

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

ÁNALISIS COMPARATIVO DE LA INTENSIDAD MATERIAL DE LAS ECONOMÍAS DE ALTO INGRESO Y DE LATINOAMÉRICA EN EL PERÍODO 1990-2017

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ORELLANA GARCÍA ZULY YULAY

zuly.orellana@epn.edu.ec

SABANDO ÁLVAREZ FRANCISCO ELÍAS

francisco.sabando@epn.edu.ec

DIRECTOR: RAFAEL TIBERIO BURBANO RODRÍGUEZ, Ph. D

rafael.burbano@epn.edu.ec

Quito, agosto, 2023



DECLARACIÓN

Yo, Zuly Yulay Orellana García, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Zuly Yulay Orellana García".

Zuly Yulay Orellana García



DECLARACIÓN

Yo, Francisco Elías Sabando Álvarez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

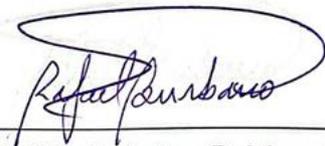
La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Una firma manuscrita en tinta negra que parece decir "F.E.S.A." escrita sobre una línea horizontal.

Francisco Elías Sabando Álvarez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Zuly Yulay Orellana García y Francisco Elías Sabando Álvarez, bajo mi supervisión.



Rafael Tiberio Burbano Rodríguez, Ph. D

DIRECTOR

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por darme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia para culminar con éxitos mis estudios.

A mi familia por su apoyo incondicional especialmente a mi padre Fredy Orellana, mi madre Jessenia García y mi única y amada hermana Nataly Orellana, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación.

A mi abuela Marilyn Quiñónez por sus consejos y enseñanzas, que me han ayudado a ser la persona que hoy soy.

También a mi compañero de clases y de tesis Francisco Sabando, cuya colaboración fue invaluable para lograr este resultado. Su dedicación y profesionalismo fueron fundamentales para el éxito de este trabajo.

Zuly Orellana

DEDICATORIA

A mi papá, Pancho que siempre me ha motivado a lograr todo lo que me proponga, sobresalir y seguir con ese espíritu todos mis días. Es por él que decidí emprender este viaje que ahora que llega a su fin sólo me hace recordar lo afortunado que soy de tener su consejo en mi vida, en especial el de estudiar en la Poli.

A mis hermanas, Cristina y Keirina que siempre me apoyaron y han creído en mí, pero sobre todo por ser mis compañeras en las altas y bajas, en especial a mi hermana menor Alejandra, la cuál es mi motor y razón de seguir adelante, en ella he encontrado la mayor felicidad de mi vida, todo lo que quiero ser y en lo que me quiero convertir siempre es pensando en ella.

A mis amigos, Dios me dio la dicha de tener a mis hermanas, pero también la de haber conocido a mis amigos y sean mis hermanos, a los que por más que pase el tiempo siempre al vernos recordamos todos los buenos momentos y se van las preocupaciones y tristezas del presente.

A mis compañeros de trabajo con los cuáles he aprendido que no hay mejor regalo que la amistad y el compañerismo que se da por desinteresadamente por siempre buscar ser una buena persona.

A mi amiga y compañera en este pequeño gran viaje que ha sido la Poli, Zuly Orellana, la cual siempre estuvo para apoyarme y no dejarme caer en todo este trayecto. Estoy orgulloso de poder haber compartido todo este viaje junto a ella.

A Dios que es él que me ha traído hasta aquí, con altas y bajas, pero siempre confiando que sus planes son perfectos. Es por eso por lo que él y la vida me ha puesto recompensas en la vida que no he buscado, pero sin embargo al encontrarlas he descubierto que son mucho más de lo que yo esperaba, me han traído los mejores sentimientos de felicidad a mi vida, y me han hecho ser mejor persona, esto se define como Serendipia, y creo que soy bendecido por Dios por permitirme haber encontrado algo así en mi vida.

A mi abuela, Sergia la mujer más fuerte que he conocido y que más me ha influenciado en vida, ha dejado una huella imborrable en mi vida y eso me hace llevarla cada día en todas mis acciones

Y a mi mamá, Keirina que es la principal razón por la que nunca he desistido y no me ha dejado derrumbar ni tirar la toalla, la mayor bendición que la vida me ha dado, y por la que no tengo palabras para agradecerle más que cumplir su sueño de verme feliz y realizado. “Yo juego para vos mamá” (Maradona, 1986).

Francisco Sabando

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Rafael Burbano por su invaluable orientación, paciencia y apoyo a lo largo de todo el proceso de investigación y escritura de esta tesis.

Su experiencia y compromiso fueron fundamentales para el éxito de este trabajo. Nos sentimos afortunados de haber tenido la oportunidad de trabajar con alguien tan dedicado y apasionado en su campo de estudio. Gracias por todo.

Zuly Orellana y Francisco Sabando

Índice general

Lista de tablas	i
Lista de figuras.....	i
Resumen.....	ii
Abstract.....	iii
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico	4
2.1. Economía Ecológica.....	4
2.2. Metabolismo Social.....	8
2.3. Contabilidad del Flujo de Materiales	10
2.4. Sustentabilidad de las economías.....	13
2.5. La economía ecológica y su interrelación con la sustentabilidad	18
2.6. Aplicaciones del metabolismo social en casos de investigación.....	20
3. Sustentabilidad de las Economías.....	25
3.1. Intensidad Material.....	28
3.1.1. Análisis de la intensidad material por países	30
4. Análisis Econométrico de la Intensidad Material.....	32
4.1. Metodología	32
4.1.1. Mínimos Cuadrados Ordinarios con Efectos Fijos	34
4.1.2. Multicolinealidad	34
4.1.3. Endogeneidad de las variables explicativas	35
4.1.4. Normalidad de residuos	35
4.1.5. Autocorrelación.....	36
4.1.6. Heterocedasticidad.....	36
4.1.7. Descripción de las variables.....	38
4.1.8. Descripción de las variables por tipo de nación.....	40
4.2. Modelos Econométricos	44
5. Análisis y Discusión de Resultados.....	45
6. Conclusiones y Recomendaciones.....	48
6.1 Conclusiones	48
6.2 Recomendaciones.....	49
7. Bibliografía.....	51
8. Anexos	59

Lista de tablas

Tabla 1. Signos esperados Variables explicativas	40
Tabla 2. Resultados modelo econométrico	45

Lista de figuras

Figura 1. Proceso del metabólico social	9
Figura 2. Ciclo productivo	14
Figura 3. Extracción doméstica (DE) mundial	27
Figura 4. Sustentabilidad económica por grupos de países	28
Figura 5. Intensidad material por grupos de países.....	30
Figura 6. Tendencia intensidad material	31
Figura 7. Serie histórica de Servicios por grupos de Países	41
Figura 8. Serie histórica de Industria por grupos de Países	42
Figura 9. Serie histórica de Población Urbana por grupos de Países.....	42
Figura 10. Serie histórica de PIB por Empleado en miles de USD por grupos de Países	43
Figura 11. Serie histórica de Manufacturas por grupos de Países	43
Figura 12. Serie histórica de Exportaciones Primarias por grupos de Países	44

Resumen

Esta investigación realiza un análisis comparativo de la intensidad material entre los países de altos ingresos y los países de América Latina para el periodo 1990-2017, utilizando el marco de la economía ecológica y el concepto de metabolismo social. A través de modelos de datos de panel, los países se agrupan según sus niveles de ingresos, la región a la que pertenecen y las tendencias en la intensidad material durante el periodo de estudio. Los resultados revelan trayectorias divergentes en la intensidad material, ya que los países de altos ingresos muestran tendencias opuestas a las observadas en los países de América Latina. Las economías de altos ingresos muestran procesos de desmaterialización – esto es menos utilización de materiales para producir un dólar de PIB, en tanto que los países latinoamericanos presentan procesos de materialización de sus economías. Estos resultados sugieren la necesidad de replantear el modelo extractivista seguido por los países latinoamericanos, abogando en su lugar por un cambio hacia el desarrollo del capital humano, especialmente en el sector de Servicios. El análisis también incluye a China e India, teniendo en cuenta sus características demográficas únicas. Esta investigación contribuye a la comprensión del desarrollo sostenible y ofrece ideas para los responsables de la formulación de políticas para abordar el uso de recursos y los modelos económicos que guían la política de desarrollo.

Palabras clave: Economía Ecológica, Metabolismo Social, Contabilidad de Materiales, Indicadores Biofísicos, Desarrollo Sostenible, Sustentabilidad, Modelo de Paneles de Datos.

Abstract

This research conducts a comparative analysis of material intensity between high-income countries and Latin American countries for the period 1990-2017, using the framework of ecological economics and the concept of social metabolism. Through panel data models, countries are grouped into different clusters based on their income levels, the region they belong to, and the trends in material intensity during the study period. The results reveal divergent trajectories in material intensity, as high-income countries show trends opposite to those observed in Latin American countries. High-income economies exhibit processes of dematerialization - that is, less material utilization to produce one unit of GDP, while Latin American countries show processes of materialization in their economies. These results suggest the need to reconsider the extractive model followed by Latin American countries, advocating instead for a shift towards the development of human capital, especially in the services sector. The analysis also includes China and India, considering their unique demographic characteristics. This research contributes to the understanding of sustainable development and provides insights for policymakers to address resource use and the economic models that guide development policy.

Key words: Ecological Economics, Social Metabolism, Materials Accounting, Biophysical Indicators, Sustainable Development, Sustainability, Data Panels Models.

1. Introducción

Con el paso del tiempo las sociedades han ido intensificando la dependencia que tienen hacia los recursos naturales y, en consecuencia, se ha incrementado la explotación de estos (Martínez, et al, 1998), provocando afectaciones al medio ambiente. Es así, como varios pensadores vieron la necesidad de analizar el comportamiento físico de la economía más allá de los valores monetarios (Infante-Amate et al., 2021)

La forma de estudiar y analizar la interacción entre los individuos y la naturaleza nace de un concepto que tomó fuerza a finales del siglo XX, denominado Metabolismo Social (Fischer-Kowalski, 1997). Este concepto incluye un conjunto de instrumentos teóricos y metodologías que ayudan a entender los vínculos de la economía y la naturaleza (Infante-Amate et al., 2021). Un instrumento importante es la contabilidad material o metodología del flujo de materiales y energía que, en Inglés, se lo conoce como *Materials and Energy Flow Analysis* (MEFA) (Ayres & Ayres, 2002).

La importancia de la contabilidad material radica en que para medir la sustentabilidad es indispensable el uso de indicadores biofísicos de la contabilidad material (Ayres & Ayres, 2002). Por sustentabilidad se entiende al cómo los sistemas biológicos se mantienen productivos a la largo del tiempo, es decir, el equilibrio de una especie con los recursos de su entorno.

La Cumbre Ambiental de la Convención de Río en 1992, fue el punto de origen para establecer la sustentabilidad de las economías como meta de los programas de desarrollo de los países, así como del uso de la contabilidad verde para su medición. Sin embargo, el plazo para alcanzar dicha meta se ha ido dilatado a lo largo del tiempo, debido a que la principal preocupación de los gobiernos ha sido el crecimiento de sus economías (PIB), dejando de lado

los problemas asociados al uso y al agotamiento de los recursos naturales usados en la producción (Salah, 2002).

Por estas razones, la ONU y diferentes líderes políticos a nivel mundial plantearon, en la Agenda 2030, 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) y 169 metas específicas que abarcan una amplia gama de cuestiones económicas, sociales y ambientales enfocadas en alcanzar la sustentabilidad de las diferentes naciones. La invitación es a eliminar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todas las personas. En el caso específico del metabolismo social, se propone una extracción responsable de los recursos naturales, que permita asegurar que el planeta mantenga su *statu quo* el mayor tiempo posible.

Uno de los indicadores disponibles para medir el nivel de sustentabilidad de las economías es la Intensidad Material (IM); un índice que aproxima la cantidad de materiales consumidos en una economía para la producción de bienes finales (Bernardini y Galli 1993, Cleveland y Ruth 1999, UNEP 2021, Leañez 2022). La IM mide el consumo de materiales requeridos para producir una unidad de PIB (United Nations Environment Programme, 2021).

En este sentido, el objetivo de la presente investigación es analizar la evolución de la intensidad material de los diferentes países y regiones considerados en este estudio, para entender las trayectorias hacia la sustentabilidad de sus economías. Para ello, este trabajo se ha dividido en cinco capítulos. En el primer capítulo se presenta el Marco Teórico, donde se describen las teorías que sustentan el desarrollo de este proyecto y los términos técnicos relacionados con la temática en análisis. En el segundo capítulo se analiza las trayectorias de sustentabilidad de los países de ingresos altos y medios (América Latina) y de los 2 países de mayor población mundial. En el tercer capítulo, se realiza el análisis econométrico de la intensidad material de las naciones objeto de estudio. Según agrupaciones por regiones y tendencia de la variable dependiente (Altos Ingresos, América Latina, China e India). Se detalla

la metodología empleada para la aplicación del modelo econométrico, que, al tener grupos de países en un periodo de tiempo, se realizarán modelos de paneles de datos. Además, en el cuarto se evidencian los resultados obtenidos. Finalmente, en el quinto y último capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones desprendidas del trabajo investigativo.

2. Marco Teórico

2.1. Economía Ecológica

La palabra economía proviene del vocablo griego *Oikonomía* (*Oikos* de casa y *neimen* de norma) y significa <administrar-proveer el hogar>. Si bien, de manera general, la teoría economía estudia la forma en que los individuos subsisten y satisfacen sus necesidades y deseos; en el presente, no existe una definición única, ya que su conceptualización varía de acuerdo con las distintas corrientes o escuelas del pensamiento económico.

Por ejemplo, David Ricardo (1817) en su libro “Principios de economía política y tributación” menciona que la economía es “la ciencia que se encarga de la distribución del ingreso entre las clases sociales”. John Stuart Mill (1848), en su obra “Principios de Economía política con algunas de sus aplicaciones a la filosofía”, define que la economía se ocupa de los principios de la naturaleza de la riqueza, las leyes de su producción y distribución, y las causas por las que un individuo o sociedad prospera o no.

Alfred Marshall (1931) autor del libro “Principios de Economía” menciona que el estudio de la economía se centra en las ocupaciones ordinarias de las personas, que se encuentran estrechamente relacionadas con la obtención y el uso de los requisitos materiales para el bienestar. En tanto que, Lionel Robbins (1932) en su “Ensayo sobre la naturaleza y significación de la ciencia económica” manifiesta que la economía es “una ciencia que estudia el comportamiento humano como relación entre los fines dados y los medios escasos que tienen aplicaciones alternativas”. A pesar de fundadas críticas, esta última definición es, quizás, la de mayor aceptación entre los economistas.

Por otra parte, la ciencia denominada ecología estudia las interacciones entre los seres vivos y su entorno en cinco niveles: organismos, población, comunidad, ecosistema y biósfera. A nivel de organismos se trabaja en la selección natural y la adaptación morfológica, fisiológica

o conductual. En el nivel población se observa el tamaño, densidad y estructura de las poblaciones a lo largo del tiempo. En comunidad, el estudio se enfoca en las interacciones entre poblaciones y cómo éstas la estructuran. Los ecosistemas se integran de factores bióticos (animales, plantas, hongos, bacterias y protistas) y abióticos (el agua, el suelo, el aire, la luz solar, la temperatura y los minerales). En este nivel se analiza el flujo de energía y el reciclaje de nutrientes. Finalmente, en la biosfera se estudian los patrones globales entre ecosistemas y fenómenos que afectan al planeta (Sánchez & Pontes, 2010).

La economía ecológica surge como una crítica a la economía ambiental, buscando profundizar en los aspectos sociales y ecológicos que, la economía convencional, a través de la implementación de sus criterios de eficiencia y equidad, ha dejado de lado (Jiménez, 2003). Como rama de la economía, nace en la década de los ochenta con claras controversias con la teoría neoclásica. Su planteamiento se basa en la complejidad de los problemas ambientales, su dimensión global, la incertidumbre, la irreversibilidad e inconmensurabilidad. Problemas que sin duda exigen nuevas estrategias sensatas y razonadas, así como nuevos sistemas de valores con una perspectiva ética menos antropocéntrica y egocéntrica, y más biocéntrica, que demanda de nuevos axiomas de parte del ser humano en sus relaciones con la biosfera, el mercado, y con las generaciones presentes y futuras (Castiblanco, 2007).

De esta forma, la economía ecológica, se enfoca en la naturaleza física de los recursos y su vínculo con los sistemas social y económico. Abarca desde la escasez y la renovabilidad de los recursos hasta la nocividad y reciclaje de los residuos generados; siendo su fin la orientación de un marco institucional y la generación de propuestas de solución a los problemas ambientales (CEPAL, 2019).

Considerando la complejidad de las interrelaciones existentes entre el sistema económico y los sistemas físico y social, la economía ecológica se enfoca en el estudio

transdisciplinario de los problemas existentes en el aspecto ambiental y social. Es por tanto que en la actualidad se la considera como un paradigma novedoso, que se encarga de la gestión de la sostenibilidad, tomando en cuenta que, para las necesidades actuales de los sistemas económico, social y ambiental, los recursos son escasos y limitados (CEPAL, 2003).

Tomando en cuenta que los procesos económicos (producción, consumo, transporte, etcétera) están sujetos a las leyes de la naturaleza, la economía ecológica se sustenta o fundamenta en tres principios biofísicos básicos:

1. La primera ley de la termodinámica, que afirma que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, sólo se transforman; es decir, permanecen constantes en un sistema cerrado. Esto implica que al extraer recursos de la naturaleza, estos deberán regresar a ella, de alguna manera, en algún momento y en la misma proporción o cantidad; por lo tanto, los procesos de producción y consumo siempre irán acompañados de la generación de residuos (Haro & Taddei, 2014, p. 750).
2. La ley de la entropía, que afirma que materia y energía se degradan continuamente en un sentido, de utilizable a inutilizable, o de disponible a no disponible. Así, un aumento en la entropía equivale a una disminución en la energía disponible. Cada vez que se lleva a cabo un determinado proceso, cierta cantidad de energía se disipa, la cual es irre recuperable y, por lo tanto, no estará disponible para realizar algún trabajo futuro. De esta manera, lo que confiere valor a la materia o energía es su disponibilidad para ser utilizada. Las principales fuentes de energía en nuestro planeta son hidrocarburos fósiles que al utilizarse pierden la posibilidad de ser reutilizados, lo que implica su agotamiento inminente (Haro & Taddei, 2014, p. 750).
3. La imposibilidad de extraer más recursos de los que la naturaleza puede regenerar y de generar más residuos de los que la naturaleza puede asimilar. (Haro & Taddei, 2014, p. 750).

Es por esto por lo que, debido a la naturaleza finita de los recursos del planeta y al ineludible decrecimiento tanto de esos recursos como de los bienes y servicios derivados de ellos, es imposible el crecimiento ilimitado de la economía, a pesar de las conclusiones erróneas presentadas en algunos de los modelos de crecimiento económico, como el modelo de Solow-Swam. Al respecto Kenneth Boulding, economista británico, nacionalizado estadounidense,

ironizaba diciendo: “El que crea que en un mundo finito el crecimiento puede ser infinito, o es un loco o es un economista”. Por tanto, el nivel de producción de un país dependerá de qué tan bien sus ecosistemas puedan soportarlo. Así, la destrucción de la naturaleza es lo que separa el tiempo biológico, que se rige por el ritmo de la naturaleza, del tiempo económico (Gudynas E., 2003).

Así también Ehrlich y Ehrlich (1993) sostienen que el primordial problema de la economía ecológica radica en la superpoblación que actualmente existe a nivel mundial, porque no hay suficientes recursos para sustentar tanto a la población actual como a la futura, especialmente cuando se considera cuán indiscriminadamente se están usando los recursos disponibles, lo que eventualmente conducirá a su agotamiento. El ser humano ha basado su consumo en tratar de satisfacer sus necesidades básicas, sin embargo, la humanidad actual en sus diferentes comunidades ha mudado este proceder estableciendo nuevos patrones de consumo de demanda intensa, donde movido por la tendencia global, decide cambiar hábitos y estilos de vida en la búsqueda constante de adquirir más cosas innecesarias (Díaz, 2017).

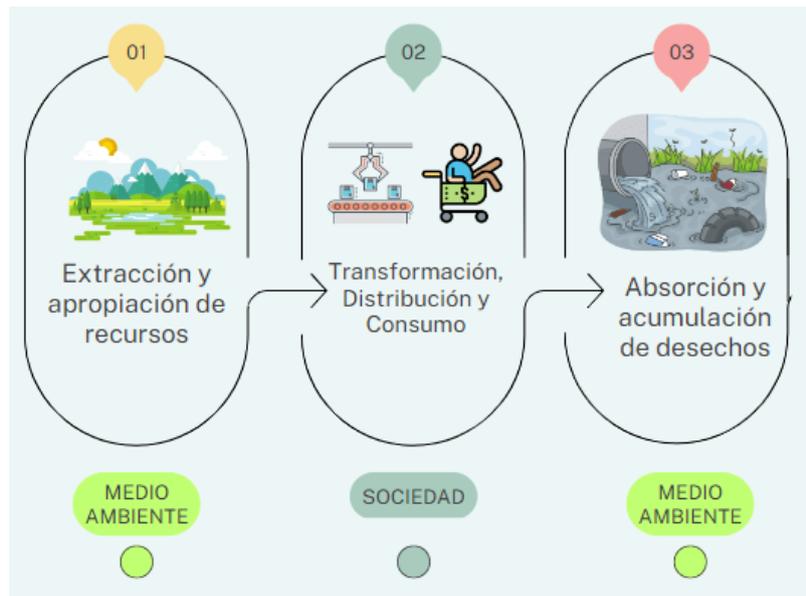
La economía ecológica se basa en los principios de equidad, ética y justicia, encargados de buscar la sustentabilidad. Así, la economía ecológica examina la viabilidad del modelo económico sostenible, a través de los flujos de recursos, energía y desechos necesarios para la subsistencia humana. Este hecho abona a que no se la considere como una rama de la teoría económica sino como un campo de estudio transdisciplinar, que fusiona distintas áreas de conocimiento como la biofísica y la biosfera para afrontar problemas complejos (Morán, 2017).

En síntesis, la economía ecológica examina la relación entre el ecosistema natural (la biosfera) y los subsistemas sociales y económicos, enfatizando la imposibilidad de crecimiento económico en relación con los límites físicos y biológicos de los ecosistemas naturales (Morán, 2017).

2.2. Metabolismo Social

La autora Fischer-Kowalski introdujo la idea del metabolismo social (MS) en 1997 y, actualmente, es una de las herramientas más confiables para comprender las intrincadas conexiones entre la sociedad y la naturaleza. El MS fue desarrollado como una analogía del metabolismo biológico, considerando que existen dos tipos de relaciones entre las personas y la naturaleza: individuales o biológicas y colectivas o sociales. Los individuos extraen de la naturaleza el oxígeno, el agua y la biomasa que necesitan para sobrevivir como organismos, al mismo tiempo que exhalan calor, agua, dióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. En el ámbito social, las personas se organizan para asegurar su supervivencia y procreación; de igual manera, utilizan estructuras y artefactos colectivos para extraer materiales y energía de la naturaleza y expulsar residuos y otros desechos en lugar de esos materiales (Infante et al., 2017).

El proceso metabólico social involucra tres tipos diferentes de flujos de energía y materiales: 1. Flujos de entrada: estos son la extracción y apropiación de los recursos de la naturaleza; 2. Flujos internos: estos son los procesos de transformación, distribución y consumo; y, 3. Flujos de salida: conformados por los desechos de materiales y la energía disipada que son absorbidos en parte por la naturaleza, en tanto que otros se acumulan debido a que su abundancia en la naturaleza no alcanza a reciclarlos o por otro lado no son reciclables (Toledo, 2013).



Proceso metabólico social

Tomado de: (Toledo, 2013)

El principal método de intercambio entre la sociedad y la naturaleza es la apropiación. A través de la apropiación, los individuos y la sociedad pueden mantenerse y reproducirse como seres sociales y biológicos gracias a los recursos (materiales, energía, agua y servicios) que necesitan y toman de la naturaleza. Una unidad de apropiación puede ser una empresa, una cooperativa, una familia, una comunidad o un individuo, y es la encargada de realizar este proceso.

En los inicios del ser humano, los individuos consumían los productos directamente de la naturaleza, pero conforme la sociedad ha ido avanzando, una parte importante de los recursos naturales, luego de ser apropiados, se convierten en materia prima para elaborar productos de consumo que, con el avance de la tecnología, son cada vez más complejos.

Según Toledo (1981), el proceso de distribución inicia cuando "las unidades de apropiación dejan de consumir todo lo que producen y de producir todo lo que consumen". Es entonces cuando aparece el fenómeno del intercambio económico; lo que significa que comienzan a circular materiales tomados de la naturaleza, hayan sido o no modificados. En los

últimos años, la magnitud de la distribución ha cambiado de un intercambio que no era de mercado ni monetario a uno mediado por el dinero, los mercados y la propiedad privada, resultando en una compleja red de intercambios que están íntimamente relacionados con el proceso de transformación y casi inmediatamente dan paso a la apropiación y el consumo.

De ahí que, el proceso de consumo toma en cuenta las necesidades de los individuos, grupos sociales y los satisfactores expresados en la suma de los procesos de apropiación, transformación y distribución, entendiéndose que este proceso abarca a toda la sociedad. Por último, pero no menos importante, toda la sociedad por medio de los procesos metabólicos incluye el proceso de excreción, que es el acto de expulsar materiales y energía en sus diferentes formas hacia la naturaleza. Siguiendo esta línea es importante mencionar al consumo endosomático de energía que se refiere al calor que las personas producen como reacción física ante cualquier cambio o movimiento, de esta forma se traduce a la energía que el ser humano utiliza para el desarrollo de su actividad biológica. El consumo endosomático hay que diferenciarlo del consumo exosomático, cuyo uso es prescindible desde el punto de vista biológico y se relaciona con factores económicos, culturales y sociales, es así como el consumo exosomático depende de la energía que se utiliza para cocinar alimentos o producir bienes y servicios de su entorno (Pfeiffer, 2006).

2.3. Contabilidad del Flujo de Materiales

El objetivo principal de los métodos para estudiar el metabolismo social está focalizado en dar cuenta de los flujos de energía, materiales y desechos que se utilizan en la economía. Estos flujos incluyen flujos de agua reales y "virtuales", la huella hídrica y la huella ecológica, la HANPP (*Human Appropriation of Net Primary Production*), entre otros; mismos que pertenecen al grupo de instrumentos para la construcción y sustentación de la sustentabilidad (Crespo & Pérez, 2019).

La metodología de la contabilidad del flujo de materiales (CFM) fue desarrollada a finales de la década de 1990, con el objetivo de superar las limitaciones de la Contabilidad Económica Nacional respecto a la información sobre los impactos ambientales de los sistemas económicos (Fischer-Kowalski et al., 2011). Años más tarde, esta metodología fue aplicada por los organismos internacionales como Eurostat, Naciones Unidas, la OCDE, entre otros para guiar la política ambiental, en especial en cuanto al crecimiento económico del uso de recursos (Krausmann et al., 2017).

La CFM distingue tres principales grupos de indicadores. El primero, la extracción doméstica de materiales (ED), que es la “cantidad total de materiales apropiados dentro de las fronteras territoriales del país analizado”. En este grupo se incluyen todos los materiales que ingresan al sistema económico, tengan o no valor de mercado. El segunda, es el balance comercial físico (BCF), que son las importaciones menos las exportaciones físicas, donde un balance positivo muestra que el país es importador neto, y un balance negativo que es exportador neto. La suma del ED y el BCF, dan como resultado el consumo doméstico de materiales (CDM), que es la suma de los materiales realmente consumidos por una nación (Infante et al., 2021).

Al asociar estas variables con los valores numéricos de la población o el PIB, se generan otros indicadores auxiliares como el consumo doméstico por habitante o la intensidad material, medida esta última como las toneladas consumidas por unidad de PIB generado.

Cada una de las variables analizadas se usa para una amplia gama de productos materiales que, se agrupan en cuatro categorías: biomasa, combustibles fósiles, minerales metálicos y minerales no metálicos (Infante et al., 2021). Así también hay que indicar que, dependiendo de las necesidades se pueden trabajar con subcategorías.

Joan Martínez Alier describe como instrumentos del metabolismo social como los indicadores biofísicos, al combinarse con indicadores financieros permiten comparar la estructura biofísica de las naciones con las estrategias de crecimiento y otras dinámicas socioeconómicas; puesto que miden la presión que la actividad socioeconómica ejerce sobre el medio ambiente (Pérez-Rincón, 2006).

Entre los principales instrumentos de metabolismo social se encuentran los siguientes:

La huella ecológica: es el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para obtener los recursos utilizados, así como también para asimilar los residuos producidos, y su cálculo sigue una determinada metodología. Se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada para evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas y la sostenibilidad de nuestro estilo de vida.

Apropiación humana de la producción primaria neta (AHPPN): muestra cómo las actividades humanas pueden afectar los niveles de energía en los ecosistemas por la disminución del potencial de fotosíntesis a través del retiro de coberturas para dar paso a distintos usos del suelo. Se calcula a través de la estimación del producto neto primario, que es la energía fijada por fotosíntesis menos la energía empleada en la respiración, es decir la producción primaria bruta menos la respiración.

Producto neto primario

= *Producto Bruto Primario – Actividades metabólicas de los productores primarios*

Insumo material por unidad de servicio (MIPS): mide físicamente, en toneladas, los insumos (inputs) usados en los distintos productos y servicios de la economía, en relación con su vida útil. Es un indicador de la eficiencia en el uso de materia y energía por unidad de producto. Intenta evaluar si existe una desmaterialización de la economía y realizar un seguimiento en el tiempo.

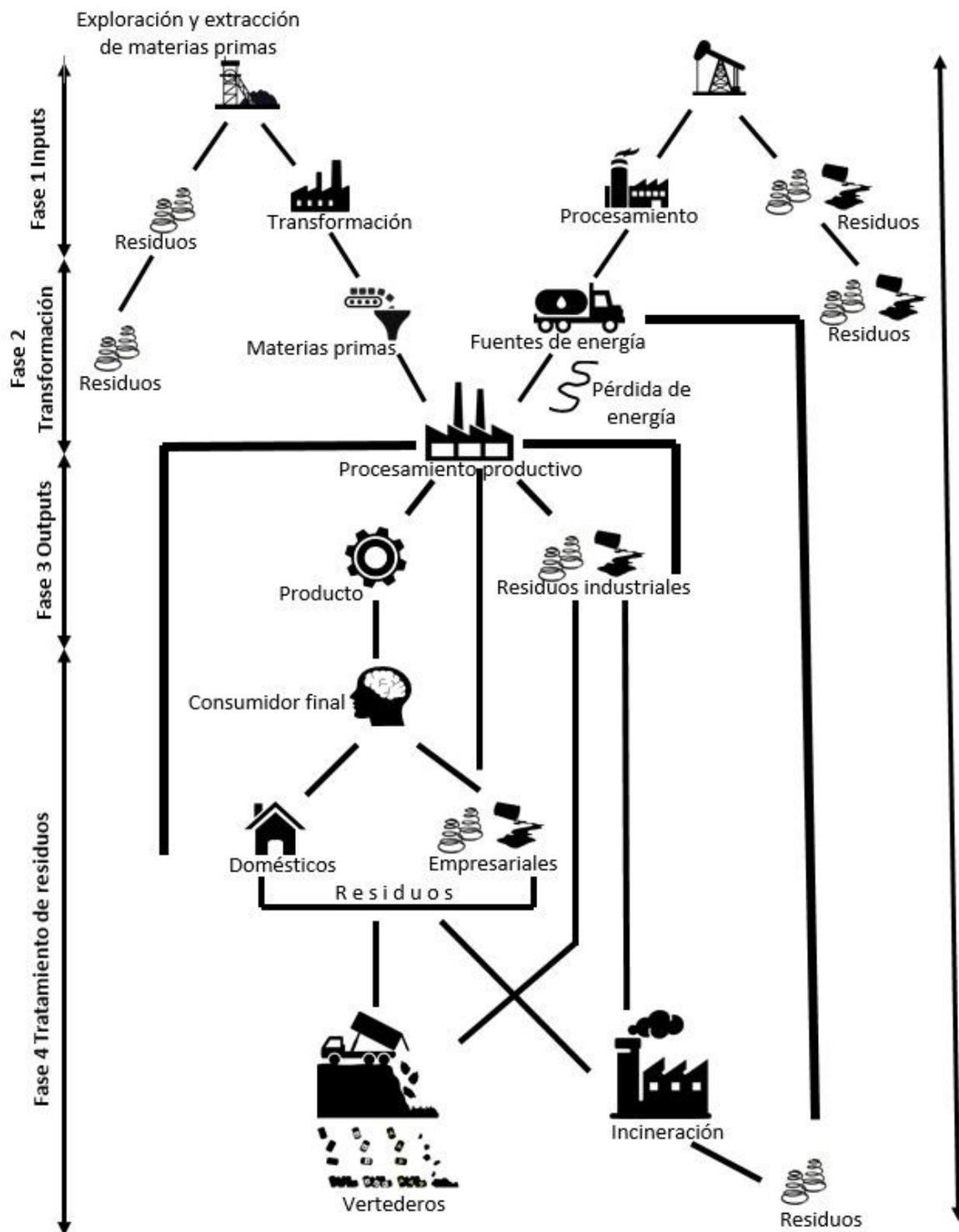
Indicadores de flujo de materiales y energía (MEFA): son indicadores indirectos del impacto ambiental de una economía. Éstos permiten dilucidar hasta qué punto una economía es compatible con el sistema natural que la mantiene.

La huella hídrica y el agua virtual: mide el volumen total de agua utilizada para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo, por un grupo de personas o por un país, respectivamente.

Otros: la huella de carbono, la cual mide la totalidad de las emisiones de gas de carbono generadas, directa e indirectamente, por una persona, un grupo, una organización, empresa o incluso un producto o servicio; la huella de nutrientes que establece el flujo de ingresos y salidas de los nutrientes de un determinado espacio productivo, entre otros indicadores (Pérez M. , 2011).

2.4. Sustentabilidad de las economías

A finales del año 1960 e inicios de 1970 se empezó a tratar en el ámbito político los problemas ambientales, como resultado de un gran número de informes científicos que alertaban del agotamiento de los recursos naturales y el riesgo ambiental generado por las actividades propias de los seres humanos, sin dejar de nombrar el crecimiento importante de la población mundial dentro de los últimos 100 años, así como el desarrollo económico, productivo y tecnológico de la humanidad, siendo factores principales sobre el deterioro y hasta la extinción de varios ecosistemas (Pierri, 2005). Los científicos han confirmado que el problema ambiental es resultado del mayor uso de los recursos naturales, así como del rápido crecimiento de la escala en el tamaño de los procesos productivos y la generación de residuos. Los políticos, académicos, científicos y organizaciones ecologistas de la época se preocuparon por el medio ambiente, especialmente por el agotamiento de los recursos naturales y el deterioro del ciclo agrícola (Sánchez J. , 2019).



Ciclo productivo

Tomado de: (Gómez J. , 2014)

En este contexto, el cuidado, protección y preservación del medio ambiente se volvió la principal preocupación para los políticos, científicos y la comunidad en general. En virtud de ello, se redactaron múltiples documentos como el Informe del Club de Roma, el Informe Brundtland, entre otros; donde se manifestaba la importancia del ambiente; así mismo, se celebraron varias conferencias ambientales mundiales como la de Estocolmo en 1972, la de Rio de Janeiro en 1992 y la de Johannesburgo en el 2002 (Gómez J. , 2014).

Además, desde 1970 empezó a crecer la conciencia ambiental, derivada de una serie de acontecimiento como la publicación de “Los límites al crecimiento” también conocido como el Informe del Club de Roma en 1972, uno de los primeros documentos donde se expresa la preocupación por la problemática ambiental global, indicando que:

Un crecimiento económico continuado llevaría a un colapso, sea por acumulación de la contaminación o por extinción de recursos. (Y que) la producción industrial per cápita terminaría cayendo, así como la disponibilidad de alimentos y recursos. Con lo que, la población mundial disminuiría por un aumento de la tasa de mortalidad (Gudynas, 2004, p. 45)

Además, en este documento se señalaba que “si las tendencias continuaban, el sistema global se sobrecargaría y colapsaría para el año 2000. Para evitarlo, tanto el crecimiento demográfico como el económico tendrían que detenerse” (Meadows & Meadows, 1972; Citado en Sabogal & Hurtado, 2009, p. 204). Si bien, las predicciones no se cumplieron en la medida de lo señalado, si se puso de manifiesto que el desarrollo económico se encuentra condicionado por los recursos naturales (Sachs, 1996).

Estos hechos no hicieron otra cosa que fortalecer la idea o el concepto de que el sistema económico está inmerso dentro del sistema físico-biológico y que, por tanto, en el análisis económico adicionalmente a las leyes económicas es necesario considerar las leyes de la termodinámica. Además, se instauró el concepto de “eco-desarrollo” el cual promueve la

implantación de nuevos modos de producción y estilos de vida, que deben adaptarse tanto a las condiciones y potencialidades ecológicas como a las diversidades técnicas y a la autoconfianza de cada región en la gestión participativa de los recursos (Leff et al., 2002). De esta manera, el término de Sachs (1996) para este proceso, "ecodesarrollo", enfatiza la idea de utilizar los recursos naturales de cada biorregión y, al mismo tiempo, tener en cuenta a las generaciones futuras a medida que se atienden las necesidades de las poblaciones locales (Gudynas, 2002).

A pesar de que el uso de este término se amplió entre los círculos internacionales relacionados con el ambiente y el desarrollo, al interior de los países, en lo local, no se logró “vencer las barreras de la gestión sectorizada del desarrollo, revertir los procesos de planificación centralizada y penetrar en los dominios del conocimiento establecido” (Leff , 2000, p. 19). Por lo que surgió la necesidad de escudriñar por un término capaz de “ecologizar la economía”, y que colaborará a descartar la contradicción entre crecimiento económico y conservación de la naturaleza. Se dio paso así al concepto de Desarrollo Sostenible (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2009).

Para abordar el tema del Desarrollo Sostenible, en 1972, se realizó la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, donde se establecieron las bases para la creación de una política ambiental y una legislación internacional sobre el ambiente. Además de reconocer la relación existente entre la destrucción ambiental y el crecimiento económico, especificando que la problemática ambiental es el resultado del crecimiento económico mal planificado (Gómez J. , 2014).

De esta manera en la Conferencia de Estocolmo se estableció la importancia de equilibrar los procesos de desarrollo económico con la protección del medio ambiente. Sin embargo, en los años siguientes no se obtuvieron los resultados esperados en cuanto a la toma

de decisiones relacionadas con planes ambientales, pero si se logró avanzar en el desarrollo científico y tecnológico (Gómez J. , 2014).

En el año de 1981 se presentó la primera Estrategia Mundial para la Conservación, donde se definió a la conservación como “la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras” (Gudynas, 2002, p. 48). Más adelante en 1983 se creó la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, la cual publicó el informe conocido como Nuestro Futuro Común (1987), documento en el cual se define al Desarrollo Sostenible como: “(...) la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.”

De acuerdo con este el informe, el concepto de Desarrollo Sostenible:

Implica límites, no límites absolutos, sino limitaciones que imponen a los recursos del medio ambiente el estado actual de la tecnología y de la organización social y la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas-, pero tanto la tecnología como la organización social pueden ser ordenadas y mejoradas de manera que abran el camino a una nueva era de crecimiento económico. (Gudynas, 2002, p. 52)

Esta conceptualización hace referencia a puntos importantes como la consideración de las necesidades de las generaciones futuras, el reconocimiento de los límites de la biosfera en cuanto a la absorción de los impactos ambientales y que los límites dependen del ser humano. A partir de esta definición se deja de considerar que existe una contradicción entre conservación y crecimiento económico, de modo que el medioambiente natural dejó de ser visto como un obstáculo al crecimiento económico, y paso a concebirse como un medio para lograrlo (Gómez J. , 2014).

Para 1991 con la Segunda Estrategia Mundial para la Conservación, al Desarrollo Sostenible se lo definió como la mejora de la calidad de vida de las personas sin rebasar la capacidad de carga de los ecosistemas que la sustentan. Para alcanzar este cometido se requiere cambiar los comportamientos de consumo de las personas y crear una conciencia para el cuidado y protección del medio ambiente. A partir de entonces el desarrollo sostenible empezó a ser visto como una forma de lograr el bienestar de las personas a través de la conservación y cuidado de la naturaleza. Además, se instauró la idea de un modelo económico que busca el máximo crecimiento y rendimiento económico, pero que toma en cuenta la importancia de incluir factores ambientales (Gómez J. , 2014).

Actualmente, la humanidad aún enfrenta un sinnúmero de retos para lograr la convivencia en armonía con la naturaleza. Esto tomando en cuenta que los individuos requieren de los recursos que les provee el medioambiente no solo para cubrir sus necesidades básicas de alimentación, vestimenta y vivienda; sino también para cubrir sus deseos de acumulación de la riqueza; lo que sumado a la inadecuada administración de los recursos naturales ha provocado un drástico cambio en todos los ecosistemas y por consiguiente, en el bienestar de las personas (CEPAL, 2019).

2.5 La economía ecológica y su interrelación con la sustentabilidad

La economía ecológica es un paradigma que extrae sus premisas de varias ciencias, incluidas la economía, la biología, la ecología y la sociología. La economía ambiental se fundamenta en el pensamiento económico neoclásico, y aborda como principales problemas la escala sustentable, la distribución justa y la asignación eficiente. La primera se refiere a la magnitud de las actividades humanas y la capacidad del ecosistema para generar los insumos y absorber los desperdicios. La segunda se basa en la existencia de derechos de propiedad y el requisito de asignar precios a los bienes y servicios, incluida la naturaleza y sus derivados. La tercera se

refiere a la asignación de recursos entre sus usos finales de acuerdo con las necesidades individuales de las personas y su capacidad de pago (Haro & Taddei, 2014).

La idea de sustentabilidad se relaciona al concepto de metabolismo social, dado que ambos conceptos expresan la dependencia que tiene el sistema socioeconómico del medio natural para su funcionamiento. Ambos conceptos permiten constatar que la velocidad de producción, extracción y consumo de recursos de la economía ha superado la capacidad de soporte y reproducción natural, expandiendo los impactos y conflictos ambientales hacia vastos territorios (Daly & Farley, 2004).

La economía ecológica ha formulado varios conceptos, entre los que destacan los de la “sustentabilidad débil” y la “sustentabilidad fuerte”.

Aunque la sustentabilidad débil reconoce la necesidad de promover un desarrollo que no destruya el medio ambiente, sin embargo, defiende la idea de que los impactos ambientales negativos se compensan con el crecimiento económico o con el desarrollo de la tecnología. En tanto que, la sustentabilidad fuerte considera la imposibilidad de sustitución de varias de las funciones y servicios ambientales, razón por la que considera que el capital generado por los seres humanos y el capital natural no son (bienes) sustitutos sino complementarios (Martinez-Alier & Roca, 2013).

Para la sustentabilidad débil la solución al conflicto entre ambiente y desarrollo es endógena, es decir, considera que el modelo corrige sus desequilibrios por medio de los precios y la tecnología. Mientras que, para la sustentabilidad fuerte, la solución es exógena al modelo, es decir, requiere un cambio de paradigma que corrija al modelo (Pérez et al., 2016).

Desde la perspectiva de la economía tradicional (sustentabilidad débil), la sustentabilidad se mide utilizando indicadores monetarios (por ejemplo, el "PIB verde

ecológicamente ajustado"), a diferencia de la sustentabilidad fuerte, que utiliza indicadores biofísicos (Martínez-Alier, 2006).

2.6 Aplicaciones del metabolismo social en casos de investigación

En este apartado se pretende realizar una rápida revisión de investigaciones de otros autores relacionadas con la temática planteada, la cual servirá como base para el desarrollo del trabajo.

Gómez (2021) escribió un artículo titulado "Metabolismo social y bioeconomía. Diálogo de saberes" cuyo objetivo fue definir, desde la perspectiva de la economía ecológica, dos categorías analíticas: el metabolismo social y la bioeconomía. El método utilizado fue la revisión documental sustentada en un enfoque cualitativo. El principal hallazgo de este estudio fue que, para resolver los problemas del presente, es necesario el desarrollo de marcos teóricos, así como métodos cualitativos y cuantitativos que permitan entablar un diálogo de saberes sobre los problemas generados por el capitalismo. El sistema capitalista está direccionado hacia la búsqueda del beneficio de las grandes multinacionales, en detrimento de los intereses de la sociedad y el deterioro del medio ambiente. En oposición al capitalismo y al estar enraizados en discursos interdisciplinarios, la economía ecológica y el metabolismo social son enfoques que ayudan a encontrar soluciones a los problemas ambientales locales y globales.

Infante et al. (2021), en su artículo "Las bases materiales del desarrollo económico en España (1860-2016). Un estudio desde el metabolismo social", analiza el metabolismo social de dicho país, para lo cual construye una serie histórica de los indicadores de la metodología de contabilidad del flujo de materiales. Con base a estos datos, realiza un examen de la transición en el metabolismo industrial en España, llegando a las siguientes conclusiones: se ha dado un vertiginoso crecimiento en la demanda de materiales (cuadruplicando su número en términos per cápita) y en el uso de recursos no renovables, particularmente en el periodo de 1960 a 2007; España dejó de ser exportador neto de materiales para, desde 1960, convertirse

en un importador neto; luego de la Gran Recesión de 2008, la intensidad del uso materiales empieza a disminuir continuamente.

La docente de la FLACSO, María Cristina Vallejo (2009), publicó un artículo titulado "La estructura biofísica de la región andina y sus relaciones de intercambio ecológicamente desigual (1970-2005). Un estudio comparativo". En este trabajo, con base en los conceptos del metabolismo social y contabilidad de los flujos materiales, la autora desarrolla un análisis de la evolución de los flujos de materiales en países de la región andina, específicamente Ecuador, Colombia y Perú, durante el periodo de 1970 a 2005. Según los hallazgos del estudio, el Ecuador, a pesar de ser un país territorialmente pequeño, es la economía más intensiva en el uso de materiales en comparación con las otras naciones andinas. Al existir similitudes entre la densidad poblacional de Colombia y Ecuador, la intensidad material colombiana es similar a la ecuatoriana, en términos per cápita. El Perú, al ser densamente menos poblado, tiene una economía menos intensiva en el uso del suelo que los otros países. Por otro lado, las cuentas físicas y monetarias evidencian un cambio económico desde el sector renovable hacia el no renovable, en el caso de los tres países. Sin embargo, aún no se puede hablar de economías sustentables dado que son altamente especializadas en la extracción y explotación de combustibles fósiles, principalmente el petróleo; lo que genera afectaciones a los diferentes ecosistemas.

Malo y Ramos (2015) realizaron un estudio titulado "El metabolismo social, el Sumak Kawsay y el territorio: el caso de Cuenca, Ecuador" el cual tuvo como objetivo estudiar el sistema socio-ecológico de la ciudad de Cuenca, en Ecuador, específicamente, el metabolismo del agua. La obra fue separada en dos fases; el primer paso fue realizar una investigación a nivel institucional sobre las percepciones de la gente acerca de la naturaleza y el territorio. En este contexto, el autor se propuso estudiar los discursos de las instituciones encargadas de decidir cómo manejar los recursos naturales de Cuenca. La segunda etapa fue un estudio del

metabolismo hídrico de la ciudad de Cuenca, determinando cuánta agua se toma del ecosistema y cómo es utilizada por los distintos estratos sociales de Cuenca. Para analizar las percepciones de las personas se utilizó el método Q, que se lo emplea generalmente para el estudio de la subjetividad humana. Como resultados de la investigación, el autor identifica cuatro tipos de discurso manejados por las autoridades: conservacionista, tecnocrático, desarrollista y sistémico; que, a su criterio, son incompatibles con el Sumak Kawsay. Por otro lado, a través del Análisis Multiescalar del Metabolismo Social y Ecológico (MuSIASEM) concluye que, aunque los ríos de Cuenca parecen tener la cantidad de agua necesaria para abastecer a la ciudad, estos podrían estar bajo un severo estrés ecológico. La conclusión es que, el metabolismo hídrico de Cuenca, por no ser ecológicamente viable es incompatible con el Sumak Kawsay.

A partir de la investigación del metabolismo social con la contabilidad de materiales como herramienta de este, se ha logrado obtener estudios cuantitativos que aterrizan en sus indicadores biofísicos como la Intensidad Material (IM). Obteniendo de estos, evidencia que ayuda a explicar el comportamiento de la IM en diferentes regiones y economías, como en los casos presentados a continuación:

Marrero y Ramos-Real (2008) realizaron un estudio utilizando la descomposición de índices, y para este caso se usa el Índice de Divisia, para determinar si España, en comparación con los demás países de la Unión Europea, estaba experimentando un proceso de materialización o desmaterialización debido a factores estructurales o de eficiencia energética. Para ello se centraron en el consumo de los principales sectores productivos como son: actividades primarias, servicios, industria, y construcción. Descubrieron que España tuvo un comportamiento diferente al de los demás países de la Unión Europea durante el periodo de 1991 a 2005, a pesar de que todos los países experimentaron una disminución en la industria y

la construcción. Los autores consideran que este cambio en España se debió a factores estructurales. Sin embargo, a diferencia de otros países de la UE, España no logró alcanzar una eficiencia energética debido a la falta de consolidación del sector servicios y la disminución del sector agrícola.

Varios estudios han tratado de explicar el comportamiento de la intensidad material de diferentes regiones, considerando su contexto histórico. Por ejemplo, en el estudio de Rossana Galli (1998), se intentó relacionar la intensidad material con los niveles de ingreso en las economías emergentes de Asia, encontrando que existe una relación inversa entre los altos niveles de ingreso y la desmaterialización de las economías. Además, el estudio determinó que tres factores influyen directamente en la desmaterialización de una economía: mayores ingresos per cápita, progreso tecnológico que conlleva a una eficiencia en el uso de materiales y la sustitución de materiales a través del desarrollo tecnológico. El estudio utilizó paneles de datos por efectos fijos y aleatorios, obteniendo los resultados esperados en cuanto a la relación positiva entre los niveles de ingresos y la intensidad material para los países estudiados. Por último, pronosticaron la disminución futura de la demanda energética para los países de alto ingreso.

West y Schandl (2013) realizaron un análisis del uso y eficiencia de materiales en la región latinoamericana desde 1970 hasta 2008. En su estudio, observaron un incremento en el consumo de materias primas y una disminución en la eficiencia de la conversión de estos recursos en ingresos nacionales. Los resultados indican que tanto el crecimiento de la población como el aumento de los ingresos per cápita tuvieron contribuciones comparables al incremento en el uso de materiales, mientras que el cambio tecnológico, medido por la intensidad de los materiales, no tuvo un efecto moderador sobre el consumo.

En el caso de Latinoamérica, el informe "Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina" (PNUMA, 2013) evidencia que el consumo y extracción de materiales doméstico de la región es elevado y su tendencia ha sido creciente debido a la naturaleza de la región como exportadora primaria.

3. Sustentabilidad de las Economías

En el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, para analizar la sustentabilidad de las naciones se hace uso de los flujos de materiales y de los indicadores de productividad de los recursos. Los cuales permiten monitorear los patrones del uso de los recursos a medida que crecen las economías globales, así como el progreso hacia el cumplimiento de las metas 8.4 “Productividad de los recursos” y 12.2 “Uso sostenible de los recursos naturales” de los ODS.

Los datos de los flujos de materiales globales brindan información que permite a los gobiernos, los investigadores de políticas y demás interesados a entender y monitorear los vínculos entre el crecimiento económico y el uso de materias primas. Esta información es básica para el desarrollo de estrategias de consumo y producción sostenibles; así como para poder evaluarlas y determinar si han servido o no para reducir el uso de los recursos.

Para dicho análisis pueden utilizarse, entre otros, los siguientes indicadores (medidos en toneladas):

- 1) *Direct Material Input* (DMI) o Consumo Interno de Materiales: es la cantidad total de materiales utilizado directamente en una economía.

$$DMI = DE + IM$$

- 2) *Physical Trade Balance* (PTB) o Balanza Comercial Física (toneladas): es el peso simple de los productos tal como cruzan las fronteras.

$$PTB = IM - EX$$

Una PTB negativa implica que el país es un exportador neto de materiales

Una PTB positiva implique que el país es importador neto de materiales

- 3) *Domestic Material Consumption* (DMC) o Consumo Doméstico de Materiales: es el volumen del consumo de materiales al interior de una economía.

$$DMC = DE + IM - EX$$

- 4) *Material footprint* (RMC) o Huella material: es la cantidad total de materias primas necesarias para producir los bienes utilizados por la economía.

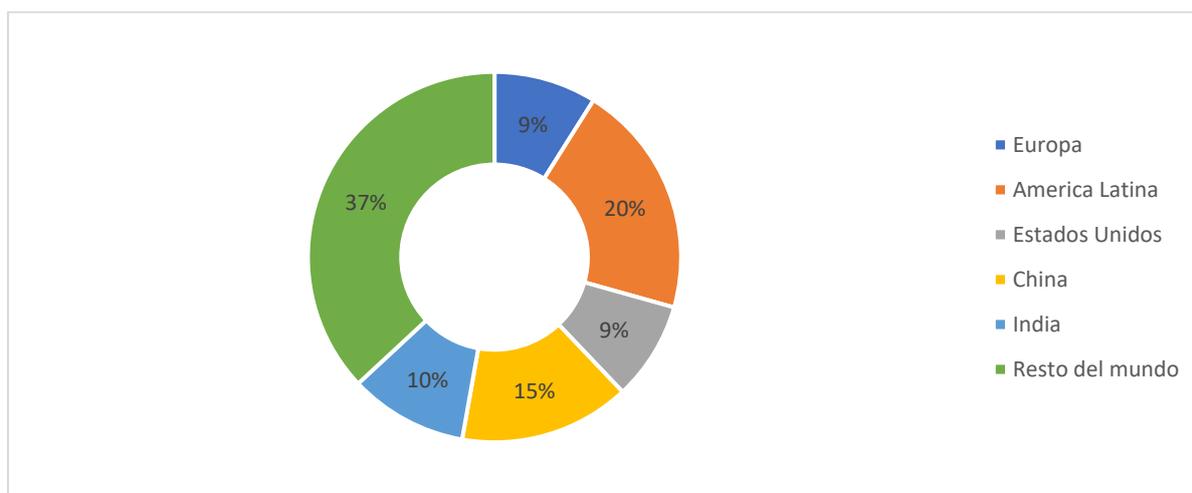
$$RMC = DE + RME_{IM} - RME_{EX}$$

Donde:

- *Domestic extraction* (DE) o extracción nacional: es la cantidad anual de materia prima, excepto agua y aire, extraída del entorno natural.
- *Imports* (IM) o Importaciones físicas: es la entrada de materiales a la economía desde otras economías.
- *Exports* (EX) o Exportaciones físicas: es la salida de materiales de la economía hacia otras economías.
- *Raw Material Equivalentents of imports* (RME) o Equivalentes de materias primas: es la expresión de una unidad de producto comercializado, expresado en la cantidad de extracción de materiales necesarios para producir el producto comercializado.
 - *Raw Material Equivalentents of imports* (RME_{im}) o Importaciones físicas en equivalente de materia prima
 - *Raw Material Equivalentents of exports* (RME_{ex}) o Exportaciones físicas en equivalente de materia prima.

En este Trabajo de Titulación, el análisis de la sustentabilidad se realiza agrupando los países por su nivel de ingresos. Así en primera instancia se presentan los resultados para Europa, Japón y Estados Unidos, luego los de los países de América Latina, y, por último, de China e India, países que han sido incluidos por la importancia de sus impactos ambientales a nivel global.

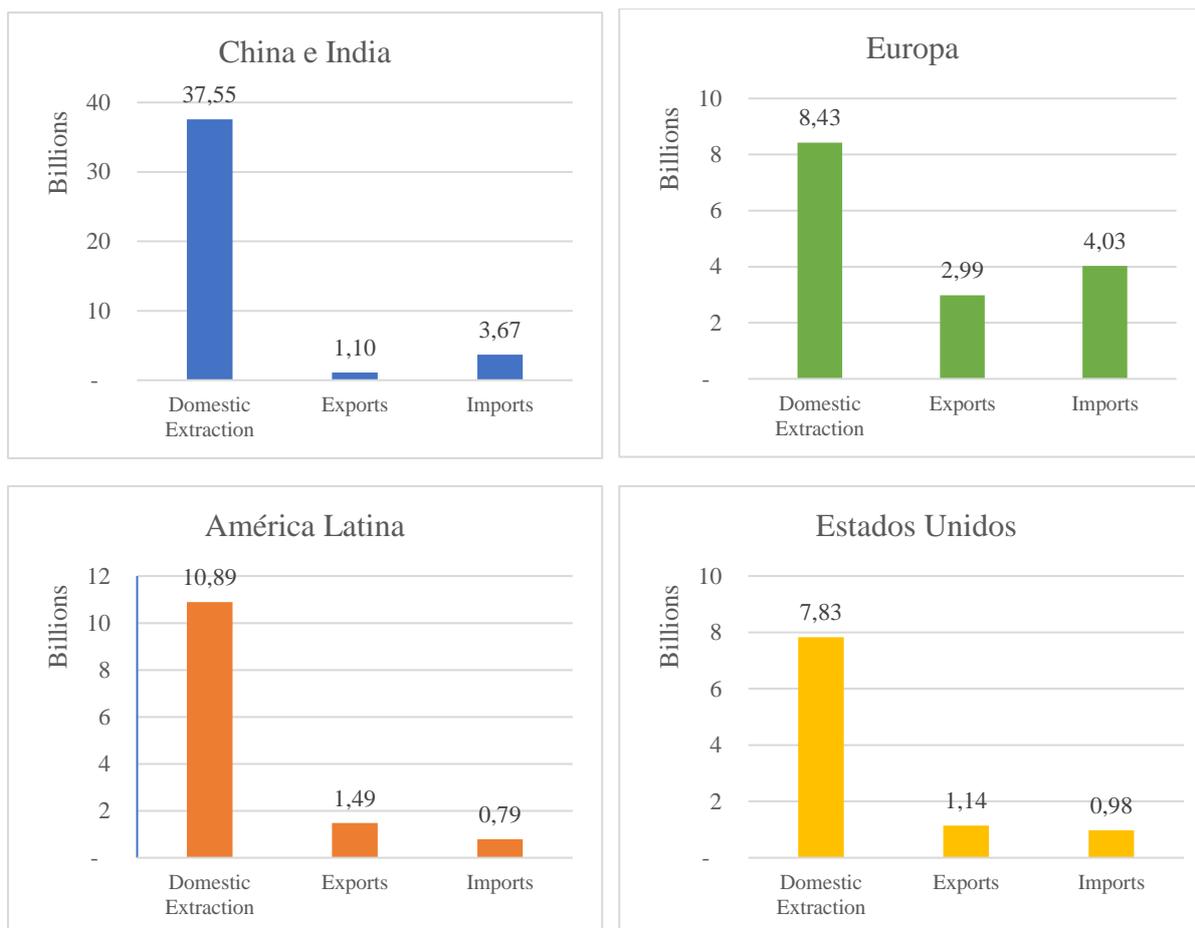
En la Figura siguiente se evidencia la extracción doméstica a nivel mundial, donde se observa la relevancia que tienen los cuatro grupos de naciones definidas en el presente estudio; donde América Latina y el Caribe abarcan el 20% de la extracción doméstica de materiales, China e India el 25%, Europa el 9% y Estados Unidos el 9%, y el 37% el resto de naciones a nivel mundial.



Extracción doméstica (DE) mundial en toneladas.

Fuente: Adaptado de: (UNEP, 2021)

Como se muestra en la figura siguiente, las naciones de China, India e Europa se caracterizan por ser importadores de recursos de otras economías; mientras que América Latina y Estados Unidos son exportadores de recursos materiales, razón por la que su balanza comercial física es negativa.



Sustentabilidad económica por grupos de países

Fuente: Adaptado de: (UNEP, 2021)

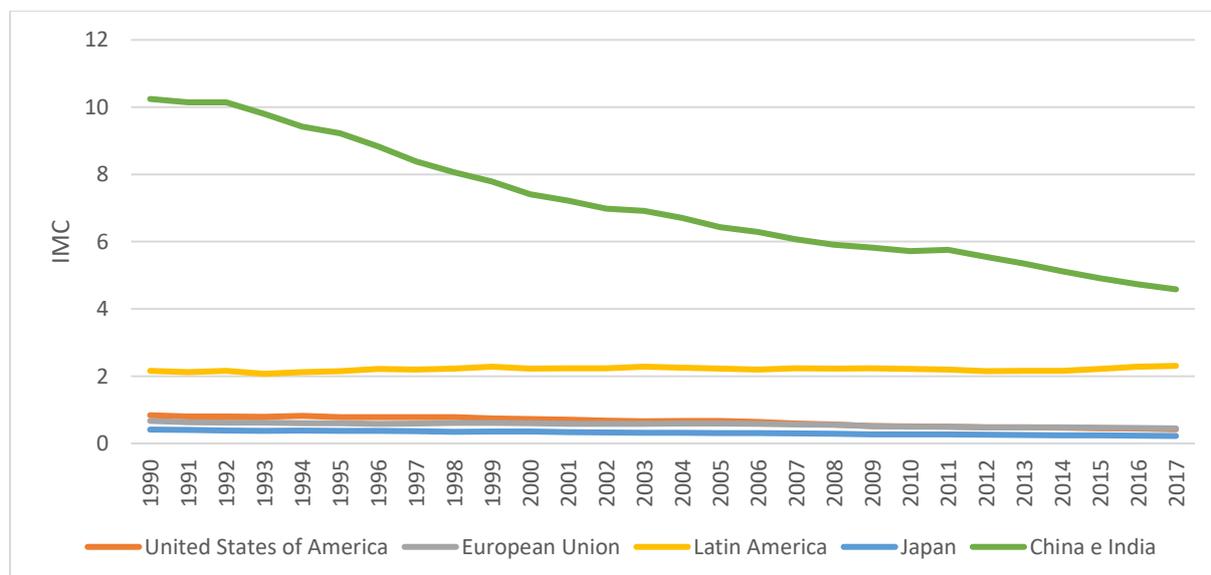
3.1. Intensidad Material

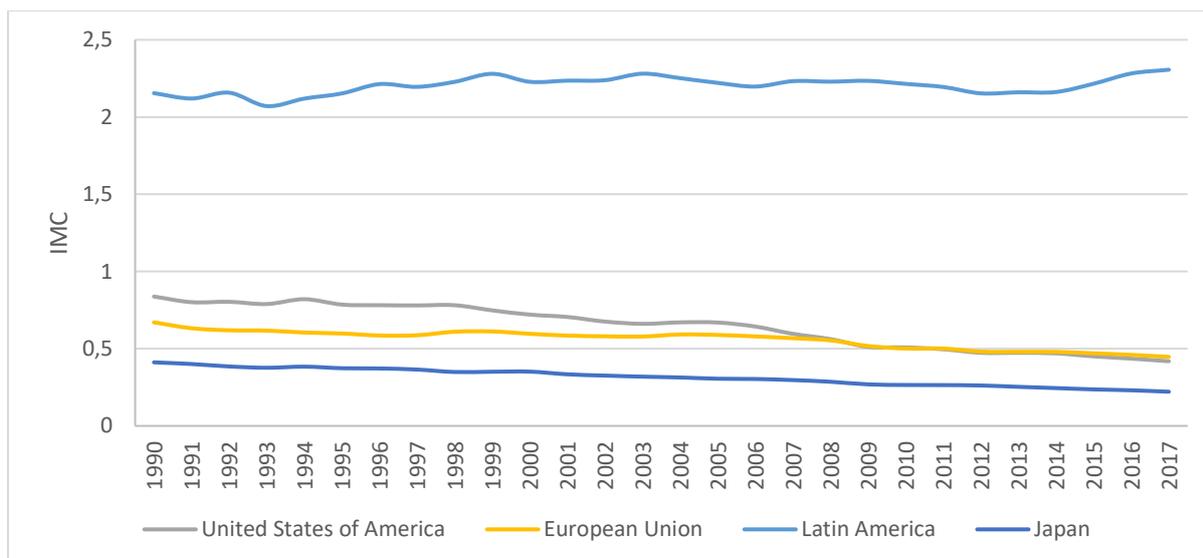
La intensidad material es descrita por varios autores como el índice que aproxima la cantidad de materiales consumidos en una economía para la producción de bienes finales. Su medición, según el Programa de la Organización de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), es la inversa de la productividad material que está dada por el cociente entre el PIB y el DMC, que no es más que la medida del total de cantidad de materiales usados en una economía, por lo que la intensidad material, al ser la inversa, mide el consumo de materiales requeridos para producir una unidad de PIB, y es una de las medidas más relevantes para conocer el estado de la economía de una nación (United Nations Environment Programme, 2021).

Es considerada como una medida de productividad, cuyo fin es establecer la relación entre entradas y salida de: bienes y servicios que se logran producir en un periodo de tiempo, las entradas de recursos energéticos empleados en el proceso de producción de una nación; todo esto expresado en valores monetarios que permitan su comparación.

En este sentido, una economía se encuentra desmaterializada cuando su intensidad energética es baja, lo que significa que su consumo de energía es bajo y su nivel de productividad alto. Por el contrario, se tiene materialización cuando una nación tiene una intensidad material alta, es decir, su consumo de energía es alto y su nivel de productividad o su PIB son bajos (CEPAL, 2022).

Por tanto, la intensidad material se vuelve un indicador altamente relacionado con la sustentabilidad económica en la medida que brinda información sobre si un país usa eficiente o deficientemente los recursos energéticos, es decir, si está generando más o menos contaminación por efectos de su nivel de producción y consumo de materiales.





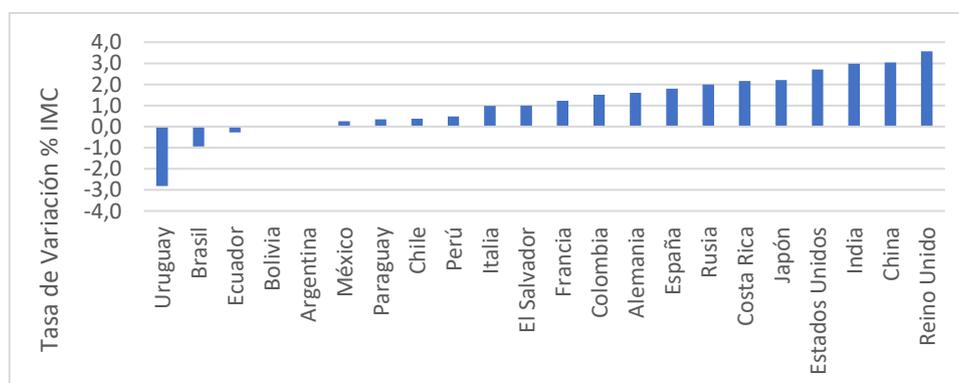
Intensidad material (Tons/Pib) por grupos de países entre 1990 a 2017

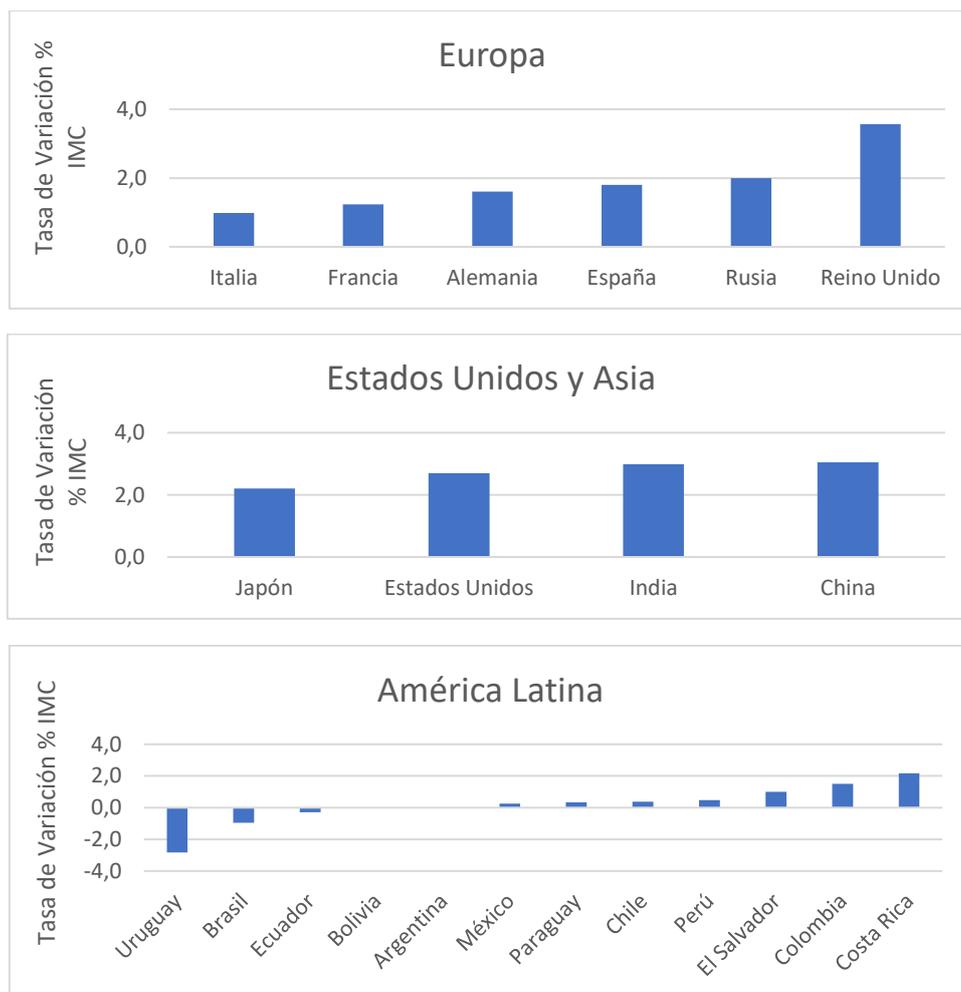
Fuente: Adaptado de: (UNEP, 2021)

La figura anterior muestra que los países de América Latina tienen una intensidad material más alta en comparación a Japón, Estados Unidos y la Unión Europea. En tanto que en el caso de China e India su intensidad material en los últimos años ha ido disminuyendo a un ritmo similar.

3.1.1. Análisis de la intensidad material por países

A continuación, se presenta la tasa de variación exponencial de la intensidad material por cada grupo de países en el período de estudio.





Tendencia intensidad material (Tasa de variación exponencial)

Fuente: Adaptado de: (UNEP, 2021)

La figura anterior evidencia que, durante el periodo de análisis, las naciones de la Unión Europea han presentado una desmaterialización de sus economías, al igual que Estados Unidos y los países de China, India y Japón. En tanto que, en América Latina, el comportamiento es variable, ya que en ciertas naciones se da una desmaterialización, en otras se genera una rematerialización, y en otro grupo no se muestra una tendencia clara.

4. Análisis Econométrico de la Intensidad Material

4.1 Metodología

En esta sección se presenta la metodología empleada para el análisis econométrico de los datos referentes a la intensidad material de las economías objeto de estudio.

Los datos empleados en este estudio fueron extraídos de dos fuentes principales. Las variables independientes se las tomó de la base de datos de Indicadores de Desarrollo Mundial del Banco Mundial; en tanto que la variable independiente, la Intensidad Material, se obtuvo de la base de datos del Panel Internacional de Recursos (IRP) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente de la UNEP. Las series de datos abarcan el periodo de 1990 a 2017.

Los Indicadores de Desarrollo Mundial son una herramienta propuesta por el Banco Mundial que reúne estadísticas acerca del desarrollo de los países y sobre la erradicación de diferentes problemas estructurales que pueden afectar a una economía (Banco Mundial, 2022); por otro lado, el objetivo de la UNEP es ser un manual explicativo de las metodologías usadas en la contabilidad de los flujos materiales en los diferentes países, con el apoyo de Eurostat (Oficina Europea de Estadística) y la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (United Nations Environment Programme, 2021).

Por la naturaleza de los datos manejados, esto es el disponer de información de diferentes países (i) en un período determinado de tiempo (t), la metodología adecuada para trabajar con ellos es a través de datos de panel.

Para el uso de este tipo de técnica econométrica, de acuerdo con la literatura académica, es necesario realizar la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan, y la prueba de Hausman, las cuales permiten verificar que modelo es más consistente y eficiente (Gujarati & Porter, 2010).

Para determinar si es mejor utilizar un modelo de datos de panel en lugar de un modelo de regresión simple, es necesario evaluar si la heterocedasticidad está presente y si tiene implicaciones sustanciales en las estimaciones y conclusiones del modelo (Wooldridge, 2010).

El test de Breusch-Pagan se basa en la idea de que la heterocedasticidad puede conducir a estimaciones ineficientes y sesgadas de los coeficientes en un modelo. El test calcula un estadístico ML (Multiplicador de Lagrange) que compara la variabilidad de los residuos en función de las variables explicativas (Wooldridge, 2010).

Por otro lado, el test de Hausman es una prueba chi cuadrado que determina si las diferencias son sistemáticas y significativas entre dos estimaciones (Montero, Test de Hausman, 2005). Se la utiliza en paneles de datos para seleccionar entre los modelos de efectos fijos y efectos aleatorios. Comparando las estimaciones de los coeficientes obtenidos en ambos modelos, el test evalúa si los efectos individuales están correlacionados o no correlacionados con las variables explicativas. El modelo de efectos fijos se prefiere cuando los efectos individuales están correlacionados, mientras que el modelo de efectos aleatorios se prefiere cuando los efectos individuales no están correlacionados (Baltagi, 2008).

Como señala Baltagi (2013), "los datos de panel proporcionan un mejor control de los efectos fijos y son menos propensos a la endogeneidad que los datos de corte transversal", lo que puede mejorar la precisión y la validez de los resultados.

4.1.1. Mínimos Cuadrados Ordinarios con Efectos Fijos

Los mínimos cuadrados ordinarios con efectos fijos en modelos de paneles de datos son una técnica de estimación que permite controlar la heterogeneidad no observada entre las unidades de observación. En este enfoque, se incluyen efectos individuales específicos para cada unidad de observación, lo que permite capturar la heterogeneidad constante en el tiempo (Wooldridge, 2010).

La estimación por mínimos cuadrados ordinarios con efectos fijos implica diferenciar la variable dependiente y las variables explicativas respecto a sus respectivos promedios individuales, lo que elimina los efectos individuales no observados y estima los coeficientes de manera consistente. Esta técnica es particularmente útil cuando se desea controlar las características inobservables que son específicas de cada unidad de observación y que no varían a lo largo del tiempo (Wooldridge, 2010).

Validación del modelo

Es necesario realizar un conjunto de pruebas post estimación del modelo verificando que se cumplan los supuestos de Gauss-Markov, es decir, que los estimadores del modelo obtenido por MCO, sean los mejores estimadores lineales insesgados, lo que ocurre si existe independencia de los errores y si estos están distribuidos homogéneamente con varianza constante.

4.1.2. Multicolinealidad

La multicolinealidad en el contexto de los modelos de paneles de datos se refiere a la existencia de una fuerte correlación entre dos o más variables independientes en un análisis que abarca observaciones a lo largo del tiempo y en diversas unidades. Esta situación puede

generar distorsiones en los resultados de la regresión y dificultar la interpretación de los coeficientes.

Para identificar la multicolinealidad en los paneles de datos, se pueden emplear métodos similares a los utilizados en los modelos de regresión estándar. Una alternativa consiste en calcular el Factor de Inflación de la Varianza (VIF, por sus siglas en inglés), que cuantifica el aumento de la varianza de un coeficiente debido a la presencia de multicolinealidad. Valores elevados de VIF sugieren la presencia de una alta multicolinealidad (Wooldridge, 2010).

4.1.3. Endogeneidad de las variables explicativas

La endogeneidad en un modelo de paneles de datos ocurre cuando una o más variables independientes están correlacionadas con el término de error del modelo, lo que puede llevar a resultados sesgados e ineficientes. Esto sucede porque las variables endógenas (correlacionadas con el error) pueden afectar a las variables independientes y viceversa, lo que dificulta establecer relaciones causales claras (Wooldridge, 2010).

La endogeneidad puede distorsionar las relaciones causales que se intentan identificar y dificultar la interpretación de los efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente. Es esencial abordar la endogeneidad de manera adecuada para obtener resultados fiables y precisos en el análisis de paneles de datos. Esto se evaluará mediante las pruebas que se realicen para verificar si es necesario realizar el análisis por panel (Multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan) y se encuentra dentro del Test de Hausmann al decidirse por Modelo de paneles de datos por efectos fijos se está asumiendo que no se tiene problemas de endogeneidad en las variables explicativas.

4.1.4. Normalidad de residuos

La normalidad de los residuos en modelos de paneles de datos es fundamental para garantizar la validez de las inferencias estadísticas. Se espera que los residuos sigan una

distribución normal para que las estimaciones de los parámetros sean confiables y precisas (Alejo et al, 2015). La evaluación de la normalidad de los residuos se puede realizar mediante gráficos y pruebas estadísticas, como el gráfico de residuos vs. valores ajustados y la prueba de Jarque-Bera que es través de la examinación de la curtosis de la distribución de los residuos.

4.1.5. Autocorrelación

La autocorrelación puede surgir debido a la presencia de efectos no observados, una estructura de dependencia temporal o una falta de control de variables relevantes (Baltagi, 2008). Para identificar la autocorrelación en modelos de paneles de datos, se pueden utilizar pruebas estadísticas como la prueba de Durbin-Watson, la prueba de Breusch-Godfrey y la prueba de Wooldridge.

Por lo general se tiene que los datos de panel presentan autocorrelación serial, dado que los errores se correlacionan temporalmente dentro de cada unidad. En este sentido se realiza la prueba de Wooldridge (2002), en donde se establece como hipótesis nula que no existe autocorrelación; por tanto, si se rechaza la hipótesis, se concluye que si existe problemas de autocorrelación.

4.1.6. Heterocedasticidad

La heterocedasticidad se refiere a la presencia de una varianza no constante en los errores del modelo a través del tiempo o entre diferentes unidades de observación. Puede llevar a estimaciones ineficientes y sesgadas de los parámetros. Surge debido a diversas razones, como diferencias en la volatilidad de las unidades de observación o errores de medición heterogéneos (Wooldridge, 2010).

La heterosedasticidad se la puede verificar a través de la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan, pero este tipo de prueba asume que no existe autocorrelación, -

que en el caso del modelo planteado no se cumple. Por lo que se hará uso la prueba Modificada de Wald, que sirve aun con la presencia de autocorrelación. El p-valor obtenido en esta prueba permite rechazar la hipótesis nula de la varianza constante ($H_0 = \sigma_i^2 = \sigma^2$).

Errores Estándar Corregidos para Panel (PCSE)

Con base a lo descrito anteriormente se realizó la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch y Pagan, para determinar si es mejor la estimación del modelo mediante paneles de datos o regresiones lineales individuales. Obteniendo de este que se debe estimar el modelo mediante paneles de datos (véase Anexo 2a).

Una vez definida la utilización de paneles de datos se realiza también el test de Hausman para definir el modelo conveniente a estimar entre efectos fijos o efectos aleatorios, siendo el modelo de efectos fijos el que se debe estimar (véase Anexo 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los tests anteriores, se estiman los modelos de datos de panel con efectos fijos y se realiza la respectiva validación post estimación de estos. Se utiliza en la validación la prueba modificada de Wald para la determinación de existencia de heterocedasticidad, y la prueba de Wooldridge para la presencia de autocorrelación. En donde se encuentra que los modelos presentan heterocedasticidad y/o autocorrelación (véase Anexos 2b y 4).

Por la existencia de problemas de autocorrelación o heterocedasticidad, se hizo uso de la estimación del modelo PCSE (Beck, 2001). La heterocedasticidad es decir la presencia de varianza no constante en toda la muestra y la autocorrelación que se presenta cuando existe correlación entre los términos de error. Son problemas comunes en el análisis de paneles de datos que pueden afectar la validez de los resultados. Una forma de corregir estos problemas es mediante el uso de errores estándar robustos a la heterocedasticidad y de estimadores de

matrices de covarianza corregidos para la autocorrelación, como lo son los Paneles Corregidos por Errores Estándar (PCSE, por sus siglas en inglés).

Como señalan Hsiao, Pesaran y Tahmiscioglu (2002), "en presencia de heterocedasticidad y/o autocorrelación, los errores estándar convencionales subestiman la varianza de los estimadores, lo que puede conducir a intervalos de confianza engañosamente estrechos y a pruebas de hipótesis erróneas" (p. 139). Los PCSE abordan este problema al estimar una matriz de covarianza robusta que toma en cuenta la heterocedasticidad y la autocorrelación.

Además, como señalan Beck y Katz (2011), "el uso de los PCSE puede mejorar la eficiencia de los estimadores y reducir la varianza de los errores estándar, lo que puede llevar a conclusiones más precisas" (p. 245).

Con estos antecedentes, el modelo a estimar es el siguiente:

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + \mu_{it}$$

donde:

i : País, t : Año

β_1, \dots, β_k : Coeficientes a ser estimados

α : Intercepto

Y : Intensidad material

X_1, \dots, X_k : Variables explicativas

μ : Término de error

4.1.7. Descripción de las variables

A continuación, se describen las variables independientes del modelo propuesto, tomando en cuenta que la variable dependiente es la intensidad material.

- **Servicios (valor agregado como % del PIB)**
- **Industria incluido construcción (valor agregado como % del PIB):**

Estas variables corresponden al porcentaje de participación de estos sectores en el PIB.

- **Población urbana (% de la población total):** es el porcentaje de la población urbana con respecto a la población total.
- **PIB por persona empleada (Paridad de Poder Adquisitivo PPA 2017):** esta variable mide el PIB promedio que es generado por las personas que cuentan con empleo, expresado a valor constantes del año 2017 y en paridad de poder adquisitivo.
- **Exportaciones Primarias (% del PIB):** es la participación de las exportaciones de productos primarios como porcentaje del PIB.
- **Exportaciones de Manufacturas (% del PIB):** es el porcentaje de las exportaciones de manufacturas respecto del PIB.

Las variables independientes propuestas se incluyeron de acuerdo con la revisión de la literatura presentada en el capítulo 2.6. La tabla A continuación presenta dichas variables y se incluyen los signos esperados en los coeficientes de estas variables para el modelo propuesto.

Tabla 1.*Signos esperados Variables explicativas*

Variable	Signo Esperado	Bibliografía
Servicios	(-)	Marrero y Ramos-Real (2008)
Industria y construcción	(+)	Marrero y Ramos-Real (2008)
Población urbana	(+)	West y Schandl (2013),
PIB por empleado	(-)	Rossana Galli (1998)
Exportación manufacturas	(+)	Falconí et al. (2023, por publicar)
Exportaciones primarias	(+)	PNUMA (2013)

Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. Descripción de las variables por tipo de nación

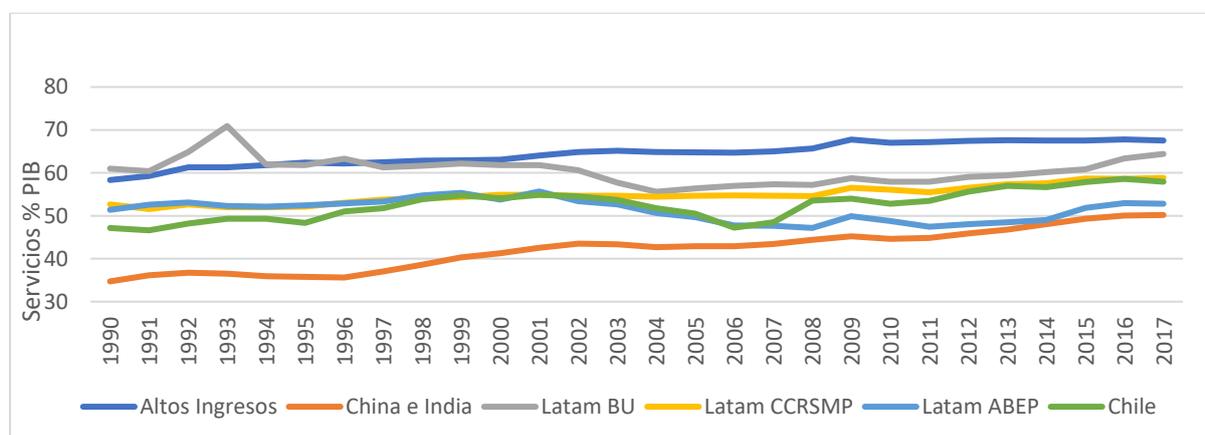
Para explicar la intensidad material, se realizó un modelo de panel de datos general de todos los países, con resultados no satisfactorios en cuanto a signos esperados y significancia de los coeficientes estimados, a consecuencia del contexto heterogéneo entre las diferentes regiones, sino también entre países de una misma región.

En estas circunstancias, se optó por dividir el panel de datos en subgrupos para garantizar una mayor homogeneidad de los países con relación a la tendencia de la variable explicada, la intensidad material porque, como lo señala Wooldridge (2010), "en algunos casos, dividir la muestra en subgrupos puede ser beneficioso para explorar la heterogeneidad de los efectos en la población" (p. 409). Además, según Baltagi (2013), "la agrupación de países que tienen tendencias similares puede mejorar la precisión de las estimaciones, ya que se están utilizando menos grados de libertad para estimar los efectos individuales" (p. 289).

Por tal motivo se decidió dividir a los países de acuerdo con las regiones, ingresos y la tendencia observada en la variable de estudio. Obteniendo de esta manera una agrupación de países de altos ingresos (Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, España, Italia, Rusia y

Reino Unido). Así también subgrupos en la zona de Latinoamérica según su tendencia (decreciente: Colombia, Costa Rica, El Salvador, México y Paraguay, creciente: Brasil, Uruguay y sin tendencia: Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú), sin embargo, Chile al tener un comportamiento diferente a los de los demás países de la región se lo analiza de manera individual. Por último, se agrupa a China e India por sus similitudes en cuanto a características poblacionales y pertenecer a la misma región.

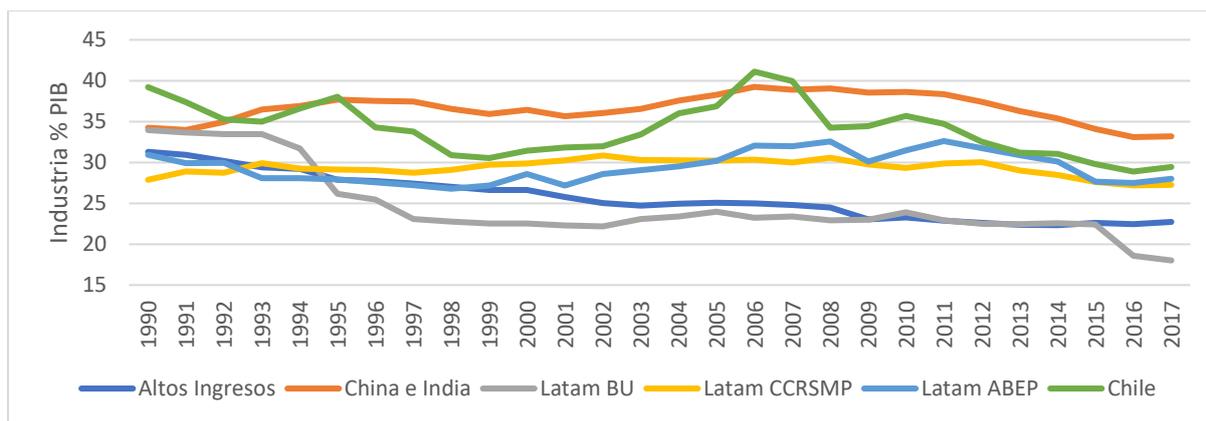
A continuación, se muestran las series históricas en el período de estudio, de las variables exógenas por grupos de países:



Serie histórica de Servicios como porcentaje del PIB por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

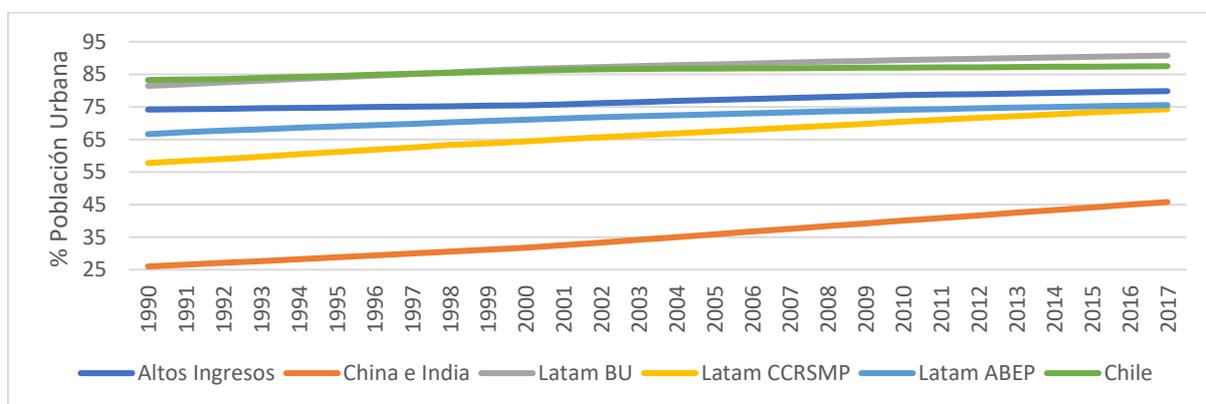
Se muestra que China e India mantienen los porcentajes más bajos de servicios con relación al PIB mientras que, los países de altos ingresos tienen en general los porcentajes más altos para esta variable.



Serie histórica de Industria como porcentaje del PIB por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

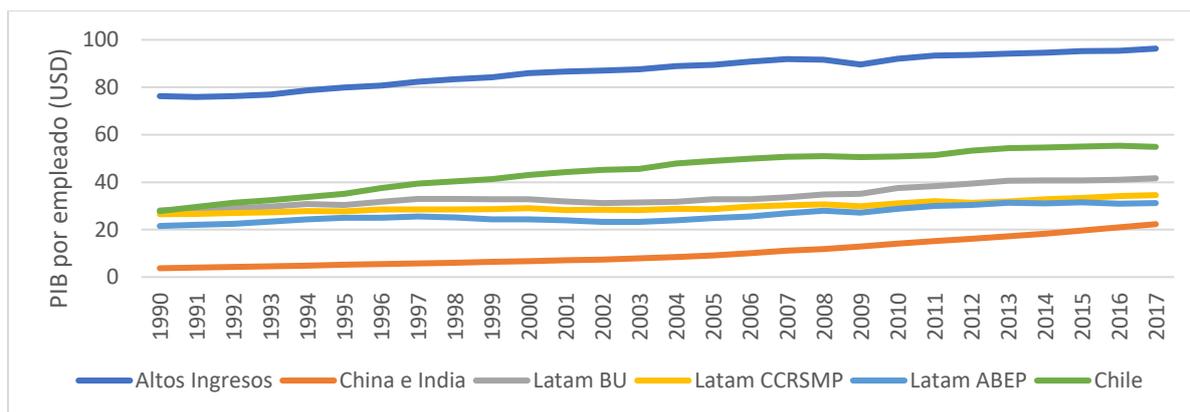
El porcentaje de participación de la industria con relación al PIB es más elevado en China e India en tanto que, el más bajo se registra en Brasil y Uruguay, así también se observa una baja participación de la industria en los países de altos ingresos.



Serie histórica de Población Urbana como porcentaje de la población total por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

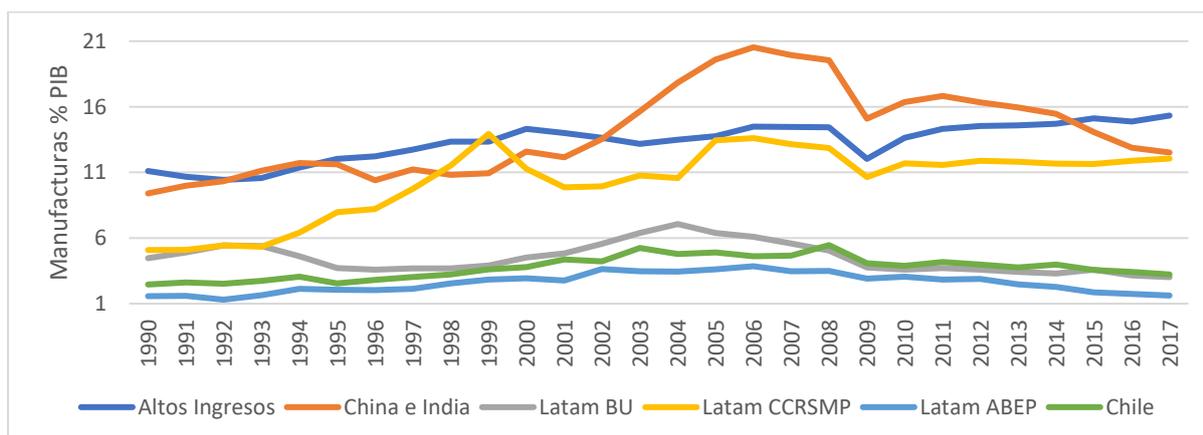
En cuanto a la representatividad de la población urbana respecto a la población total, el porcentaje promedio más alto lo tienen Brasil y Uruguay, mientras que, el más bajo evidentemente se encuentra entre las naciones de la China e India.



Serie histórica de PIB por Empleado en miles de USD por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

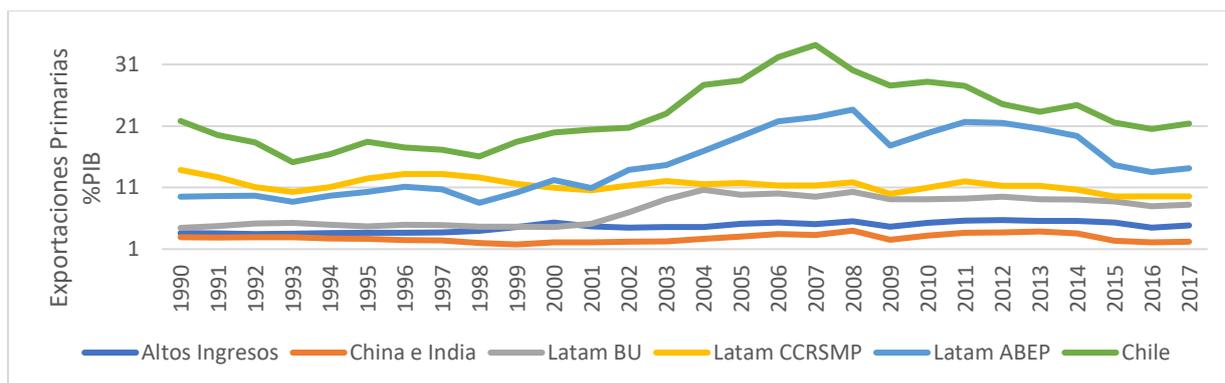
Evidentemente el PIB por Empleado es más elevado en los países de altos ingresos; mientras que en los países de China e India se muestra el PIB por Empleado más bajo, manteniendo a la zona de Latinoamérica en un punto intermedio entre estos extremos.



Serie histórica de Manufacturas como porcentaje del PIB por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

La representación de las exportaciones de manufacturas en relación con el PIB es en promedio más alta entre las naciones de China e India; en tanto que, la más baja se presenta en las naciones de Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú.



Serie histórica de Exportaciones Primarias como porcentaje del PIB por grupos de Países

Fuente: Adaptado de: (World Bank, 2022)

Finalmente, la representación de las exportaciones primarias con respecto al PIB es más alta en Chile; y, más bajas en China e India. También, se muestra que los 3 grupos de Latinoamérica poseen mayores exportaciones primarias como porcentaje de su PIB, que las economías de Altos Ingresos y la China e India.

4.2. Modelos Económicos

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos en la estimación del modelo especificado anteriormente.

El análisis previo de los supuestos de Gauss-Markov se encuentran en el Anexo 2a, consolidando un análisis integral de los modelos de manera individual para que se cumplan estos supuestos y, por ende, la inferencia y estimación del modelo sea válida.

Cabe mencionar que los modelos estimados presentaron problemas de heteroscedasticidad y autocorrelación (Anexo 2b), que fueron solucionados por Paneles Corregidos por Errores Estándar según lo mencionado en el apartado 4.1.5.

Tabla 2.*Resultados modelo econométrico*

Intensidad material	Modelo Efectos Fijos por Paneles Corregidos por Errores Estándar					
	Grupo Altos ingresos ¹	China e India	Latam CCRSMP ²	Latam BU ³	Latam ABEP ⁴	Chile
Servicios	-0,004*	-0,206***	-0,017***	0,03	-0,173***	-0,268**
Industria y construcción	0,012**	0,014*	-0,017**	-0,046**	-0,287***	-0,268***
Población urbana	-0,024***	0,176***	-0,021***	0,033**	0,108***	1,974***
PIB por empleado	-0,014***	-0,282***	-0,015	-0,018	-0,173***	-0,301***
Exportación manufacturas	-0,011**	-0,058	0,003*	0,270***	0,21	0,128**
Exportaciones primarias	0,032***	0,107**	0,002**	0,270***	0,008**	0,047**
Constante	3,689***	12,713***	5,682***	-1,238	17,871***	-129,899***
N	222	56	140	56	112	28
r_2	0,631	0,909	0,803	0,295	0,694	0,852
Prob> Chi2	0	0	0	0	0	0

¹ Usa, Japón, Alemania, Francia, España, Italia, Rusia, Reino Unido

² Colombia, Costa Rica, El Salvador, México y Paraguay

³ Brasil y Uruguay

⁴ Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú

* p<0.10, **p<0.05, ***p<0.01

5. Análisis y Discusión de Resultados

Los resultados de los modelos muestran que, en todos los casos, a excepción del Grupo Latam BU, se tiene una relación negativa y significativa entre la intensidad material y el porcentaje de representatividad de los servicios. Lo que quiere decir que, ante el incremento del sector de servicios en las economías, se disminuye la intensidad material, es decir la economía se desmaterializa; sin embargo, en el Grupo Latam BU, el coeficiente de la variable *servicios*, aunque positivo, no es significativo.

En el caso de la variable *porcentaje de la industria incluida construcción en el PIB* se evidencia un efecto positivo del desarrollo de la industria en la desmaterialización de las economías latinoamericanas. Caso contrario de los países que conforman el Grupo de altos

ingresos y China e India, lo que implica que, en promedio, un incremento de una unidad porcentual de la industria incluida construcción con respecto al PIB, aumenta 0.012 y 0.014 unidades de intensidad material de sus economías (Kg/\$).

Los resultados obtenidos en los sectores de servicios e industria guardan relación con lo evidenciado en Marrero y Ramos-Real (2008), con respecto al incremento del sector de servicios y la disminución de la industria como determinantes de la desmaterialización en la mayor parte de países de la Unión Europea.

El porcentaje de representatividad de la *población urbana con respecto a la población total* tiene una relación directa en el caso de todos los países analizados, a excepción del grupo de altos ingresos y del Grupo Latam CCRSMP con los que tiene una relación inversa, es decir, que, en promedio, por cada unidad porcentual que aumenta la población urbana se tiene una reducción del 0.024 y 0.021, respectivamente de la intensidad material en estos países.

El *PIB per cápita de la población empleada* muestra que, tiene una relación inversa en todos los casos, es decir, que, en promedio, ante el aumento del PIB per cápita se disminuye la intensidad material de los países. Este comportamiento ya se ha evidenciado en el estudio de Rossana Galli (1998), para las economías emergentes de Asia.

La representatividad de las *exportaciones manufactureras con respecto al PIB* tiene una relación directa con la intensidad material según lo observado en su signo, a excepción del caso de los países de altos ingresos y China e India, con los cuales es inversa, es decir, que, en promedio, un incremento de las exportaciones manufactureras, disminuyen en 0,011 y 0,058 respectivamente la intensidad material de estas economías. Esto podría ser explicado porque las exportaciones de manufacturas en estos países son de alta o mediana tecnología, que para China en el caso de manufacturas de alta tecnología se ha mantenido en promedio desde 2007 a 2017 representado el 30% de las exportaciones de sus manufacturas totales, siendo mayor

incluso que en la UE (16%), USA (20%) y Japón (18%), según datos del Banco Mundial. Para el caso de Latinoamérica aún no se tiene una especialización tecnológica como en esos países, y al excluir a México del análisis, estas exportaciones han ido en disminución para la región y siendo poco representativas en sus exportaciones, Falconí et al. (2023, por publicar).

Finalmente, todas las naciones presentan una relación directa entre la intensidad material y el porcentaje de representatividad de las *exportaciones primarias con respecto al PIB*, es decir que, en promedio, ante el aumento de la exportación primaria también lo hace la intensidad material de una economía, incrementándose en mayor medida en el caso de los países del Grupo LATAM ABEP con un valor de 0,787. Esto se puede relacionar a la especialización de los países latinoamericanos en exportaciones primarias precisamente (PNUMA, 2013).

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

Considerando los objetivos planteados para esta investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Al realizar una comparación entre la intensidad material de los países denominados de altos ingresos (Estados Unidos, Europa y Japón) con los de ingresos medios (América Latina) se ha podido evidenciar que, en el caso del primer grupo de naciones, en general, se presenta una tendencia a la desmaterialización de sus economías; mientras que, en el caso del segundo grupo de naciones, la mayoría tiende a la materialización de sus economías.
- En el caso de China si bien se muestra una tendencia a la desmaterialización, al igual que los países de alto ingreso, no se podría afirmar que se trata de una economía sustentable, ya que sus datos ambientales no son los más favorables. Tomando información del banco mundial, China, presenta 7.2 toneladas métricas per cápita en emisiones de CO₂ al año 2017, mientras que los datos a escala mundial son de 4.6 toneladas métricas per cápita en emisiones de CO₂ para el mismo año. Es decir que China muestra 2.6 más en toneladas métricas per cápita en emisiones de CO₂. En otro sentido se puede notar que, aun así, si su intensidad material ha disminuido no se encuentra en los mismos niveles que la de los países de alto ingreso.
- Las tendencias analizadas durante el periodo 1990-2017, muestran que la intensidad material ha tenido un comportamiento diferente en cada nación dado su economía y tamaño poblacional; así como considerando el contexto en que estas se desenvuelven, el cual difiere de una nación a otra; inclusive al comparar entre países del mismo grupo.

- En general, las variables explicativas seleccionadas muestran impactos significativos en la intensidad material de los países de altos y mediano ingreso analizados, que tienen trayectorias diferentes en cuanto a desmaterialización, esto se muestra en el impacto diferente que tienen las diferentes regiones y economías evaluadas en la consecución de esta. Por ejemplo, en la variable porcentaje de representatividad de las exportaciones primarias con respecto al PIB se destaca el impacto en las naciones de América Latina; no siendo sorprendente sobre todo si se tiene en cuenta que en general, son sus economías son primario exportadoras. Además, se observó que los impactos de estas variables sobre la China e India tienen comportamientos similares a los de los países de alto ingreso, sólo difiriendo en el grado de urbanización que se tienen en los países, que podría estar asociado a la importancia que le dan los diferentes países de la UE al cumplimiento de las diferentes metas del ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), con lo que sus ciudades puntúan un mejor Índice de Prosperidad Urbana (CPI, por sus siglas en inglés).

6.2 Recomendaciones

- Es necesario que las naciones consideren dentro de sus Planes de Gobierno los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a fin de volver sus economías más sustentables y lograr la desmaterialización, de modo que se alcance el uso eficiente de los recursos, una mayor productividad, pero sin que esto implique incrementar la contaminación ambiental y la destrucción de los ecosistemas.
- Una forma que tienen las naciones para orientar sus objetivos de sustentabilidad es a través de la adopción e implementación de indicadores de contabilidad material, los cuales podrían ayudar a los gobernantes de los diferentes países a establecer planes y políticas para alcanzar la desmaterialización y sustentabilidad de sus economías.

- En este sentido, es importante que las naciones, en especial las latinoamericanas reorienten su modelo extractivista, primario exportador y que empiecen a trabajar en nuevas formas de producción; considerando que, si bien no es posible dejar de usar recursos para la producción, es indispensable que estos sean aprovechados eficientemente con el menor impacto ambiental posible, de modo que se garantice para las futuras generaciones los recursos necesarios para su supervivencia, es decir, lograr la sustentabilidad.

7. Bibliografía

- Alejo, Javier; Galvao, Antonio; Montes-Rojas, Gabriel; Sosa-Escudero, Walter (2015) : *Tests for Normality in Linear Panel Data Models*, Documento de Trabajo, No. 178, Universidad Nacional de La Plata, Centro de Estudios Distributivos, Laborales Sociales (CEDLAS), La Plata. <http://hdl.handle.net/10419/127687>
- Ayres, R., & Ayres, L. (2002). *A Handbook of Industrial*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing, Inc.
- Baltagi, B. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data* (5ta ed.). New Delhi, India: John Wiley & Sons, Ltd.
- Banco Mundial. (2022). *Datos*. Grupo Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/country>
- Beck, N. (2001). *Time-Series–Cross-Section Data: What Have We Learned in the Past Few Years?* Annual Reviews: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.polisci.4.1.271>
- Camacho, M. (2019). *Heterocedasticidad*. ADE.
- Castiblanco, C. (2007). la economía ecológica: una disciplina en busca de autor. *Investigación*, 10(3), 7-22. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169419821001.pdf>
- CEPAL. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago: CEPAL.
- CEPAL. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad*. Santiago: CEPAL.
- CEPAL. (2022). *Intensidad material en la transición energética en América Latina: estimaciones sobre la base de un escenario de integración energética de América del Sur*. Santiago de Chile: CEPAL.

- Common, M., & Stagl, S. (2019). *Introducción a la economía ecológica*. Reverte.
- Crespo, Z., & Pérez, M. (2018). El metabolismo social en las economías andinas y centroamericanas, 1970-2013. *Sociedad y Economía*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/soec/n36/1657-6357-soec-36-00053.pdf>
- Crespo, Z., & Pérez, M. (2019). El metabolismo social en las economías andinas y centroamericanas, 1970-2013. *Sociedad y Economía*(36), 53-81.
<https://doi.org/10.25100/sye.v0i36.5866>
- Daly, H., & Farley, J. (2004). *Ecological economics, Principles and Applications*.
https://indomarine.webs.com/documents/Ecological_Economics_Principles_And_Applications.pdf
- Datosmacro. (2023, Enero 7). *PIB de Estados Unidos*.
<https://datosmacro.expansion.com/pib/usa?anio=2019#:~:text=El%20valor%20absoluto%20del%20PIB,que%20fue%20de%2053.128%20%E2%82%AC%20>
- Díaz, C. (2017). Consumo, desarrollo humano y sentido de la vida: un aporte bioético a la política de consumo de energía en los hogares. *Revista Colombiana Bioética*, 12(1), 86-104. <https://www.redalyc.org/journal/1892/189251526009/html/>
- Falconí F., Burbano R., Intriago R. & Cango Pedro (2023). Extractivism and dematerialization in Latin America.
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., & Weisz, H. (2011). Methodology and indicators of economy-wide material flow accounting: State of the art and reliability across sources. *Journal of Industrial Ecology*, 855-876.

- Gómez, D. (2021). Metabolismo social y bioeconomía Dialogo de saberes. *Economía y sociedad*, 2(2), 21-27. <https://www.camjol.info/index.php/aes/article/view/12807>
- Gómez, J. (2014). Del desarrollo sostenible a la sustentabilidad ambiental. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 22(1), 115-136. <https://www.redalyc.org/pdf/909/90931814009.pdf>
- Gudynas, E. (2003). *Ecología, Economía y Ética del Desarrollo Sostenible*. Quito: Abya-Yala.
- Gudynas, E. (2004). *Una mirada histórica al desarrollo sostenible* (5a revisada ed.). Montevideo, Uruguay: Editorial Coscoroba. <https://silo.tips/download/una-mirada-historica-al-desarrollo-sostenible#>
- Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría* (5ta ed.). México D.F., México: Mc Graw Hill Educación.
- Haro, A., & Taddei, I. (2014). Sustentabilidad y economía: la controversia de la valoración ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, 14(46), 743-767. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11131650006>
- Infante, J., Aguilera, E., Vila, J., Sanjuan, A., Oropesa, F., & González, M. (2021, mayo 28). Las bases materiales del desarrollo económico en España (1860-2016). Un estudio desde el metabolismo social. *ICE*(121), 185-213. <https://doi.org/>
<https://doi.org/10.32796/cice.2021.101.7194>
- Infante, J., González, M., & Toledo, V. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 130-152. <https://core.ac.uk/download/pdf/155003398.pdf>

- Infante-Amate, J., Vila, J., Aguilera, E., Sanjuán, A., Oropesa, F., & González de Molina, M. (2021). Las bases materiales del desarrollo económico en España (1860-2016). Un estudio desde el metabolismo social. *ICE Información Económica Española*(101), 185-209. <http://www.revistasice.com/index.php/CICE/article/view/7194/7238>
- Jiménez, L. (2003). *Cambio Global, Desarrollo Sostenible y Coevolución*. Universidad Complutense de Madrid-Laboratorio Ingeniería Sostenible: https://www.google.com/search?q=criterios+de+eficiencia+y+equidad-jimenez-herrero+pdf&sxsrf=AJOqlzW1VZ7RqjEEpPIIDpnN0SxVYu9lZg%3A1677102252204&ei=rIz2Y9H_C6SWwbkPs4OruAo&ved=0ahUKEwjRhfrfjKr9AhUkSzABHbPB CqcQ4dUDCA8&uact=5&oq=criterios+de+eficiencia+y+equi
- Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., . . . Haberl, H. (2017, enero 5). *Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use*. PNAS: <https://www.pnas.org/doi/epdf/10.1073/pnas.1613773114>
- Labra, R., y Torrecillas, C. (2014). *GuíaCERO para datos de panel. Un enfoque práctico*. https://www.catedrauam-asseco.com/documents/Working%20papers/WP2014_16_Guia%20CERO%20para%20datos%20de%20panel_Un%20enfoco%20practico.pdf
- Leff, E. (2000). *Globalización, ambiente y sustentabilidad del desarrollo* (2a ed.). México D.F., México: Siglo XXI editores en coedición con el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades UNAM.
- Leff, E., Argueta, A., Boege, E., & Porto, C. (2002). Más allá del desarrollo sostenible: la construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: una visión desde

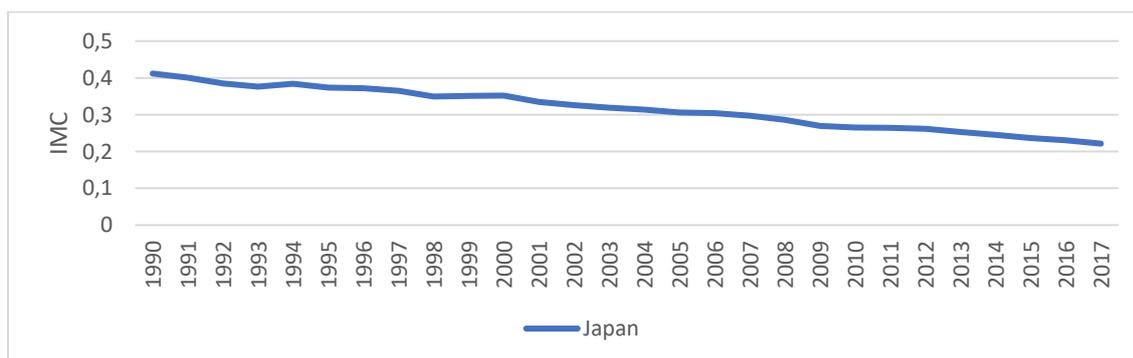
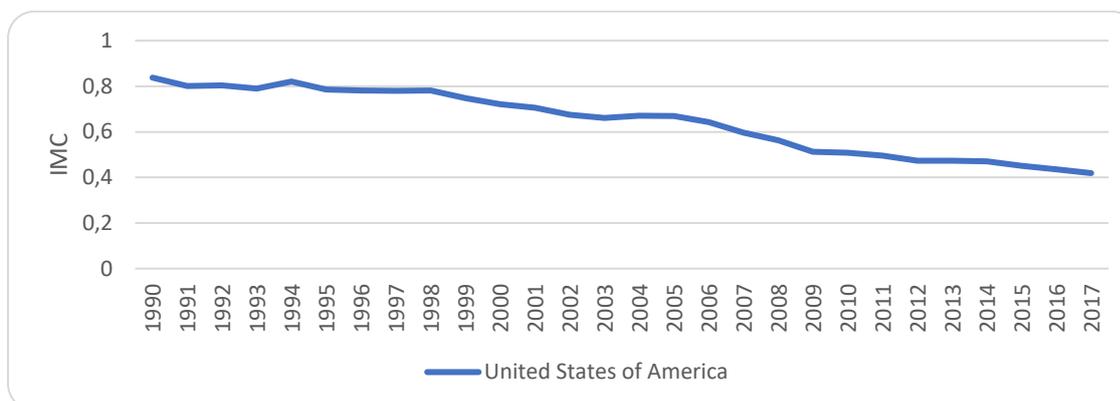
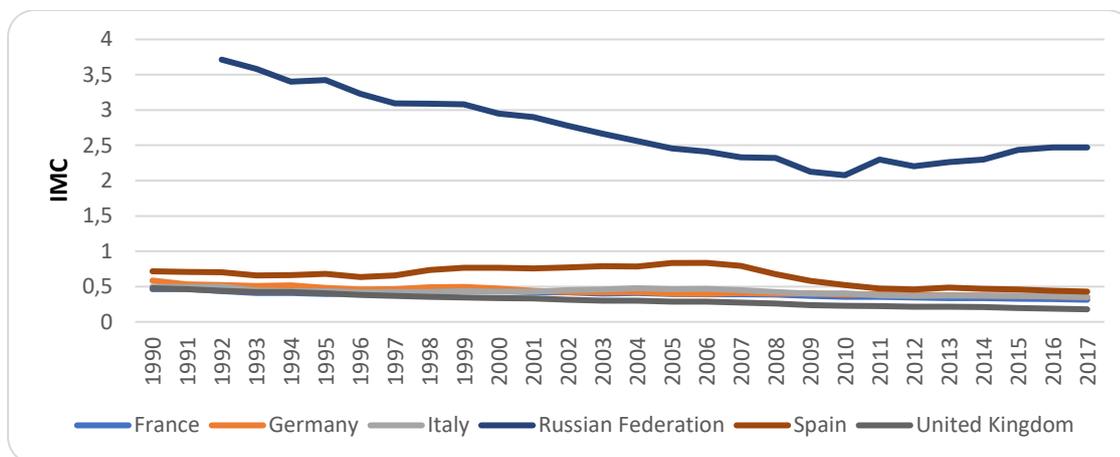
- América”. En: La transición hacia el desarrollo sustentable. *Perspectivas de América Latina y el Caribe*, 65-108.
<https://www.ingentaconnect.com/contentone/iieal/meda/2003/00000059/00000001/art00007?crawler=true>
- Malo, A., & Ramos, J. (2015). *El metabolismo social, el sumak kawsay y el territorio: el caso de Cuenca, Ecuador*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Martínez-Alier, J. (2006, abril 14). Indicadores de sustentabilidad y conflictos distributivos ecológicos. *Ecología Política*(13), 35-43. <https://journals.openedition.org/polis/5359>
- Martinez-Alier, J., & Roca, J. (2013). *Economía Ecológica y Política Ambiental*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Montero, R. (2005). *Test de Hausman*. Granada: Universidad de Granada.
- Montero, R. (2011). Efectos fijos o aleatorios: test de especificación. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*, 1-5.
- Morán, C. (2017). *¿Qué es la economía ecológica?* Madrid: Ecologistas en acción.
- Navarrete, J. (2018). China en 2018-2022: el segundo quinquenio, comportamiento económico e influencia global. *Economía UNAM*.
- Pérez, M. (2011, Mayo). *Indicadores biofísicos de sustentabilidad*. <https://es.slideshare.net/MelizzaOrdoez/indicadores-biofisicos-sustentabilidad>
- Pérez, M., Rojas, J., & Ordoñez, C. (2016). *Desarrollo Sostenible: Principios, enfoques y lineamientos de política para Colombia*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

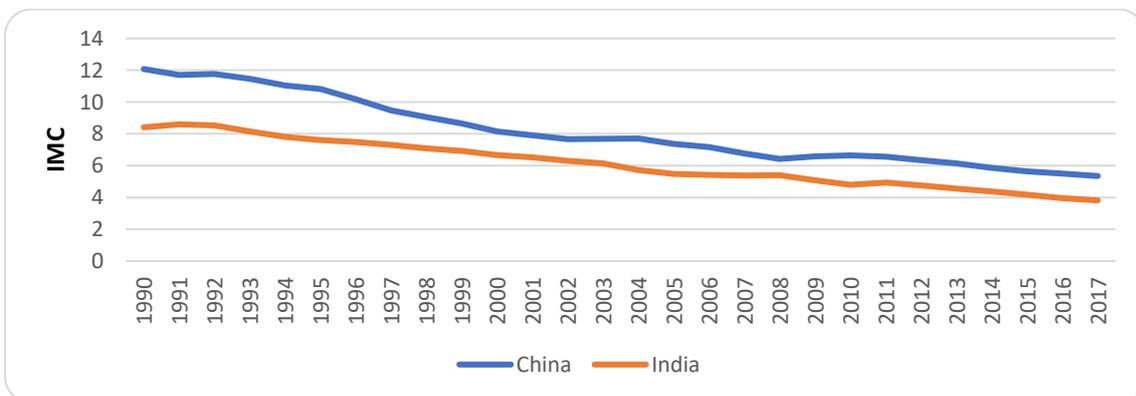
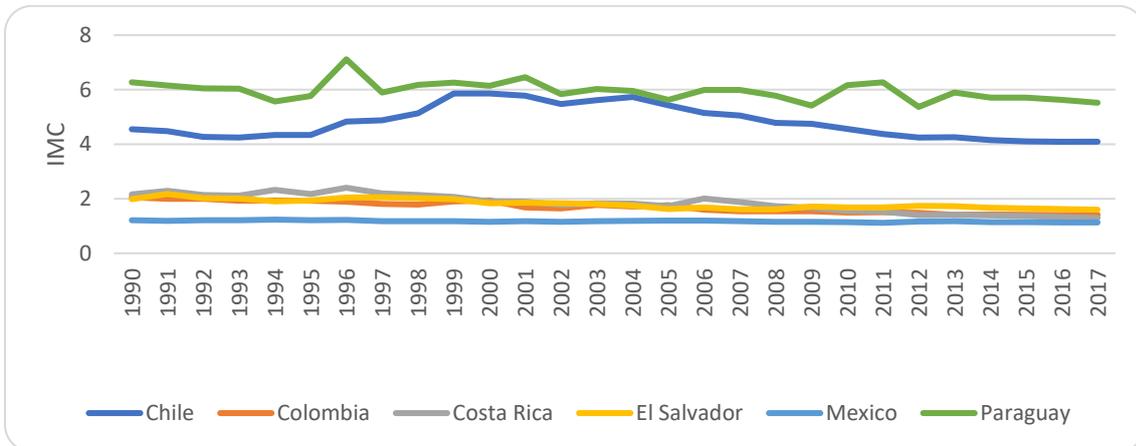
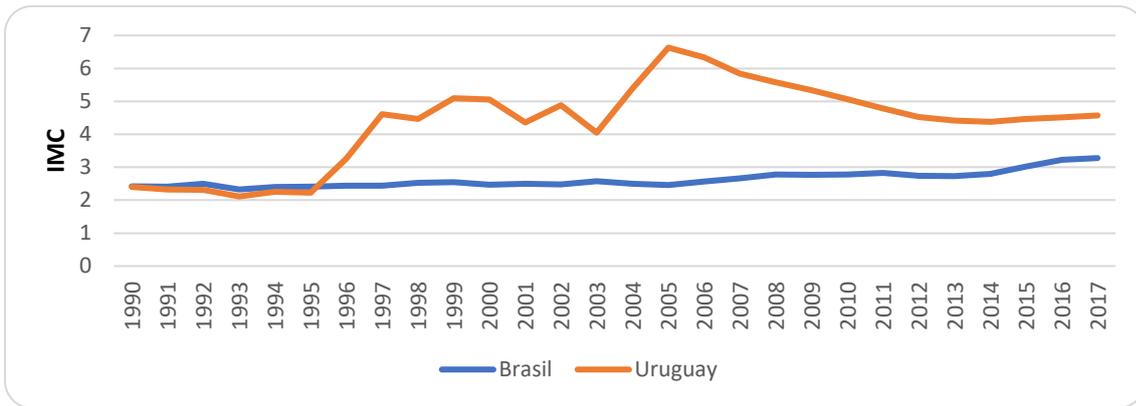
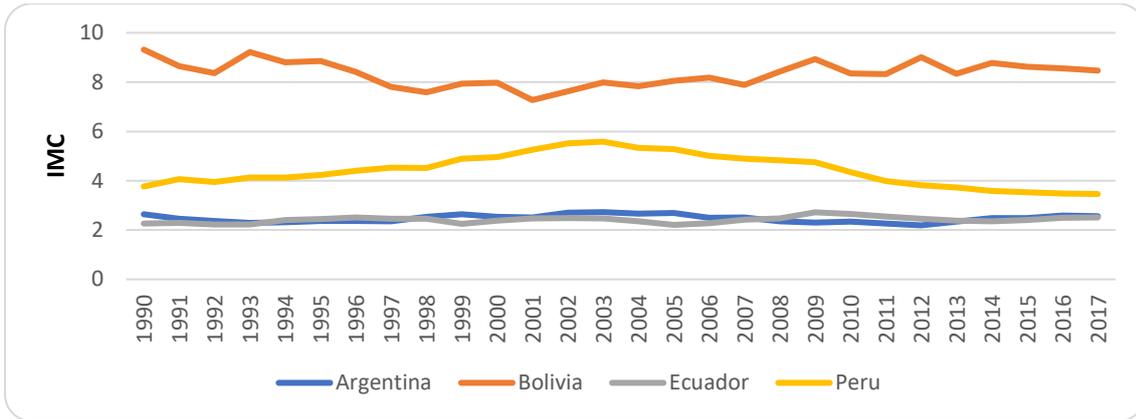
- Pérez-Rincón, M. (2006). Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological “Prebisch thesis”. *Ecological Economics*, 59(4), 519-529.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.11.013>
- Pfeiffer, D. (2006, Julio 7). *Comemos combustibles fósiles*.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2242795.pdf>
- Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. En: ¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable. *Colección América Latina y el Nuevo Orden Mundial. México*, 27-81.
- PNUMA. (2013). *Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. CSIRO.
- Sachs, W. (1996). La anatomía política del desarrollo sostenible”. En: La gallina de los huevos de oro: debate sobre el concepto de desarrollo sostenibl. *CEREC*, 15-41.
- Salah, E. S. (2002, junio - julio). La Contabilidad verde y la sostenibilidad. *ICE Desarrollo Sostenible*(800), 15-28.
<http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/370/370>
- Sánchez, F., & Pontes, A. (2010, Mayo 25). La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7, 270-285.
<https://www.redalyc.org/pdf/920/92013009010.pdf>
- Sánchez, J. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad: 70 años de pensamiento de la CEPAL*. Libros de la CEPAL:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/1/S1900378_es.pdf

- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2009). *Educación Ambiental: Aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*. Unidad de Coordinación de Educación Ambiental: <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/educacion-ambiental.pdf>
- Toledo, V. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relac. Estud. hist. soc.*, 34(136), 41-71. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rz/v34n136/v34n136a4.pdf>
- UNEP. (2021). *Global Material Flows Database*. <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>
- United Nations Environment Programme. (2021). *The Use of Natural Resources in the Economy: A Global Manual on Economy Wide Material Flow Accounting*. UNEP: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/36253;jsessionid=0E022CFE4EFEC2249962CC69A0FA3CBB>
- Vallejo, M. (2009, junio). La estructura biofísica de la región andina y sus relaciones de intercambio ecológicamente desigual (1970-2005). Un estudio comparativo. *Avances de Investigación*(31), 1-88. https://fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/07/Avance_Investigacion_31.pdf
- West, J., & Lutter, S. (2021). *Base de datos de flujos de materiales globales*. <https://www.resourcepanel.org/es/base-de-datos-de-flujos-de-materiales-globales>
- Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno* (4ta ed.). México D.F., México: Cengage, Learning.
- World Bank. (2022). *Indicadores de Desarrollo Mundial*. Banco de Datos: <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=World-Development-Indicators>

8. Anexos

Anexo 1. Intensidad material por países





Anexo 2a Pruebas de supuestos de Gauss-Markov

Los resultados de las pruebas de Multicolinealidad por medio del VIF, con $VIF < 5$ (Factor de Inflación de la Varianza) y Jarque-Bera de normalidad de residuos (H_0 : residuos normales) se presentan a continuación por grupo de países:

Naciones altos ingresos**a) VIF**

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	5,23	0,19
Industria y construcción	3,48	0,29
Población urbana	5,59	0,18
PIB por empleado	4,5	0,22
Exportación manufacturas	2,78	0,36
Exportaciones primarias	1,76	0,57
Mean VIF	3,89	

b) Jarque-Bera

Skewness and kurtosis tests for normality

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Joint test	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	224	0.0000	0.0003	54.67	0.0000

China e India**a) VIF**

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	6,83	0,15
Industria y construcción	2,85	0,35
Población urbana	1,84	0,54
PIB por empleado	5,13	0,19
Exportación manufacturas	3,11	0,32
Exportaciones primarias	3,89	0,26
Mean VIF	3,94	

b) Jarque-Bera

Skewness and kurtosis tests for normality

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Joint test	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	56	0.4061	0.1193	3.28	0.1940

LATAM: Colombia Costa Rica El Salvador México y Paraguay**a) VIF**

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	9,04	0,11
Industria y construcción	3,92	0,26
Población urbana	3,07	0,33
PIB por empleado	2,66	0,38
Exportación manufacturas	2,56	0,39
Exportaciones primarias	2,04	0,49
Mean VIF	3,88	

b) Jarque- Bera

Skewness and kurtosis tests for normality

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	—— Joint test ——	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	140	0.0006	0.1642	11.72	0.0029

LATAM: Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú**a) VIF**

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	4,29	0,23
Industria y construcción	3,37	0,30
Población urbana	3,01	0,33
PIB por empleado	2,58	0,39
Exportación manufacturas	1,77	0,56
Exportaciones primarias	1,26	0,79
Mean VIF	2,71	

b) Jarque- Bera

Skewness and kurtosis tests for normality

Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	—— Joint test ——	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	112	0.6073	0.0000	19.36	0.0001

LATAM: Brasil y Uruguay**a) VIF**

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	6,67	0,15
Industria y construcción	6,32	0,16
Población urbana	4,56	0,22
PIB por empleado	2,75	0,36

Exportación manufacturas	1,53	0,65
Exportaciones primarias	1,47	0,68
Mean VIF	3,88	

b) Jarque- Bera

Skewness and kurtosis tests for normality					
Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Joint test	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	56	0.2041	0.0291	5.98	0.0503

Chile

a) VIF

Variable	VIF	1/VIF
Servicios	7,48	0,13
Industria y construcción	6,62	0,15
Población urbana	4,71	0,21
PIB por empleado	3,24	0,31
Exportación manufacturas	1,33	0,75
Exportaciones primarias	1,27	0,79
Mean VIF	4,11	

b) Jarque- Bera

Skewness and kurtosis tests for normality					
Variable	Obs	Pr(skewness)	Pr(kurtosis)	Joint test	
				Adj chi2(2)	Prob>chi2
res	28	0.3551	0.3230	2.00	0.3686

Anexo 2b Prueba de heterocedasticidad - Breusch y Pagan Lagrangian multiplier

Los resultados de la prueba de Breusch y Pagan Lagrangian multiplier se presentan a continuación.

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

(Panel Largo)

H₀: Usar MCO (> .05)

H₁: Usar Panel de Datos (< .05) Existe heterogeneidad no observada

Naciones altos ingresos

. xttest0

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$$IMC[CountryCode,t] = Xb + u[CountryCode] + e[CountryCode,t]$$

Estimated results:

	Var	SD = sqrt(Var)
IMC	.5799356	.761535
e	.0103064	.1015206
u	.0016835	.0410309

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = 101.29
Prob > chibar2 = 0.0000

China e India

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$$IMC[CountryCode,t] = Xb + u[CountryCode] + e[CountryCode,t]$$

Estimated results:

	Var	SD = sqrt(Var)
IMC	4.333435	2.081691
e	.1538372	.3922209
u	0	0

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = 0.00
Prob > chibar2 = 1.0000

. xtcsd, pesaran abs

Pesaran's test of cross sectional independence = **1.502**, Pr = **0.1332**

Average absolute value of the off-diagonal elements = **0.284**

LATAM: Colombia Costa Rica El Salvador México y Paraguay

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$$IMC[CountryCode,t] = Xb + u[CountryCode] + e[CountryCode,t]$$

Estimated results:

	Var	SD = sqrt(Var)
IMC	3.136781	1.771096
e	.0286127	.1691529
u	0	0

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = 0.00
Prob > chibar2 = 1.0000

. xtcsd, pesaran abs

Pesaran's test of cross sectional independence = **3.608**, Pr = **0.0003**

Average absolute value of the off-diagonal elements = **0.314**

LATAM: Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

$$\text{IMC}[\text{CountryCode},t] = Xb + u[\text{CountryCode}] + e[\text{CountryCode},t]$$

Estimated results:

	Var	SD = sqrt(Var)
IMC	6.030005	2.455607
e	.1589433	.3986769
u	0	0

Test: Var(u) = 0

chibar2(01) = **0.00**
 Prob > chibar2 = **1.0000**

. xtcsd, pesaran abs

Pesaran's test of cross sectional independence = **-3.326**, Pr = **1.9991**

Average absolute value of the off-diagonal elements = **0.583**

Anexo 3 Prueba de heterocedasticidad - Wald modificada

Los resultados de la prueba de Wald modificada para la heterocedasticidad grupal en el modelo de regresión de efectos fijos se presentan a continuación.

Heterocedasticidad (Test modificado de Wald solo con efectos fijos)

H₀: No Existe heterocedasticidad ($>.05$)

H₁: Existe heterocedasticidad ($< .05$)

Naciones altos ingresos

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H₀: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (8) = 1014.92
Prob>chi2 = 0.0000

China e India

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H₀: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (5) = 789.01
Prob>chi2 = 0.0000

LATAM: Brasil y Uruguay

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H₀: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (2) = 7.16
Prob>chi2 = 0.0279

LATAM: Colombia Costa Rica El Salvador México y Paraguay

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (2) = 51.09

Prob>chi2 = 0.0000

LATAM: Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i

chi2 (4) = 153.12

Prob>chi2 = 0.0000

Anexo 4. Test de Hausman

Al realizar la prueba en los modelos realizados en Stata, se obtuvieron los siguientes resultados:

H0: Usar EFECTOS ALEATORIOS (> .05). el efecto inobservable no está correlacionado con las variables explicativas

H1: Usar EFECTOS FIJOS (< .05)

Naciones altos ingresos

	— Coefficients —		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) re1	(B) fe1		
Servicesva~P	-.0184197	-.0040119	-.0144078	.0075206
Industryin~n	.0223585	.0287527	-.0063942	.0083044
Urbanpopul~p	.0049201	.0200912	-.0151711	.0045389
GDPperpers~n	-7.90e-06	-9.57e-06	1.67e-06	1.88e-06
Manufactur~p	-.0113115	.0180537	-.0293652	.0029603
Exportacio~B	.0549278	-.0456133	.1005411	.0052148

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

chi2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 318.17
Prob > chi2 = 0.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

China e India

	— Coefficients —		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe1	(B) re1		
Servicesva~P	-.3033972	-.382045	.0786478	.
Industryin~n	-.2450757	.0457641	-.2908398	.
Urbanpopul~p	.083419	.1729376	-.0895186	.
GDPperpers~n	-.0001424	-.0001478	5.39e-06	.
Manufactur~p	-.0545282	-.1076447	.0531165	.
Exportacio~B	.1957049	.1502934	.0454115	.

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

chi2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
= 114.07
Prob > chi2 = 0.0000
(V_b-V_B is not positive definite)

LATAM: Colombia Costa Rica El Salvador México y Paraguay

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) re1	(B) fe1		
Servicesva~P	-.1469958	-.0165212	-.1304745	.0301505
Industryin~n	.0386289	-.0171232	.0557521	.0271742
Urbanpopul~p	-.0444285	-.0208271	-.0236014	.0100669
GDPperpers~n	.0000148	-.0000153	.0000301	2.90e-06
Manufactur~p	-.0222385	.0028516	-.0250901	.0116907
Exportacio~B	.0385675	.0024193	.0361482	.0152585

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

$$\chi^2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 517.06$$

Prob > chi2 = **0.0000**

(V_b-V_B is not positive definite)

LATAM: Brasil y Uruguay

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) fe1	(B) re1		
Servicesva~P	.0025959	.0298322	-.0272363	.
Industryin~n	-.1298118	-.046381	-.0834308	.0153376
Urbanpopul~p	-.1644689	.033465	-.1979339	.0436978
GDPperpers~n	5.07e-06	-.0000181	.0000231	.
Manufactur~p	-.0221929	-.0489688	.0267758	.
Exportacio~B	.2680854	.2704281	-.0023426	.

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

$$\chi^2(6) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 18.77$$

Prob > chi2 = **0.0046**

(V_b-V_B is not positive definite)

LATAM: Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) Std. err.
	(b) re1	(B) fe1		
Servicesva~P	-.1731178	-.0486163	-.1245014	.0408043
Industryin~n	-.2870164	.0122657	-.299282	.0367045
Urbanpopul~p	.1076769	.0463492	.0613277	.
GDPperpers~n	-.0001725	-.0000461	-.0001264	5.40e-06
Manufactur~p	.2095846	-.0360763	.2456608	.1212085
Exportacio~B	.0082234	-.0237532	.0319766	.0245113

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from **xtreg**.
 B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from **xtreg**.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

$$\chi^2(5) = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 95.67$$

Prob > chi2 = **0.0000**

(V_b-V_B is not positive definite)

Anexo 5. Prueba de autocorrelación

Al realizar la prueba de Wooldridge en el programa Stata se obtuvieron los siguientes resultados:

Test de Autocorrelación (Test de Wooldridge)

H₀: No Existe autocorrelación de primer orden (>.05)
--

H₁: Existe autocorrelación (< .05)
--

Naciones altos ingresos

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H₀: no first-order autocorrelation

F(1, 7) = 253.729

Prob > F = 0.0000

China e India

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H₀: no first-order autocorrelation

F(1, 1) = 296.653

Prob > F = 0.0369

LATAM: Colombia Costa Rica El Salvador México y Paraguay

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H₀: no first-order autocorrelation

F(1, 4) = 2.145

Prob > F = 0.2169

LATAM: Brasil y Uruguay

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H₀: no first-order autocorrelation

F(1, 1) = 1048.171

Prob > F = 0.0197

LATAM: Ecuador, Bolivia, Argentina y Perú

Wooldridge test for autocorrelation in panel data

H0: no first-order autocorrelation

F(1, 3) = **6.919**

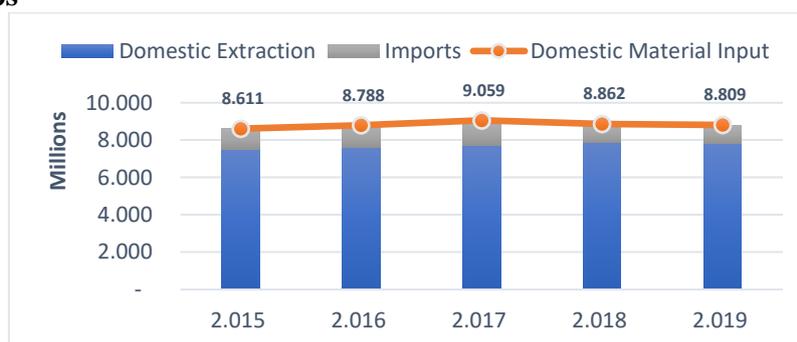
Prob > F = **0.0783**

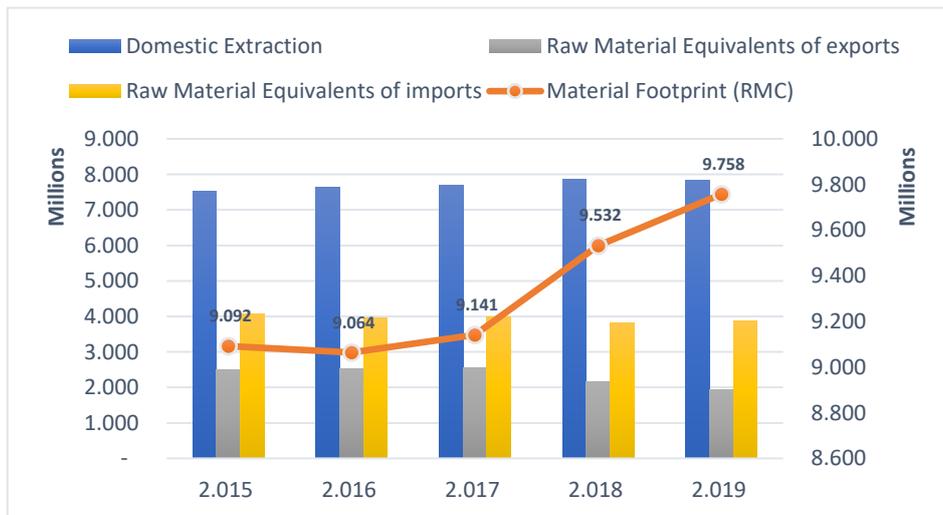
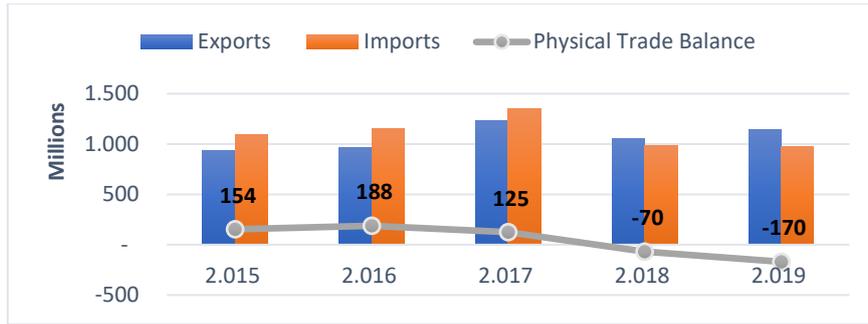
Anexo 6. Intensidad material por naciones

Tendencia de la intensidad material por países

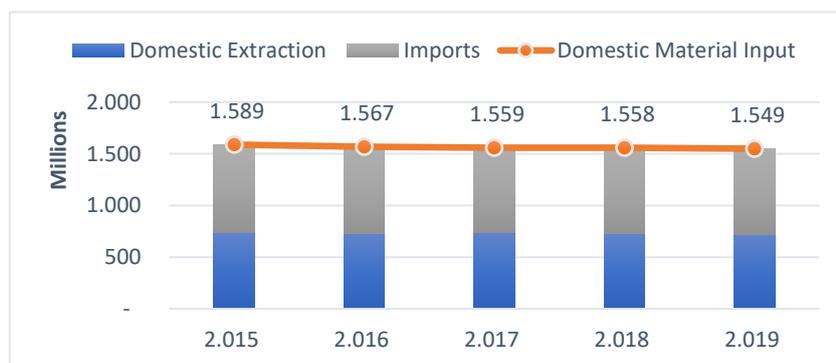
Grupo	País	Pendiente	Tendencia
Unión Europea	Francia	-1,2	Decreciente
	Alemania	-1,6	
	Italia	-1,0	
	Rusia	-2,0	
	España	-1,8	
	Reino Unido	-3,6	
Estados Unidos	Estados Unidos	-2,7	
	China	-3,0	
Asia	India	-3,0	
	Japón	-2,2	
	Colombia	-1,5	
América Latina	Costa Rica	-2,2	
	El Salvador	-1,0	
	México	-0,3	
	Paraguay	-0,3	
	Argentina	0,0	
	Bolivia	0,0	
	Ecuador	0,3	
	Perú	-0,5	
	Chile	-0,4	
	Brasil	0,9	
	Uruguay	2,8	
			Creciente

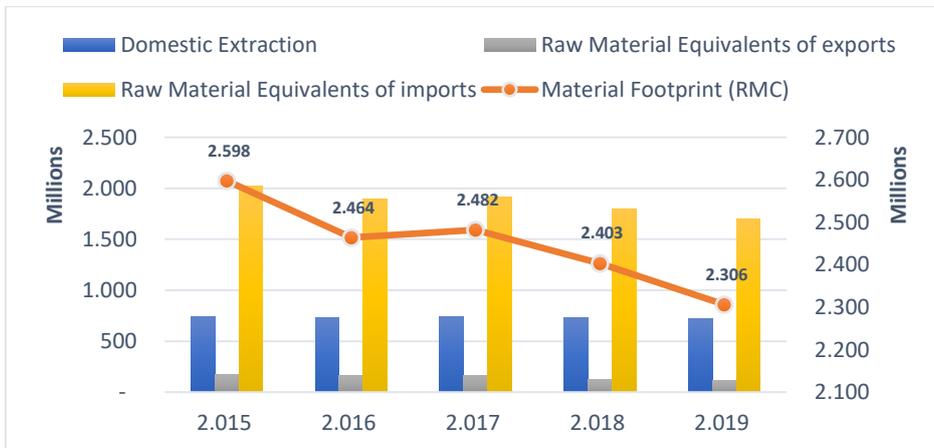
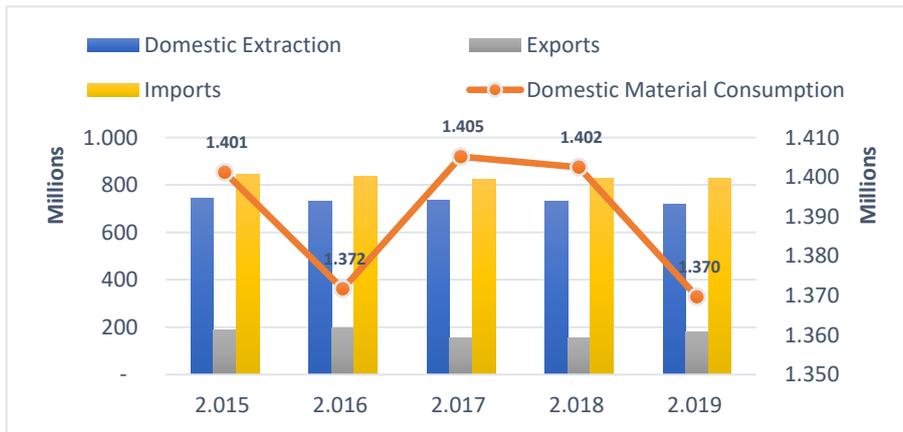
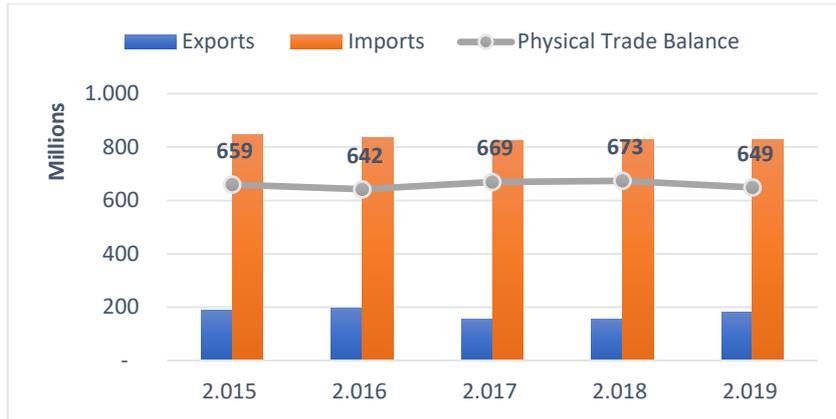
Estados Unidos



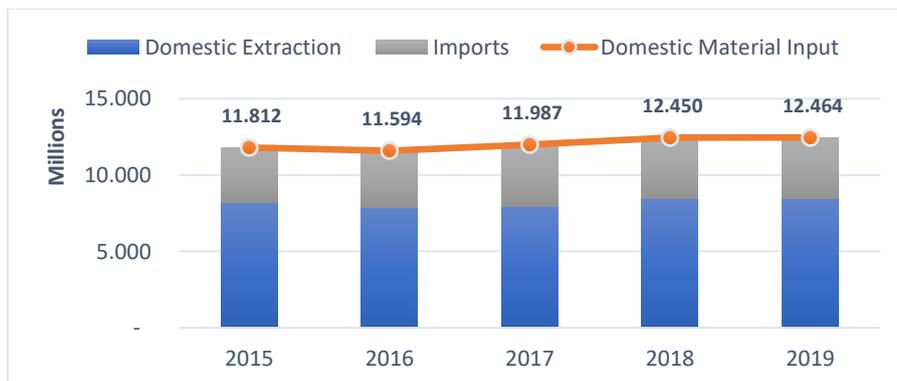


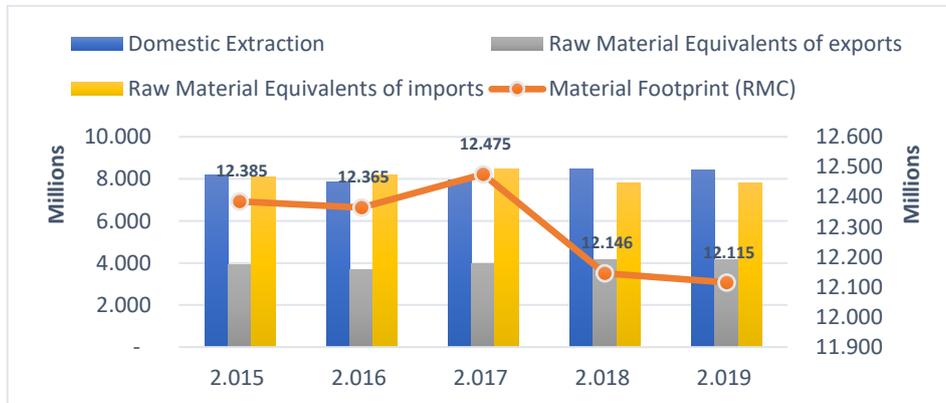
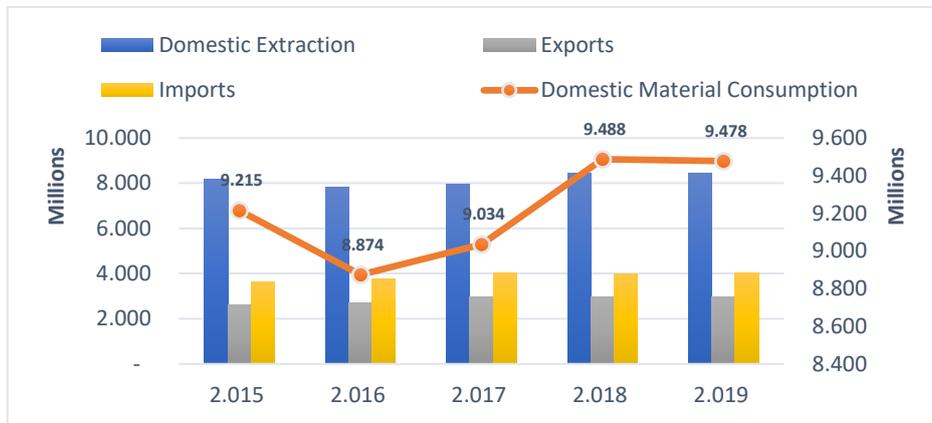
Japón



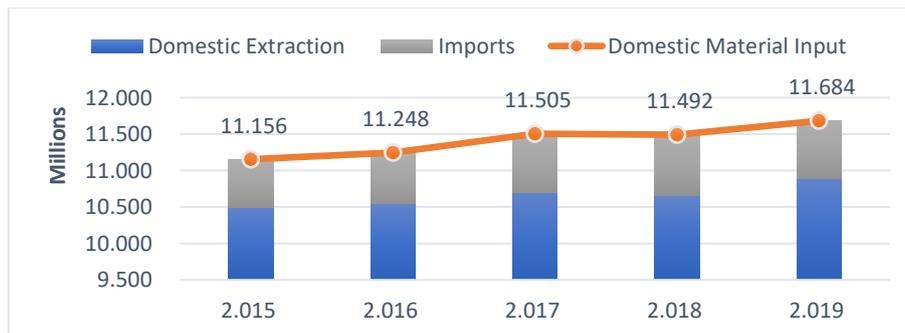


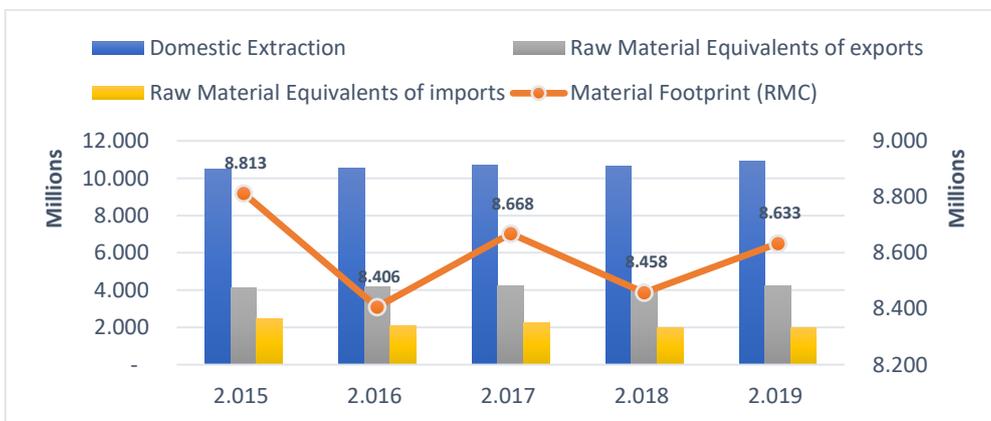
Europa



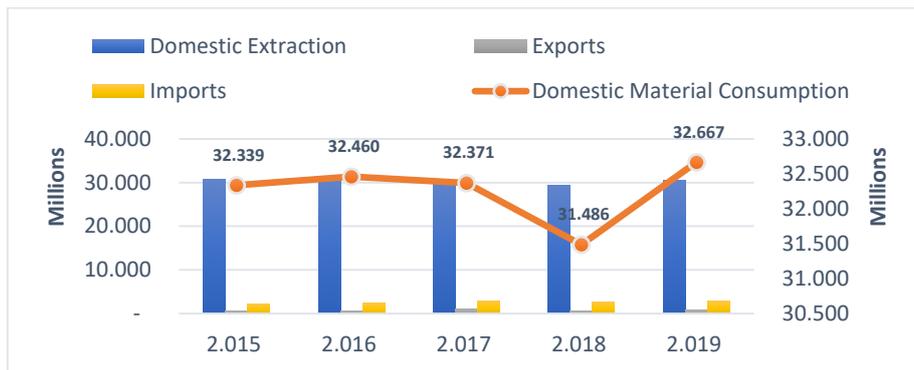
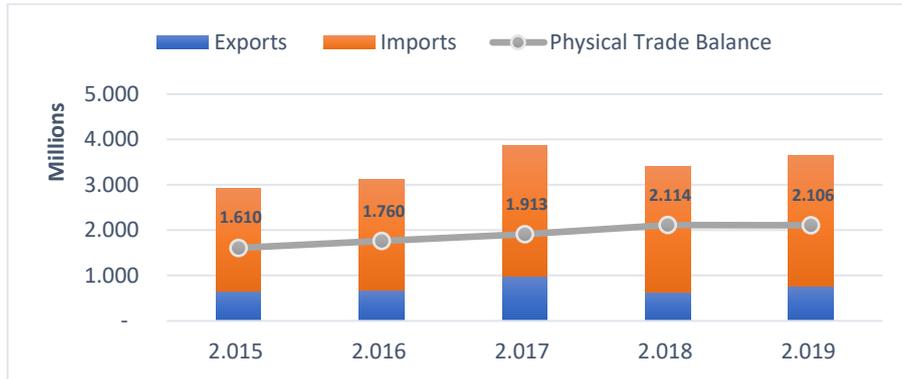


América Latina





China



India

