



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



ONU  
programa para el  
medio ambiente



PUCP



BICENTENARIO  
PERÚ  
2024

SPIN-OFF

# HUELLA MATERIAL



**TÍTULO:**

*Spin-off* Huella material

**Autor:**

Ministerio del Ambiente  
Viceministerio de Gestión Ambiental  
Dirección General de Educación, Ciudadanía e Información Ambiental  
Dirección de Información, Investigación e Innovación Ambiental  
www.minam.gob.pe

**Editado por:**

©Ministerio del Ambiente  
Viceministerio de Gestión Ambiental  
Dirección General de Educación, Ciudadanía e Información Ambiental  
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar  
Lima - Perú

1.<sup>a</sup> edición - junio de 2024

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2024-05493

**Fotografías:**

© Banco de Imágenes del MINAM

**Diseño y diagramación:**

Editorial Arkabas

Todos los derechos reservados. Permitida la reproducción total o parcial por cualquier medio siempre y cuando se cite la fuente.

# Índice

1. Introducción	4
2. Flujo de materiales	8
3. Guía metodológica para el análisis del flujo de materiales (AFM)	10
4. Principales actores y fuentes de información	35
5. Huella material: mejorando las políticas productivas nacionales	38
6. Brechas de información en el cálculo de la huella material	40
7. Métodos de recopilación de datos para la huella material en la economía peruana	42
8. Conclusiones y beneficios de la huella material	45
9. Bibliografía	47

1.

# Introducción

---

El Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente (INEA) 2014-2019, explicita el estado situacional del ambiente y las respuestas del Estado peruano a los impactos ambientales de las actividades económicas y la ocupación del territorio. Considerando la Agenda Ambiental 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se ha priorizado el desarrollo de un *spin-off* de huella material, para coadyuvar a una mejor comprensión del uso de los recursos naturales y los materiales en las actividades productivas del país para favorecer la gestión de la producción y el consumo responsable.

El objetivo de desarrollo sostenible (ODS) n.º 12 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, creada por Naciones Unidas, se propone alcanzar una «Producción y consumo responsable» a nivel mundial. Se busca, en este marco, separar el crecimiento económico de la degradación del medioambiente, aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y promover estilos de vida más sostenibles.

La Política Nacional del Ambiente al 2030 tiene como objetivo prioritario n.º 7: «Mejorar el desempeño ambiental de las cadenas productivas y de consumo de bienes y servicios, aplicando la economía circular». Este objetivo busca generar el fortalecimiento de las condiciones de sostenibilidad de las cadenas productivas y de consumo, proceso que no solo debe incluir las variables económicas (reducción de costos de producción) sino también variables sociales (que genere mejora de las condiciones de vida de la población y la sostenibilidad de sus procesos de consumo) y ambientales (que genere mejor uso de los recursos naturales, reúso de los residuos sólidos y líquidos y mejora de calidad ambiental), como una respuesta al «Aumento de procesos productivos de bienes y servicios no ecoeficientes ni sostenibles» y evitar, principalmente, la disminución de los bienes y servicios ecosistémicos de la categoría de:

- i) **Abastecimiento o de provisión:** Dado que la sostenibilidad de los procesos productivos y de consumo de bienes y servicios busca promover el mejor uso de recursos, por ejemplo, de los recursos hídricos o materiales, así como los recursos naturales como los recursos maderables, y
- ii) **Regulación:** La sostenibilidad en los procesos productivos y de consumo tiene como consecuencia la reducción de los desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos.

El presente documento describe la definición y explora la importancia del cálculo de la huella material en el Perú con miras a medir nuestro progreso hacia la producción y el consumo sostenible de recursos y presenta una guía metodológica para el análisis de flujo de materiales (AFM), que describe a los actores y fuentes de información, propone a las instituciones públicas para el cálculo de la huella material, descifra la correlación entre la huella material y las políticas productivas nacionales, identifica las brechas de información en el cálculo de la huella material, presenta métodos de recopilación de datos para la huella material de la economía peruana y explicita las conclusiones y beneficios de la huella material.



## — La huella material y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El consumo y la producción sostenible consisten en hacer más y mejor con menos, desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental, aumentar la eficiencia de los recursos y promover estilos de vida sostenibles. Implica necesariamente respetar los límites biofísicos del planeta y reducir las actuales tasas de consumo global (Neme, 2023).

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecen que el uso y la gestión sostenible de los recursos naturales son una condición necesaria para lograr un futuro mejor para las siguientes generaciones. Estos ODS, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

De un total de 17 ODS, dos de ellos están asociados al indicador «huella material». El objetivo 8 «Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos», con la meta 8.4 «Mejorar progresivamente, para 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medioambiente, de conformidad con el marco decenal de programas sobre modalidades sostenibles de consumo y producción, empezando por los países desarrollados» y el objetivo 12 «Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles» con la meta 12.2 «Para 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales».

El Panel Internacional de Recursos (International Resource Panel, IRP por sus siglas en inglés) es una plataforma mundial científico-normativa establecida por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 2007 con el fin de crear y compartir los conocimientos necesarios para mejorar nuestra utilización de los recursos naturales.

El IRP establece que en las últimas cinco décadas nuestra población mundial se ha duplicado, la extracción de materiales se ha triplicado y el producto interno bruto se ha cuadruplicado. La extracción y el procesamiento de los recursos naturales se han acelerado en las dos últimas décadas y son responsables de más del 90 % de nuestra pérdida de biodiversidad, del estrés hídrico y de aproximadamente la mitad de los impactos relacionados con el cambio climático. Si continuamos con la tendencia actual, el uso de los recursos naturales se duplicará aún más para 2060 (se incrementará de 92 MM de toneladas a 190 MM de toneladas) y causará consecuencias irreversibles.

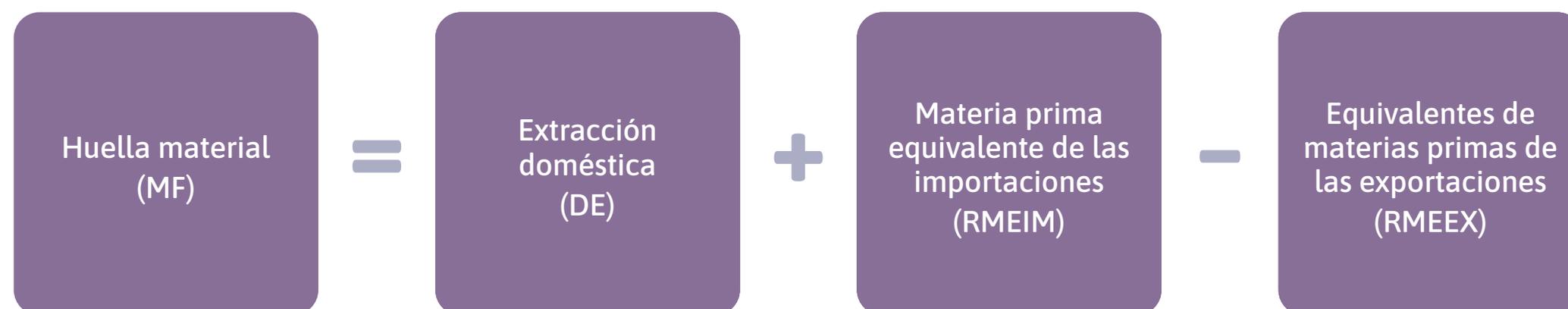
El Panel Internacional de Recursos (IRP) del PNUMA proporciona una estimación de la huella material y el consumo nacional de materiales para todos los países y está [accesible en el enlace](https://www.resourcepanel.org/es/base-de-datos-de-flujos-de-materiales-globales) (https://www.resourcepanel.org/es/base-de-datos-de-flujos-de-materiales-globales).

## — ¿Qué es la huella material?

Informa sobre la cantidad de materias primas requeridas para atender la demanda final de un país, con el objetivo de comprender mejor las “teleconexiones” entre lugares de producción y de consumo, transformando los pesos de los flujos directos de importación y exportación, permite corregir el balance nacional de materiales para el comercio internacional, contabilizando la extracción de materiales nacionales y extranjeros mediante parámetros armonizados.

La **huella material** (Neme, 2023) es la sumatoria de la extracción doméstica de recursos y la materia prima equivalente de las importaciones menos el equivalente de materias primas de las exportaciones.

Figura 1: Esquema de componentes para la contabilidad de flujo de materiales



Fuente: Neme, Javier. 2023. UNEP. Construcción de Indicadores Ambientales Panamá. Ppt.

La **huella material** es la medida de la extracción global de materiales a la demanda final interna de un país, en tanto que la **huella material total** es la suma de la huella material de biomasa, minerales metálicos, minerales no metálicos y combustibles fósiles.

La huella material está relacionada con la gestión sostenible de los recursos naturales, como el agua, la madera y los minerales. También se conecta indirectamente con los servicios proporcionados por los ecosistemas, como el secuestro de carbono y la purificación del agua. En resumen, medir la huella material nos ayuda a tomar decisiones más conscientes y a trabajar hacia un futuro más sostenible.

2.

# Flujo de materiales

---

Los flujos de materiales y los indicadores de productividad de los recursos son fundamentales para monitorear los patrones cambiantes del uso de los recursos a medida que crecen las economías globales. Son esenciales para monitorear el progreso hacia las metas 8.4 «Productividad de los recursos» y 12.2 «Uso sostenible de los recursos naturales» de los ODS.

Los indicadores de flujo de materiales son importantes para medir el avance de la productividad de los recursos y el uso de materiales. Es una herramienta clave para analizar y evaluar el biometabolismo físico de la sociedad. Permite analizar y evaluar la interacción que existe entre el ambiente y la economía, principalmente materiales, y proveer indicadores cuantitativos agregados que se relacionan a las presiones ambientales. En términos prácticos, se enfoca en las materias primas o recursos que provienen del ecosistema como entradas, se transforman en productos y finalmente vuelven al ecosistema como salidas (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2005).

Figura 2: Esquema de análisis de flujo de material de la economía



Fuente: Cerda, I. *Experiencia Chilena. Cuenta Ambiental Flujos de Materiales de la Economía ODS 8 y 12*. Ministerio del Medio Ambiente (2018).

El cálculo del flujo de materiales proporciona información sobre la cantidad de materiales utilizados en un sistema específico, mientras que el cálculo de la huella material amplía esta perspectiva al considerar los impactos ambientales y económicos asociados con esos materiales. Ambos indicadores son fundamentales para comprender y evaluar el consumo de recursos y los impactos ambientales de nuestras actividades cotidianas (OECD, 2008).

El cálculo del flujo de materiales considera categorías productivas estandarizadas. Estas son: minerales metálicos, minerales no metálicos, combustibles fósiles, biomasa, agua, madera y subproductos, productos químicos y minerales, y residuos y reciclables (OECD, 2008).

3.

# Guía metodológica para el análisis de flujo de materiales (AFM)

---

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los objetivos ocho «Trabajo decente y crecimiento económico» y doce «Producción y consumo responsables» tratan algunos aspectos vinculados al consumo de materiales, ya sea en términos absolutos, per cápita o con relación al PBI.

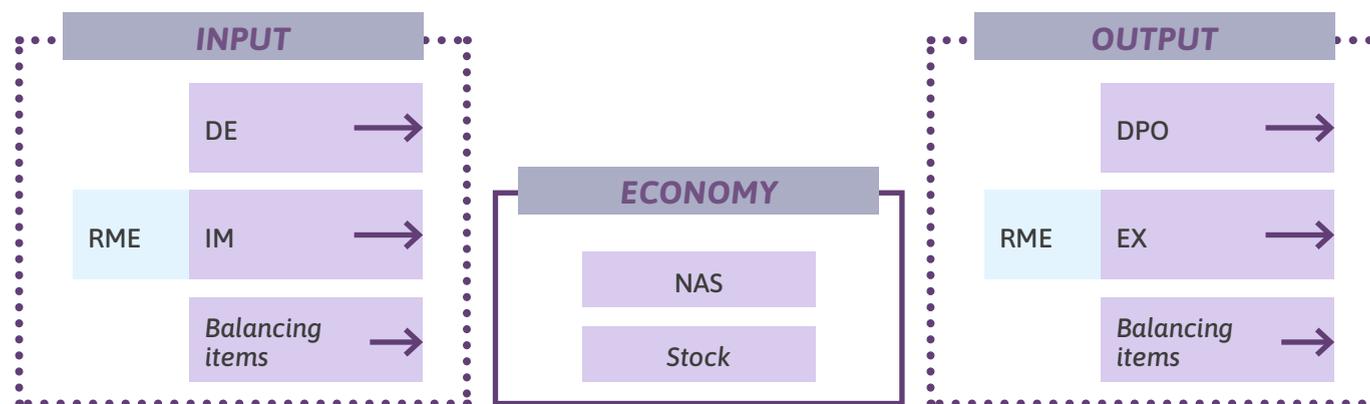
En términos generales, para un determinado país, la utilización de materiales de su economía y su impacto asociado, la huella material, son indicadores que no pueden calcularse directamente, sino que requieren otros insumos para su construcción. Este proceso puede ser particularmente desafiante en el caso de la huella material, ya que su cálculo requiere información proveniente de una serie de procesos que ocurren fuera del territorio del país en cuestión, y en un periodo determinado.

Dada esta complejidad, una estrategia que puede facilitar este camino es la de contabilizar los materiales directamente involucrados en el funcionamiento de las actividades productivas y económicas dentro del territorio nacional. Esto se conoce como **análisis de flujo de materiales (AFM)**, que describe la interacción entre la economía nacional y el ambiente, y al mismo tiempo, con la economía global, siempre en términos de movimientos de materias primas y materiales.

En forma muy simplificada, podemos pensar que una economía nacional es un sistema de stocks (existencias), flujos de entrada y flujos de salida. En el interior de este sistema ocurren procesos que generan bienes y servicios (que son dichas existencias o stocks), cuya producción requiere insumos de entrada (que provienen de la extracción doméstica y de las importaciones), y cuya generación da lugar a flujos de salida (que corresponden a residuos y sus emisiones, y también a bienes o servicios de exportación).

El análisis de flujo de materiales comprende una serie de estadísticas e indicadores que aparecen resumidos en la figura a continuación:

Figura 3: Esquema de componentes para la contabilidad de flujo de materiales



Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

El AFM se enfatiza en «El análisis sistemático de los flujos y almacenamientos de materiales en un sistema determinado en el espacio y el tiempo; en él, se conectan las fuentes, las rutas y los destinos finales de un material». Los sistemas considerados en el AFM pueden ser la economía doméstica, empresa, regiones, ciudades e inclusive sectores económicos (Hendriks et al., 2000; OECD, 2008).

«La metodología del AFM, es también una herramienta para el manejo integrado de los recursos y residuos de un país o una región, ya que permite obtener información acerca de su cantidad, calidad, efecto sobre el ambiente, y para el diseño y evaluación de las tecnologías para su tratamiento» (Gregory, Nadeau y Kirchain, 2009). Adicionalmente, se puede orientar hacia un análisis que posibilite la minimización del flujo de residuos de la antropósfera al medioambiente (Brunner et al., 1994).

Existen otros flujos que deben ser considerados para alcanzar una mayor precisión en la contabilidad de los materiales que mueven una economía nacional, conocidos como elementos de balanceo (o de equilibrio) de entrada y salida. Si bien los flujos de agua y aire a granel no se contabilizan en el AFM, algunas transformaciones de materiales pueden implicar intercambios de agua y aire que afectan significativamente al balance de masas.

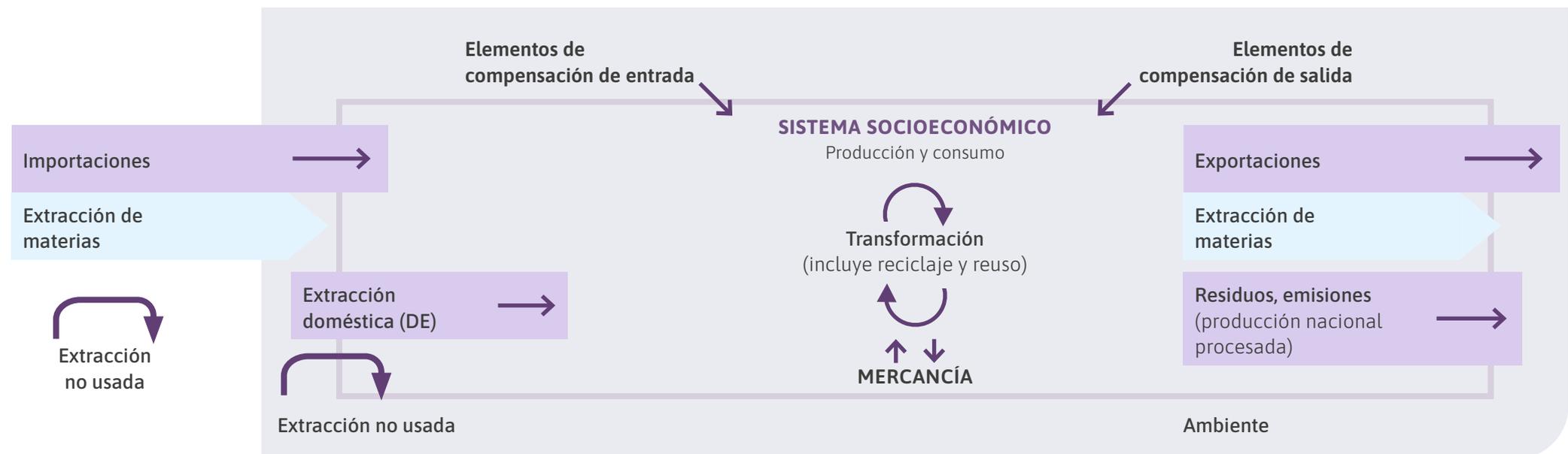
Los elementos de balance son estimaciones de estos flujos, que no forman parte de la extracción doméstica, de las emisiones al ambiente o de las adiciones a las existencias y se refieren sobre todo a la demanda de oxígeno de diversos procesos de combustión, el vapor de agua de la combustión de gases de efecto invernadero, o al nitrógeno que se extrae de la atmósfera para producir fertilizantes en el proceso Haber-Bosch.

En la compilación de estos flujos, solo se tienen en cuenta unos pocos procesos cuantitativamente importantes y los flujos se estiman utilizando ecuaciones estequiométricas generalizadas.

Una vez definidas estas categorías de flujos de materiales, podemos escribir una ecuación de balance de materiales nacional en términos de AFM de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 \text{Extracción doméstica} + \text{Importaciones} + \text{Elementos de compensación de entrada} \\
 = \\
 \text{Exportaciones} + \text{Emisiones al ambiente} + \text{Elementos de compensación de salida} + \text{Adiciones netas a las existencias}
 \end{array}$$

Figura 4: Esquema del proceso para la contabilidad de flujo de materiales



Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

En este ejercicio, la contabilidad de otros flujos que pueden considerarse en una visión más amplia de la Contabilidad de Flujo de Materiales (CFM) son: la extracción no utilizada asociada a las actividades directas de extracción, y el uso de materias primas asociado a las importaciones y exportaciones, que suelen denominarse equivalentes de materias primas. Ninguno de estos flujos entra en el sistema socioeconómico focal: la extracción no utilizada permanece dentro del sistema natural, y el equivalente de materias primas permanece en las economías extranjeras.

Para esta primera aproximación, consideraremos la extracción doméstica de materiales y el saldo de la balanza comercial, ya que, con este conjunto de datos, podremos realizar un primer cómputo de flujo de materiales, que, a su vez, nos brindará una base fundamental para el cálculo y análisis de la huella material. Las categorías de materiales a considerarse corresponden a:



**Biomasa:** cultivos, forrajes, pesca, productos de silvicultura, y otros;



**Minerales metálicos:** hierro, aluminio, oro, plata, cobre, y otros;



**Minerales no metálicos:** calizas, arcillas, arenas, minerales industriales, y otros



**Combustibles fósiles:** carbón, petróleo y gas natural.

Bajo esta clasificación, para poder calcular cuánto consume la economía de un país para su funcionamiento, es preciso conocer la extracción doméstica de materiales y sumarle la balanza física de comercio exterior, siempre bajo la agrupación de las cuatro categorías antes mencionadas.

Es importante aquí comprender que, se deberá recurrir a una **gran cantidad de fuentes de información**, para obtener los datos necesarios para el cálculo de estos indicadores, que tienen una relación muy fuerte con las cuentas nacionales y en particular con las cuentas nacionales ambientales.

## — Herramientas para compilación y procesamiento

Para facilitar la organización de los datos, el PNUMA ofrece un conjunto de hojas de cálculo y tablas que ayudan a compilar las cuentas de flujo de materiales para toda la economía de un país. Para ello, pone a disposición de los usuarios, seis tablas (A - F) y siete anexos (0 - 6) reunidos en un archivo en formato de hoja de cálculo en el que se registran los datos recopilados de acuerdo con la categoría a la que pertenezcan. Tanto las tablas como los anexos proveen información valiosa sobre los elementos individuales que deben incluirse en el cálculo de flujo de materiales, incluidos sus códigos asignados en diferentes sistemas de registro.

### Las tablas tienen una estructura jerárquica y comprenden hasta cuatro niveles de detalle:

**Tabla A:** los datos sobre la extracción nacional (ED) de biomasa, minerales metálicos, minerales no metálicos y combustibles fósiles deben introducirse en esta tabla. Los elementos individuales que componen cada uno de estos tipos de extracción nacional se enumeran en el epígrafe correspondiente. La ED de biomasa, por ejemplo, se compone de cultivos primarios (A.1.1), de residuos de cultivos usados, cultivos forrajeros y biomasa pastada (A.1.2), madera (A.1.3) y de la biomasa extraída mediante la captura de peces (A.1.4) y la caza y recolección (A.1.5). Por razones de coherencia, todas las tablas están organizadas de la misma manera y con el mismo número de elementos.

**Tablas B y C:** estas tablas están diseñadas para la organización de los datos sobre los flujos comerciales de importaciones y exportaciones, respectivamente. Los datos sobre comercio exterior se organizan en categorías similares a las de los datos sobre la extracción doméstica (Tabla A), con la diferencia principal de que los artículos objeto de comercio no solo incluyen materias primas, sino también productos transformados, que pueden consistir en biomasa, minerales metálicos y concentrados, minerales no metálicos, combustibles fósiles o residuos importados para su tratamiento o eliminación final. Los productos que no puedan identificarse claramente como pertenecientes a una de estas cuatro categorías deben incluirse en “otros productos”. El procedimiento para determinar dónde debe consignarse se describe en los anexos de las tablas para los distintos sistemas de clasificación.

**Tabla D:** los datos sobre vertidos al ambiente se organizan en esta tabla como producción doméstica transformada, que incluyen las emisiones a la atmósfera (D.1.) o al agua (D.3.), los residuos depositados en vertederos (D.2.) o en vertidos derivados del uso disipativo de productos (D.4.), como sería el caso de la aplicación de fertilizantes, por ejemplo. Además, en esta tabla se introducen datos sobre las pérdidas disipativas (D.5.).

**Tabla E:** esta tabla compila los elementos de balanceo, como por ejemplo los gases necesarios en la entrada (E.1.) para equilibrar una salida que ya está contabilizada, o bien los gases que deben considerarse en la salida (E.2.) para equilibrar una entrada determinada.

**Tabla F:** todos los datos recogidos y organizados en las tablas precedentes pueden agregarse para generar indicadores en la Tabla F. Basándose en volúmenes conocidos de extracción doméstica (F.1.), importaciones (F.2.) y exportaciones (F.3.), se puede calcular la entrada directa de material (F.4.), el consumo doméstico de materiales (F.5.) y la balanza comercial física (F.6.). Si además se tienen en cuenta la producción nacional transformada (F.7.) y las partidas de balance (Tabla E), se pueden determinar las adicciones netas a las existencias (F.8.).

## Biomasa

La biomasa comprende la materia orgánica no fósil de origen biológico, incluye toda la biomasa de origen vegetal extraída por los seres humanos y su ganado, los productos extraídos de actividades forestales, la captura de peces y la biomasa de animales cazados. La biomasa del ganado y sus productos (leche, carne, huevos, pieles) no se contabiliza como extracción doméstica.

La planilla de clasificación para compilación de datos referidos a esta categoría tiene la siguiente estructura:

**Tabla 1: Planilla de clasificación para compilación de datos para biomasa**

<b>A.1. Biomasa</b>	<b>A.1.1 Cultivos primarios</b>	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. e. c. (no especificados en otra categoría)
		A.1.1.2	Raíces y tubérculos
		A.1.1.3	Cultivos de azúcar
		A.1.1.4	Legumbres
		A.1.1.5	Frutos secos
		A.1.1.6	Cultivos oleaginosos
		A.1.1.7	Verduras
		A.1.1.8	Frutas
		A.1.1.9	Fibras
	A.1.1.10	Otros cultivos n. e. c. (no especificados en otra categoría)	
	A.1.1.11	Cultivos de especias, bebidas y farmacéuticos	
	A.1.1.12	Tabaco	
	<b>A.1.2 Residuos de cultivos (utilizados) y cultivos forraje</b>	A.1.2.1.1	Paja
		A.1.2.1.2	Otros residuos de cultivos (hojas de remolacha azucarera y forrajera, etc.)
		A.1.2.2.1	Cultivos forrajeros (incluyendo la cosecha de biomasa de pastizales)
		A.1.2.2.2	Biomasa pastoreada
	<b>A.1.3 Madera</b>	A.1.3.1	Madera (madera redonda industrial)
A.1.3.2		Leña y otras extracciones	
<b>A.1.4 Cosecha silvestre n. e. c. (no especificada en otra categoría)</b>	A.1.4.1	Captura de peces salvajes	
	A.1.4.2	Captura de otros animales acuáticos salvajes	
	A.1.4.3	Cosecha de plantas acuáticas salvajes	
	A.1.4.4	Cosecha de plantas terrestres salvajes n. e. c. (no especificados en otra categoría)	
	A.1.4.5	Captura de animales terrestres salvajes	

Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

A modo de ejemplo, la tabla que figura a continuación muestra la biomasa extraída proveniente de cultivos, expresada en toneladas. Esta categoría, al igual que las restantes, requiere que cualquier dato que no esté expresado en toneladas sea convertido a esta unidad, para poder procesarse adecuadamente, ya que es la tonelada la unidad en la que se calcula este indicador.

Tabla 2: Planilla de clasificación para compilación de datos para biomasa

Año	CULTIVOS												Total
	Cereales	Espicias y medicinales	Frutales	Hortalizas	Industriales	Legumbres secas	Oleaginosas	Orgánicos	Ornamentales	Otros	Semillas para siembra	Tubérculos	
1990	19 087	10	10 398	5857	44 156	1490	897	0	164	0	26	1323	83 409
1991	18 783	10	10 943	6093	42 933	1562	966	0	583	191	24	1246	83 334
1992	20 992	9	11 365	5744	45 450	799	782	0	51	79	22	1261	86 553
1993	22 081	7	11 360	6205	46 944	1415	676	0	73	96	13	1170	90 040
1994	22 802	7	12 320	5625	45 005	1464	697	0	6073	79	7	1202	95 282
1995	22 226	12	12 419	6433	48 790	1417	426	0	391	59	11	1302	93 487
1996	21 918	15	13 573	6928	49 773	1592	411	0	580	105	6	1315	96 217
1997	21 883	5	13 884	7790	49 586	1183	516	3	730	14	6	1374	96 974
1998	22 240	13	12 813	8324	51 799	1367	484	3	1668	46	7	1333	100 096
1999	21 195	24	14 097	9278	49 319	1277	560	4	2524	52	14	1549	99 893
2000	21 442	14	15 169	8671	46 966	1152	384	4	2336	33	5	1702	97 878
2001	23 732	15	16 132	9232	50 248	1416	98	8	91	23	12	1712	103 019
2002	22 827	16	15 890	8989	50 022	1824	235	4	47	33	6	1559	101 452
2003	23 789	20	15 732	9653	52 537	1597	451	8	175	25	50	1738	105 775
2004	24 392	16	17 026	10 246	54 076	1299	499	10	37	18	10	1587	109 217
2005	22 779	14	16 484	10 278	56 841	992	380	9	32	22	248	1719	109797
2006	25 770	15	17 256	10 356	55 519	1582	252	24	25	27	223	1605	112 653
2007	27 461	17	17 290	10 898	57 440	1181	318	20	29	38	212	1828	116 732
2008	29 003	17	18 073	10 376	56 832	1313	368	46	27	55	211	1743	118 063
2009	24 658	16	17 588	9975	53 618	1201	315	36	25	35	202	1565	109 235
2010	27 314	18	17 177	10 775	55 648	1313	395	31	21	45	343	1618	114 699
2011	21 492	18	18 001	10 319	55 444	659	463	35	35	44	389	1522	108 420
2012	25 615	17	17 756	11 873	57 191	1384	666	59	37	50	1476	1879	118 003
2013	26 310	24	19 147	11 686	67 104	1542	480	31	29	1106	1723	1714	130 895
2014	27 289	25	19 461	12 861	63 624	1490	711	57	31	1118	1220	1749	129 638

Fuente: Elaboración propia.

## Biomasa para pastoreo

Un ejemplo de algunas complejidades asociadas al cálculo de biomasa, lo constituye el forraje, que puede provenir tanto de cultivos destinados a ese fin, como de remanentes de otros cultivos, tales como el rastrojo. Para calcular la cantidad de forrajes consumida por todo el ganado de un país, se puede recurrir a métodos indirectos de estimación.

Uno de ellos se puede utilizar cuando se dispone de información sobre las necesidades de forraje de los animales de pastoreo y el tamaño de la población de cada tipo de ganado. La ingesta diaria de biomasa por pastoreo depende de muchos factores, como la edad, el sexo, el peso vivo del animal, la productividad del animal (etapa de engorde, de producción de leche) y también del sistema de alimentación. Sin embargo, se puede asumir un valor de absorción media de forraje para cada tipo de especie ganadera bajo diferentes sistemas de producción. Los coeficientes del cuadro que sigue permiten estimar la ingesta total de forraje bruto.

Tabla 3: Ingesta típica de forraje por animales de pastoreo

	Consumo anual Sistema ganadero tradicional [t/cabeza y año]	Consumo anual Sistema ganadero industrial [t/cabeza y año]
Ganado vacuno (y búfalos)	1,5	5,5
Ovejas y cabras	0,43	0,64
Caballos	3,0	4,3
Mulas y asnos	1,8	2,6

**Fuentes:** los valores son los típicos de los sistemas de producción ganadera industrializados y proceden de los balances nacionales de alimentos para animales y de la bibliografía.

**Nota:** los valores representan la ingesta anual de biomasa seca al aire (15 % mc) en t/cabeza y año.



A partir de estas estimaciones, se puede calcular el consumo anual de forraje en toneladas para cada tipo de ganado, y conociendo el tamaño de la población de los diferentes animales, se puede obtener una muy buena aproximación al consumo total de biomasa. Aquí es importante conocer datos específicos de conversión para cada país, que dependen de las variedades de ganado criadas y del tipo de forraje considerado, valor que se conoce como factor de conversión.

Cuando no se dispone de datos sobre el consumo en unidades de peso, pero existen datos sobre productos primarios de origen animal (como la carne y la leche) se puede hacer uso de coeficientes de conversión de forrajes (demanda de alimento por unidad de producto) para extrapolar y obtener la biomasa pastada. Es importante que los coeficientes de conversión alimenticia aplicados tengan en cuenta aspectos como la estructura demográfica del rebaño, el tipo de alimento consumido, e incluso considerar el consumo de leche y alimento para las crías en el caso de las hembras que producen leche.

**Tabla 4: Coeficientes de conversión para alimentos**

PRODUCTO	UNIDAD	Asia meridional y central	Europa oriental	África del Norte y Asia occidental	América del Norte y Oceanía	Europa occidental	África subsahariana	América Latina y el Caribe	Asia oriental
Carne de vacuno	MJ/kg de carne	499,0	160,0	151,0	132,0	126,0	373,0	264,0	313,0
Leche de vaca	MJ/kg de leche	13,8	10,0	14,3	6,9	7,4	29,1	13,2	11,0
Carne de ovino y caprino	MJ/kg de carne	998,0	320,0	570,0	264,0	252,0	746,0	528,0	626,0
Leche de oveja y cabra	MJ/kg de leche	27,6	19,9	28,6	13,8	14,8	58,2	26,4	21,9

**Fuente:** *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023.

**Nota:** necesidades energéticas de los alimentos por unidad de producto animal (MJ de energía digerible por kg de producto) por regiones del mundo. La carne se refiere al peso del animal en canal (peso en matadero), y la leche a la leche entera fresca.

Traducción propia.

Existen otros tecnicismos que deben atenderse en términos del comercio exterior de animales vivos: un animal importado que se sacrifica después de la importación se computará en las estadísticas de producción, pero el alimento necesario para producir dicho animal no se consumió en el país importador sino en el país de origen, por lo que el peso del sacrificio de las importaciones y exportaciones de animales vivos tiene que restarse o sumarse, respectivamente, de la producción nacional de carne.

Para el cálculo final, conociendo el volumen (peso) de los productos primarios producidos, la ingesta calórica requerida para generarlos y el contenido energético de cada tipo de forraje, se puede estimar la biomasa total de pastoreo.

Tal como se menciona más arriba, estos factores varían de una región a otra, e inclusive dentro de la misma región, por lo que la consulta a expertos es tan valiosa como necesaria.

## Madera

Esta categoría comprende materiales madereros o industriales. Madera en rollo y leña y otras extracciones. Incluye cosecha de madera de bosques y también de plantaciones de rotación corta o tierra agrícola.

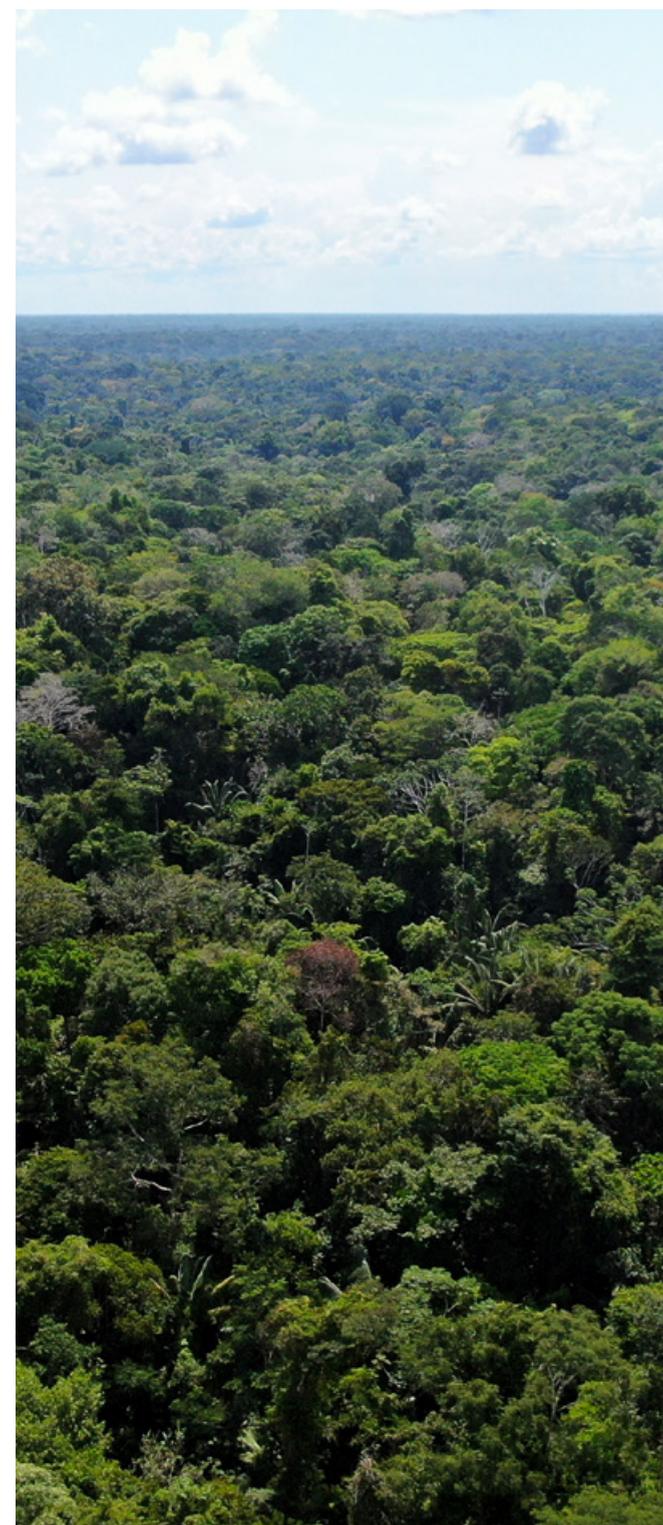
La extracción de madera se reporta en las estadísticas forestales que usualmente diferencian entre madera conífera y no conífera. La madera de las plantaciones de rotación corta también puede registrarse en las estadísticas agrícolas porque los bosques de rotación corta se consideran tierras de cultivo en muchos países. Los balances nacionales de madera, si están disponibles, a menudo proporcionan conjuntos de datos más completos, porque también incluyen la madera cosechada de tierras no forestales.

El caso de los productos de silvicultura, cuya producción suele expresarse en metros cúbicos, también requiere un tratamiento especial, tal como se muestra en la tabla que sigue, que señala los factores de conversión de unidades de volumen de sólidos (m<sup>3</sup>) a peso (calculado a partir de la densidad).

**Tabla 5: Factores estándar para convertir cantidades dadas en volumen (scm, metros cúbicos sólidos) en peso (a 15 % mc, contenido de humedad) para madera de coníferas y no coníferas**

	<b>Densidad [t MS / scm]*</b>	<b>Densidad [t a 15 % mc / scm]</b>
Coníferas	0,44	0,52
No coníferas	0,58	0,68
Media UE25 (80 % coníferas)	0,47	0,55

**Fuente:** *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting.* United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.



## Algunas consideraciones especiales relacionadas con la extracción doméstica de biomasa



**Producción de biomasa a partir de la agricultura de subsistencia y la jardinería doméstica:** la cosecha de biomasa procedente de la agricultura de subsistencia y la jardinería doméstica se considera extracción doméstica de biomasa. En los países industrializados, estos flujos suelen tener una importancia económica y física menor y, por lo general, no se incluyen en las estadísticas agrícolas. Por el contrario, en algunos países en desarrollo, esta categoría puede representar una porción significativa del total nacional, por lo que deben aplicarse procedimientos que permitan capturar esta información, que en la mayoría de los casos aún no han sido desarrollados.



**Residuos de biomasa procedentes de la gestión de parques, zonas de infraestructuras, jardines, etc.:** en ciertos países se genera una cantidad importante de biomasa como subproducto de la gestión de las viviendas, jardines domésticos, infraestructuras, parques públicos, instalaciones deportivas, etc. Una cierta fracción de este flujo de biomasa, que comprende hierba segada, biomasa leñosa, residuos de poda y follaje, etc., puede ser objeto de un uso socioeconómico posterior, por ejemplo, para la generación de energía o la producción de compost, o puede aparecer en las estadísticas de residuos.

Si bien todos estos ítems se consideran extracción doméstica de biomasa, debido a la falta de datos fiables y de procedimientos de estimación, no se tienen en cuenta en la actualidad.

## Minerales

Los minerales metálicos y los minerales no metálicos son los dos grandes grupos de minerales que se distinguen en el nivel más agregado de la contabilidad de flujos de materiales. Si bien los metales constituyen una fracción minoritaria dentro de la producción de minerales, su contabilización separada de los no metalíferos está justificada por su gran importancia estratégica para la economía mundial y su valor monetario comparativamente alto.

Un aspecto importante a la hora de contabilizar la producción mineral es determinar qué debe contarse exactamente, y dónde. A efectos de la contabilidad de los flujos de materiales a nivel de la economía (EW-MFA), solo 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 al yacimiento, no debe contabilizarse como tal.

Es importante tener en cuenta que la extracción doméstica de minerales no incluye la extracción de gases de la atmósfera con fines industriales, como por ejemplo el nitrógeno atmosférico en el proceso Haber-Bosch. Estos flujos, si son cuantitativamente importantes, se contabilizan como elementos de balanceo o compensación. A continuación (tablas 6, 7 y 8), se muestran algunos ejemplos del registro de los datos.

Tabla 6: Extracción de minerales metálicos industriales (miles de toneladas anuales)

Año	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc	Antimonio	Estaño	Mercurio	Titanio	Tungsteno	Molibdeno	Arsénico	Bismuto	Cadmio	Selenio	Coque	Pellets de hierro	Manganeso	Total
1990	4070	6916	1495	38 792	2643	29	3	1	0	47	1539	5	1	2	0	2337	5328	139	63 347
1991	4256	6540	1352	36 906	2465	31	6	1	0	50	1320	5	1	2	0	2108	4976	78	60 096
1992	4958	6816	1455	36 239	2370	12	2	0	0	42	1121	4	1	2	0	2033	5154	138	60 347
1993	5296	7105	1532	39 479	3004	17	1	0	0	0	1311	4	1	2	0	1942	5597	116	65 407
1994	6972	6865	1381	39 674	2942	20	1	0	0	0	2010	4	1	2	0	1985	5516	91	67 466
1995	9953	7340	1516	44 071	2909	20	0	0	0	73	2987	4	1	2	0	2148	5625	141	76 789
1996	11 468	7460	1409	42 595	2855	11	1	0	0	48	3239	3	1	2	0	2184	6109	173	77 559
1997	12 396	7945	1521	44 017	3097	21	1	0	0	46	3724	3	2	2	0	2139	6280	193	81 387
1998	12 373	8436	1447	44 773	3048	14	1	0	0	33	4576	0	1	2	0	2203	6334	187	83 430
1999	11 179	7223	1108	44 175	2785	3	1	0	0	3	6124	2	1	1	0	2228	6885	169	81 887
2000	12 296	8079	1354	44 026	2939	1	2	0	44	0	5297	3	1	1	0	2235	6795	156	83 229
2001	12 261	8913	1253	45 371	3502	1	3	0	47	0	4244	2	1	1	0	2065	5270	100	83 036
2002	11 235	9254	1170	40 886	3538	2	5	0	10	0	2637	2	1	1	0	1451	5965	88	76 246
2003	10 560	8664	1217	39 450	3379	5	10	0	0	0	2711	2	1	2	0	1462	6759	115	74 335
2004	10 390	7557	999	45 751	3495	6	10	0	0	0	2870	2	1	2	0	1445	6890	136	79 552
2005	12 753	7546	1026	48 474	3501	6	7	0	0	0	3265	2	1	2	0	1492	7012	133	85 220
2006	17 095	7097	1016	42 537	3644	9	10	0	0	0	1938	2	1	1	0	1570	6590	124	81 533
2007	18 740	6916	757	43 572	3496	5	8	0	0	0	4993	1	1	2	0	1536	10 916	152	91 096
2008	23 983	7847	849	34 886	3257	4	6	0	0	0	6009	0	1	2	0	1547	11 688	170	90 250
2009	29 733	10 452	1213	31 253	4014	1	0	0	0	0	7820	0	1	2	0	1315	11 677	119	97 601
2010	37 798	12 973	1619	35 083	4672	1	0	0	0	0	8345	0	1	1	0	2105	13 998	175	116 772
2011	42 214	14 052	1886	57 613	5179	0	0	0	0	0	8298	0	1	1	0	2122	12 806	171	144 343
2012	48 953	15 759	2008	64 971	5413	0	0	0	0	0	8743	0	1	1	0	2166	14 916	188	163 119
2013	56 118	17 121	2136	62 354	5267	0	0	0	0	0	9663	0	1	1	0	2216	18 840	212	173 929
2014	56 082	16 958	2112	66 886	5409	0	0	0	0	0	11 054	0	1	1	0	2230	16 628	236	177 596

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Extracción de minerales no metálicos industriales (miles de toneladas anuales)

Año	Fluorita	Fosforita	Sulfato de magnesio	Sal	Arcillas	Caolín	Bentonita	Tierras fuller	Piedras preciosas	Grafito	Diatomita	Talco	Feldespato	Barita	Azufre	Wollastonita	Celestita	Sulfato de sodio	Sílice	Zeolita	Vermiculita	Magnesita	Mica	Olivino	Perlita	Total
1990	634	623	0	7135	3830	156	145	30	0	25	51	13	163	306	2122	11	66	0	1174	0	0	1	6	0	42	16 535
1991	370	596	0	7532	3922	167	145	41	0	37	46	12	152	204	1815	14	62	0	1198	0	0	0	6	0	49	16 359
1992	287	452	0	7395	4165	144	136	41	0	48	46	20	160	444	1484	27	61	0	1129	0	0	0	6	0	43	16 089
1993	283	501	0	7491	4235	216	95	36	0	49	46	14	124	136	906	36	72	0	1310	0	0	2	6	0	35	15 592
1994	327	547	0	7458	4554	193	92	21	0	31	52	15	133	87	877	29	111	0	1361	0	0	1	6	0	32	15 928
1995	523	622	0	7670	3697	222	73	16	0	34	50	11	122	248	882	20	138	0	1292	0	0	0	5	0	344	15 660
1996	524	682	0	8508	4048	254	70	42	0	40	52	10	140	470	921	28	141	0	1425	0	0	0	4	0	37	17 399
1997	553	714	0	7933	5078	235	112	51	0	48	59	14	156	237	923	21	135	0	1564	0	0	0	1	0	52	17 885
1998	596	756	0	8412	5601	339	186	78	0	43	67	19	198	162	913	41	118	0	1733	0	0	0	1	0	55	19 321
1999	557	951	0	8236	6965	490	209	48	0	28	65	19	262	158	855	44	165	0	1701	0	0	0	1	0	62	20 814
2000	635	1062	0	8864	9690	532	270	52	0	30	96	21	334	128	851	31	157	0	1803	0	0	0	2	0	69	24 638
2001	619	787	20	8501	13 257	682	415	148	0	21	69	78	330	142	878	40	145	507	1720	0	0	0	1	0	80	28 443
2002	622	5	23	7802	13 319	745	488	147	18	14	62	112	332	164	887	43	94	552	1779	0	0	0	0	0	86	27 293
2003	756	6	27	7547	13 243	798	464	153	17	9	53	115	345	287	1062	31	130	586	1689	0	0	0	1	0	194	27 506
2004	843	0	28	8566	15 127	655	564	130	14	15	60	102	364	307	1126	28	88	608	2056	0	0	0	0	0	188	30 857
2005	875	0	28	9508	41 190	877	426	107	0	12	62	65	373	269	1020	27	111	607	2121	0	140	0	0	0	92	57 911
2006	936	8	33	8378	38 527	962	435	102	22	12	63	41	459	200	1074	44	128	614	2662	0	0	0	0	0	82	54 781
2007	933	48	34	8032	37 970	971	614	34	44	10	83	32	439	186	1026	51	97	605	2950	1	0	0	10	10	54	54 233
2008	1058	969	43	8809	40 523	690	375	66	12	7	129	18	445	140	1041	47	30	618	2779	2	0	0	5	9	43	57 857
2009	1046	1422	35	7445	10 037	406	511	108	14	5	81	33	348	152	1114	30	35	606	2484	2	0	0	5	0	51	25 972
2010	1067	1507	39	8634	9112	517	591	170	14	7	92	1	399	143	992	47	31	620	2608	2	0	0	0	0	32	26 625
2011	1207	1691	46	9361	7721	373	564	107	12	7	84	51	382	135	969	48	41	631	2542	2	0	0	0	0	31	25 995
2012	1237	1725	45	10 101	8437	515	956	227	9	8	85	463	380	140	1011	55	45	638	3593	2	1	101	0	6	30	29 810
2013	1210	2217	45	10 127	7949	666	827	307	9	7	87	847	164	119	1030	57	68	642	2938	2	0	101	0	6	27	29 454
2014	1110	1663	47	10 521	8552	542	474	245	9	9	88	752	151	131	993	55	65	637	2548	2	0	101	0	24	26	28 745

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8: Extracción de minerales de construcción (miles de toneladas anuales)

Año	Rocas dimensionables	Agregados pétreos	Calcita	Cantera	Pizarra	Basalto	Tepetate	Tepojal	Tezontle	Yeso	Dolomita	Puzolona	Ignimbrita	Grava y arena	Caliza	Total
1990	681	0	445	0	0	0	0	0	0	5424	482	0	0	147 920	27 406	182 358
1991	750	0	458	0	0	0	0	0	0	4774	471	0	0	150 938	29 477	186 868
1992	860	0	476	0	0	0	0	0	0	5158	466	0	0	161 915	31 766	200 641
1993	987	0	423	0	0	0	0	0	0	5340	545	0	0	170 698	33 985	211 979
1994	1086	0	390	0	0	0	0	0	0	5040	602	0	0	191 715	36 020	234 853
1995	869	0	363	0	0	0	0	0	0	4854	932	0	0	152 991	32 873	192 881
1996	695	0	325	0	0	0	0	0	0	6065	930	0	0	170 808	37 641	216 464
1997	517	0	491	0	0	0	0	0	0	4216	903	0	0	179 816	43 706	229 648
1998	664	0	592	0	0	0	0	0	0	5371	786	0	0	187 131	44 372	238 916
1999	744	0	682	0	0	0	0	0	0	5189	415	0	0	193 672	52 449	253 152
2000	1035	0	820	0	0	0	0	0	0	5654	404	0	0	202 358	58 267	268 537
2001	4156	0	2712	0	0	0	0	0	0	6237	671	0	0	195 694	63 347	272 816
2002	4183	0	2945	0	0	0	0	0	0	6703	458	0	0	203 233	59 421	276 932
2003	3529	0	3426	0	0	0	0	0	0	6986	566	0	0	198 201	56 253	268 962
2004	2824	0	18 545	0	0	0	0	0	0	9221	1159	0	0	202 309	72 922	306 980
2005	3596	0	3712	0	0	0	0	0	0	6252	1309	0	0	208 717	57 578	281 154
2006	4404	22 149	1934	2105	21	0	2684	497	3604	6076	1283	0	0	228 162	69 822	342 741
2007	3547	24 420	2484	2309	535	0	2406	480	3069	6919	1123	0	0	250 320	62 600	360 213
2008	1262	22 096	2352	2215	438	0	1665	505	2853	6933	1234	0	0	244 469	64 858	350 877
2009	1301	49 260	2556	2316	400	1244	1246	488	3062	7543	983	0	0	243 298	62 000	375 696
2010	4101	51 439	3185	2136	448	1170	1497	428	2367	6478	1500	0	15	233 950	64 679	373 393
2011	4431	62 421	2366	1612	162	1050	1507	505	1963	6464	2785	0	7	239 505	54 619	379 398
2012	3821	65 253	4694	2891	162	455	1623	530	4417	9456	2111	0	0	240 823	55 726	391 962
2013	3569	72 173	5169	1921	137	387	2364	627	6120	7903	8756	0	0	229 589	52 289	391 005
2014	6308	92 850	4790	2907	125	320	2052	129	3968	7044	8277	804	0	245 153	54 497	429 224

Fuente: Elaboración propia.

## Minerales metálicos

Esta categoría incluye minerales de hierro, cobre, níquel, oro, plata, platino, uranio, etc. Dado que la obtención de la mayoría de estos metales requiere complejos procesos de extracción, concentración y refinación, que conllevan el procesamiento de grandes volúmenes de roca, la contabilidad de este tipo de minerales suele ser desafiante.

El sistema propuesto y adoptado por el PNUMA se basa en la creación de tres categorías principales de menas metálicas: una para cada uno de los dos metales de mayor importancia económica volumétrica (hierro y aluminio) y otra para el resto de los minerales metálicos.

Tabla 9: Clasificación para compilación de datos referidos minerales metálicos

1 DÍGITO	2 DÍGITOS
<b>A.2 Minerales metálicos</b>	A.2.1 Minerales de hierro
	A.2.2 Minerales de aluminio
	A.2.3 Otros minerales metálicos
<b>M.2 Minerales contenidos</b>	M.2.Fe Contenido en metales de los minerales de hierro (item memoria)
	M.2.Al Contenido en metales de los minerales de aluminio (item memoria)
	M.2.x Contenido en metales de minerales X, siendo X un elemento metálico específico distinto del hierro o el aluminio (item memoria)

Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

Un ejemplo de la complejidad del cálculo se ve claramente en el hecho de que, 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 caso 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.

A modo de ejemplo simplificado, el cálculo del total de material extraído se visualiza a continuación, para un caso hipotético de explotación de minerales metálicos:

**Tabla 10: Cálculo del total de material extraído**

<b>Metal</b>	<b>Producción minera, contenido de metal [t]</b>	<b>Grado del mineral</b>	<b>Producción acoplada con:</b>
Cobre	10 000	0,01	Estaño
Hierro	300 000	0,5	<i>Sin producción acoplada</i>
Plomo	30 000	0,08	Zinc
Zinc	150 000	0,05	Plomo
Estaño	500	0,0002	Cobre

Fuente: Elaboración propia.

Aquí, el hierro es el único metal que no se extrae en producción acoplada (mineral monometálico). El cobre se encuentra en un yacimiento junto con estaño, y el plomo se encuentra junto con zinc, por lo que debe seguirse el procedimiento de cálculo de la producción conjunta.

**Tabla 11: Procedimiento de cálculo de la producción conjunta**

<b>Cálculo del mineral bruto de hierro</b>	<b>Cálculo de los minerales de producción acoplada de cobre y estaño</b>
$300\,000\text{ t} / 0,5 = 600\,000\text{ t}$ de mineral bruto de hierro	$(10\,000\text{ t} + 500\text{ t}) / (0,01 + 0,0002) = 1\,029\,412\text{ t}$ de mineral bruto de cobre y estaño

Fuente: Elaboración propia.

Para proceder a la recolección y sistematización de datos, para todos los metales extraídos en una economía, existen no solo sistemas de clasificación sino también directrices para la recolección y compilación de datos, que incluyen cuestionarios formados por diferentes hojas de trabajo que deben enviarse a los operadores de minas, que recogen información registrada como parte de los datos operativos rutinarios de la mayoría de las explotaciones mineras metalíferas, y que son insumos fundamentales para la elaboración de estadísticas y la contabilidad de este tipo de materiales.

## Minerales no metálicos

Esta categoría comprende casi cualquier tipo de roca que pueda utilizarse en forma de bloques moldeados o dimensionados con fines estructurales o decorativos. Incluye el mármol y otras piedras calcáreas ornamentales o de construcción, como travertino, granito, areniscas y rocas ornamentales o de construcción, como basalto o piedras para tejados.

La clasificación para compilación de datos referidos a esta categoría se muestra a continuación:

Tabla 12: Clasificación para compilación de datos referidos minerales metálicos

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	MINERALES
A.3 Minerales no metálicos	A.3.1	Piedra ornamental o de construcción	
	A.3.2	A.3.2.1	Caliza
		A.3.2.2	Dolomita
		A.3.2.3	Yeso
	A.3.3	NA	
	A.3.4	Minerales químicos y fertilizantes	
	A.3.5	Sal	
	A.3.6	Yeso	
	A.3.7	A.3.7.1	Arcillas estructurales
		A.3.7.2	Arcillas especiales
A.3.8	A.3.8.1	Arenas y gravas industriales	
	A.3.8.2	Arena y grava para la construcción	
A.3.9	Otros minerales no metálicos		

Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

Dado que los datos suelen estar expresados en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), es preciso convertirlos a toneladas, para lo cual existen tablas de conversión.

## Combustibles fósiles

Se trata de materiales formados a partir de biomasa en el pasado geológico, y comprenden compuestos sólidos, líquidos y gaseosos, como el carbón, el petróleo, el gas natural, la turba, los esquistos, etc. Generalmente, los tres primeros constituyen la fracción más importante para casi todos los países, por ello son los que figuran mayoritariamente en las tablas de flujos de materiales.

La clasificación para compilación de datos referidos a esta categoría se muestra a continuación:

Tabla 13: Clasificación de extracción doméstica de combustibles fósiles

1 DÍGITO	2 DÍGITOS	3 DÍGITOS	4 DÍGITOS
<b>A.4 Combustibles fósiles</b>	<b>A.4.1 Carbón y turba</b>	A.4.1.1 Carbón pardo	A.4.1.1.1 Lignito (carbón)
			A.4.1.1.2 Otro carbón subbituminoso
			A.4.1.2.1 Antracita
		A.4.1.2 Carbón duro	A.4.1.2.2 Hulla coquizable
			A.4.1.2.3 Otro carbón bituminoso
		A.4.1.3 Turba	
	<b>A.4.2 Petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural</b>	A.4.2.1 Petróleo crudo	
		A.4.2.2 Gas natural	
		A.4.2.3 Líquidos de gas natural	
	<b>A.4.3 Esquisto bituminoso y arenas bituminosas</b>		

Fuente: *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.

Antes de continuar, es importante destacar que, para los fines de la contabilidad de flujos de materiales, los datos sobre la extracción doméstica de recursos energéticos se limitan a la extracción de los combustibles fósiles. Esto implica que los otros recursos energéticos 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 minerales metalíferos y no metalíferos del país donde se extraen. La biomasa utilizada con fines energéticos se contabiliza como biomasa, y la extracción doméstica del uranio se registra dentro de la categoría de los metales.

Volviendo a los combustibles fósiles, y de forma similar a lo que se explicó para las categorías anteriores, la extracción, importación y exportación de todos estos combustibles debe expresarse en toneladas, lo cual requiere de cálculos adicionales, ya que generalmente, su producción y comercio no utiliza unidades de peso para su medición. Por ello, para la contabilidad de combustibles fósiles se debe utilizar también una serie de factores de conversión, que permitan expresar, por ejemplo, la cantidad de barriles de petróleo o los metros cúbicos de gas, en toneladas.

Aquí también es importante considerar las particularidades nacionales o locales de esos factores de conversión a unidades de peso. A continuación, se muestra, a manera de ejemplo, la recopilación de datos para esta categoría:

**Tabla 14: Extracción de combustibles fósiles por tipo (miles de toneladas anuales)**

Año	Petróleo crudo	Gas	Carbón	Total
1990	136 753	30 192	4220	171 165
1991	143 630	30 044	4865	178 539
1992	143 261	29 631	5060	177 952
1993	143 586	29 572	5718	178 876
1994	144 076	29 971	6393	180 440
1995	140 121	31 084	7391	178 595
1996	153 203	34 686	8780	196 669
1997	162 842	36 937	8510	208 289
1998	166 029	39 612	7832	213 474
1999	157 125	39 611	8767	205 503
2000	164 040	38 692	8230	210 962
2001	171 531	37 297	6986	215 814
2002	175 620	36 576	6371	218 567
2003	187 311	37 196	8502	233 008
2004	188 177	37 811	8963	234 951
2005	185 109	39 885	9940	234 934
2006	179 981	44 705	10 883	235 569
2007	169 365	50 853	11 887	232 104
2008	152 983	57 739	10 403	221 125
2009	141 409	58 134	9496	209 039
2010	139 630	58 045	11 247	208 922
2011	137 982	54 523	13 718	206 224
2012	137 485	52 793	13 656	203 933
2013	136 083	52 673	13 065	201 821
2014	130 672	54 009	13 435	198 117



**Fuente:** *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting.* United Nations Environment Programme, 2023. Traducción propia.



Para el caso del gas natural, por ejemplo, se puede calcular el peso extraído o comercializado partiendo de unidades de volumen o de contenido energético, como se ve a continuación:

Tabla 15: Factores de conversión de gas natural

Cálculo del mineral bruto de hierro	Kg/m <sup>3</sup> (metros cúbicos estándar a 15° C)	GCV (MJ/Kg)	GCV (MJ/m <sup>3</sup> )
Gas natural (rango)	0,76-0,83	36-55	30-45
Gas natural (valor por defecto)	0,8	50	40

Fuente: Elaboración propia.

## ■ Cálculos finales

De esta manera, una vez que se han compilado y convertido todos los datos de las categorías anteriormente mencionadas, se calcula el total de materiales extraídos en el ámbito del territorio nacional, en el lapso de un año calendario. Este valor es uno de los insumos fundamentales para el cálculo del consumo doméstico de materiales. Pero como ya mencionamos, es necesario considerar también la balanza física del comercio exterior, es decir, las diferencias entre las importaciones y exportaciones, individualizando cada tipo de material. Este indicador también presenta desafíos metodológicos, ya que gran parte de los productos que son objeto de comercio internacional no corresponden exactamente a las categorías que hemos analizado anteriormente, sino que se trata de productos elaborados o materiales procesados.

En un ejemplo concreto, si un país importa un aparato electrónico, debe “desagregarse” su peso en el peso de sus materias primas constituyentes, que en este caso corresponderían mayormente a metales y plásticos, los cuales, a su vez, deben expresarse (transformarse) en unidades de peso de los componentes que las conforman (petróleo, gas, plastificantes derivados de biomasa, aditivos minerales, etc.). Para poder realizar estas conversiones, debemos disponer de información sobre tipos y volúmenes de productos importados y exportados, y, al mismo tiempo, contar con sus factores de conversión.

Los organismos gubernamentales ligados al comercio exterior, típicamente las oficinas aduaneras, cuentan con este tipo de información, detallada a un nivel muy fino de tipo y cantidad de productos importados y exportados. En cuanto a los factores de conversión, existen bases globales que contienen factores de conversión generales para una gran diversidad de estos productos, como por ejemplo Eurostat, que son utilizadas por muchos países fuera de la Unión Europea.

Es importante recordar aquí que la balanza física contabiliza únicamente los volúmenes de productos importados o exportados, excluyendo todo el material e insumos que fue necesario utilizar para producir dichos productos. El indicador que sí considera estos insumos es la huella material de la fuerza material, cuyo valor radica justamente en el hecho de que, al considerar estos productos y procesos, permite dimensionar con mayor amplitud el impacto que tienen el funcionamiento de las economías sobre el ambiente.

Finalmente, el consumo doméstico se obtiene sumando, para cada categoría de materiales, la extracción doméstica a los saldos de la balanza comercial. Recordemos que este valor, al no incluir los insumos y materiales utilizados en la producción de los bienes y servicios involucrados en el comercio exterior, puede ser una estimación no muy cercana al consumo real de materiales de una economía en particular, aspecto que sí se incluye en el cálculo de huella material, cuya metodología aparece descrita en este documento, por fuera de este apartado.

Una vez obtenido este valor, se puede calcular muy rápidamente algunos indicadores derivados como, por ejemplo, el consumo doméstico de materiales per cápita o el consumo doméstico de materiales por PBI, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

Tabla 16: Consumo de materiales per cápita (población en millones de habitantes; total en toneladas por habitante)

AÑO	POBLACIÓN	BIOMASA	COMBUSTIBLES FÓSILES	MINERALES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	TOTAL
2000	100,9	3,01	2,09	3,73	8,83
2001	102,1	3,02	2,11	3,76	8,90
2002	103,4	3,00	2,11	3,68	8,79
2003	104,7	3,01	2,23	3,54	8,78
2004	106,0	3,00	2,22	3,94	9,16
2005	107,2	2,96	2,19	3,96	9,11
2006	108,4	2,96	2,17	4,42	9,55
2007	109,8	2,98	2,11	4,60	9,70
2008	111,3	2,96	1,99	4,48	9,43
2009	112,9	2,87	1,85	4,42	9,14
2010	114,3	2,89	1,83	4,52	9,24

Fuente: Elaboración propia.

A modo de cierre, y a partir de las lecciones aprendidas por los países de la región que tienen experiencia en estos temas, es recomendable tener en claro algunos puntos que pueden facilitar el avance en el cálculo de esta familia de indicadores:



Identificar y definir quiénes serán el público objetivo o usuarios y para qué se utilizará la información obtenida a partir de estos cálculos complejos;



Realizar un mapeo exhaustivo de todas las posibles fuentes de información estadística que se requieren para construir estos indicadores, e involucrarlos en los procesos de cálculo, revisión y validación;



Por la multiplicidad de sectores, temas y actores requeridos para el cálculo de estos indicadores, una estrategia interesante puede ser comenzar con algún estudio a nivel piloto, que permita adquirir conocimientos, lecciones aprendidas, destrezas y capacidades de resolución de los obstáculos que naturalmente se presentan al iniciar este tipo de análisis;



Trabajar muy fuertemente en los arreglos institucionales que se requieren para poder no solo iniciar el cálculo de estos indicadores, sino también velar por la sostenibilidad de este indicador hacia futuro.



Involucrar la participación de la academia, universidades e investigadores, a fin de mejorar este indicador, el mismo que permitirá contar con un mejor diseño metodológico.

**Para ello, una adecuada gobernanza del proceso puede marcar una enorme diferencia en los resultados del mismo.**

## ■ Balanza comercial física (PTB)

La balanza comercial física (PTB) es otro indicador clave en la contabilidad de flujo de materiales que mide el superávit o déficit comercial físico de un país. Específicamente, se enfoca en el balance entre importaciones y exportaciones de bienes, incluyendo productos lácteos, lo que afecta directamente el balance material dentro del Perú. Cuando hablamos del PTB en relación a los productos lácteos, nos interesa examinar el flujo neto de materiales asociados (visibles y ocultos) a la producción y consumo.

Si el Perú exporta más productos lácteos de los que importa, resulta en un PTB positivo. Esto significa que el superávit comercial físico de productos lácteos está a favor del Perú, lo que indica que se exportan más productos lácteos que los que se importan. Esto tiene implicaciones significativas para el balance material dentro del país:

- Si los productos lácteos se producen en el Perú para luego ser exportados, disminuye la producción nacional procesada (DPO, por sus siglas en inglés) de los materiales involucrados en su producción, ya que salen del país en forma de exportaciones en lugar de reciclarse o desecharse localmente.
- En segundo lugar, un PTB positivo sugiere que el Perú tiene una ventaja competitiva en la producción de productos lácteos. Indica que el país es capaz de producir estos bienes de manera eficiente y a un menor costo en comparación con otros países. Esto puede contribuir al crecimiento económico y al desarrollo de la industria láctea nacional.

Por otro lado, si importamos más productos lácteos de los que exportamos, el PTB sería negativo, indicando un déficit comercial físico. Esto significa que se consumen más productos lácteos de los que se producen, lo que lleva a una mayor dependencia de las importaciones para satisfacer la demanda interna. Esto también puede tener implicaciones para el balance de materiales:

- Si los productos lácteos se producen fuera del Perú para luego ser importados, aumenta la demanda de los materiales, lo que podría conducir a una mayor extracción o producción en otros países para satisfacer las necesidades de importación del Perú.

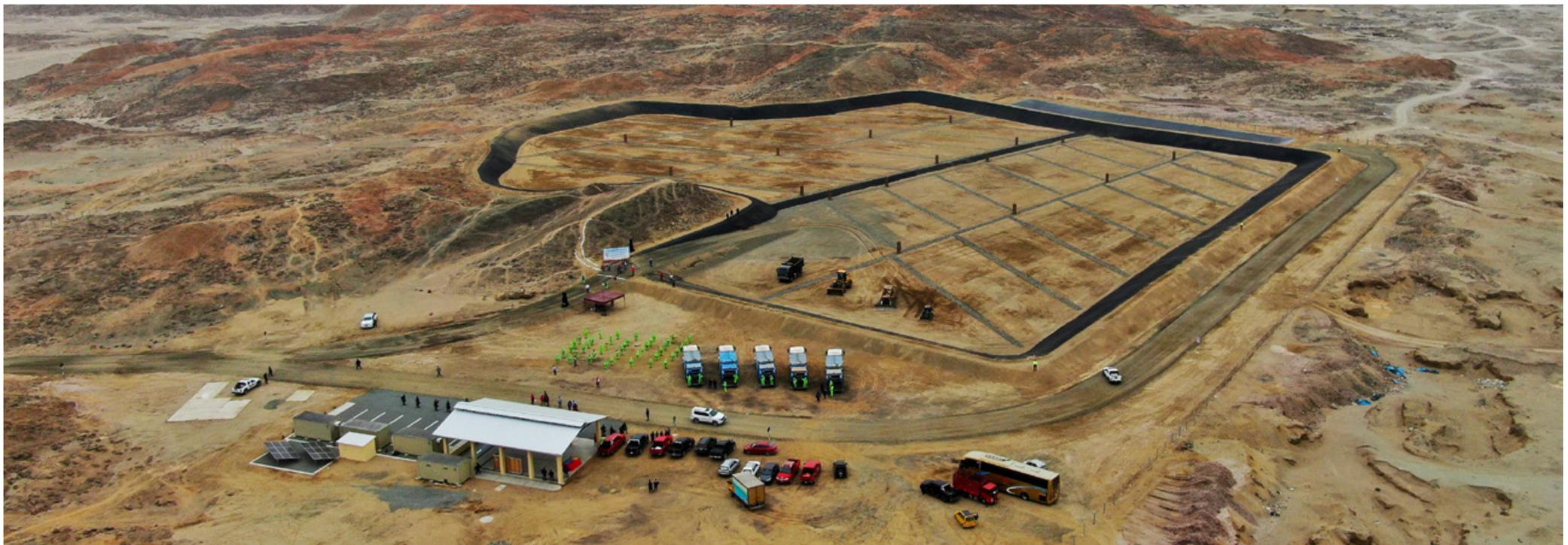
## ■ Flujos, pérdidas y normalización\*

Calcular la huella material implica considerar todos los materiales utilizados a lo largo de todo el ciclo de vida, incluidas las etapas de producción y consumo. Hasta aquí, se ha revisado el proceso inicial del cálculo de los flujos de materiales, que incluyen entradas tanto directas como indirectas.

Los insumos de los materiales directos son los recursos utilizados en la producción. Estas entradas se miden y contabilizan. Sin embargo, también existen pérdidas y desperdicios que ocurren durante las etapas de producción y consumo. Estas pérdidas deben tenerse en cuenta para obtener un cálculo preciso de la huella material.

Una vez que hemos calculado los flujos de materiales y contabilizado las pérdidas, podemos normalizar los resultados. La normalización de los resultados nos permite comparar la huella material en diferentes países y períodos de tiempo, teniendo en cuenta las variaciones demográficas y económicas.

\*La normalización es el proceso de ajuste de la huella material en función de factores relevantes como la población o la producción económica.



4.

## Principales actores y fuentes de información

---

Involucrar a todos los actores relevantes del Estado en el proceso de cálculo de la huella material es crucial para obtener resultados completos y datos confiables.

Revisemos por qué es importante la presencia de los actores involucrados en este proceso:



**Recopilación y coordinación de datos:** el cálculo de la huella material requiere una gran cantidad de datos sobre flujos de materiales, pérdidas y otros factores relevantes. Diferentes organismos del Estado, instituciones de investigación y organizaciones del sector privado poseen datos valiosos que pueden contribuir al cálculo de este indicador. Su participación activa asegura que se aprovechen todas las fuentes de datos relevantes y que haya coordinación en los esfuerzos de recopilación de datos.



**Perspectiva holística:** el cálculo de la huella material abarca varios sectores e industrias. Involucrar a todos los organismos del Estado, organizaciones del sector privado y civil, garantiza una perspectiva holística que considera diversos patrones de consumo de materiales en diferentes sectores, principalmente los que más afectación tienen sobre nuestros recursos.



**Intercambio de experiencia y conocimiento:** cada organismo involucrado aporta experiencia y conocimientos únicos a la mesa. Su participación activa facilita el intercambio de conocimientos, lo que permite una comprensión más profunda de las complejidades involucradas en el consumo de materiales y sus impactos ambientales. Esta colaboración mejora la calidad del proceso de cálculo y la interpretación de los resultados.



**Formulación de políticas y toma de decisiones:** el cálculo de la huella material no es un fin en sí mismo sino un medio para informar la formulación de políticas y la toma de decisiones. Involucrar a todos los actores relevantes asegura que los resultados se utilicen de manera efectiva para desarrollar estrategias y políticas destinadas a reducir el consumo de materiales, promover la eficiencia de los recursos y alcanzar los ODS (UNEP, 2021, p. 119).



**Participación y propiedad de las partes interesadas:** involucrar a todas las agencias gubernamentales, instituciones de investigación y organizaciones del sector privado en el proceso de cálculo fomenta un sentido de propiedad y responsabilidad compartida. Crea un entorno de colaboración en el que las partes interesadas se sienten involucradas en los resultados y es más probable que apoyen e implementen las recomendaciones derivadas del cálculo de la huella material.

# ■ ¿Qué instituciones públicas deberían participar en el cálculo de la huella material?

La participación activa de todos los actores relevantes del Estado peruano, instituciones civiles y empresas, en el cálculo de la huella material es esencial para obtener resultados precisos. A modo de propuesta, se recomienda incluir en correspondencia con las principales actividades del país a:

- **Ministerio del Ambiente (MINAM):** determina la hoja de ruta del cálculo de la huella material y como ente rector o coordinador del cálculo de la huella material.
- **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI):** puede contribuir en la recopilación, procesamiento y difusión de información estadística relacionada con el uso de los recursos naturales.
- **Ministerio de la Producción (Produce):** puede contribuir en la identificación y caracterización de los recursos pesqueros del país y de otras cadenas productivas.
- **Ministerio de Agricultura (Midagri):** puede contribuir en el cálculo de los indicadores de producción y consumo del sector agrario.
- **Ministerio de Energía y Minas (Minem):** puede contribuir en la regulación y supervisión de las actividades extractivas del sector minero y energético.
- **Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP):** puede contribuir con la experticia de sus profesionales y su conocimiento acerca del proceso de extracción, transformación y transporte de productos mineros.
- **Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (Sunat):** puede contribuir en la identificación y medición de los flujos comerciales relacionados con la extracción y el uso de los recursos naturales.
- **Banco Central de Reserva del Perú (BCRP):** puede contribuir en la identificación y medición de los flujos financieros relacionados con la extracción y el uso de los recursos naturales.
- **Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet):** puede contribuir en la identificación y caracterización de los recursos minerales y geológicos del país.
- **Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor):** puede contribuir en la identificación y caracterización de los recursos forestales y faunísticos del país.
- **Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA):** puede contribuir en la identificación y caracterización de los recursos agrícolas del país.

5.

## Huella material: mejorando las políticas productivas nacionales

---

El cálculo de la huella material a nivel de las políticas productivas del Perú ofrece numerosos beneficios, particularmente en el contexto de la progresiva intensificación del comercio mundial, la globalización de la agricultura y la permanente degradación de los ecosistemas provocada por la extracción ilegal o no planificada de recursos naturales, entre los cuales destacan:



**Comprensión integral del consumo de recursos:** el cálculo de la huella material proporciona una visión holística de los patrones de consumo de recursos de un país. Va más allá de los indicadores económicos tradicionales al considerar el ciclo de vida completo de los materiales, desde la extracción hasta la eliminación.

**Esta comprensión integral ayuda a identificar el verdadero impacto ambiental de las actividades de producción y consumo.**



**Identificación de puntos críticos de recursos:** mediante el análisis de la huella material, los tomadores de decisiones pueden identificar qué sectores o industrias tienen el mayor consumo de materiales y los impactos ambientales asociados.

**Este conocimiento permite intervenciones y políticas específicas para mejorar la eficiencia de los recursos y reducir la presión sobre los ecosistemas.**



**Evaluación de desequilibrios comerciales:** el cálculo de la huella material ayuda a evaluar el desequilibrio entre el consumo de recursos de un país y su disponibilidad de recursos internos. Brinda información sobre la dependencia de los materiales importados y destaca las posibles vulnerabilidades frente a la escasez mundial de recursos o las interrupciones en las cadenas de suministro.



**Integración de consideraciones ambientales en la formulación de políticas:** la incorporación de la huella material en las políticas productivas garantiza que se tengan en cuenta las consideraciones ambientales.

**Ayuda a los tomadores de decisiones a comprender las consecuencias ambientales de los diferentes patrones de producción y consumo, lo que les permite tomar decisiones informadas que promuevan el uso sostenible de los recursos.**



**Apoyo a los objetivos de desarrollo sostenible:** el cálculo de la huella material se alinea con los ODS 8.4.1 («Trabajo decente y crecimiento económico») y ODS 12.2.1 («Producción y consumo responsables»)



**Mayor poder de negociación en el comercio internacional:** comprender la huella material de un país permite a los formuladores de políticas evaluar mejor el impacto ambiental de los acuerdos comerciales y negociar términos más sostenibles.

**Ayuda a identificar oportunidades para prácticas comerciales eficientes en el uso de los recursos y fomenta la cooperación internacional para la gestión sostenible de los recursos.**

6.

## Brechas de información en el cálculo de la huella material

---

Varios desafíos potenciales pueden surgir durante el cálculo de la huella material del Perú. Por ejemplo, es usual que en países en desarrollo se puedan dar vacíos de información que dificultan la precisión y la integridad del cálculo. Es importante abordar estos desafíos e identificar posibles soluciones para garantizar una evaluación confiable. A continuación, se muestran las brechas y desafíos a considerar:

- 1. Disponibilidad y calidad de los datos:** obtener datos precisos y actualizados sobre los flujos de materiales en el Perú puede ser un desafío importante. La disponibilidad y la calidad de los datos sobre la extracción de materiales domésticos, la entrada de materiales directos y el consumo de materiales domésticos pueden variar entre sectores y regiones. **Es fundamental colaborar con las agencias gubernamentales, las asociaciones industriales y las instituciones de investigación pertinentes para recopilar datos fiables y garantizar su precisión.**
- 2. Metodologías estandarizadas:** el cálculo de la huella material requiere metodologías y definiciones consistentes. Sin embargo, puede haber una falta de enfoques estandarizados en el Perú, lo que dificulta la comparación de resultados o el seguimiento del progreso a lo largo del tiempo. **Desarrollar y adoptar metodologías reconocidas internacionalmente, como la base de datos de insumo-producto entre países de la OCDE, puede ayudar a abordar esta brecha y garantizar la comparabilidad.**
- 3. Cobertura de los flujos de materiales:** idealmente, el cálculo de la huella material debería cubrir todos los flujos de materiales relevantes, incluidas las importaciones, exportaciones y extracción nacional. Sin embargo, puede haber desafíos para capturar todos estos flujos de manera integral. Por ejemplo, es posible que las actividades comerciales y de extracción informales o ilegales no se contabilicen adecuadamente en las estadísticas oficiales. **Se deben hacer esfuerzos para incluir estos flujos a través de la mejora en los mecanismos de recopilación de datos y la colaboración con las partes interesadas.**
- 4. Datos específicos del sector:** algunos sectores, como la agricultura o la minería informal, pueden tener datos limitados sobre flujos de materiales. Esto puede resultar en brechas en el cálculo, particularmente si estos sectores son contribuyentes significativos al consumo material del Perú. **La colaboración con expertos en sectores clave y la realización de esfuerzos de recopilación de datos pueden ayudar a abordar esta brecha de información.**
- 5. Comprensión de los flujos de materiales indirectos:** los flujos de materiales indirectos, como los integrados en bienes o servicios importados, pueden ser difíciles de cuantificar. Comprender el contenido material de los productos importados y sus impactos ambientales asociados requiere información detallada sobre las cadenas de suministro globales. **El fortalecimiento de la recopilación de datos relacionados con el comercio y la exploración de enfoques innovadores, como las cuentas satélites de la huella material, pueden ayudar a superar este desafío.** Adicionalmente se precisa de la construcción de una institucionalidad multisectorial y representativa de las actividades económicas significativas del país.

El **Sistema Nacional de Información Ambiental (Sinia)** brinda acceso a una amplia gama de datos cualitativos y cuantitativos sobre los recursos naturales del país, incluidos datos sobre el agua, la energía y la generación de desechos. Estos datos podrían contribuir al cálculo de la huella material de diferentes sectores de la economía e identificar oportunidades de mejora.

7.

# Métodos de recopilación de datos para la huella material en la economía peruana

---



Para recopilar los datos necesarios para calcular la huella material de los sectores económicos del Perú, se pueden utilizar diferentes enfoques (UNEP, 2021). A continuación, se proponen tres formas de recopilación de datos utilizando el enfoque *top-down*, el enfoque *bottom-up* y el enfoque híbrido que combina los dos primeros:

### 1. Enfoque *top-down*: análisis de *input-output*

El enfoque *top-down* se basa en el análisis de *input-output*, que utiliza tablas de transacciones económicas para estimar los flujos de materiales en una economía. Para recopilar los datos de los sectores económicos en el Perú, se puede utilizar esta metodología de la siguiente manera:

- Obtener las tablas de transacciones económicas existentes para el Perú, que describen las relaciones entre los diferentes sectores económicos. **Estos datos podrían estar provistos por el INEI o el BCRP.**
- Identificar los sectores clave y relevantes para el cálculo de huella material. **Esta información podría estar provista por MINAM, Produce, INEI, MEF, Minem y Midagri.**
- Utilizar coeficientes de intensidad de materiales, que representan la cantidad de materiales necesarios para producir una unidad de producto, para estimar los flujos de materiales en cada sector. **Este cálculo podría estar realizado por el MEF, MINAM e INEI.**
- Complementar los datos de las tablas de transacciones económicas con información adicional, como datos de consumo y estadísticas de extracción de materiales, para obtener una imagen más completa. **Este cálculo podría estar realizado por el MEF, MINAM e INEI.**

## 2. Enfoque *bottom-up*: Coeficientes de intensidad de materiales\*

El enfoque *bottom-up* se basa en el uso de coeficientes de intensidad de materiales, que representan la cantidad de materiales utilizados en la producción de un producto específico. Bajo este enfoque, se sugieren los siguientes pasos:

- Identificar los productos clave en los sectores económicos del Perú. **Esta información podría estar provista por MINAM, Produce, INEI, MEF y Midagri.**
- Recopilar información sobre los materiales utilizados en la producción de cada producto, incluyendo su cantidad y origen. **Estos datos podrían estar provistos por el INEI o el BCRP.**
- Calcular los coeficientes de intensidad de materiales para cada producto, dividiendo la cantidad de materiales utilizados por la cantidad de producto. **Este cálculo podría ser realizado por el MEF, MINAM e INEI.**
- Multiplicar los coeficientes de intensidad de materiales por la producción de cada producto en los sectores económicos correspondientes para obtener los flujos de materiales. **Este cálculo podría ser realizado por el MEF, MINAM e INEI.**

\*El coeficiente de intensidad es una medida que representa la cantidad de recursos o materiales utilizados en la producción de un determinado producto o servicio. También conocido como intensidad de material o coeficiente de uso de materiales, se expresa como la relación entre la cantidad de materiales utilizados y la cantidad de producto generado. Este coeficiente permite cuantificar la eficiencia en el uso de los recursos y evaluar el impacto ambiental asociado a la producción de bienes y servicios. Un coeficiente de intensidad bajo indica un uso más eficiente de los materiales, mientras que un coeficiente alto indica un mayor consumo de recursos.

## 3. Enfoques híbridos: Complementar el análisis de *input-output* con coeficientes

Los enfoques híbridos combinan el análisis *top-down* y *bottom-up* para obtener una estimación más precisa de la huella material. Para utilizar estos enfoques, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Utilizar el análisis de *input-output* para obtener una estimación inicial de los flujos de materiales en los sectores económicos del Perú.
- Complementar esta estimación utilizando coeficientes de intensidad de materiales específicos para productos clave en los sectores económicos.
- Ajustar los datos obtenidos a través de este enfoque híbrido utilizando información adicional, como datos de consumo y estadísticas de extracción de materiales, y así mejorar la precisión de los resultados.

Estas tres formas de recopilar datos utilizando el enfoque *top-down*, el enfoque *bottom-up* y el enfoque híbrido proporcionan diferentes perspectivas y niveles de detalle en el cálculo de la huella material de los sectores económicos en el Perú. Al combinar estas metodologías y complementar los datos con información adicional, es posible obtener una imagen más completa y precisa de los flujos de materiales en la economía peruana.

8.

# Conclusiones y beneficios de la huella material

---

## Conclusiones

- Calcular la huella material representa una herramienta de vital importancia para evaluar la sostenibilidad ambiental y económica del Perú.
- Calcular la huella material no es un fin en sí mismo sino un medio para incidir en la formulación de políticas y la toma de decisiones basadas en evidencia y en diferentes escalas de gobierno.
- Transversalizar el cálculo de la huella material permite alinear los esfuerzos de los sectores productivos y legitimar sus procesos y resultados.
- Disponer de data precisa y actualizada es crucial para calcular de manera confiable la huella material y monitorear el progreso en la gestión sostenible de los recursos.

## Beneficios y consideraciones relacionadas con la huella material

**Sostenibilidad ambiental:** evaluar la huella material ayuda a comprender cómo los recursos naturales se utilizan y agotan. Esto es crucial para la gestión sostenible de los recursos y la protección del medioambiente.

**Economía circular:** la huella material está estrechamente relacionada con la economía circular, que busca reducir el desperdicio y fomentar la reutilización y el reciclaje. Al adoptar prácticas circulares, los países pueden optimizar el uso de materiales y reducir su impacto ambiental.

**Eficiencia y productividad:** reducir la huella material puede llevar a una mayor eficiencia en la producción. Al utilizar menos materiales, las empresas pueden ser más productivas y competitivas.

**Impacto en la calidad de vida:** la huella material también está relacionada con el estándar de vida de un país. Un alto consumo de materiales puede estar vinculado a un mayor nivel de vida, pero también puede tener consecuencias negativas para el medioambiente. Encontrar un equilibrio es esencial.

**Políticas y regulaciones:** evaluar la huella material puede ayudar a los gobiernos a diseñar políticas y regulaciones efectivas para reducir el consumo excesivo y promover prácticas más sostenibles.

Esta es una gran oportunidad para entender el proceso de cálculo y la información necesaria para obtener, primero, el flujo de materiales, y posteriormente, la huella material.

9.

# Bibliografía

---

- Brunner, P. H., Daxbeck, H., & Baccini, P. (1994). *Industrial Metabolism at the Regional and Local Level: A Case-Study on a Swiss Region*. *Industrial Metabolism. Restructuring for Sustainable Development*, 163-193.
- Cerda, I. (2018). *Experiencia Chilena. Cuenta Ambiental Flujos de Materiales de la Economía ODS 8 y 12*. Ministerio del Medio Ambiente.
- Hendriks, C., Obernosterer, R., Müller, D., Kytzia, S., Baccini, P., & Brunner, P. (2000). *Material Flow Analysis: A Tool to Support Environmental Policy Decision Making. Case-studies on the City of Vienna and the Swiss Lowlands*. *Local Environment*, 5, 311-328. <https://doi.org/10.1080/13549830050134257>
- Neme, J. (2023). *Construcción de Indicadores Ambientales*. Panamá. [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/pnuma-revision-indicador-ods-12\\_2\\_1.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/pnuma-revision-indicador-ods-12_2_1.pdf).
- OECD. (2008). *Measuring Material Flows and Resource Productivity THE OECD GUIDE*. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/MFA-Guide.pdf>
- UNEP. (2021). *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy-Wide Material Flow Accounting*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/36253>





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

**ONU**   
programa para el  
medio ambiente



**PUCP**