

Universidad Nacional de Rosario  
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas

Licenciatura en Economía  
Seminario De Integración Y Aplicación Trabajo Final

**“Sustentabilidad del Desarrollo – Género; Ecología y  
Desigualdades”**

Análisis de la evolución de los flujos materiales de Argentina en el  
período de 1970 a 2019, aplicando el método *Economy-Wide Material  
Flow Accounts (EW-MFA)*.

Mariana Belén Spanevello

S-5192/6

Docente a cargo: Guillermo Peinado

## Resumen

En sus estudios, la Economía Ecológica se enfoca en el concepto de metabolismo social, que permite contabilizar y estudiar los flujos de materiales y energías que se producen en las interacciones entre la sociedad, la economía y el ambiente. En ese sentido, una de las grandes agendas del presente es la desmaterialización, cuyo objetivo apunta a la reducción de materiales y energías en el tiempo, más allá de lo que ocurra con los indicadores monetarios como por ejemplo el Producto, de manera de aminorar la expansión biofísica del subsistema económico, dentro del sistema ambiental. Este trabajo parte del enfoque que propone la Economía Ecológica y, en particular, de los conceptos de metabolismo social y desmaterialización, para visibilizar los flujos de materiales de la economía argentina durante el período de 1970–2019. Primero, se analizará la evolución de los flujos materiales a partir de la aplicación del método Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA). En segundo lugar, luego de haber obtenido resultados, se dará a conocer si el país Argentina se encuentra o no en un proceso de caída del consumo de recursos materiales y energía. En otras palabras, se concluirá si el país está en un proceso de desmaterialización o rematerialización.

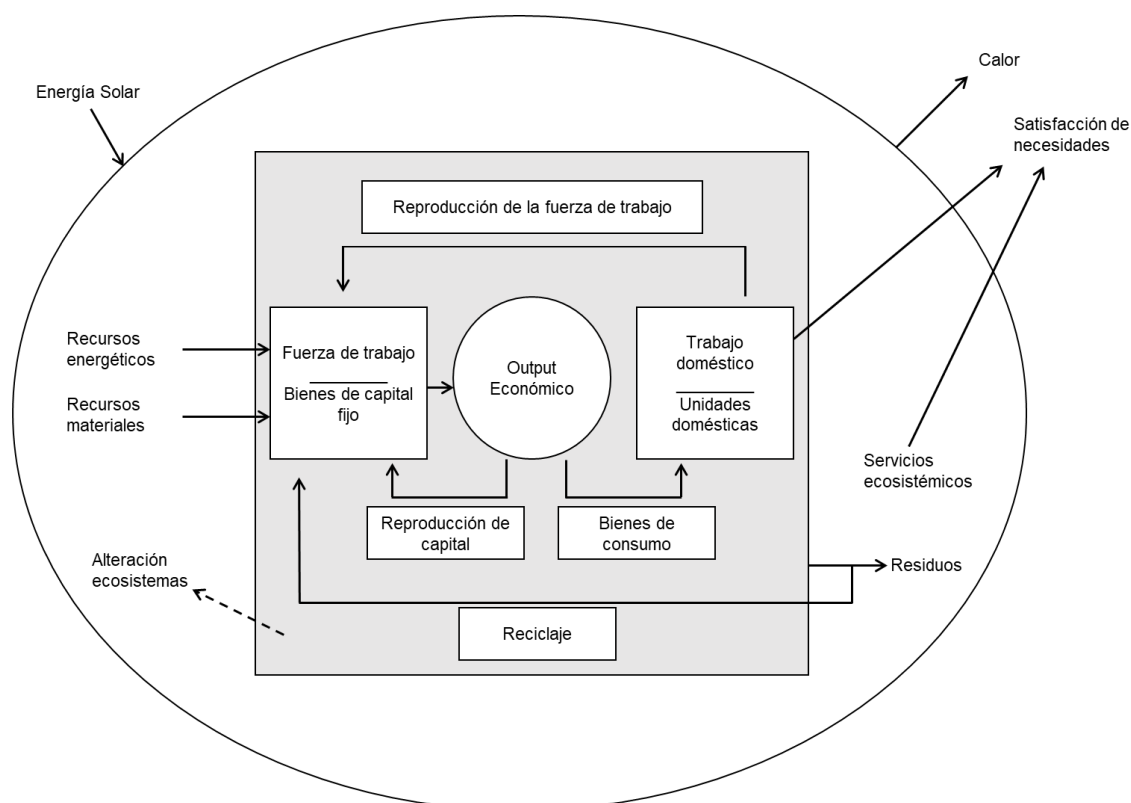
## Índice

1. Introducción.....	3
2. Marco Teórico y antecedentes .....	4
3. Metodología y Fuentes.....	6
4. Análisis de los Flujos Materiales de Argentina 1970 – 2019.....	8
5. Conclusiones.....	17
6. Referencias bibliográficas .....	18

## 1. Introducción

Actualmente, en el mundo impera una concepción mecánica de las personas y de las empresas, la cual limita al sistema económico a un flujo circular cerrado, representado por el clásico del flujo circular del ingreso. Sin embargo, esta visión no contempla que el sistema económico es un subsistema de una estructura más grande. De hecho, la economía es un sistema abierto y entrópico (como muestra la Figura 1), cuya capacidad de operación y funcionamiento se sostiene gracias al soporte material que ofrece el medio natural. Es por esto que la economía no puede ser explicada solo en términos monetarios sino también en términos biofísicos y metabólicos (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2013). Dentro de esta línea de pensamiento es que se vincula el estudio del sistema económico con la preocupación ecológica.

**Figura 1 - La economía como sistema abierto**



Fuente: Martínez Alier y Roca Jusmet (2013, 18).

El constante deterioro de la naturaleza y los crecientes problemas ambientales que esto acarrea, no es una inquietud reciente. De hecho, existen registros de las temperaturas de la atmósfera y de los océanos desde 1850, y la problemática del aumento de la temperatura se manifiesta especialmente a partir de la década de 1950, cuando se comenzó a determinar que la emisión y concentración dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera estaba aumentando. Sin embargo, los problemas del cambio climático se volvieron más notorios en los últimos años, ya que está confirmado que el incremento de dióxido de carbono en la atmósfera trae aparejado un incremento de la temperatura del planeta.

No obstante, estos problemas han sido más evidentes en estos últimos años y la preocupación por la crisis ambiental comenzó a tener mayor relevancia, debido a la aceleración observada en el incremento de la temperatura del planeta y la escasez de recursos naturales (biodiversidad). Esta realidad dio lugar a diversas acciones como, por

ejemplo, el Acuerdo de París en 2016<sup>1</sup>, un tratado internacional sobre el cambio climático, cuyo objetivo es reducir el aumento de la temperatura de la tierra y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este contexto se desarrolla la Economía Ecológica, definida como una transdisciplina “que considera al sistema económico como un subsistema de un sistema más amplio, la Tierra o biosfera” (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2013, p. 17). Esta transdisciplina tiene como objetivo estudiar “la (in)sustentabilidad ecológica de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor expresado en un único numerario” (Martínez Alier y Roca Jusmet, 2013, p. 21-22).

En sus estudios, la Economía Ecológica se enfoca en el concepto de metabolismo social, que permite contabilizar y estudiar los flujos de materiales y energías que se producen en las interacciones entre la sociedad, la economía y el ambiente. En ese sentido, una de las grandes agendas del presente es la de la desmaterialización, que apunta al objetivo de que más allá de lo que ocurra con los indicadores monetarios como por ejemplo el Producto, la cantidad total de materiales y energía se vaya reduciendo en el tiempo, de manera de aminorar la expansión biofísica del subsistema económico, dentro del sistema ambiental.

Este trabajo parte del enfoque que propone la Economía Ecológica y, en particular, de los conceptos de metabolismo social y desmaterialización, para visibilizar los flujos de materiales de la economía argentina durante el período de 1970 – 2019. En primer lugar, se analizará la evolución de los flujos materiales a partir de la aplicación del método *Economy-Wide Material Flow Accounts* (EW-MFA). En base a ello luego se determinará si Argentina se encuentra o no en un proceso de caída del consumo de materiales y energía. En otras palabras, se concluirá si el país está en un proceso de desmaterialización o de rematerialización.

## 2. Marco Teórico y antecedentes

La desmaterialización es un concepto utilizado para abordar los problemas producidos por los límites materiales del crecimiento económico. Con este concepto se estudia la relación entre el crecimiento económico y la disminución en el consumo de los recursos, es decir, la reducción absoluta o relativa de la cantidad de materiales y energía utilizados en la producción (Cleveland y Ruth, 1998).

Este concepto se divide en dos nociones. La primera es la desmaterialización “débil o relativa”, que hace referencia a “una reducción relativa del consumo de recursos respecto al crecimiento económico” (Infante Amate *et. al.*, 2017, p. 140). La segunda noción es la desmaterialización “fuerte o absoluta”, que alude a “una reducción en términos absolutos en el consumo de recursos” (Infante Amate *et. al.*, 2017, p. 140). En tanto la primera noción es un elemento importante de la Economía Ambiental (esta subordina la dimensión ecológica a la económica), la segunda noción es utilizada por la Economía Ecológica (esta se centra en los aspectos ecológicos de la economía).

Al proceso contrario a la desmaterialización se lo denomina rematerialización. Este concepto se define como el crecimiento del consumo de materiales y energía, y también se divide en rematerialización “débil” o “fuerte” (Infante Amate, 2014), siendo si se la compara con el crecimiento económico, o no.

En este trabajo también se utilizará el concepto de metabolismo socioeconómico que, a diferencia de los anteriores, no es un concepto nuevo. Su origen se remonta al siglo XIX:

---

<sup>1</sup> Acuerdo dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, integrado por 189 países. Fuente: [El Acuerdo de París | Naciones Unidas](#)

*During the nineteenth century there was reciprocity in the interests of naturalists and social scholars of the time, and a genuine desire —rare in present times— for discovering universal patterns, principles, and laws that applied to all orders of matter organization. (...) The metaphor of social metabolism arises from the analogical thesis stating that two systems can be obviously different, yet structurally similar. The idea of societies being similar to living organisms was accompanied by still another analogy: the laws of behaviour and evolution ruling living organisms also apply to human societies. From this notions derives the need for studying the interchanges of energy and mater occurring between society and natural world (González de Molina y Toledo, 2014, pp. 44-45).*

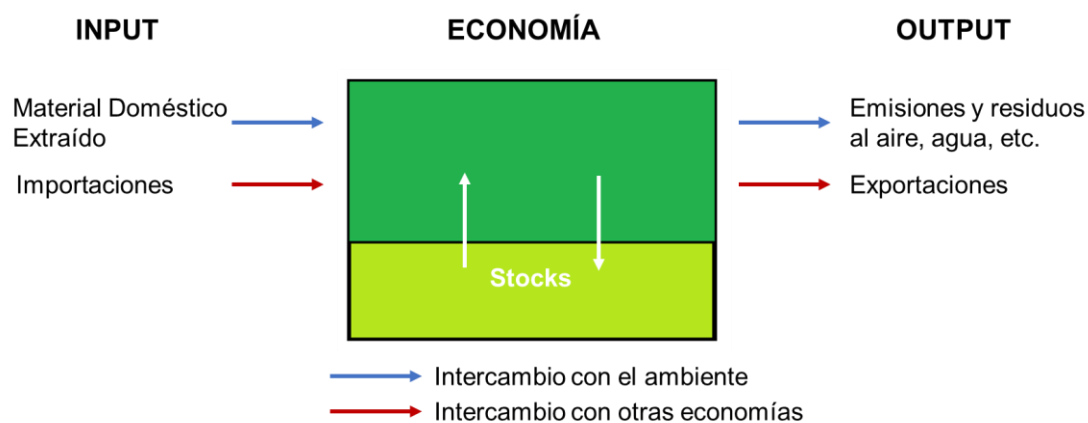
Sin embargo, adquirió relevancia a fines del siglo XX, gracias a Marina Fisher-Kowalski. En su libro, *Handbook of Environmental Sociology* (1997), la autora presentó el concepto de metabolismo socioeconómico para designar “un conjunto de herramientas teóricas y metodológicas útiles para analizar el comportamiento físico de la economía, que aportan información valiosa para evaluar su grado de sustentabilidad” (Infante Amate *et al.*, 2017, p. 131). A partir de este concepto se estudia la relación entre la sociedad y el ambiente desde una perspectiva interdisciplinaria, utilizando métodos de análisis diferentes al mecanismo de precios y centrándose en los flujos materiales y energéticos que se generan en el subsistema económico.

Los métodos de estudio para llevar a cabo la contabilización de los flujos son variados, dentro de ellos se pueden mencionar algunos indicadores biofísicos, como la Huella Ecológica, la Huella Hídrica y *Human Appropriation of Net Primary Production* (HANPP), entre otros. Dentro de estos, destacamos el *Economy-Wide Material Flow Accounts* (EW-MFA) como uno de los principales métodos para estudiar el metabolismo social. Este método es definido de la siguiente manera:

*Economy-Wide Material Flow Accounts (EW-MFA) are a statistical accounting framework recording, in thousand tonnes per year, material flows into and out of an economy. They cover solid, gaseous, and liquid materials, except for bulk flows of water and air. The general purpose of EW-MFA is to describe the physical interaction of the national economy with the natural environment and the rest of the world economy in terms of flows of materials (Eurostat, 2018, p. 11).*

Lo que permite la EW-MFA es “estimar los recursos extraídos en un territorio dado tomando en consideración también los flujos indirectos o "mochilas ecológicas" para su obtención” (Infante Amate, 2014, p. 64). Debido a esto, para la EW-MFA es relevante el registro de los rendimientos de materiales que se dan, por un lado, entre la relación de la economía nacional y el ambiente, y, por otro lado, entre la economía nacional y el resto del mundo.

**Figura 2 - Modelo sistémico de la economía**



Fuente. Adaptación de *Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide, Version 1.2*, por Krausmann *et al.*, 2018, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt.

En el año 2006 se publicó por primera vez la base de datos *The Material Flow Data Portal*, la cual provee análisis y visualizaciones de datos mundiales sobre extracción de recursos, con el fin de lograr una aplicación más amplia del enfoque de análisis de flujo de materiales<sup>2</sup>.

A partir de la consolidación de la metodología EW-MFA durante la década de 1990, se han desarrollado numerosas investigaciones en diferentes escalas para el estudio de casos. Entre ellos podemos citar los siguientes trabajos:

- “Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century”, de Krausmann *et al.* (2009), a escala mundial.
- “The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption”, de Weisz, *et al.* (2006), en la Unión Europea.
- “The metabolic transition of a planned economy: Material flows in the USSR and the Russian Federation 1900 to 2010”, de Krausmann, *et al.* (2016), en la Unión Soviética y la Federación Rusa.
- “Extractivism, ecologically unequal exchange and environmental impact in South America: A study using Material Flow Analysis (1990–2017)”, de Alonso Fernández y Regueiro Ferreira (2022), en América del Sur.
- “Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean”, de West y Schandl (2013), en Latinoamérica y el Caribe.
- “Material Flows in Latin America. A Comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru, 1980–2000”, de Russi *et al.* (2008), en Chile, Ecuador, Mexico y Peru.
- “The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009)”, de Manrique *et al.* (2013), y “Del extractivismo al neoextractivismo en Argentina: análisis de la evolución del impacto ambiental y la dependencia externa (1990-2017)”, de Alonso Fernández y Regueiro Ferreira (2021), en Argentina.

En un estudio realizado por Forcinito y Varela (2022), se analiza (a nivel mundial y por regiones) la desmaterialización desde una perspectiva teórica y de evidencia empírica, cuyo marco temporal abarca desde 1990 hasta 2015. A partir de la comparación de las tendencias de Huella Material (HM) con el PIB y la población, se observan tendencias contrapuestas según el indicador que se utilice. En primer lugar, se advierte una rematerialización a nivel mundial, en términos de Economía Ambiental y de Economía Ecológica. En segundo lugar, este mismo análisis muestra que, a nivel regional, solo Asia Pacífico mantiene la tendencia de rematerialización (tanto para la Economía Ambiental como para la Economía Ecológica). En tercer lugar, el resto de las regiones del mundo (América Latina y el Caribe, África, América del Norte y Europa) muestran una desmaterialización relativa, según la Economía Ambiental, pero una rematerialización absoluta en términos de Economía Ecológica (Forcinito y Varela, 2022).

### 3. Metodología y Fuentes

Para poder estudiar los flujos materiales y energéticos que se generan en la economía, se utilizan indicadores extensivos e intensivos. Dentro de los indicadores extensivos encontramos:

- **Extracción Doméstica (ED):** son todos los materiales extraídos del territorio nacional (excepto el agua y el aire) que se utilizan como insumos de factores materiales en el procesamiento económico (Krausmann *et al.*, 2018).

---

<sup>2</sup> Vienna University of Economics and Business (WU Vienna) – Institute for Ecological Economics

- **Insumo Directo de Materiales (IDM):** mide la entrada directa de materiales que se utiliza para la actividad económica. Es equivalente a la extracción doméstica (ED) más las importaciones físicas (M):  $IDM = ED + M$  (Krausmann *et al.*, 2018).
- **Consumo Doméstico de Materiales (CDM):** permite medir la cantidad anual de las materias primas extraídas por la economía nacional, más las importaciones físicas (M), menos las exportaciones físicas (X):  $CDM = ED + M - X$  (Krausmann *et al.*, 2018).
- **Balance Comercial Biofísico (BCB):** es el indicador del comercio exterior, pero en sentido inverso a la balanza comercial monetaria, ya que el dinero se mueve a la inversa que los materiales:  $BCB = M - X$  (Krausmann *et al.*, 2018).

Por otro lado, los indicadores intensivos son:

- **ED / CDM:** es la relación entre la extracción doméstica y el consumo del material doméstico. Este indicador permite identificar si la economía es dependiente del suministro interno de materias primas, es decir, de sus recursos domésticos (Krausmann *et al.*, 2018).
- **Proporción de importación a IDM y de exportación a IDM:** permite conocer la intensidad de las importaciones o de las exportaciones en la economía física y, en conjunto, pueden tratarse como indicadores de intensidad comercial (Krausmann *et al.*, 2018).
- **Intensidad material:** es la relación entre CDM y PBI (Krausmann *et al.*, 2018).
- **Productividad del material:** es la relación entre CDM y PBI, pero de forma inversa a la Intensidad material (Krausmann *et al.*, 2018).

Estos últimos dos se utilizan para medir la eficiencia material de la economía.

En la Tabla 1 se muestran las categorías y subcategorías que se utilizarán en el trabajo para el análisis de los indicadores.

**Tabla 1 - Clasificación de los materiales**

Categoría	Subcategoría
Biomasa	Cultivos primarios Residuos de cultivos (utilizados) Cultivos forrajeros y biomasa herbácea Madera y sus derivados Pesca y otros animales y plantas acuáticas Caza y recolección
Minerales metálicos	Minerales de hierro Minerales de aluminio Otros minerales metálicos no ferrosos
Minerales no metálicos	Piedra ornamental o de construcción Caliza, yeso, tiza y dolomita Pizarra (roca) Grava y arena Arcillas Minerales para la industria químicas y de fertilizantes

	Sal Otros productos de extracción Suelo excavado, solo si se utiliza (por ejemplo, para trabajos de construcción)
Combustibles fósiles	Petróleo (incluidos los líquidos de gas natural) Gas Natural Carbón Turba Esquisto bituminoso y arenas bituminosas

Fuente. Adaptación de *Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide, Version 1.2*, por Krausmann *et al.*, 2018, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt.

Para poder llevar a cabo el análisis se utilizarán los datos del portal *The Material Flow Analysis*, que están basados en la base de datos del *UN Environment Programme International Resource Panel Global Material Flows Database*<sup>3</sup>. El portal de datos provee análisis y visualizaciones de datos mundiales de 150 países, para el período 1970-2019, sobre las extracciones de materiales, comercio, huellas de materiales e intensidad de materiales. Comprende las siguientes variables:

1. Extracción Doméstica (ED)
2. Insumo Directo de Materiales (IDM)
3. Consumo Doméstico de Materiales (CDM)
4. Importaciones (M)
5. Exportaciones (X)
6. Consumo de Materia Prima (CMP o HM)
7. Entrada de Materia Prima (EMP)
8. Equivalencia de Materia Prima de Exportación (EMPE)
9. Equivalencia de Materia Prima de Importación (EMPI)

Los datos están expresados en toneladas y divididos en las categorías de la Tabla 1: biomasa, minerales no metálicos, minerales metálicos y combustibles fósiles.

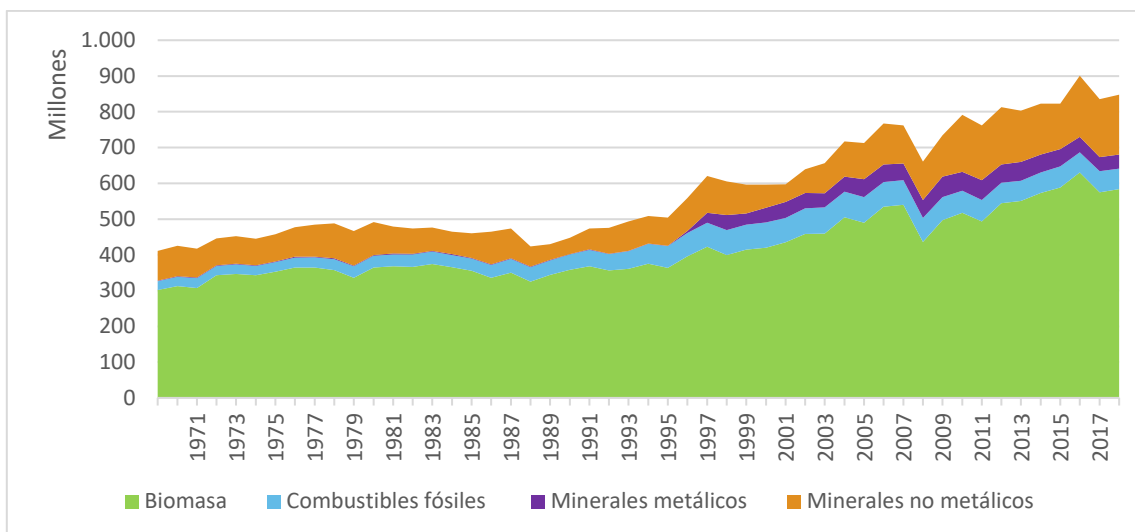
Las variables de Extracción Doméstica, Insumo Directo de Materiales, Consumo Doméstico de Materiales, Importaciones y Exportaciones son datos reales recopilados por instituciones estadísticas que comprenden el período 1970 – 2019. En cambio, las variables de Consumo de Materia Prima, Entrada de Materia Prima, Equivalencia de Materia Prima de Exportación y Equivalencia de Materia Prima de Importación son datos estimados y abarcan el mismo período de tiempo.

#### 4. Análisis de los Flujos Materiales de Argentina 1970 – 2019

El siguiente análisis biofísico de Argentina utiliza los siguientes indicadores del EW-MFA: Extracción Doméstica (ED), Huella Material (HM), Consumo Doméstico de Materiales (CDM) y Exportaciones (X) e Importaciones (M). Se analiza, en primer lugar, el comportamiento de los indicadores (desagregado por las subcategorías) a lo largo del período y, en segundo lugar, la evolución de las variables per cápita y según sus tasas de crecimiento.

<sup>3</sup> UN Environment Programme International Resource Panel (4 de diciembre de 2022). Global Material Flows Database: The online portal for material flow data. [Data Visualisations – materialflows.net](https://data.visualisations-materialflows.net)

**Figura 3 - Extracción Doméstica en millones de toneladas. Año 1970 - 2019**



Fuente. Elaboración propia con base en los datos del portal *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.

En la Figura 3 se recoge la evolución del indicador ED en Argentina. La ED, como se ha mencionado anteriormente, se corresponde con los materiales extraídos del ambiente nacional, y muestra la intensidad de la extracción de recursos naturales, es decir, el impacto de esta actividad en el país (UNEP, 2021).

Dentro del período 1970 – 2019, la ED creció a una tasa anual promedio de 1,6%, cuyo mayor componente es la biomasa. Esta representa entre el 65% y el 80% de la ED, habiendo crecido a una tasa promedio del 1,5%. Le siguen los minerales no metálicos, cuya participación en la ED varía entre el 10% y el 20%. Por último, con porcentajes más bajos, están los combustibles fósiles y los minerales metálicos, cuya participación comenzó a ser relevante a partir de 1998.

A su vez, en la Figura 3 se puede observar que la ED tuvo una evolución creciente desde 1970, salvo por la notable caída en 2009, producto de la crisis global del año 2008-2009 y la crisis local. A pesar que la crisis global comenzara como el colapso de la burbuja inmobiliaria en los Estados Unidos, pronto repercutió a nivel internacional y sobre la economía del país. Esto produjo una caída en los flujos comerciales, el aumento del desempleo, la caída en la inversión extranjera y el aumento de las tasas de inflación, entre otros (Ferreira y Schady, 2009).

Con respecto a la biomasa, durante los años 1970 y 1990, su crecimiento se vio favorecido por la *revolución verde*. Este término fue utilizado para referirse a la aparición de un nuevo paradigma en el campo tecnológico, “a partir del cual las técnicas productivas a nivel internacional se homogeneizaron, donde la producción comenzó a concentrarse en unos pocos cultivos de alto rendimiento y los problemas agrícolas tendieron a ser resueltos con una reducida variedad de opciones” (Wahren, 2020, p. 71). Esta revolución verde trajo consigo la mecanización, el uso de semillas híbridas, nuevas variedades de semillas (que permitieron el desarrollo del doble cultivo y dieron lugar al auge de la soja), y la aplicación masiva de fertilizantes. En la década de 1990 se introdujo la siembra directa, un hecho importante que le produjo un relevante empuje al desarrollo al agro, acompañado por la incorporación de las semillas transgénicas (Wahren, 2020).

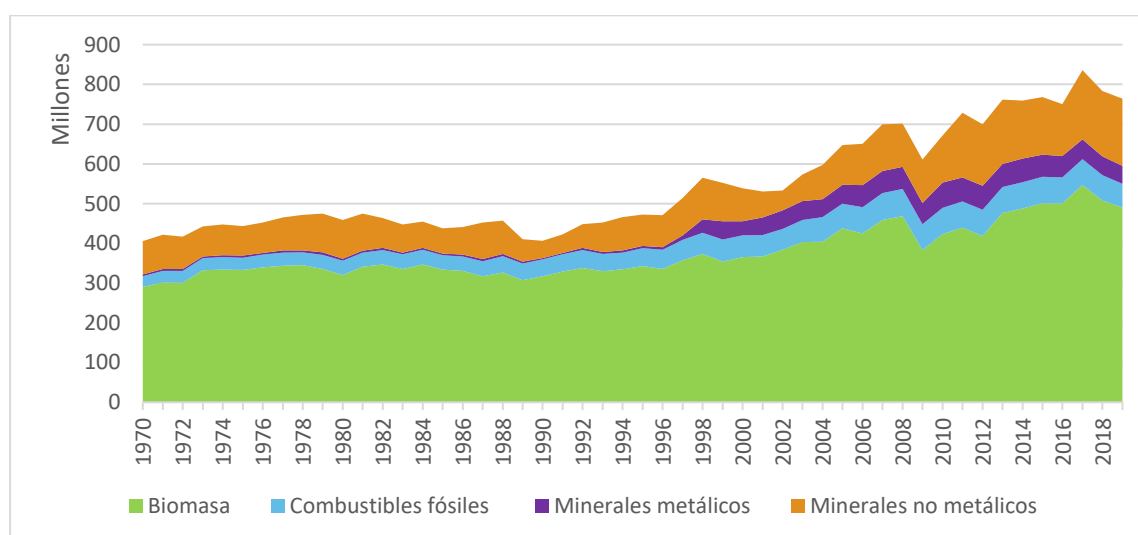
En relación a los minerales, tanto metálicos como no metálicos, su tasa promedio de crecimiento fue del 2,7%. En la Figura 3 se muestra que en la década de 1990 los minerales tuvieron los mayores niveles de crecimiento. Esto se debió, principalmente, al incremento de

los precios internacionales, a la introducción de nuevas tecnologías y a las nuevas regulaciones y leyes, las cuales permitieron el desarrollo de las mineras y la extracción (Prado, 2005).

Los combustibles fósiles muestran una tasa de crecimiento del 2,6%. El período que abarca desde la década de 1990 hasta principios del siglo XXI fue el período de mayores tasas de crecimiento. Esta situación fue causada por la desregulación del comercio y modificación de los regímenes regulatorios, que permitió un aumento en los niveles de extracción y el desarrollo de infraestructura. Esto facilitó el crecimiento de los volúmenes de exportación, en el marco de la convergencia de los precios locales con los vigentes en el mercado internacional (Arceo *et al.*, 2022).

Sin embargo, estas políticas trajeron como consecuencia el desacople de los precios locales respecto a los vigentes en el mercado internacional. Además, derivó en un progresivo agotamiento de los yacimientos convencionales. Por estos motivos (y para atenuar los efectos de la crisis de 2001), a inicios del siglo XXI la política hidrocarburífera pasó a concentrarse en garantizar el abastecimiento del mercado interno y en mantener los precios locales por debajo de los del mercado internacional.

**Figura 4 - Consumo Doméstico de Materiales en millones de toneladas. Año 1970 - 2019**



*Fuente.* Elaboración propia con base en los datos del portal *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.

La Figura 4 muestra la evolución del CDM durante el período 1970 – 2019. La CDM es un indicador importante para conocer el perfil metabólico del país, ya que mide la cantidad total de recursos utilizados (excluidos los flujos indirectos) en una economía (UNEP, 2021). Se debe señalar que el *término consumo* alude al “consumo aparente”, no consumo final (Krausmann *et al.*, 2018).

Entre 1970 – 2019, la tasa promedio de crecimiento de la CDM fue de 1,4%, comenzado el período con 406 millones de toneladas hasta llegar a 2019 a 761 millones de toneladas, lo que representa una tasa de crecimiento acumulada de 69,8%. Entre las categorías de recursos con mayor participación, encontramos, en primer lugar, la biomasa, seguida por los minerales no metálicos. En conjunto, estos recursos abarcaron entre el 80% y el 90% de la CDM a lo largo del período.

Con respecto a la biomasa, como se ha mencionado, es el recurso principal de la economía. Su participación se incrementó gracias a los acontecimientos anteriormente descritos en relación a la biomasa y la ED.

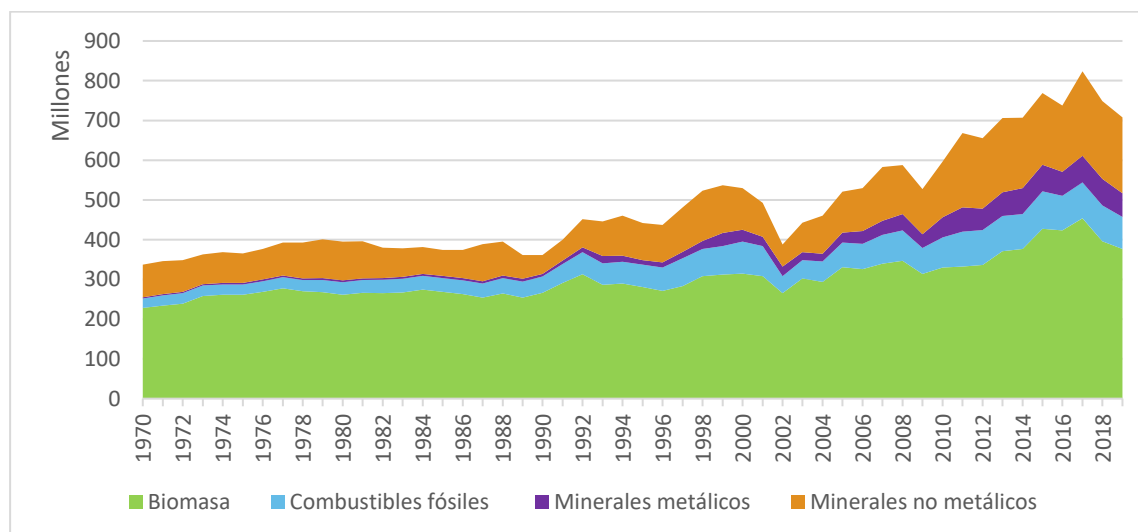
Como se observa en la Figura 4, la CDM tuvo una tendencia creciente a lo largo de los años, pero la tasa de crecimiento fue más pronunciada a partir de 1997. La crisis de 2001-2002 tuvo poca repercusión, a excepción de los minerales no metálicos en la que tuvo mayor impacto.

Durante la década de 1990, la conjunción de la apertura comercial, la liberalización del movimiento de capitales, la desregulación de la economía nacional y un tipo de cambio fijo y crecientemente sobrevaluado, provocó importantes transformaciones en la estructura productiva argentina. De esta forma, la profundización del proceso de desindustrialización, la acentuación del predominio del capital financiero y la creciente extranjerización de la producción interna, se asociaron a una mayor dependencia de los capitales extranjeros (Rapoport, 2020). Esta situación hizo que el país estuviese más expuesto a los *shocks* externos, que acabaron por exponer la fragilidad del régimen de convertibilidad. Esto dio lugar a un período de inestabilidad, lo que derivó en una crisis política, económica, social e institucional, conocida como la “Crisis de 2001”. Entre 2001 y 2002 aumentaron el desempleo, la pobreza, la caída del salario y del PBI, proceso acompañado por un aumento de la deuda pública que alcanzó niveles máximos de la época (Rapoport, 2020).

Los minerales (metálicos y no metálicos) tuvieron un interesante aumento en su participación a partir de los años noventa, gracias a la modificación del régimen de regulación. La ley de inversiones mineras (promulgada en 1993) atrajo inversiones al sector y permitió el desarrollo de nuevos proyectos de inversión, como Bajo de la Alumbrera (Catamarca), Cerro Vanguardia (Santa Cruz), Minera Aguilar (Jujuy) y Salar del Hombre Muerto (Salta).

La marcada caída de los recursos durante la crisis de 2001 fue generada por un descenso en las inversiones nacionales y extranjeras, además de la suspensión de la puesta en marcha de proyectos o inicios de producción, y el ajuste de los precios internacionales. Luego de la crisis, los negocios mineros comenzaron a resurgir con nuevas inversiones en exploración y exportación (Prado, 2005).

Con respecto a los combustibles, estos registraron una tasa promedio de crecimiento de 8,8%, siendo la década de 1990 e inicios del siglo XXI los años en los que las mayores tasas superaron (en su mayoría) el 9% de crecimiento anual. Este crecimiento fue gracias a la reforma del marco regulatorio, la privatización de la petrolera local (YPF), la desregulación del comercio y la liberalización de los precios de los combustibles en el mercado local, que terminaron por modificar el sector energético del país, aumentando los niveles de producción e invirtiendo en infraestructura (Arceo *et al.*, 2022).

**Figura 5 - Huella Material en millones de toneladas. Año 1970 - 2019**

Fuente. Elaboración propia con base en los datos del portal *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.

La Huella Material (HM) indica la extracción global de materiales para la producción de bienes para el consumo final de un país. La HM se calcula a partir de la suma de la huella material de biomasa, combustibles fósiles, minerales metálicos y no metálicos (UNEP, 2021). La HM permite conocer el impacto ambiental que efectivamente genera un país.

However, the DMC is insufficient to take into account the full range of raw materials actually being mobilized in order to satisfy domestic demand for goods and services from resident economic agents. Indeed, while DMC does take into account the tonnage of materials extracted domestically (to which imports are added and exports subtracted), this indicator does not include indirect flows of raw materials being mobilized, particularly during production processes overseas and transport towards our national borders. Recent work by international organisations has provided new data modelling for these indirect flows: these models provide us with a figure for Raw Material Consumption (RMC), expressed in “Raw Material Equivalent” (RME), otherwise referred to as the “Material Footprint”. (Calatayud y Mohkam, 2018, p. 1).

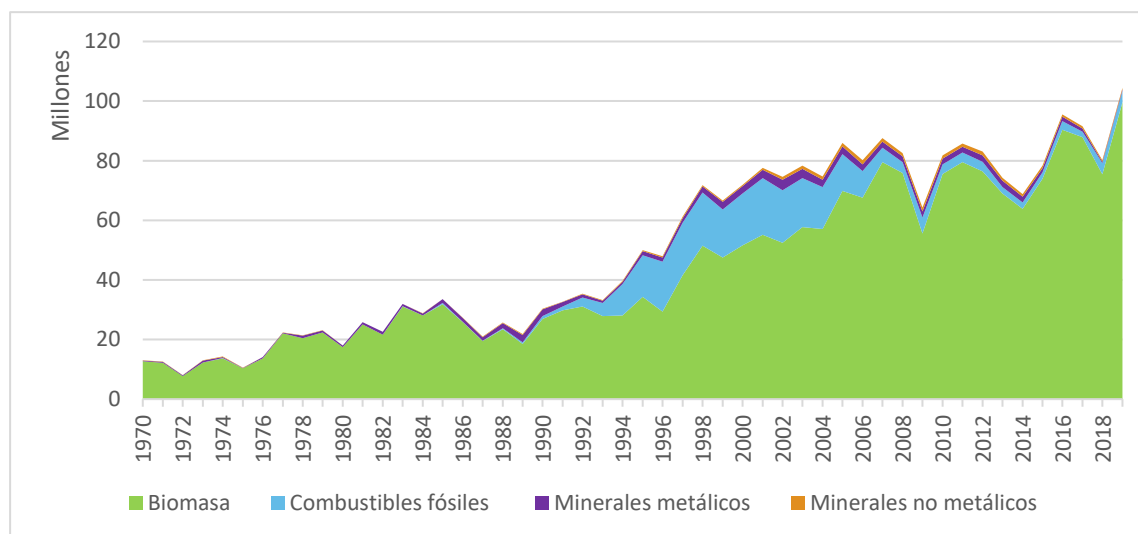
La Figura 5 muestra desglosada la HM de las 4 categorías. Entre los años 1970 – 2019 la HM ha crecido desde los 405 millones de toneladas hasta los 763 millones de toneladas, arrojando una tasa de crecimiento acumulada de 86,6%.

Dentro de las categorías, la que mayor participación tuvo fue la biomasa, cuya participación ha variado entre el 60% y 75% a lo largo del período. Sin embargo, en contraste a lo que muestra la ED (Figura 3), la proporción de la biomasa en la HM es menor debido a que la HM solo considera los materiales extraídos para la producción del consumo interno, por lo tanto, no tiene en cuenta el total de la extracción de los recursos como la ED.

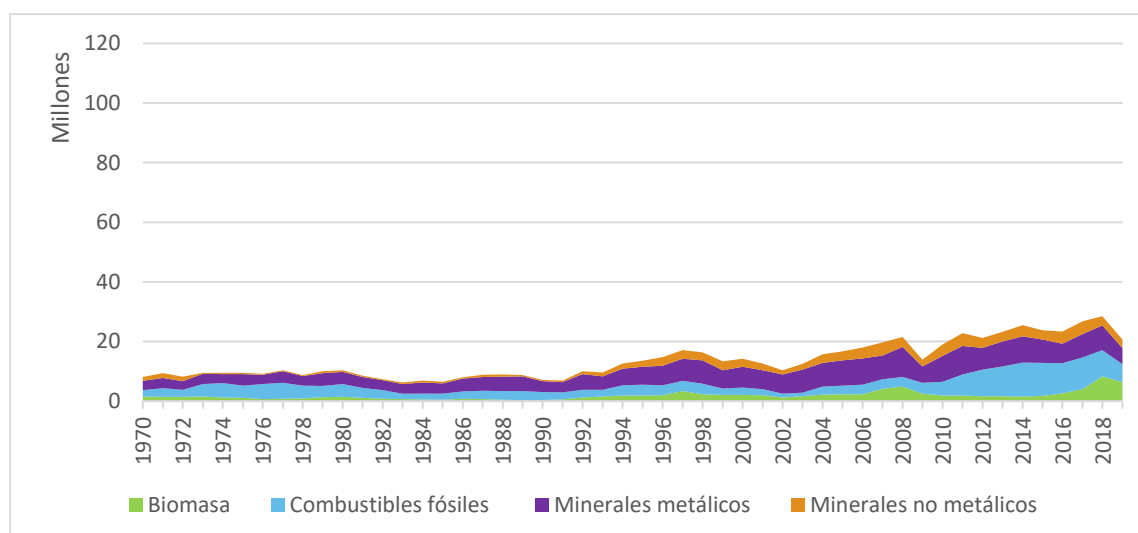
A su vez, en la HM se encuentran más marcadas las crisis de 2001 y 2008, ya que dichas crisis tuvieron gran impacto en el consumo doméstico en el país. En cambio, las exportaciones durante la crisis de 2001, en términos biofísicos, no se vieron tan perjudicadas, por lo que la extracción de recursos durante ese año no tuvo una marcada desaceleración.

**Figura 6 - Exportaciones (a) e Importaciones (b) en millones de toneladas. Año 1970 – 2019**

(a)



(b)



Fuente. Elaboración propia con base en los datos del portal *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.

En el ámbito de comercio exterior, en las Figuras 6(a) y 6(b) se muestran las exportaciones e importaciones en términos físicos. En las importaciones se aprecia una mayor diversificación de recursos y una mayor repercusión de las crisis acontecidas en el país, pero en las exportaciones la crisis de 2001 no es identificable. Esto se debió a que, al mismo tiempo que la crisis sucedía, hubo un período de importante crecimiento de los precios y demandas internacionales de las *commodities*, principalmente por el consumo de China y países del sudeste asiático.

Con respecto a las exportaciones (Figura 6(a)), se destaca la biomasa como categoría principal, representando más del 90% durante casi todo el período, a excepción del período 1994 – 2006, donde su participación llega a caer al 61%, debido a un aumento

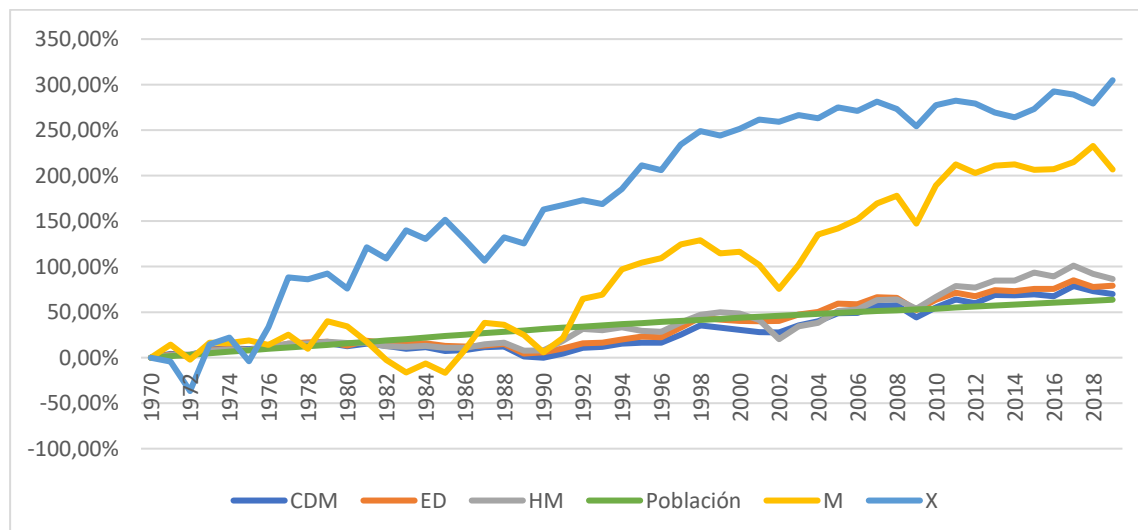
en la participación de los combustibles fósiles llegando a alcanzar un 34,8%. En términos de toneladas, la biomasa comenzó en 1970 con una exportación de 12 millones de toneladas, y en 2019 alcanzó los 99 millones de toneladas, representando un crecimiento acumulado de 304,8%. La gran participación de la biomasa dentro de las exportaciones se debe al perfil agroexportador del país y a los avances tecnológicos explicados anteriormente.

En las importaciones del país (Figura 6(b)) tienen mayor participación los minerales metálicos y los combustibles fósiles. Esto es porque, por un lado, el país es dependiente de la importación de hierro y acero y, por el otro, por el congelamiento de precios en los combustibles, lo que provocó una disminución y posterior desabastecimiento.

Los combustibles fósiles muestran un aumento en las exportaciones durante la década de 1990, impulsado por las políticas ejercidas durante la convertibilidad. Luego, tras el colapso del régimen, comenzó un período en el que se utilizaban las reservas hasta comenzar a aumentar las importaciones, acompañado por políticas centradas en garantizar el abastecimiento interno y el mantenimiento los precios locales por debajo de los internacionales. Estas políticas llevaron a una reducción de los niveles de inversión, reduciendo la oferta, mientras aumentaba la demanda interna, conduciendo a un persistente incremento en las importaciones (Arceo *et al.* 2022).

En términos de balance comercial, durante todo el período analizado, Argentina fue un exportador neto en términos biofísicos, exceptuando los años 1972 y 1975. En 1970 inició con 3,1 millones de toneladas y finalizó en 2019 con 68 millones de toneladas. Con esto se puede ver que el déficit biofísico del país ha crecido un 2.068% durante todo el período.

**Figura 7 - Tasa de crecimiento acumulada ED, CDM, HM, X, M y población. Año 1970 – 2019**



*Fuente.* Elaboración propia con base en los datos del portal *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.

Como ya fue mencionado, uno de los objetivos de la EW-MFA es poder analizar si se está en presencia de un proceso de desmaterialización o de rematerialización. Con base en los indicadores previamente evaluados, en la Figura 8 se analiza la evolución de la tasa de crecimiento de la ED, CDM, HM y la población.

Como se puede observar en la Figura 8, se pone de manifiesto que los indicadores tienen una tendencia creciente a partir de 1990, mientras que dicha tendencia es lateral

durante 1970 – 1990. Entre 1970 - 1990, hubo un período turbulento para la economía del país en el que la ED tuvo una tasa de crecimiento acumulada del 5,9%, el CDM 0,04% y la HM 7,9%, frente a un crecimiento poblacional del 31,4%. En términos de Economía Ambiental, entre 1970 y 1990 se produjo una desmaterialización débil, ya que los indicadores crecieron a una tasa menor que la población. Solo en el caso del CDM se dio una desmaterialización fuerte, ya que registró una tasa de crecimiento prácticamente nula.

A partir del año 1990, se comenzó a dar una tendencia creciente en todas las variables, salvo la notable caída de la HM por la crisis nacional de 2001 y la caída de la CDM, HM y ED por la crisis internacional de 2008. Entre 1990 y 2019 la ED aumentó desde los 430 millones de toneladas a los 847 millones de toneladas, con una tasa promedio anual de crecimiento de 2,3%; el CDM creció en promedio 2,4%, desde los 401 millones de toneladas a los 762 millones de toneladas; y la HM se incrementó de 362 millones de toneladas a 708 millones de toneladas. Frente a esto, el crecimiento de la población tuvo una tasa promedio anual del 1,1%. En términos de Economía Ecológica, se puede apreciar una tendencia de rematerialización, exceptuando los períodos de crisis.

Durante todo el período de 1970 a 2019, la ED creció un 79,2%, es decir, en términos *per cápita* la ED se incrementó desde las 13,6 a las 18,8 ton/hab. El CDM registró un aumento del 69,8% (de 12,2 a 16,9 ton/hab) y la HM 86,6% (de 11 a 15,7 ton/hab), mientras la población creció un 63,7%. En términos *per cápita*, como se muestra en la Figura 8, se puede observar que las variables tuvieron una tendencia lateral, por lo que puede interpretarse que la tendencia de rematerialización que atravesó el país estuvo más influenciada por el aumento de la población que por la rematerialización del consumo.

**Tabla 2. Cambios porcentuales de las variables por períodos.**

	1970 - 1990	1990-2019	1970-2019
<b>CDM</b>	0,04%	69,8%	69,8%
<b>ED</b>	5,9%	73,3%	79,2%
<b>HM</b>	7,9%	78,7%	86,6%
<b>M</b>	6,0%	200,9%	206,9%
<b>X</b>	162,8%	142,0%	304,8%
<b>Población</b>	31,4%	32,2%	63,7%

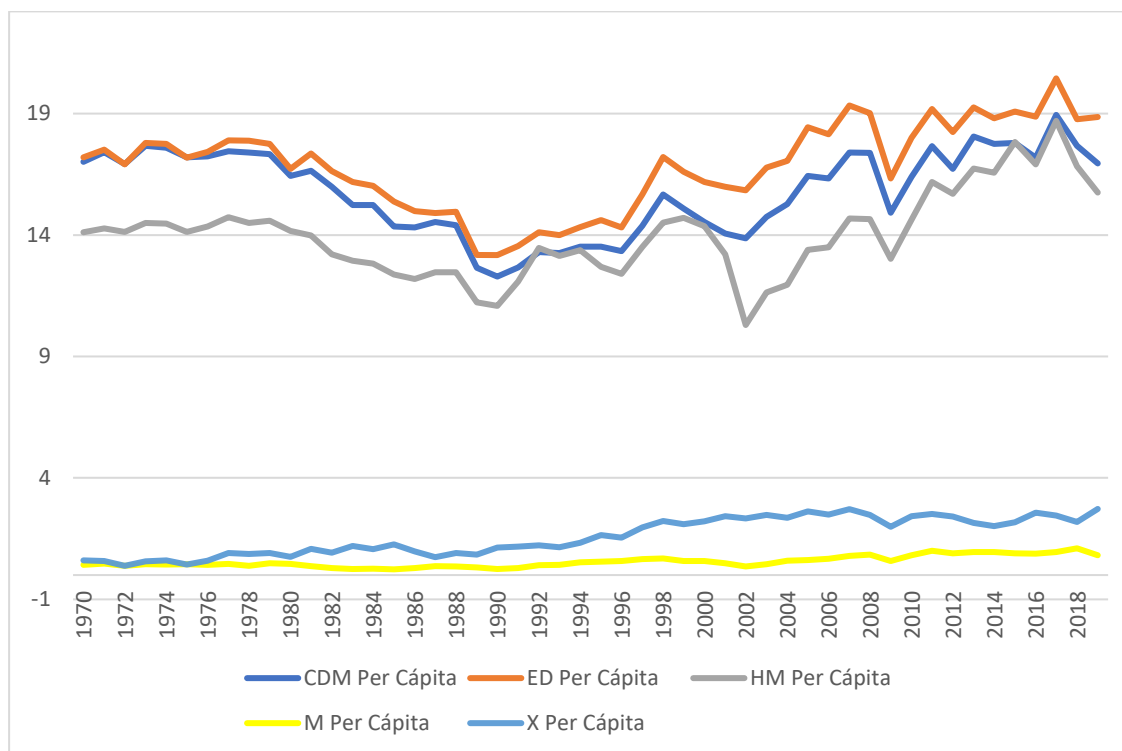
*Fuente. Elaboración propia con base en los datos del portal The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.*

En la Figura 8 también se muestra la evolución de las exportaciones e importaciones. Desde el inicio del período, las exportaciones mantuvieron una tendencia creciente: estas incrementaron de 0,6 ton/hab a 2,7 ton/hab, lo que representa una tasa acumulada total de 304,8%. Durante el mismo período, la tendencia de las importaciones fue lateral, empezando a crecer a partir de la década de 1990, pero a una tasa menor que las exportaciones. El incremento de las importaciones alcanzó una tasa acumulada de 206,9%, desde las 0,4 ton/hab a 0,81 ton/hab. Ante una tasa de crecimiento acumulada de la población del 63,7%, la evolución de las exportaciones e importaciones muestra una rematerialización, desde la perspectiva de la Economía Ecológica y la Economía Ambiental.

A partir de este análisis puede considerarse que el proceso de rematerialización evidenciado no solo es producto de un aumento de la población, sino también de la

rematerialización del comercio exterior. Esto es debido a la matriz agroexportadora del país y las políticas extractivistas, que traen consigo conflictos y daños ambientales.

**Figura 8 - ED, CDM, HM, X e M per cápita. Año 1970 – 2019**



*Fuente. Elaboración propia con base en los datos del portal The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data, del United Nations Environment Programme International Resource Panel.*

## 5. Conclusiones

A través del análisis biofísico y utilizando la metodología de la EW-MFA, se buscó conocer el impacto ambiental que tiene la economía del país. Para esto se utilizaron los indicadores Extracción Doméstica, Consumo Material, Huella material, Exportaciones e Importaciones.

Durante el periodo 1970 – 2019, el impacto ambiental, medido a través de la ED, creció un 69,8%, manteniendo un crecimiento casi continuo a partir de la década de 1990, excepto en 2008 por la crisis mundial. Utilizando el CDM fue posible establecer el perfil metabólico del país, cuyo aumento durante el período mencionado fue del 79,2%. Por otra parte, la HM permitió conocer el impacto real de la economía en el ambiente, ya que también contabiliza los flujos indirectos que se movilizan durante el transporte y los procesos de producción. Este indicador se incrementó a lo largo del período un 86,6%, con acentuadas caídas en el 2001 y 2008. La diferencia entre el comportamiento de la ED y CDM frente a la HM se debe a que una parte importante de la extracción doméstica es destinada a las exportaciones, que dependen de la situación económica de los socios comerciales, los cuales se vieron poco perjudicados durante la crisis nacional de 2001-2002, pero sí hubo un fuerte descenso del consumo doméstico del país, que explica una caída más notoria en la crisis de 2001 frente a la de 2008 en la HM.

En el ámbito del comercio exterior se pudo observar un fuerte crecimiento de las importaciones durante el período analizado, alcanzando una tasa de crecimiento acumulada de 206,9%, y mayor aún fue la tasa de crecimiento de las exportaciones, con un incremento total de 304,8%. A diferencia de los indicadores anteriores, aquí la crisis de 2001 no afectó notoriamente a las exportaciones debido al importante aumento de los precios y de la demanda internacional de los *commodities* durante ese tiempo. La gran expansión de las importaciones durante el período 2010-2019 se debió principalmente a la importación de combustibles fósiles para la demanda doméstica.

Con respecto a las subcategorías de recursos, la biomasa fue la que tuvo mayor participación en todos los indicadores (exceptuando las importaciones), favorecida por la revolución verde que permitió el avance tecnológico en el agro y el perfil agroexportador del país.

Analizando la evolución de las tendencias de los indicadores frente a la evolución de la población, las evidencias permiten concluir que la economía argentina atravesó un proceso de rematerialización. Aunque un aumento de la población contribuye a un aumento de la demanda y, por lo tanto, también al aumento de la extracción de recursos, la rematerialización se da en el marco de un fuerte impulso por la rematerialización de las exportaciones. Este proceso acarrea importantes consecuencias como la pérdida de biodiversidad, mayor contaminación, más conflictos ambientales, fuerte impacto en la crisis climática, entre otros.

Existen grandes oportunidades para poder lograr una economía más sostenible y amigable con el ambiente. El liderazgo de la política, la ciencia y los negocios son fundamentales para generar las bases de una sociedad que prospere dentro de los límites sostenibles de nuestro planeta. Se pueden plantear algunas acciones para poder lograrlo: mayor inversión en I+D, establecer una estrecha relación entre las disciplinas y sectores para optimizar el uso de recursos, mayor coordinación entre políticas y estrategias, colaboración en educación, I+D y un cambio de mentalidad de los que conforman cada sector de la sociedad.

## 6. Referencias bibliográficas

- Arceo, N., Bersten, L. y Wainer, A. (2022). *La evolución del sector de hidrocarburos. Potencialidades de la matriz energética argentina*. Fundar. <https://www.fund.ar/wp-content/uploads/2022/04/La-evolucion-del-sector-hidrocarburos-Fundar.pdf>
- Alonso Fernández, P. y Regueiro Ferreira, M. R. (2021). Del extractivismo al neoextractivismo en Argentina: análisis de la evolución del impacto ambiental y la dependencia externa (1990-2017). *Regional and Sectoral Economic Studies, Euro-American Association of Economic Development*, 21 (1), 33-46. [https://ideas.repec.org/a/eea/eerese/v21y2021i1\\_3.html](https://ideas.repec.org/a/eea/eerese/v21y2021i1_3.html)
- Alonso Fernández, P. y Regueiro Ferreira, M. R. (2022). Extractivism, ecologically unequal exchange and environmental impact in South America: A study using Material Flow Analysis (1990–2017). *Ecological Economics*, 194. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107351>
- Calatayud, P. y Mohkam, K. (2018). *Material Footprint: an indicator reflecting actual consumption of raw materials*. General Commission for Sustainable Development. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/datalab-essentiel-142-empreinte-matiere-eng-avril2018b.pdf>
- Cleveland, C. J. y Ruth, M. (1998). Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use. *Journal of Industrial Ecology*, 2 (3), 15-50. <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.3.15>
- Ferreira, F. H. G., Schady, N. (2009). Social Consequences of the Global Financial Crisis in Latin America : Some Preliminary, and Surprisingly Optimistic, Conjectures. Latin America and the Caribbean Region (LCR) Crisis Briefs. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/10957>
- Forcinito, K. y Varela, P. (2022). La ineficiencia de la estrategia hegemónica de la desmaterialización: un abordaje teórico y de la evidencia empírica entre 1990 y 2015 como base para la acción política. En Azamar Alonso, A., Silva Macher, J. C. y Zuberman, F. (Coords.), *Economía ecológica latinoamericana* (pp. 184-216). CLACSO, Siglo XXI. [https://www.clacso.org.ar/libreria-latinoamericana/libro\\_detalle.php?orden=&id\\_libro=2597&pageNum\\_rs\\_libros=0&totalRows\\_rs\\_libros=1660](https://www.clacso.org.ar/libreria-latinoamericana/libro_detalle.php?orden=&id_libro=2597&pageNum_rs_libros=0&totalRows_rs_libros=1660)
- González de Molina, M. y Toledo, V. M. (2014). *The Social Metabolism: A Socio-Ecological Theory of Historical Change* (serie Environmental History, volumen 3). Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3319-06358-4>
- Infante-Amate, J. (2014). La desmaterialización de la economía mundial a debate. Consumo de recursos y crecimiento económico (1980-2008). *Revista de Economía Crítica*, (18), 60-81. [https://www.researchgate.net/publication/274061284\\_La\\_desmaterializacion\\_de\\_la\\_economia\\_mundial\\_a\\_debate\\_Consumo\\_de\\_recursos\\_y\\_crecimiento\\_economico\\_1980-2008](https://www.researchgate.net/publication/274061284_La_desmaterializacion_de_la_economia_mundial_a_debate_Consumo_de_recursos_y_crecimiento_economico_1980-2008)
- Infante-Amate, J., González de Molina, M. y Toledo, V. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 130-152. [http://www.redibec.org/IVO/rev19\\_01.pdf](http://www.redibec.org/IVO/rev19_01.pdf)
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Haberl, H. y Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics*, 68 (10), 2696-2705. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.007>
- Krausmann, F., Weisz, H., Eisenmenger, N., Schütz, H., Haas, W. y Schaffartzik, A. (2018). *Economy-wide Material Flow Accounting. Introduction and Guide, Version 1.2*. Social

Ecology Working Paper 151. Alpen-Adria-Universität Klagenfurt.  
[https://www.researchgate.net/publication/272885234\\_Economy-wide\\_Material\\_Flow\\_Accounting\\_Introduction\\_and\\_Guide\\_Version\\_10](https://www.researchgate.net/publication/272885234_Economy-wide_Material_Flow_Accounting_Introduction_and_Guide_Version_10)

- Krausmann, F., Gaugl, B., West, J. y Schandl, H. (2016). The metabolic transition of a planned economy: Material flows in the USSR and the Russian Federation 1900 to 2010. *Ecological Economics*, 124, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.12.011>
- Manrique, P. L. P., Brun, J., González-Martínez, A. C., Walter, M. y Martínez-Alier, J. (2013). The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009). *Journal of Industrial Ecology*, 17 (4), 590-604. <https://doi.org/10.1111/jiec.12027>
- Martínez Alier, J., y Roca Jusmet, J. (2013). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. 3ra. Edición. Fondo de Cultura Económica.
- Prado, O. (2005). Situación y perspectivas de la minería metálica en Argentina. *CEPAL-SERIE Recursos Naturales e Infraestructura*. Editorial Naciones Unidas. <http://hdl.handle.net/11362/6281>
- Rapoport, M. (2020). *Historia económica, política y social de la Argentina*. 1ra Edición. Crítica
- Russi, D., González Martínez, A. C., Silva Macher, J. C., Giljum, S., Martínez Alier, J. y Vallejo, M. C. (2008). Material Flows in Latin America. A Comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru, 1980–2000. *Journal of Industrial Ecology*, 12 (5-6), 704-720. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00074.x>
- United Nations Environment Programme International Resource Panel (4 de diciembre de 2022). *The Material Flow Analysis. Global Material Flows Database: The online portal for material flow data*. [Data Visualisations – materialflows.net](https://www.materialflows.net)
- Wahren, P. (2020). Historia de los cambios tecnológicos en el agro argentino y el rol de las firmas multinacionales, 1970-2016. *Ciclos en la Historia, la Economía y la Sociedad*, (54), 65-91. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/revistaCICLOS/article/view/1746/2488>
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K. y Fischer-Kowalski, M. (2006). The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics*, 58 (4), 676-698. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.08.016>
- West, J. y Schandl, H., (2013). Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean. *Ecological Economics*, 94, 19- 27. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.06.015>