



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Guía para la identificación de herramientas que miden el desempeño en la economía circular

Aguilar Hernandez, G.A.; Hoof, B. van; Kahhat, R.

Citation

Aguilar Hernandez, G. A., Hoof, B. van, & Kahhat, R. (2026). *Guía para la identificación de herramientas que miden el desempeño en la economía circular*. San José, Costa Rica: Academia de Centroamérica. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/4297261>

Version: Publisher's Version

License: [Leiden University Non-exclusive license](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/4297261>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Guía para la identificación de herramientas que miden el desempeño en la Economía Circular

Con ejemplos de casos para América Latina y el Caribe

Version 1.0

Liderado por:



En colaboración con:



Financiado por
la Unión Europea



Financiado por la Unión Europea. Sin embargo, las opiniones expresadas son únicamente las del autor(es) y no necesariamente reflejan las de la Unión Europea, la Agencia Ejecutiva de Investigación Europea, o las instituciones involucradas. Ni la Unión Europea ni la autoridad otorgante ni las instituciones involucradas pueden ser responsables de ellas.

Autores

Dr. Glenn A. Aguilar-Hernández / Universidad de Leiden, Países Bajos;
Academia de Centroamérica, Costa Rica
Prof. Bart van Hoof / Universidad de los Andes, Colombia
Prof. Ramzy Kahhat / Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú

Revisores

Mtr. Álvaro Conde Soria / Fundación Circle Economy, Países Bajos
Mtr. Carlos Cordero Vega / Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE),
Gobierno de Costa Rica
Dra. Estefani Rondón Toro / Comisión Económica para le América Latina y el
Caribe (CEPAL), Chile
MSc. Gloriana Ivankovich Escoto / Academia de Centroamérica, Costa Rica
Dr. Ricardo Monge-González / Academia de Centroamérica, Costa Rica

Diseño y diagramación

Lierni Azkarate
Dr. Glenn A. Aguilar-Hernández

Agradecimientos

Agradecemos profundamente a los(as) revisores por sus valiosos comentarios, que contribuyeron a mejorar la calidad y claridad de este trabajo. Glenn A. Aguilar-Hernández es Research Fellow de la Academia de Centroamérica e Investigador Asociado al Proyecto UNICA (UNravelling the socioeconomic and environmental Impacts of Circularity in Latin America), financiado por la Comisión Europea en el marco de las Acciones Marie Skłodowska-Curie (Acuerdo N.º: 101103532). Prof. Ramzy Kahhat agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) por financiar parcialmente su trabajo a través del proyecto “Alianza en I + D + i para el fortalecimiento de acciones de economía circular en las empresas de la macrorregión central de Perú (Lima y alrededores)” (Acuerdo 2024QdV00048).

Lierni Azkarate y la Academia de Centroamérica agradecen también al Gobierno Vasco por la financiación recibida a través del programa Global Training, así como a la Fundación Novia Salcedo por la gestión y el apoyo brindado durante la estancia formativa internacional.

Cita sugerida: Aguilar-Hernández, G.A., van Hoof, B, Kahhat, R. (2026). Guía para la identificación de herramientas que miden el desempeño en la economía circular: Con ejemplos de casos para América Latina y el Caribe. Reporte del Proyecto UNICA (HORIZON-TMA-MSCA-PF-GF, Acuerdo: 101103532)

Tabla de Contenido

01 Introducción..... 4

1.1 Economía Circular como proceso de transición..... 4

1.2 La necesidad de la identificación de herramientas para medir desempeño..... 5

02 Macro..... 7

2.1 Circularidad..... 7

Ej 1; Flujo de materiales y Brecha de Circularidad en América Latina y Caribe..... 9

2.2 Impactos..... 10

Ej 2; Efectos macroeconómicos de la transición a la Economía Circular en América Latina..... 12

03 Meso..... 13

3.1 Circularidad..... 13

Ej 3; Análisis de circularidad de plásticos post-consumo en Brasil..... 15

3.2 Impactos..... 16

Ej 4; Análisis del ciclo de vida del Aguacate producido en diferentes biomas Peruanos..... 17

04 Micro..... 18

4.1 Circularidad..... 18

Ej 5; Balance de masas y circularidad en la producción de curtiduría en Colombia..... 19

4.2 Impactos..... 20

Ej 6; Analizando la huella ambiental de la producción de harin y aceite de pescado en Perú..... 21

05 Conclusiones y recomendaciones..... 22

5.1 Ápndice A..... 24

5.2 Abreviaturas..... 26

5.3 Glosario..... 27

01 Introducción

1.1 Economía Circular como proceso de transición

La **Economía Circular (EC)** es un modelo que propone un sistema económico diseñado para gestionar, de manera sostenible, los materiales y productos utilizados en la sociedad. Se basa en recuperar, retener y generar valor agregado en materiales y productos a lo largo de la cadena de valor¹. El objetivo de la Economía Circular es mantener los materiales en uso productivo, minimizando los desechos y la extracción de recursos vírgenes. Lograrlo requiere una acción coordinada en **tres niveles interconectados: macro** (país o región), **meso** (cadenas de suministro) y **micro** (empresas), cada uno influyendo en el desempeño de la circularidad de los flujos de recursos.²

En el **nivel macro**, el desempeño de la circularidad está determinado por los sistemas sociales —ciudades, regiones y naciones— a través de infraestructura, políticas y normas culturales. Una implementación efectiva de la EC requiere habilitadores sistémicos como instalaciones de reciclaje, modelos de producto como servicio y regulaciones que incentiven la recuperación de recursos. Las empresas contribuyen participando en proyectos colaborativos, campañas educativas y acciones que escalan las prácticas circulares más allá de sus límites.

El **nivel meso** se centra en las cadenas de suministro y redes industriales, donde los flujos de recursos se optimizan mediante la colaboración. El desempeño de la circularidad mejora cuando las empresas comparten materiales secundarios, implementan logística inversa y crean sistemas de ciclo cerrado. Los parques eco-industriales ejemplifican esto al intercambiar subproductos y flujos de energía entre compañías.

En el **nivel micro**, las empresas implementan la EC mediante modelos de negocio circulares (CBM) que ralentizan y cierran los ciclos internamente. El desempeño de la circularidad depende del diseño del producto para la durabilidad, capacidad de reparación y reciclabilidad, así como de la recuperación interna de residuos. El desempeño mejora cuando los desechos se convierten en insumos para nuevos productos, reduciendo la dependencia de materiales vírgenes.

Medir el desempeño en la Economía Circular es fundamental para garantizar la eficiencia en el uso de los recursos y maximizar los beneficios de sostenibilidad en todos los niveles del sistema². En el nivel macro, medir el desempeño de la circularidad respalda el desarrollo de políticas, la planificación de infraestructuras y la generación de empleo en sectores de reciclaje y remanufactura, fomentando valor social y económico. En el nivel meso, la evaluación del desempeño permite la colaboración para el intercambio de recursos, la logística inversa y la simbiosis industrial, mejorando la eficiencia general y creando nuevas oportunidades de negocio. En el nivel micro, mediciones del desempeño ayudan a optimizar el uso de materiales y energía, reducir residuos y mejorar el diseño de productos para su durabilidad y reciclabilidad, generando ahorros de costos e ingresos adicionales a partir de materiales secundarios. Mediciones de desempeño en estos niveles son esenciales para cuantificar la eficiencia de recursos a nivel nacional o regional, la creación de empleo y las ganancias económicas, asegurando que las estrategias circulares generen beneficios tangibles y aceleren la transición hacia una economía regenerativa.

¹ [Kirchherr et al. \(2023\). Conceptualizing the Circular Economy \(Revisited\): An Analysis of 221 Definitions.](#)

² [Rovanto, I. K., & Bask, A. \(2021\). Systemic circular business model application at the company, supply chain and society levels—A view into circular economy native and adopter companies.](#)

³ [Sassanelli, C., Rosa, P., Rocca, R., & Terzi, S. \(2019\). Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review.](#)

1.2 La necesidad de la identificación de herramientas para medir desempeño

En **América Latina y el Caribe**, la Economía Circular ha ganado impulso en los últimos años. Desde que Colombia lanzó su plan nacional en 2019, al menos once países se han sumado a la transición circular, tales como Brasil, Chile, Costa Rica, Perú, Ecuador, Uruguay, Panamá, República Dominicana y Argentina^{4,5}.

Con este avance surge una necesidad clave: medir la circularidad de los materiales y los potenciales impactos sociales, económicos y ambientales de esta transición. Entonces, una de las preguntas clave en este tema es: **¿Cómo medir la Economía Circular y sus impactos en diferentes escalas?**

La investigación, tanto dentro como fuera de la región, ha dado lugar a diversas herramientas de medición. Algunas de ellas ya existían en el marco de la sostenibilidad y ahora se aplican a la Economía Circular, como el Análisis de Flujo de Materiales (AFM) o el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Estas herramientas pueden aplicarse a los diferentes niveles.

Muchas de estas herramientas provienen del campo de estudio de la Ecología Industrial⁶, que es un área de las ciencias de sostenibilidad que estudia los flujos de materiales y energía utilizados por la sociedad (también llamado metabolismo socioeconómico). El uso de **herramientas de Ecología Industrial en temas de Economía Circular** permite analizar y monitorear la circularidad y sus impactos de manera sistémica, basándose en metodologías científicas ya probadas. Además, un conjunto claro de herramientas evita caer en la mentalidad de “si sólo tengo un martillo, todo me parece un clavo”, y facilita la selección de métodos adecuados según cada necesidad.

Esta guía presenta, en un lenguaje accesible, un conjunto de herramientas para medir el desempeño de la circularidad de materiales y los impactos sociales, económicos y ambientales de la Economía Circular en el contexto latinoamericano. Está dirigido a responsables de la toma de decisiones en el ámbito público y privado, como una guía práctica para:

- a)** Conocer las principales herramientas disponibles para la medición del desempeño de la circularidad, incluyendo terminologías y metodologías desarrolladas por la comunidad científica.
- b)** Aprender vocabulario base en herramientas de medición para facilitar el diálogo con equipos técnicos en procesos de medición, monitoreo y evaluación del desempeño de la circularidad.

⁴ [Samaniego et al. \(2022\). Panorama de las hojas de ruta de economía circular en América Latina y el Caribe.](#)

⁵ [Aguilar-Hernandez et al. \(2024\). Enabling Mechanisms for Circularity in Latin America and the Caribbean.](#)

⁶ [Van Ewijk et al. \(2023\). Ten insights from industrial ecology for the circular economy. International Society for Industrial Ecology \(ISIE\).](#)

Esta guía está pensada para personas con conocimientos básicos de Economía Circular y sus estrategias que estén interesados en responder la pregunta de *¿cómo medir el desempeño de la Economía Circular y sus impactos en diferentes escalas?* Los temas de definición, tipos de indicadores de circularidad o elaboración de estrategias y hojas de ruta pueden consultarse en otra literatura especializada^{7,8,9}. Aquí el enfoque es exclusivamente en herramientas de medición del desempeño.

La guía está estructurada en tres capítulos principales (con herramientas a nivel macro, meso y micro), considerando tanto mediciones de circularidad, desempeño e impactos y brindando:

- Requerimientos: datos, infraestructura e instituciones/grupos que usualmente desarrollan y utilizan las herramientas.
- Ejemplos: casos de estudio reales en la región, que muestran cómo se han aplicado estas herramientas en contextos concretos.

Esta estructura se mantiene a lo largo de los capítulos principales, en los que se abordarán los temas de medición de circularidad e impactos. De esta manera, las personas lectoras pueden avanzar de forma ordenada desde una visión general hasta casos específicos, comprendiendo cómo cada nivel de análisis se interrelaciona y aporta a una visión integral de la Economía Circular en América Latina y el Caribe.

⁷ Para desarrollo de Hojas de Ruta: [Coalición de Economía Circular América Latina y el Caribe & SWITCH to Green Facility. \(2025\). Guía para el Desarrollo de Hojas de Ruta para la Economía Circular en América Latina y el Caribe.](#)

⁸ Para base de indicadores de Economía Circular: [UNEP. \(2024\). Circular Economy: from Indicators and Data to Policy-making](#)

⁹ Para diseño de sistemas de reporte y monitoreo: [MINAE & GIZ. \(2025\). Diseño del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación \(MRV\) para la Estrategia Nacional de Economía Circular \(ENEC\)](#)

02 Nivel Macro: Mediciones de circularidad e impactos a nivel nacional y regional

2.1 Circularidad

Para evaluar la circularidad a nivel de un país o región es esencial entender cuántos materiales entran, circulan y salen de la economía (es decir, los flujos de materiales), así como cuánto se acumula en infraestructura y bienes duraderos (formando las adiciones existentes o “stocks” de materiales).

Las **Cuentas de Flujo de Materiales (CFM)** —conocidas internacionalmente como Economy-wide Material Flow Accounting (EW-MFA) ¹⁰ — son el marco más utilizado para esto. Las CFM registran, en unidades físicas (por ejemplo, toneladas), los materiales que:

- Ingresan (extracción doméstica, importaciones y materiales recuperados).
- Salen (exportaciones, residuos sólidos y emisiones).
- Se acumulan (infraestructura, viviendas, vehículos, maquinaria, etc.).

Con este enfoque, se pueden obtener indicadores clave para la Economía Circular en un país o región, como tasa de reciclaje, aprovechamiento de materiales, generación de residuos y emisiones relacionadas. En la práctica, las CFM ofrecen una “radiografía” del uso de recursos en la economía. Por ejemplo, si un país importa muchos metales pero recicla poco, las CFM muestran esa dependencia y ayudan a guiar políticas de reciclaje, manufactura circular o innovación industrial. Las CFM son una base sólida para iniciar mediciones macro de circularidad porque ofrecen información comparable a nivel internacional y permiten construir indicadores de transición circular, tanto desde el punto de vista de la producción como del consumo final.

¹⁰ [EUROSTAT. \(2018\). Economy-wide material flow accounts - Handbook.](#)

Requerimientos

- Datos físicos (p.ej., en kilogramos o toneladas) de:
 - Materiales extraídos localmente (biomasa, metales, minerales no metálicos, combustibles fósiles).
 - Importaciones y exportaciones.
 - Residuos sólidos.
 - Emisiones.
 - Materiales que pasan a formar parte del stock (infraestructura y bienes duraderos).
- Capacidades estadísticas nacionales (encuestas industriales y bases de datos).
- Software en línea o programas de acceso abierto (como Python ¹¹) para diagramas tipo Sankey (los cuales son usados para representar los flujos de materiales).
- ¿Quién suele realizarlo?: Recolección de datos en ministerios (p. ej., agricultura, minería/energía, comercio, entre otros para recolección de datos), usualmente liderado por institutos de estadística o agencias de gobierno (p. ej., Banco Central de Costa Rica ¹²; DANE en Colombia ¹³).

¹¹ [PLOTLY. \(2025\). Sankey diagram in Python.](#)

¹² [BCCR. \(2025\). Cuentas Ambientales. Costa Rica.](#)

¹³ [DANE. \(2025\). Cuentas Satélite Ambientales. Colombia.](#)

Ejemplo 1:

Flujo de materiales y Brecha de Circularidad en América Latina y el Caribe

Un ejemplo de aplicación de las Cuentas de Flujo de Materiales a nivel regional es el Reporte de la Brecha de Circularidad en América Latina y el Caribe ¹⁴, publicado en 2023 por la consultora Circle Economy, en colaboración con la CEPAL, la ONUDI, GO4SDGs y el BID.

La base del análisis de la brecha de circularidad y de los indicadores derivados son las Cuentas de Flujo de Materiales (ver Figura 1). Este enfoque permite cuantificar, en unidades físicas (p.ej., megatoneladas, Mt), los materiales que ingresan, se acumulan y salen de la economía regional. En el estudio se estimó que a la economía de América Latina y el Caribe ingresaron 10 662 Mt provenientes de extracción doméstica, 873 Mt de importaciones directas y 22 Mt de materiales reciclados.

Del total de materiales utilizados, 2 777 Mt se acumularon en el stock del metabolismo socioeconómico, es decir, en infraestructura, edificaciones, maquinaria y otros bienes duraderos. Por otro lado, salieron del sistema 3 594 Mt en forma de emisiones y residuos, y 2 349 Mt como exportaciones directas.

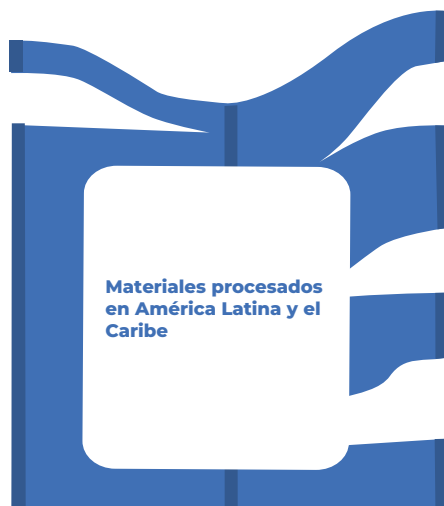
El diagrama de Sankey (Figura 1) también permite identificar materiales prioritarios. Por ejemplo, el 46% de los materiales que ingresan a la economía regional corresponde a biomasa, lo que refleja la importancia de la producción biomásica en la región. Asimismo, la comparación entre importaciones (873 Mt) y exportaciones (2 349 Mt) muestra que América Latina y el Caribe es un exportador neto de materiales. Este tipo de análisis también se ha utilizado en estrategias nacionales de Economía Circular, como en Colombia ¹⁵ y Uruguay ¹⁶, y sirve como base para la priorización de sectores y materiales a nivel macro.

Flujos de entrada

Importaciones directas
837 Mt



Extracción doméstica
10 662 Mt



Flujos de salida



Exportaciones directas
2 349 Mt



Residuos domésticos procesados + emisiones
3 594 Mt



Adiciones netas existentes / Stock de materiales
2 777 Mt

Elementos de balance de masa
2 779 Mt



Materiales reciclados
22 Mt

Figura 1. Diagrama Sankey del flujo de materiales en América Latina y el Caribe. Elaboración propia basado en Circle¹⁴

¹⁴ Circle Economy. (2023). [Circularity Gap Report for Latin America and the Caribbean](#).

¹⁵ Gobierno de Colombia. (2019). [Estrategia Nacional de Economía Circular](#).

¹⁶ Gobierno de Uruguay. (2024). [Estrategia Nacional de Economía Circular](#).

2.2 Impactos

La Economía Circular puede generar cambios en el empleo, el crecimiento económico e impactos ambientales (p. ej., en la huella de carbono, uso de materiales y energía). Por ello, medir los impactos sociales, económicos y ambientales es fundamental. A nivel macro, esto se realiza comúnmente mediante herramientas macroeconómicas.

Las **Matrices de Insumo-Producto (MIP)**¹⁷ describen cómo se relacionan los sectores económicos entre sí y con la demanda final. Estas cuentas permiten desarrollar análisis donde se estiman los impactos directos e indirectos en producción, empleo y factores ambientales. Por ejemplo, si un país impulsa la reparación de equipos electrónicos, un análisis con las MIP puede estimar cuántos empleos se generan y cuántas emisiones se evitan a lo largo de toda la cadena productiva, incluyendo sectores indirectos como transporte o electricidad.

Los **Modelos de Equilibrio General Computable (MEGC)**¹⁸ simulan el comportamiento de la economía al introducir cambios en políticas o precios. Son útiles para evaluar escenarios, comparando la transición circular con un escenario convencional (es decir, "business-as-usual"). Por ejemplo, un MEGC puede analizar cómo una política de reciclaje obligatorio impacta el empleo, los precios y la competitividad industrial.

Las herramientas macro permiten comparar escenarios de política, identificar beneficios y riesgos de la circularidad y orientar decisiones basadas en evidencia. Además, las herramientas a nivel macro ofrecen soporte a marcos de reporte y monitoreo en políticas avanzadas de EC, como por ejemplo, los propuestos en la Estrategia Nacional de Economía Circular de Costa Rica.¹⁹

¹⁷ [UNSTAT. \(1999\). Handbook of input-output table compilation and analysis.](#)

¹⁸ [Dixon & Jorgenson. \(2013\). Handbook of Computable General Equilibrium Modeling SET, Vols. 1A and 1B.](#)

¹⁹ [MINAE. \(2023\). Estrategia Nacional de Economía Circular. Ministerio de Ambiente y Energía. Costa Rica.](#)

Requerimientos

- Datos de:
 - Cuentas nacionales y tablas de insumo-producto, usualmente en unidades monetarias (aunque se cuenta también con sistemas de cuentas en valores físicos).
 - Matrices de contabilidad social (para MEGC).
 - Extensiones socioeconómicas y ambientales (p.ej., empleo, emisiones, energía).
- Infraestructura para recolección de MIP a través de estadísticas nacionales.
- Hojas de cálculo o software (como paquetes de Python²⁰) para análisis de MIP.
- Software especializado (p. ej., GEMPACK, GAMS, MPSGE²¹ que requieren licencia) o equipos técnicos con capacidad de modelación para análisis de MEGC.
- ¿Quién suele realizarlo?: Usualmente bancos centrales e institutos nacionales de estadística cuentan con los datos para realizar los análisis con modelos macroeconómicos (ej.: INEI en Perú²², o Banco Central de Chile²³), y análisis son realizados por equipos técnicos de tales instituciones, consultorías o centros de investigación académicos.

²⁰ [Donati et al. \(2020\). Modeling the circular economy in environmentally extended input-output tables: Methods, software and case study.](#)

²¹ [Horridge et al. \(2013\). Chapter 20 - Solution Software for Computable General Equilibrium Modeling.](#)

²² [INEI. \(2025\). Cuentas nacionales Perú.](#)

²³ [BCC. \(2025\). Cuentas nacionales anuales Chile.](#)

Ejemplo 2:

Efectos macroeconómicos de la transición a la Economía Circular en América Latina

El reporte Modelamiento de los efectos macroeconómicos de la transición a la economía circular en América Latina²⁴ presenta un ejemplo concreto de cómo los modelos macroeconómicos pueden utilizarse para estimar los impactos socioeconómicos y ambientales de estrategias de Economía Circular a escala nacional.

En este estudio se empleó un modelo ajustado de Matrices de Insumo-Producto para analizar cambios en el producto interno bruto (PIB), el empleo y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) bajo distintos escenarios de Economía Circular. Los escenarios considerados incluyeron, entre otros, la reducción del uso de materiales en sectores como plásticos, metales y construcción. El análisis se aplicó a Chile, Colombia, México y Perú, comparando los resultados con un escenario de referencia o business-as-usual (BAU).

Los resultados muestran que, bajo escenarios circulares hacia 2030, se espera un aumento del PIB de 0,9 % en Chile, 1,2 % en Colombia, 1,6 % en México y 2,2 % en Perú, en comparación con el BAU. En términos de empleo, el incremento estimado es de 1,2 % en Chile y Colombia, 1,6 % en México y hasta 2,1 % en Perú. En cuanto a emisiones (ver Figura 2), se proyecta una reducción de GEI de 7,3 % en Chile y de 1,5 % en Colombia y México, mientras que en Perú se observa un leve incremento de 0,4 %.

Estos resultados ilustran que la Economía Circular podría generar beneficios económicos y de empleo, pero también revela posibles intercambios entre indicadores. Estudios globales complementarios²⁵, que combinan Matrices de Insumo-Producto y Modelos de Equilibrio General Computable, muestran que la circularidad puede contribuir a una mitigación de GEI de entre 17% y hasta 50% cuando se integra con la transición energética (ver Figura 2). Tanto la MIP como MEGC permiten abordar múltiples indicadores —como por ejemplo aquellos relacionados a una transición justa e inclusiva (ej. empleo digno, o inclusión social)— dependiendo de los datos en extensiones socioeconómicas. Por lo tanto, este tipo de análisis es clave para orientar decisiones de política pública basadas en evidencia.

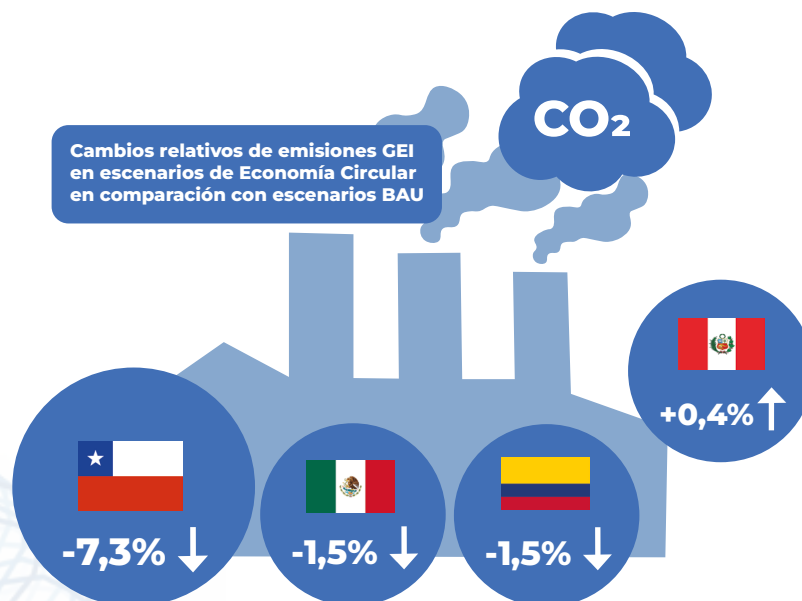


Figura 2. Potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) a partir de estrategias circulares en 2030. Elaboración propia basado en Rodríguez et al. (2023)²⁴.

²⁴ [Rodríguez et al. \(2023\). Modelamiento de los efectos macroeconómicos de la transición a la economía circular en América Latina: Los casos de Chile, Colombia, México y el Perú.](#)

²⁵ [Wiedenhofer et al. \(2025\). The Circular Economy and Climate Change: The State of National and Global Evidence on Mitigation Potential](#)

03 Nivel Meso: Mediciones de circularidad e impactos a nivel cadenas de valor

3.1 Circularidad

A nivel de cadenas de valor —por ejemplo, en sectores como alimentos, construcción o transporte— es posible analizar cómo circulan los materiales a través de los sectores económicos que participan en su producción, uso y fin de vida.

El **Análisis de Flujo de Materiales (AFM)**²⁶ permite cuantificar la cantidad de materiales que entra, se transforma, se usa y cuánta se recupera o se pierde a lo largo de una cadena productiva. Este método sigue principios de balance de masas: lo que entra al sistema debe salir o acumularse de alguna forma.

A diferencia del nivel macro, este enfoque se desarrolla con una perspectiva más sectorial y detallada, normalmente desde la información de productos y procesos. Por ejemplo, para analizar el litio en baterías de vehículos eléctricos, un AFM puede mapear el flujo desde la extracción del mineral, su refinación, la fabricación de baterías y vehículos, el uso, y finalmente la recuperación o reciclaje. Esto permite estimar cuánto material se conserva o se pierde en el sistema, y calcular indicadores como tasa de reciclaje o eficiencia de uso de materiales en la cadena de valor.

Cuando el análisis incluye el paso del tiempo —por ejemplo, considerando la vida útil de productos— se utilizan modelos dinámicos de stock de materiales¹⁸, útiles para entender cuántos materiales quedan “almacenados” en edificios, infraestructura o productos, y cuándo estarán disponibles para recuperación.

El AFM ayuda a identificar dónde se pierden materiales, dónde hay oportunidades para reciclar o reutilizar, implicaciones de reparación/mantenimiento y cómo impulsar cadenas de valor más eficientes y sostenibles.

²⁶ [Allesch & Brunner. \(2015\). Material Flow Analysis as a Decision Support Tool for Waste Management: A Literature Review.](#)

Requerimientos

- Datos de:
 - Producción física (p.ej., en kilogramos o toneladas) por etapa de la cadena.
 - Intensidad de materiales por producto.
 - Relaciones de flujo entre sectores/etapas de la cadena de valor.
- Datos comercio (incluyendo importaciones, exportaciones y comercio interior).
- Hojas de cálculo (Excel o similares) para recopilar datos.
- Software como STAN²⁷ o Python²⁸ si se requiere modelaje de escenarios.
- ¿Quién suele realizarlo?: Centros de investigación académicos y consultorías especializadas (p. ej., programa REDES-CAR en Colombia²⁹).

²⁷ [STAN Software. \(2025\).](#)

²⁸ [Pauliuk & Heeren. \(2019\). ODYM—An open software framework for studying dynamic material systems: Principles, implementation, and data structures.](#)

²⁹ [van Hoof et al. \(2023\). 'Shrinking effects' in cleaner production dissemination – An analysis of the Colombian RedES-CAR programme.](#)

Ejemplo 3:

Análisis de circularidad de plásticos post-consumo en Brasil

Un ejemplo representativo de medición de circularidad a nivel meso es el estudio sobre plásticos de un solo uso en la etapa post-consumo en Brasil³⁰. Este análisis utiliza el Análisis de Flujo de Materiales (AFM) para entender qué ocurre con los plásticos una vez que llegan al consumidor final y cómo se gestionan dentro, o fuera, del sistema de residuos (ver Figura 3).

El estudio identifica las principales etapas del flujo de materiales, comenzando con el consumo y su conexión con distintos sistemas de recolección, tanto formales como informales, así como con procesos de reciclaje y disposición final. Gracias a este enfoque, se pudo estimar que en el año base 2017 se generaron aproximadamente 12 megatoneladas (Mt) de plásticos de un solo uso en el país.

Uno de los principales hallazgos es que 63% de estos residuos no fue monitoreado dentro del sistema formal de gestión de residuos. Del 37% que sí fue registrado, solo 10% se recicló, mientras que el resto terminó en rellenos sanitarios. Además, el análisis muestra que alrededor de 10% de los flujos recolectados registrados fue gestionado por el sector informal, lo que evidencia su rol relevante en la recuperación de materiales.

Este tipo de análisis es clave para identificar los puntos críticos de la cadena de valor donde se pierden materiales y donde existen mayores oportunidades para implementar estrategias circulares. Por ejemplo, resalta la importancia de mejorar el registro y la captación de residuos desde los hogares y espacios de consumo, así como de diseñar políticas que reconozcan e integren al sector informal en los sistemas de reciclaje. De esta forma, el AFM aporta evidencia concreta para orientar intervenciones más efectivas en la gestión de plásticos post-consumo.

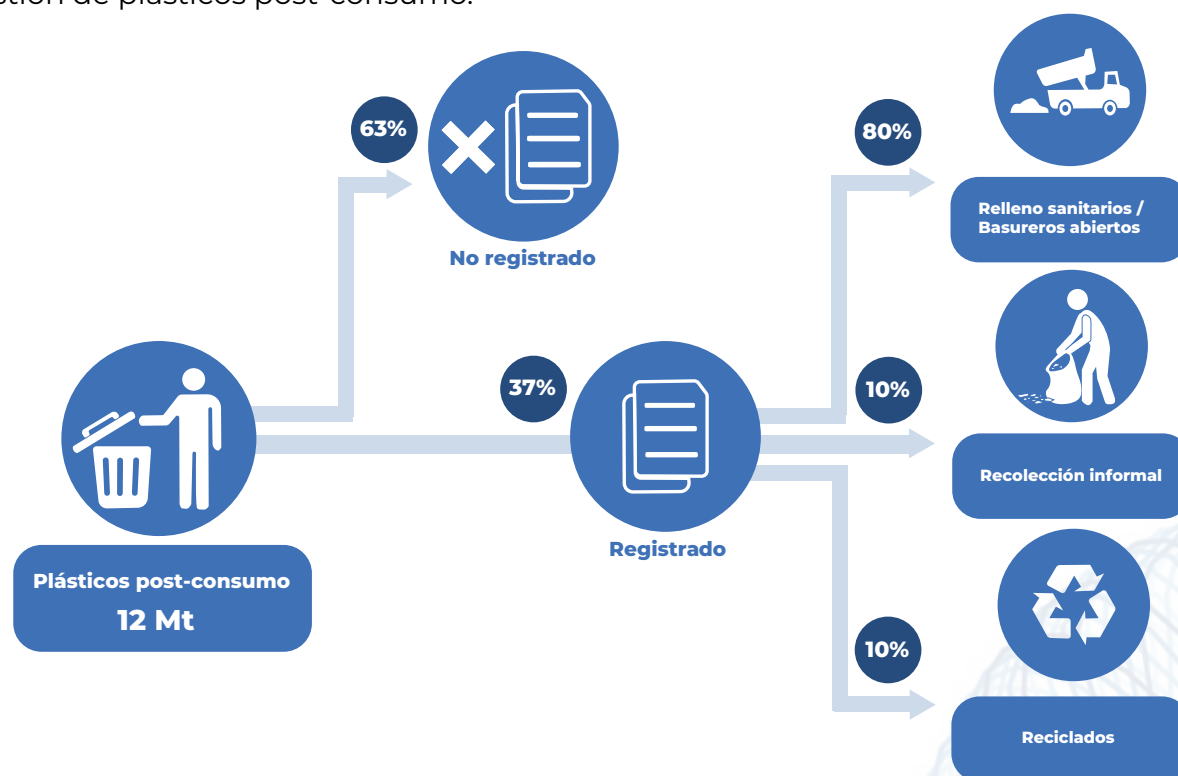


Figura 3. Análisis de flujo de material para residuos plásticos post-consumo en Brasil en 2017. Elaboración propia basada en Pincelli et al. (2021)³⁰.

³⁰ [Pincelli et al. \(2021\). Post-consumer plastic packaging waste flow analysis for Brazil: The challenges moving towards a circular economy.](#)

3.2 Impactos

Para evaluar los impactos ambientales de estrategias de Economía Circular en cadenas de valor, la herramienta más utilizada es el **Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**³¹.

El ACV mide impactos como emisiones de carbono, consumo de agua, uso de suelo, energía, entre otros, considerando todas las etapas: extracción, producción, uso y fin de vida. Este análisis permite comparar entre diferentes alternativas —por ejemplo, un producto fabricado con material reciclado versus uno producido a partir de materia prima virgen— y así evaluar los beneficios ambientales de la circularidad frente a un escenario “business-as-usual”. Por ejemplo, para envases plásticos, un ACV puede mostrar si es mejor reciclar, reutilizar o cambiar a otro material considerando emisiones, energía y agua en todo el ciclo.

Además del ACV ambiental, existen herramientas complementarias como Análisis de Costos de Ciclo de Vida³² donde se evalúan los costos económicos a lo largo de la cadena, o ACV sociales³³ donde se incluyen impactos sociales como empleo, desarrollo de capacidades, innovación.

El ACV permite tomar decisiones basadas en la comparación entre productos y/o modelos de negocio, considerando potenciales cambios que reducen impactos bajo la perspectiva de ciclo de vida. Decisiones que no consideran ACV, podrían enfocarse en la disminución de los impactos en una etapa, sin entender que dicha decisión podría estar causando un aumento o disminución de impactos en otra.

Requerimientos

- Datos de procesos y unidades funcionales definidas (p.ej., “1 batería producida”).
- Inventarios de ciclo de vida (usualmente se utiliza base de datos como Ecoinvent³⁴, la cual requiere licencia).
- Software para análisis como SimaPro³⁵ (requiere licencia) o OpenLCA³⁶ (gratis).
- ¿Quién suele realizarlo?: Universidades, centros de investigación y consultoras especializadas (p. ej., la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial, PELCAN³⁷).

³¹ [Guinée et al. \(2002\). Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards.](#)

³² [Korpi & Ala-Risku. \(2008\). Life cycle costing: a review of published case studies.](#)

³³ [Huarachi et al. \(2020\). Past and future of Social Life Cycle Assessment: Historical evolution and research trends.](#)

³⁴ [Ecoinvent. \(2025\). Base de datos.](#)

³⁵ [SimaPro. \(2025\).](#)

³⁶ [OpenLCA. \(2025\).](#)

³⁷ [PELCAN. \(2025\). Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial.](#)

Ejemplo 4:

Análisis de ciclo de vida del Aguacate producido en diferentes biomas peruanos

Un ejemplo reciente relacionado a la aplicación de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida para productos agrícolas latinoamericanos, específicamente el aguacate en Perú³⁸. Este tipo de análisis es especialmente útil en el contexto de la Economía Circular, ya que permite identificar prácticas productivas con menores impactos ambientales dentro de una misma cadena de valor y orientar estrategias sectoriales más sostenibles.

El estudio analizó la producción de aguacate, bajo la perspectiva cradle-to-gate, en diferentes biomas del Perú, las cuales engloban diferentes prácticas de cultivo, que podrían representar impactos ambientales diversos. Se incluyeron 80 productores pequeños y medianos, representando un total de 355 hectáreas de cultivo. Cuatro tipos de cultivos fueron evaluados en este estudio: monocultivos y multicultivos, en ambos casos orgánicos y convencionales.

Los resultados muestran una variabilidad en los impactos ambientales de ciclo de vida del aguacate, demostrando las diferencias existentes entre regiones, sistemas productivos, variedades de aguacate, altura, entre otros (ver Figura 4). Por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero por kilogramo de aguacate varío entre 156 a 728 g CO₂eq. Los valores más altos se asociaron principalmente a sistemas convencionales de monocultivo, mientras que los sistemas orgánicos y diversificados presentaron impactos más bajos. En el caso del agua, el indicador de escasez de agua tuvo un rango más amplio, entre 1,2 a 764 m³eq/kg, reflejando la fuerte influencia de las condiciones regionales. Asimismo, el análisis de biodiversidad indicó mayores riesgos en zonas de selva y sierra en comparación con la costa peruana.

Este estudio constituye una base importante para diseñar estrategias de Economía Circular en el sector agrícola, ya que permite diferenciar prácticas productivas, orientar incentivos, apoyar a productores con mejor desempeño ambiental y promover sistemas de producción más resilientes y eficientes a nivel de cadena de valor.

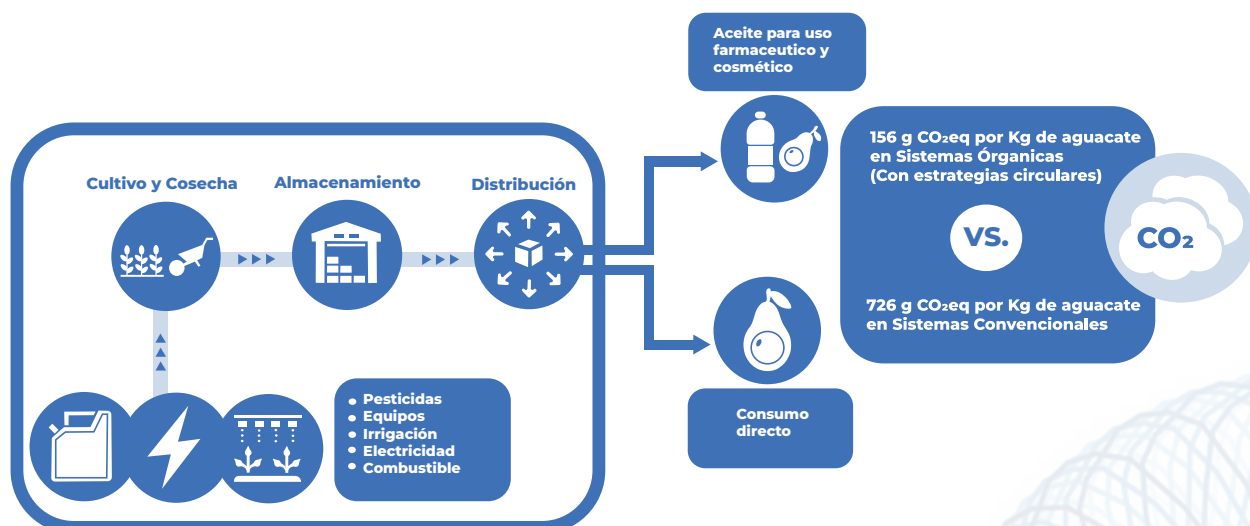


Figura 4. Cadena de productiva de aguacate del Perú y emisiones de GEI del sistema a partir de Análisis de Ciclo de Vida. Elaboración propia basado en Elorrieta-Mendoza et al. (2025)³⁸.

³⁸ [Elorrieta-Mendoza et al. \(2025\). Avocado production in different biomes throughout Peru: do differing cultivation practices translate into differences in environmental impacts?](#)

04 Nivel Micro: Mediciones de circularidad e impactos a nivel empresa

3.1 Circularidad

Para las empresas, medir la circularidad significa entender cuántos recursos entran, cómo se usan y qué proporción permanece en el sistema en lugar de convertirse en residuos. Al igual que en el nivel meso, se emplean principios del **Análisis de Flujo de Materiales (AFM)**, enfocado en el **balance de masa**³⁹: lo que entra, se usa, se transforma o sale del proceso operativo.

Este enfoque es muy útil en sectores productivos —como alimentos, minería, construcción o manufactura— donde los materiales son tangibles (materias primas, piezas, subproductos, residuos). Sin embargo, también se puede aplicar en empresas de servicios. Allí se pueden considerar materiales de apoyo, como combustibles para transporte corporativo, empaques utilizados en operaciones o residuos generados en comedores institucionales.

Un ejercicio básico consiste en registrar los insumos clave (por ejemplo, kilogramos de materia prima por mes), el volumen de producto final y los residuos generados. Luego, la empresa puede identificar oportunidades para reducir pérdidas, reutilizar materiales internos o establecer alianzas para reciclar o reutilizar. Por ejemplo, una empresa de bebidas registra 1 tonelada de plástico PET consumido al mes y detecta que 80 kilogramos se pierden en corte y moldeo. Con esta información, puede revisar procesos para reducir desperdicios o reintegrar esos recortes en producción.

Este tipo de análisis crea transparencia interna, mejora la eficiencia y permite avanzar hacia metas corporativas de sostenibilidad, certificaciones y reportes ESG.

Requerimientos

- Datos de:
 - Flujos físicos de materiales (kg, toneladas).
 - Intensidad de material por unidad de producto.
 - Relación de flujos entre etapas del proceso industrial.
- Hojas de cálculo (Excel o similares) para recopilar datos.
- Software como STAN⁴⁰ o Python⁴¹ si se requiere modelaje de escenarios.
- ¿Quién suele realizarlo?: Las mismas empresas (como parte de mejorar eficiencia de procesos), consultoras especializadas, centros de investigación académicos.

³⁹ [Baars et al. \(2022\). Quo vadis MFA? Integrated material flow analysis to support material efficiency.](#)

⁴⁰ [STAN Software. \(2025\).](#)

⁴¹ [Pauliuk & Heeren. \(2019\). ODYM—An open software framework for studying dynamic material systems: Principles, implementation, and data structures](#)

Ejemplo 5:

Balance de masas y circularidad en la producción de curtiduría en Colombia

Un ejemplo de medición de circularidad de materiales a nivel micro (empresa) es el análisis del proceso productivo de la industria de curtiduría en Colombia⁴². Este sector resulta especialmente relevante desde la perspectiva de Economía Circular, ya que utiliza subproductos de la industria cárnica (pieles), pero al mismo tiempo presenta altos consumos de agua, energía y el uso de insumos químicos con potenciales impactos ambientales.

El estudio se basa en la elaboración de un balance de masas de los principales procesos de la curtiduría, específicamente las etapas de decapado y curtido (ver Figura 5). En este balance se identifican y cuantifican todos los flujos que entran y salen del sistema productivo. Entre los insumos se incluyen pieles crudas, agua, energía y compuestos químicos como ácido fórmico, bactericidas y sales de cromo. Entre las salidas se consideran las pieles curtidas, las aguas residuales y los residuos químicos y orgánicos.

El balance de masas funciona como un punto de partida práctico para análisis técnicos, ambientales y económicos más detallados, y apoya la toma de decisiones empresariales orientadas a mejorar la eficiencia, reducir impactos ambientales y avanzar hacia modelos productivos más circulares. Adicionalmente, este balance de masas permite a la empresa visualizar de manera clara dónde se concentran los mayores consumos de recursos y las principales pérdidas de materiales. A partir de esta información, se pueden identificar oportunidades concretas de circularidad, como la reducción del uso de ciertos químicos mediante mejoras tecnológicas, el aumento de la eficiencia energética de los procesos, la reutilización de agua dentro de la planta o la disminución de la carga contaminante en las descargas de aguas residuales.

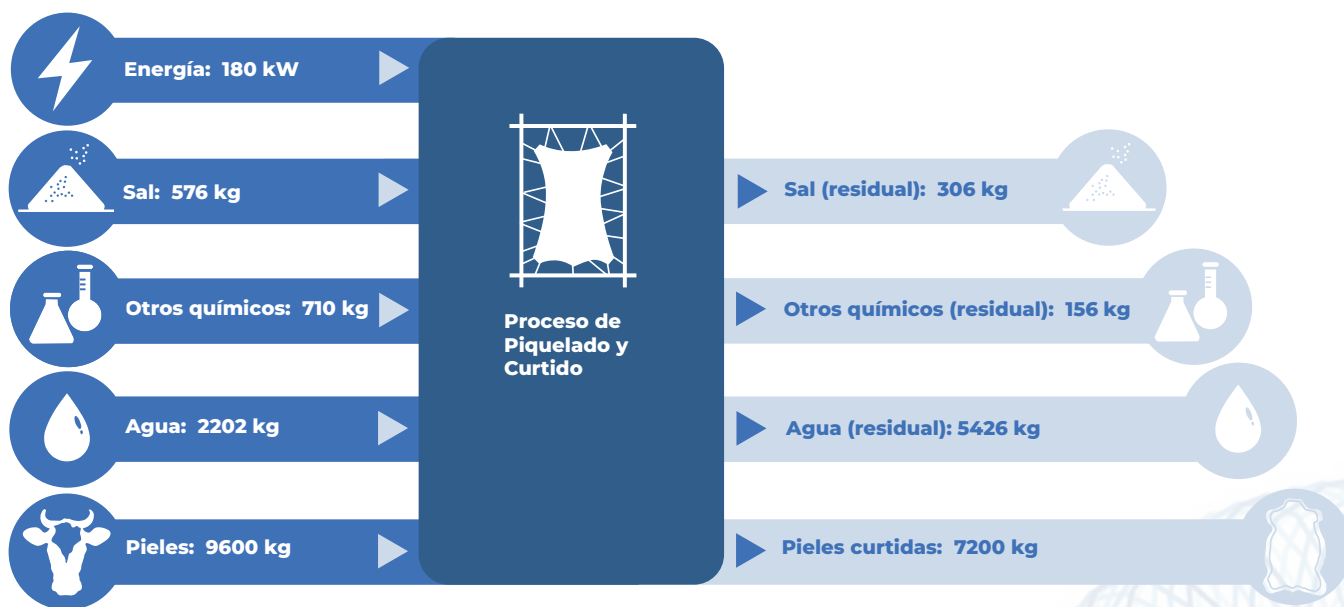


Figura 5. Balance de masa del proceso de curtiduría de una empresa en Colombia. Elaboración propia basada en Barco & van Hoof (2022)⁴².

⁴² Barco & van Hoof. (2022). Implementation and Scalability of Circular Practices in the Leather Tanning Industry: Evaluation of a Colombian Tannery

4.2 Impactos

Además de conocer cuántos materiales usan, las empresas pueden evaluar los impactos ambientales de sus operaciones mediante el **Análisis de Ciclo de Vida (ACV)**⁴³. Esta herramienta estima impactos como emisiones de carbono, consumo de agua o generación de residuos, considerando todas las etapas relevantes del proceso productivo.

A nivel empresarial, el ACV ayuda a comparar alternativas. Por ejemplo, una empresa compara fabricar electrodomésticos nuevos versus remanufacturarlos. El ACV permite medir cuál opción genera menos emisiones y residuos, facilitando decisiones estratégicas y justificando inversiones en modelos circulares.

La profundidad del análisis puede variar. Por ejemplo, en temas de mitigación de cambio climático, algunas empresas solo evalúan impactos directos (emisiones propias – Alcances ¹ y ²), mientras que otras incluyen impactos asociados a proveedores o al fin de vida del producto (Alcance ³)⁴⁴. Ya existen normas – como la norma ISO 59020⁴⁵– que proporcionan lineamientos para evaluar los impactos de la Economía Circular empresarial de forma estandarizada.

Este enfoque permite identificar mejoras ambientales, comunicar resultados con claridad y prepararse para regulaciones y mercados que demandan transparencia ambiental.

Requerimientos

- Datos de insumos, energía, residuos y factores de impacto por unidad de producto.
- Hojas de cálculo para análisis básicos.
- Software como SimaPro (requiere licencia) u OpenLCA (acceso abierto) para análisis de Alcance 2 y 3.
- ¿Quién suele realizarlo?: Las mismas empresas (como parte de mejorar eficiencia de procesos), consultoras especializadas, centros de investigación académicos.

⁴³ [Guinée et al. \(2002\). Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards](#)

⁴⁴ [Hertwich & Wood. \(2018\). The growing importance of scope ³ greenhouse gas emissions from industry.](#)

⁴⁵ [ISO. \(2024\). ISO 59020:2024 Circular economy — Measuring and assessing circularity performance](#)

Ejemplo 6:

Analizando la huella ambiental de la producción de harina y aceite de pescado en el Perú.

Perú es el principal productor de harina y aceite de pescado en el mundo, productos importantes en el sistema de alimentos. En este contexto, un ejemplo de medición de impactos ambientales a nivel micro es el estudio realizado a una de las principales empresas peruanas productoras de harina y aceite de pescado, utilizando la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida⁴⁶.

320 Kg de CO₂eq por tonelada de harina de pescado producida
4 430 Kg de CO₂eq por tonelada de aceite de pescado producido

Desarrollo de Inventarios para Análisis de Ciclo de Vida

Datos de los procesos

Industria Pesquera

El análisis evaluó los impactos ambientales asociados a la producción de estos productos considerando las principales etapas del proceso: la pesca de anchoveta (*Engraulis ringens*), la transformación industrial, el empaquetado y la exportación. Este enfoque permite identificar dónde se concentran los mayores impactos y cómo pueden reducirse a lo largo de la cadena productiva, lo cual es un elemento central de la Economía Circular a nivel empresarial.

El inventario de ciclo de vida se nutrió principalmente de recopilación de data primaria vinculada con la flota pesquera (169 embarcaciones) y de cuatro plantas de producción ubicadas en la costa peruana (Coishco, Chancay, Pisco e Ilo).

Los resultados muestran que, en promedio, se emitieron aproximadamente 320 kg de CO₂eq por tonelada de harina de pescado producida. En el caso del aceite de pescado, las emisiones alcanzaron alrededor de 4 430 kg de CO₂eq por tonelada. Este tipo de análisis es clave para la toma de decisiones empresariales en Economía Circular, ya que permite priorizar acciones de mejora ambiental, respaldar estrategias de eficiencia y reducción de impactos, y fortalecer la transparencia frente a mercados internacionales que exigen información ambiental verificable.

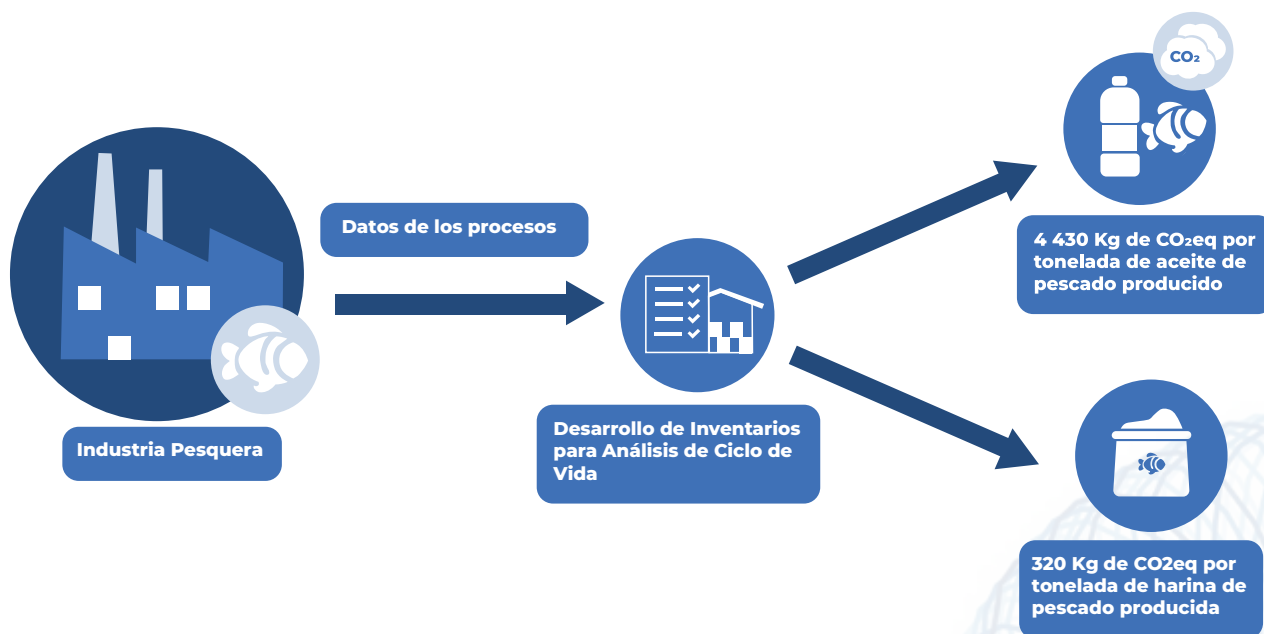


Figura 6. Resultados de desarrollo de Inventarios para Análisis de Ciclo de Vida en empresas pesqueras del Perú para emisiones de GEI del proceso. Elaboración propia basado en Deville et al. (2025)⁴⁶.

⁴⁶ [Deville et al. \(2025\). Identifying current trends in the environmental impacts linked to fishmeal and fish oil production in Peru.](#)

05 Conclusiones y recomendaciones

Retomando el objetivo principal, **esta guía presentó un conjunto de herramientas para la medición del desempeño de la circularidad de materiales y de sus impactos sociales, económicos y ambientales.** El propósito ha sido ofrecer a personas responsables de la toma de decisiones una comprensión clara de en qué consisten estas herramientas y por qué son fundamentales para analizar, monitorear y orientar estrategias que impactan el desempeño de la Economía Circular a nivel macro, meso y micro.

La guía se basa principalmente en metodologías provenientes del campo de estudio de la **Ecología Industrial**, con más de 30 años de desarrollo científico, las cuales ofrecen una base sólida para cuantificar el metabolismo socioeconómico. No obstante, existen muchas otras metodologías, además de las presentadas en esta guía, que pueden emplearse según el sistema de interés y la escala de análisis. Por ello, esta guía debe entenderse como un **punto de partida**, especialmente útil para quienes desean iniciar procesos de medición de desempeño de Economía Circular y requieren referencias claras para hacerlo.

Es importante considerar que esta guía no pretende enseñar cómo ejecutar técnicamente las herramientas, sino facilitar el diálogo informado con equipos técnicos especializados sobre cuales herramientas a utilizar. En este sentido, el **Apéndice A** reúne instituciones académicas y centros de investigación de América Latina y el Caribe que trabajan con estas herramientas. Para quienes no cuentan con equipos propios, esta guía puede servir como primer punto de contacto para iniciar análisis de desempeño de la Economía Circular o construir colaboraciones para hacerlo. El mensaje central es claro: **El desempeño e impactos de la Economía Circular** sí se pueden medir, y en la región existen capacidades técnicas para acompañar estos procesos.

El uso de herramientas como el análisis de flujos de materiales, el metabolismo socioeconómico, o el análisis de ciclo de vida requiere diversas fuentes de información para el modelaje de los sistemas de análisis y para medir el desempeño a partir de base de datos:

- A nivel macro, son datos provenientes de diferentes instituciones como ministerios de ambiente, agricultura, economía, comercio, minería, entre otros. Generalmente con medidas bajo suposiciones y temporalidades disímiles. El trabajo conjunto de la integración para medir el desempeño en Economía Circular, además de su valor cuantitativo, fomenta el diálogo institucional y el aprendizaje conjunto de manera sistémica.
- A nivel meso, la integración de base de datos para el análisis de ciclo de vida, una perspectivas de los diversas empresas involucradas en los eslabones de la cadena de valor, desde la extracción de materia prima, transformación, distribución, uso y gestión de fin de vida.
- A nivel micro de organizaciones, el balance de masa y energía integra información de diversos departamentos de la empresa entre operaciones, compras, ventas, mantenimiento, entre otros. El simple hecho de la recopilación e integración de diversas fuentes de información suele generar mejoras internas y mayor comprensión de los procesos productivos.

Recomendaciones finales

- 1. Definir claramente el objetivo antes de medir el desempeño:** Es fundamental preguntarse qué se desea evaluar (desempeño de la circularidad o impactos de estrategias circulares), cuál es el sistema de análisis, y a qué nivel (macro, meso o micro). Estas respuestas orientan la selección adecuada de herramientas.
- 2. Aprovechar las capacidades existentes en la región:** Muchas de estas herramientas son desarrolladas por universidades y centros de investigación. La colaboración entre academia y tomadores de decisiones genera beneficios mutuos y resultados aplicables.
- 3. Usar la medición de desempeño e impactos como herramienta de gestión:** Cuando se implementan adecuadamente, estos análisis a partir de las herramientas propuestas, fortalecen el diálogo entre actores, facilitan la implementación de estrategias circulares y promueven decisiones basadas en datos y evidencia.

Finalmente, esta guía se concibe como un documento vivo, que podrá ampliarse y actualizarse conforme evolucionen las prácticas de medición de la Economía Circular en América Latina y el Caribe. Se invita a las personas lectoras a utilizarla, compartirla y contactarse con los autores o con las instituciones del Apéndice A para resolver dudas, explorar colaboraciones y avanzar colectivamente hacia una transición circular en la región.

Ápndice A

El objetivo de este apéndice es facilitar el primer contacto entre personas responsables de la toma de decisiones, equipos técnicos y la comunidad académica, promoviendo el diálogo informado y la construcción de colaboraciones para mediciones de circularidad y sus impactos. Se invita a las personas lectoras a identificar y contactar instituciones de perfil similar en su país o región, incluyendo universidades, centros de investigación u organizaciones especializadas, con el fin de explorar oportunidades de cooperación adaptadas a cada contexto nacional o sectorial.

Al igual que el resto de esta guía, este listado debe entenderse como un punto de partida y no como un inventario exhaustivo. En la región existen numerosas instituciones y equipos técnicos que trabajan activamente en estos temas. Las instituciones aquí incluidas se seleccionaron como ejemplos representativos, a partir de la información recopilada mediante una encuesta realizada en el marco del proyecto UNICA (UNravelling the socioeconomic and environmental Impacts of Circularity in Latin America) entre octubre y diciembre de 2025.

Asimismo, este apéndice se concibe como parte de un documento vivo, que podrá ampliarse y actualizarse en futuras versiones de la guía. Por ello, si alguna persona lectora forma parte de una institución relacionada con la medición de desempeño de la circularidad o sus impactos, se invita a contactar a los autores de la guía para su posible inclusión en próximas versiones, contribuyendo así a visibilizar y fortalecer las capacidades existentes en la región.

Tabla 1. Centros de investigación que realizan mediciones de circularidad y sus impactos en América Latina y el Caribe

Institución (País de origen)	País(es) de enfoque	Nivel(es)	Metodología(s) de trabajo	Contacto	Correo Contacto
Academia de Centroamérica (Costa Rica)	Costa Rica	Macro	<ul style="list-style-type: none"> Otros 	Gloriana Ivankovich	givankovich@academiaca.or.cr
Centro Tecnológico del Plástico (Uruguay)	Uruguay LAC	Micro	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de Productos Circulares 	Nicolas Capricho Marocci	ncaprichoma-rocci@gmail.com
Earth and Life University (México)	LAC	Macro Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de Ciclo de Vida Flujo de Materiales Metabolismo Socioeconómico Otros 	Diana Zepeda	administracion@earthuniversity.edu.mx
Universidad de Los Andes (Colombia)	LAC	Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de Ciclo de Vida Flujo de Materiales Metabolismo Socioeconómico Otros 	Bart Van Hoof	bvan@unian-des.edu.co

Universidad Católica del Maule (Chile)	LAC	Macro Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Metabolismo • Socioeconómico • Otros 	Leonardo Vasquez Ibarra	ivasquezi@ucm.c
FCEA - UdeLaR (Uruguay)	LAC	Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Costo-Beneficio • Modelos Basados en Agentes • Otros 	Ines Vazquez	ivazquezboasso@gmail.com
Freiburg University (Alemania)	LAC	Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Flujo de materiales • Metabolismo Socioeconómico 	Johan Vélez	johan.velez@indecop.uni-freiburg.de
Instituto de Ciencias Ambientales (CML) (Países Bajos)	LAC	Macro Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Matrices de Insumo-Producto • Flujo de Materiales • Otros 	Glenn Aguilar Hernandez	g.a.aguilar.hernandez@cml.leidenuniv.nl
Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú)	LAC	Macro Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Flujo de Materiales • Metabolismo Socioeconómico • Otros 	Ramzy Kahhat	ramzy.kahhat@pucp.edu.pe
Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (Cuba)	LAC	Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Costo-Beneficio • Ciclo de Costo • Ciclo de Vida Social • Otros 	Elena Regla Rosa Dominguez	erosa@uclv.edu.cu
Universidad LaSalle (México)	LAC México	Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Otros 	María de los Dolores Cerón Toledano	maria.ceron@lasallistas.org.mx
Universidad Rafael Landívar (Guatemala)	LAC	Meso Micro	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de Ciclo de Vida • Costo-Beneficio • Diseño de Producto Circulares • Otros 	Sindy Marisol Castillo Alvarez	smcastillo@url.edu.gt

Abreviaturas

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
AFM	Análisis de Flujo de Materiales
BAU	Business-as-usual [escenario tendencial o de referencia]
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CBM	Circular Business Model [modelo de negocio circular]
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CFM	Cuentas de Flujo de Materiales
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Colombia)
EW-MFA	Economy-wide Material Flow Accounting
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEMPACK	Software para modelación de equilibrio general
GAMS	General Algebraic Modeling System
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú)
ISO	International Organization for Standardization
MEGC	Modelos de Equilibrio General Computable
MIP	Matrices de Insumo-Producto
Mt	Megatoneladas
ONUUDI	Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
PIB	Producto Interno Bruto
ESG	Environmental, Social and Governance

Glosario

Término	Definición
Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	Evaluación de impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida.
Análisis de Flujo de Materiales (AFM)	Método que cuantifica flujos de materiales dentro de un sistema definido.
Balance de masa	Principio que establece que la masa que entra es igual a la que sale o se acumula.
Cadena de valor	Conjunto de actividades desde extracción hasta fin de vida de un producto.
Circularidad de materiales	Grado en que los materiales permanecen en uso dentro de la economía.
Cuentas de Flujo de Materiales (CFM)	Sistema contable que registra entradas, salidas y acumulaciones de materiales.
Ecología Industrial	Campo que estudia flujos de materiales y energía en sistemas socioeconómicos.
Escala macro	Nivel de análisis nacional o regional.
Escala meso	Nivel de análisis de sectores, cadenas de valor o ciudades.
Escala micro	Nivel de análisis de empresas, productos o procesos.
Escenario BAU	Escenario de referencia sin cambios significativos en políticas o tecnologías.
Metabolismo socioeconómico	Conjunto de flujos y stocks de materiales y energía que una sociedad utiliza para sostener sus actividades económicas y sociales.
Modelos de Equilibrio General Computable (MEGC)	Modelos que simulan efectos económicos de cambios en políticas.
Matrices de Insumo-Producto (MIP)	Representación de relaciones entre sectores económicos.
Stock de materiales	Materiales acumulados en bienes duraderos.