño de las existencias, son más fáciles de vincular de manera coherente con la CFM-TE. Los flujos físicos de construcción de existencias se pueden derivar de las cuentas de flujos de materiales en combinación con información adicional sobre la fracción de materiales que se utiliza para construir existencias, obtenida, por ejemplo, de estadísticas de producción. Este modelado trata luego el flujo de cada año de un material de construcción de existencias específico como un ítem separado con una cierta distribución de vidas útiles, similar a un enfoque demográfico de población. En este método, la existencia es un resultado calculado endógenamente del modelo; es la suma de todos los materiales que permanecen en uso en las cohortes de flujos pasados. El método es bastante flexible en cuanto a los tipos de flujos de materiales y existencias que se pueden modelar, desde productos fabricados en varios usos y escalas; los datos de entrada pueden ser materiales o sustancias (por ejemplo, acero, madera, cemento) pero también unidades de existencias como automóviles vendidos, que se convierten en masa de materiales. El modelado dinámico de existencias se puede vincular de manera coherente con las cuentas de flujos de materiales, no solo para cuantificar el tamaño de las existencias sino también para modelar el flujo de residuos al final de la vida desde las existencias descartadas y estimar los flujos potenciales de reciclaje y degradación de materiales.

Este enfoque también permite un diseño de escenarios de "qué pasaría si", donde el tamaño y la dinámica de las existencias en uso son consecuencias de supuestos de escenario sobre flujos de materiales de construcción de existencias, vidas útiles y tasas de reciclaje. Los modelos dinámicos impulsados por flujos se han utilizado ampliamente para estimar el desarrollo a largo plazo

de existencias de sustancias específicas como metales (Glöser, Soulier y Tercero Espinoza 2013; Liu y Müller 2013; Pauliuk, Wang y Müller 2013), y cemento (Cao *et al.* 2017a; Cao *et al.* 2017b) para economías nacionales y a escala global, y más recientemente también para estimaciones integrales de existencias basadas en la CFM-TE. Fishman *et al.* (2014) utilizaron este enfoque para estimar el desarrollo de la masa de materiales en la existencia de artefactos en Japón y Estados Unidos según datos de series temporales de cuentas de flujos de materiales. Krausmann *et al.* (2017) desarrollaron un modelo que utiliza datos sobre el consumo interno de materiales (DMC) de una base de datos global de flujos de materiales, diversas estadísticas de producción e información sobre tasas de almacenamiento (la fracción del DMC de estos materiales que se almacena) para determinar la cantidad de materiales que se utilizan para construir o mantener existencias a nivel mundial durante todo el siglo XX. Luego, los flujos de diferentes materiales se asignan a diferentes tipos de existencias con diferentes vidas útiles. El modelo cuantifica todas las existencias en uso de artefactos, distinguiendo 15 tipos principales de existencias (por ejemplo, papel, madera, ladrillos, concreto, vidrio, metales). El modelado también proporciona estimaciones de los flujos globales de residuos sólidos desde existencias descartadas y flujos de recursos reciclados secundarios, lo que es información útil para complementar el indicador de salida nacional procesada (DPO) en la CFM-TE e informar evaluaciones de la economía circular. Aunque los modelos dinámicos de existencias impulsados por flujos de entrada se pueden vincular de manera coherente con la CFM-TE, su resolución con respecto a diferentes tipos de existencias está actualmente limitada por los datos disponibles. También es difícil proporcionar estimaciones sobre diferentes tipos funcionales de existencias (por ejemplo, edificios comerciales o residenciales, automóviles y aviones), debido a la información limitada sobre la asignación de flujos a tipos específicos de existencias, vidas útiles de diferentes existencias y sus cambios a lo largo del tiempo.





## 9 Referencias

---

Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. *et al.* (1997). *Resource Flows. The Material Basis of Industrial Economies*. Washington D.C.: World Resources Institute.

Arto, I., Genty, A., Rueda-Cantuche, J.M., Villanueva, A. and Andreoni, V. (2013). *Global Resources Use and Pollution: Vol. I, Production, Consumption and Trade (1995-2008)*. Luxembourg: European Commission Joint Research Centre.

Augiseau, V. and Barles, S. (2017). Studying construction materials flows and stock: A review. *Resources, Conservation and Recycling* 123, 153-164.

Ayres, R.U. and Simonis, U.E. (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo, New York, Paris: United Nations University Press.

Barbiero, G., Camponeschi, S., Femia, A., Greca, G., Macri, A., Tudini, A. *et al.* (2003). *1980-1998 Material-Input-Based Indicators Time Series and 1997 Material Balance of the Italian Economy. National Accounts. Income distribution, sector and satellite accounts*. Rome: ISTAT.

BMVEL (2001). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland*. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.

Bringezu, S. and Schütz, H. (2001). *Material use indicators for the European Union, 1980-1997. Economy-wide material flow accounts and balances and derived indicators of resource use*. Luxembourg: Eurostat.

Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C. and Wiebe, K.S. (2012). Materials embodied in international trade: Global material extraction and consumption between 1995 and 2005. *Global Environmental Change* 22(3), 568–576.

Brunner, P.H. and Rechberger, H. (2002). Anthropogenic Metabolism and Environmental Legacies. *Encyclopedia of Global Environmental Change* 3, 54-72.

Cao, Z., Shen, L., Liu, L., Zhao, J., Zhong, S., Kong, H. and Sun, Y. (2017a). Estimating the in-use cement stock in China: 1920-2013. *Resources, Conservation and Recycling* 122, 21-31.

Cao, Z., Shen, L., Løvik, A.N., Müller, D.B. and Liu., G. (2017b). Elaborating the history of our cementing societies: an in-use stock perspective. *Environmental Science & Technology* 51(19), 11468-11475.

EC (2011). *Roadmap to a Resource Efficient Europe COM(2011) 571 final*. Brussels: European Commission.

EC (2014). *Analysis of an EU target for Resource Productivity SWD(2014) 211 final*. Brussels: European Commission.

EC (2014). *Analysis of an EU target for Resource Productivity SWD(2014) 211 final*. Brussels: European Commission.

EEA (2017a). Emissions of the main air pollutants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-3>. Accessed August 25, 2017.

EEA (2017b). Persistent organic pollutant emissions. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea32-persistent-organic-pollutant-pop-emissions-1/assessment-6>. Accessed August 25, 2017.

EIONET (2017). Heavy metal. <https://www.eionet.europa.eu/gemet/en/concept/3915>. Accessed August 25, 2017.

Eisenmenger, N., Fischer-Kowalski, M. and Weisz, H. (2007). Indicators of Natural Resource Use and Consumption. In *Sustainability Indicators: A Scientific Assessment, SCOPE vol. 67*. Hak, T., Moldan, B. and Lyon Dahl, A. (eds.). Washington, D.C.: Island Press. 193–210. [http://books.google.at/books?id=W4o-qunretMC&dq=indicators+of+resource+use+and+consumption&lr=&hl=de&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.at/books?id=W4o-qunretMC&dq=indicators+of+resource+use+and+consumption&lr=&hl=de&source=gbs_navlinks_s). Accessed November 20, 2014.

Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D., Schaffartzik, A., Giljum, S., Bruckner, M., Schandl, H. *et al.* (2016). Consumption-based material flow indicators: Comparing six ways of calculating the Austrian raw material consumption providing six results. *Ecological Economics* 128, 177–186.

Eurostat (2001). *Economy-wide material flow accounts and derived indicators - A methodological guide*. Luxembourg: European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-manuals-and-guidelines/-/ks-34-00-536>. Accessed November 12, 2014.

Eurostat (2013). *Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA): Compilation Guide 2013*. Luxembourg: European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.%20pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4c>. Accessed November 12, 2014.

Eurostat (2015). Environmental accounts - establishing the links between the environment and the economy. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental\\_accounts\\_-\\_establishing\\_the\\_links\\_between\\_the\\_environment\\_and\\_the\\_economy](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Environmental_accounts_-_establishing_the_links_between_the_environment_and_the_economy). Accessed October 23, 2015.

Eurostat (2016a). *Handbook for estimating raw material equivalents of imports and exports and RME-based indicators for countries – based on Eurostat's EU RME model*. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities.

Eurostat (2016b). *Documentation of the EU RME model*. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities.

Eurostat (2017). Eurostat databases: Material flows and resource productivity. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/material-flows-and-resource-productivity/database>. Accessed September 22, 2017.

Eurostat (2018). *Economy-wide material flow accounts handbook 2018 edition*. Luxembourg: European Commission. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/9117556/KS-GQ-18-006-EN-N.pdf/b621b8ce-2792-47ff-9d10-067d2b8aac4b>. Accessed October 23, 2018.

Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860–1970. *Journal of Industrial Ecology* 2(1), 61–78.

Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S. *et al.* (2011). Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting State of the Art and Reliability across Sources. *Journal of Industrial Ecology* 15(6), 855–876.

Fischer-Kowalski, M. and Weisz, H. (2005). Society as Hybrid between Material and Symbolic Realms: Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interrelation. In *New Developments in Environmental Sociology*. Redclift, M.R. and Woodgate, G. (eds.). Cheltenham and Northampton: Edward Elgar. 113–149.

Fishman, T., Schandl, H., Tanikawa, H., Walker, P. and Krausmann, F. (2014). Accounting for the Material Stock of Nations. *Journal of Industrial Ecology* 18(3), 407-420.

Giljum, S., Bruckner, M. and Martinez, A. (2015). Material Footprint Assessment in a Global Input-Output Framework. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 792-804.

Giljum, S., Dittrich, M., Lieber, M., and Lutter, S. (2014). Global Patterns of Material Flows and their Socio-Economic and Environmental Implications: An MFA Study on All Countries World-Wide from 1980 to 2009. *Resources* 3(1), 319–339.

Giljum, S., Lutter, S., Bruckner, M., Wieland, H., Eisenmenger, N., Wiedenhofer, D. and Schandl, H. (2017). *Empirical assessment of the OECD Inter-Country Input-Output database to calculate demand-based material flows*. Paris: OECD.

Giljum, S., Wieland, H., Lutter, S., Bruckner, M., Wood, R., Tukker, A. and Stadler, K. (2016). Identifying priority areas for European resource policies: a MRIO-based material footprint assessment. *Journal of Economic Structures* 5(1), 1-24.

Glöser, S., Soulier, M. and Tercero Espinoza, L.A. (2013). Dynamic analysis of global copper flows. Global stocks, postconsumer material flows, recycling indicators, and uncertainty evaluation. *Environmental Science & Technology* 47(12), 6564-6572.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D. and Heinz, M. (2015). How Circular is the Global Economy? An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 765–777.

- Hohenecker, J. (1981). Entwicklungstendenzen bei der Futtermittellieferung Österreichs, dargestellt am Beispiel ausgewählter Jahre: Die Bodenkultur. *Austrian Journal of Agricultural Research* 32, 163-187.
- IPCC (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Penman, J., Gytarsky, M., Hiraishi, T., Krug, T., Kruger, D., Pipatti, R. et al. (eds.). Japan: IGES.
- IPCC (2007a): *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Switzerland: IPCC.
- IPCC (2007b): *Chapter 2: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing, Table 2.14, p. 212*. In: *Fourth Assessment Report (AR4)*. Switzerland: IPCC.
- IPCC (2019): *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Switzerland: IPCC. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>.
- Japan, Ministry of the Environment (1992). *Quality of the Environment in Japan 1992*. <http://www.env.go.jp/en/wpaper/1992/index.html>.
- Kapur, A. and Graedel, T.E. (2006). Copper Mines Above and Below the Ground. *Environmental Science and Technology* 40(10), 3135-3141.
- Kovanda, J. and Weinzettel, J. (2013). The importance of raw material equivalents in economy-wide material flow accounting and its policy dimension. *Environmental Science & Policy* 29, 71-80.
- Krausmann, F., Erb, K.H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V. et al. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 110, 10324–10329.
- Krausmann, F., Erb, K.H., Gingrich, S., Lauk, C. and Haberl, H. (2008). Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecol. Econ.* 65, 471–487. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.012>.
- Krausmann, F., Schandl, H., Eisenmenger, N., Giljum, S. and Jackson, T. (2017). Material Flow Accounting: Measuring Global Material Use for Sustainable Development. *Annual Review of Environment and Resources*. 42, 647-675. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060726>.
- Krook, J. and Baas, L. (2013). Getting serious about mining the technosphere: A review of recent landfill mining and urban mining research. *Journal of Cleaner Production* 55, 1-9.
- Liu, G. and Müller, D.B. (2013). Mapping the Global Journey of Anthropogenic Aluminum: A Trade-Linked Multilevel Material Flow Analysis. *Environmental Science & Technology* 47(20), 11873-11881.

- Lutter, S., Giljum, S. and Bruckner, M. (2016). A review and comparative assessment of existing approaches to calculate material footprints. *Ecological Economics* 127, 1-10.
- Marra Campanale, R. and Femia, A. (2013). An Environmentally Ineffective Way to Increase Resource Productivity: Evidence from the Italian Case on Transferring the Burden Abroad. *Resources* 2(4), 608-627.
- Matthews, E., Amann, C., Fischer-Kowalski, M., Bringezu, S., Hüttler, W., Kleijn, R. *et al.* (2000). *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Meissner, H.H. (1994). *Animal-related information required and a more comprehensive approach to improve estimates of carrying capacity*. In: *Proceedings of a Symposium on the Science of Free Ranging Ruminants*. Fort Hare.
- Miatto, A., Schandl, H., Fishman, T. and Tanikawa, H. (2016). Global Patterns and Trends for Non-Metallic Minerals used for Construction. *J. Ind. Ecol.* n/a–n/a. <https://doi.org/10.1111/jiec.12471>.
- Miatto, A., Schandl, H., Wiedenhofer, D., Krausmann, F. and Tanikawa, H. (2017). Modeling material flows and stocks of the road network in the United States 1905-2015. *Resources, Conservation and Recycling* 127, 168-178.
- Müller, D.B., Liu, G., Løvik, A.N., Modaresi, R., Pauliuk, S., Steinhoff, F.S. and Brattebø, H. (2013). Carbon emissions of infrastructure development. *Environmental Science & Technology* 47(20), 11739-11746.
- Muñoz, P., Giljum, S. and Roca, J. (2009). The Raw Material Equivalent of International Trade: Empirical Evidence for Latin America. *Journal of Industrial Ecology* 13(6), 881–897.
- Muukkonen, J. (2000). *TMR, DMI and material balances, Finland 1980-1997*. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities.
- OECD (2001). *Measuring Capital: OECD Manual*. Paris: OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264193260-en>.
- OECD (2008). *Measuring Material Flows And Resource Productivity: Volume I. The OECD Guide*. Paris: OECD. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>.
- OECD (2014). *Green Growth Indicators 2014*. Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264202030-en>.
- Ortlepp, R., Gruhler, K. and Schiller, G. (2015). Material stocks in Germany's non-domestic buildings: a new quantification method. *Building Research & Information* 44(8), 840-862.
- Pauliuk, S. and Müller, D.B. (2014). The role of in-use stocks in the social metabolism and in climate change mitigation. *Global Environmental Change* 24, 132-142.

- Pauliuk, S., Wang, T. and Müller, D.B. (2013). Steel all over the world: Estimating in-use stocks of iron for 200 countries. *Resources, Conservation and Recycling* 71, 22-30.
- REN21 (2005). *Renewables 2005 Global Status Report*. Washington D.C.: Worldwatch Institute. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2005\\_Full-Report\\_English.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2005_Full-Report_English.pdf).
- Rubli, S., Werkstoff-Börse GmbH, Jungbluth, N. and ESU-services (2005). *Materialflussrechnung für die Schweiz. Machbarkeitsstudie*. Neuchâtel, Switzerland: Bundesamt für Statistik (BFS).
- Ščasný, M., Kovanda, J. and Hák, T. (2003). Material flow accounts, balances and derived indicators for the Czech Republic during the 1990s: results and recommendations for methodological improvements. *Ecological Economics* 45(1), 41–57.
- Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F. and Weisz, H. (2014a). Consumption-based Material Flow Accounting: Austrian Trade and Consumption in Raw Material Equivalents 1995-2007. *Journal of Industrial Ecology* 18(1), 102–112.
- Schaffartzik, A., Mayer, A., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Loy, C. and Krausmann, F. (2014b). The global metabolic transition: Regional patterns and trends of global material flows, 1950–2010. *Global Environmental Change* 26, 87–97.
- Schandl, H., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N. *et al.* (2017). Global Material Flows and Resource Productivity: Forty Years of Evidence. *J. Ind. Ecol.* n/a-n/a. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12626>.
- Schandl, H. and West, J. (2010). Resource use and resource efficiency in the Asia–Pacific region. *Global Environmental Change* 20(4), 636–647.
- Schiller, G., Müller, F. and Ortlepp, R. (2017). Mapping the anthropogenic stock in Germany: Metabolic evidence for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling* 123, 93-107.
- Schoer, K., Weinzettel, J., Kovanda, J., Giegrich, J. and Lauwigi, C. (2012). Raw Material Consumption of the European Union: Concept, Calculation Method, and Results. *Environmental Science & Technology* 46(16), 8903–8909.
- Schütz, H. and Bringezu, S. (1993). Major Material Flows in Germany. *Fresenius Environmental Bulletin* (2), 443–448.
- Steurer, A. (1992). Stoffstrombilanz Österreich 1988. *Social Ecology Working Papers*. Wien: IFF Social Ecology. Accessed December 18, 1998.
- Tanikawa, H., Fishman, T., Okuoka, K. And Sugimoto, K. (2015). The Weight of Society Over Time and Space: A Comprehensive Account of the Construction Material Stock of Japan, 1945-2010: The Construction Material Stock of Japan. *Journal of Industrial Ecology* 19(5), 778-791.



Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M. *et al.* (2014). *The Global Resource Footprint of Nations: Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1*. Leiden/Delft/Vienna/Trondheim.

UN (1987). *Energy Statistics: Definitions, Units of Measure and Conversion Factors*. New York: United Nations. [https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF\\_44E.pdf](https://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesF/SeriesF_44E.pdf).

UN (2014). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework*. New York: United Nations.

UN (2015). *Sustainable Development Goals (SDGs)*. New York: United Nations.

UN (2017). System of Environmental Economic Accounting (SEEA). <https://seea.un.org/>. Accessed October 23, 2015.

UNEP (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth*. Paris: UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>.

UNEP (2015). *International Trade in Resources: A Biophysical Assessment*. Paris: UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7427>.

UNEP (2016). *Global Material Flows and Resource Productivity: Assessment Report for the UNEP International Resource Panel*. Paris: UNEP. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/21557>.

UNEP (2017) Environment live: Science and data for people. <http://environmentlive.unep.org/downloader>.

USGS (2017). *Mineral commodity summaries 2017*. Reston: USGS. <https://doi.org/10.3133/70180197>.

UNSD (2016). *Energy Statistics Compilers Manual. Final draft subject to official editing*. New York: United Nations. [https://unstats.un.org/unsd/energy/ESCM\\_Whitecover\\_170323.pdf](https://unstats.un.org/unsd/energy/ESCM_Whitecover_170323.pdf).

UNSD (2018). *International Recommendations for Energy Statistics (IRES)*. New York: United Nations. <https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-web.pdf>.

Wiedenhofer, D., Steinberger, J.K., Eisenmenger, N. And Haas, W. (2015). Maintenance and Expansion: Modeling Material Stocks and Flows for Residential Buildings and Transportation Networks in the EU25. *Journal of Industrial Ecology* 19(4), 538-551.

Weinzettel, J. and Kovanda, J. (2009). Assessing Socioeconomic Metabolism through Hybrid Life Cycle Assessment: The Case of the Czech Republic. *Journal of Industrial Ecology* 13(4), 607–621.

- Wheeler, R.O., Cramer, G.L., Young, K.B. and Ospina, E. (1981). *The World Livestock Product, Feedstuff, and Food Grain System: An Analysis and Evaluation of System Interactions Throughout the World, With Projections to 1985*. Morrilton: Winrock International Livestock Research and Training Center.
- Wiebe, K.S., Bruckner, M., Giljum, S., Lutz, C. and Polzin, C. (2012). Carbon and Materials Embodied in the International Trade of Emerging Economies: A Multiregional Input-Output Assessment of Trends between 1995 and 2005. *Journal of Industrial Ecology* 16(4), 636–646.
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. *et al.* (2015). The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(20), 6271–6276.
- Wiesen, K. and Wirges, M. (2017). From cumulated energy demand to cumulated raw material demand: the material footprint as a sum parameter in life cycle assessment. *Energy, Sustainability and Society* 7(1), 13.
- Wirsenius, S. (2000). *Human use of land and organic materials: modeling the turnover of biomass in the global food system*. Chalmers University of Technology.
- Wirsenius, S. (2003). Efficiencies and biomass appropriation of food commodities on global and regional levels. *Agric. Syst.* 77, 219–255. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00188-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00188-9).
- Wuppertal Institute (2014). *Material intensity of materials, fuels, transport services, food*. Wuppertal: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Xu, M. and Zhang, T. (2008). Material Flows and Economic Growth in Developing China. *Journal of Industrial Ecology* 11(1), 121–140.



Anexo 1



# Anexo 1

El Anexo 1 es un anexo en línea que contiene el Compilador de las CFM-TE del PNUMA, el cual apoya a los países en la creación de las CFM-TE. Además de proporcionar la estructura básica requerida para estas cuentas, incluye también

una serie de herramientas sencillas para el cálculo de algunas categorías de materiales, cuando no son el resultado de una simple sumatoria. A continuación se muestra la tabla de contenido del compilador de CFM-TE:

Tabla A.1 Tabla de contenidos del Compilador de CFM-TE.

HOJA	TÍTULO	ESTADO
Contenido	Tabla de contenidos	<i>para información</i>
Entrar	Introducción y metodología	<i>para información</i>
Descripción y definiciones	Descripción de las tablas y Definiciones	<i>para información</i>
<b>Tabla_A</b>	<b>Extracción Interna</b>	<b><i>para rellenar</i></b>
<b>Tabla_B</b>	<b>Importaciones de Materiales</b>	<b><i>para rellenar</i></b>
<b>Tabla_C</b>	<b>Exportaciones de Materiales</b>	<b><i>para rellenar</i></b>
<b>Tabla_D</b>	<b>Salidas de materiales</b>	<b><i>para rellenar</i></b>
<b>Tabla_E</b>	<b>Elementos de balance</b>	<b><i>para rellenar</i></b>
<b>Tabla_F</b>	<b>Indicadores principales</b>	<b><i>para ser rellenado automáticamente</i></b>
Corresp SDMX Codes	Correspondencia de los códigos CFM-TE con los códigos SDMX	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Corresp FAO Crop Codes_DE	Correspondence FAO Crop Codes to EW-MFA Codes_Domestic Extraction	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Crop Residues Tool_DE	Calculated totals for Crop Residues - Domestic Extraction	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Grazed Biomass Tool_DE	Calculated totals for Grazed Biomass - Domestic Extraction	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
ConvFact Wood_DE	Conversion Factors Wood - Domestic Extraction	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Metal Ores Tool 1_DE	Calculated totals for Metal Ores - Mined Ores	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Metal Ores Tool 2_DE	Calculated totals for Metal Ores - Processed/Shipped Ores	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Metal Ores Tool 3_DE	Calculated totals for Metal Ores - SMS Back Calculation	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>

**Tabla A.1** Tabla de contenidos del Compilador de CFM-TE (Continuación)

HOJA	TÍTULO	ESTADO
ConvFact Non-Met Minerals	Factores de conversión Minerales No Metálicos	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Chalk, Dol and Limest Tool_DE	Totales calculados para la Extracción Interna de tiza, dolomita y calizas	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
ConvFact Clays_DE	Factores de Conversión de Arcillas - Extracción Interna	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Sand and Gravel Tool_DE	Totales calculados para Extracción Interna de arena y grava para Construcción	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Fossil Fuels Tool_DE	Totales calculados para Extracción Interna de Combustibles Fósiles	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Fossil Fuels Tool_Imp	Totales calculados para Importaciones de Combustibles Fósiles	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Fossil Fuels Tool_Exp	Totales calculados para Exportaciones de Combustibles Fósiles	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
ConvFact Peat	Factor de conversión Turba	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
ConvFact Crude Oil and NGL	Factores de conversión para Extracción Interna de Petróleo crudo y líquidos de gas natural	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
ConvFact Natural Gas	Factores de conversión Gas Natural	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Corresp HS2017_Trade	Tabla de correspondencia Códigos SA2017 a Códigos CFM-TE	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>
Corresp SITC Rev.4_Trade	Tabla de correspondencia Códigos CUCI Rev. 4 a Códigos CFM-TE	<i>se puede utilizar para la estimación de elementos seleccionados</i>

El Compilador de CFM-TE completo está disponible en:  
<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41948>



Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

P.O. Box 30552-00100, Nairobi, KENYA

E-mail: [unenvironment-publications@un.org](mailto:unenvironment-publications@un.org)