

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



**Carga ambiental del comercio internacional en los sectores productivos
de la economía peruana entre el periodo 1990 y 2019**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO
DE BACHILLER EN CIENCIAS SOCIALES CON MENCIÓN EN
ECONOMÍA**

AUTORAS

Llano Gomez, Wendy Maryori
Serrano Ramirez, Jahaira Chavely

ASESOR

Rojas Rojas, Jorge Oswaldo

Lima, Diciembre de 2020

RESUMEN

Perú es un país muy diverso ecológicamente y se encuentra provisto por un extenso territorio lleno de recursos naturales. Este hecho hace que el país sea más atractivo a la vista del mercado extranjero, lo cual se evidencia con la intensificación de la tasa de extracción de recursos naturales durante los últimos años. Sin embargo, un incremento de la extracción de los recursos naturales por encima de los límites físicos pone en peligro poder extraer recursos en el futuro. Ante la presente problemática, este trabajo de investigación pretende estimar los flujos materiales totales por sectores en el intercambio comercial internacional de la economía peruana en el periodo 1990 y 2019. Ello con la finalidad de determinar cuáles son los sectores productivos que han producido mayores cargas ambientales por el comercio internacional, a partir del uso de la Contabilidad de Flujos de Materiales y del esquema de input-output ambiental. Los resultados que se espera obtener es que el sector minero sea el que haya producido mayores cargas ambientales por el comercio en el periodo estudiado. Esto debido a que representa y ha representado la mayor parte de la estructura porcentual de los flujos monetarios de las exportaciones del país. Además, numerosos episodios en la historia peruana han puesto en evidencia lo pernicioso que puede ser para el medio ambiente por los procesos extractivos degradantes que lo acompañan. En conclusión, la intensificación en la extracción de los recursos naturales para el comercio genera una disminución de los recursos naturales que compromete la sostenibilidad ambiental en el largo plazo. Palabras clave: Comercio internacional, recursos naturales, Contabilidad de Flujo de Materiales, esquema input output, sostenibilidad ambiental

ABSTRACT

Peru is ecologically diverse and it has an extensive territory with a large number of natural resources. This fact makes the country more attractive to the foreign market, which is evidenced by the intensification of the rate of extraction of Natural Resources over the years. However, an increase in the extraction of Natural Resources above physical limits puts at risk the possibility of extracting resources in the future. Given this problem, this research paper aims to estimate the total material flows by sectors in the international commercial exchange of the Peruvian economy in the period 1990 and 2019. This to determine the productive sectors that have produced the greatest environmental burdens by international trade base on the methodology of Material Flow Accounting (MFA) and Environmental Input-Output Analysis (IOA). The results suggest that the mining sector is the one that has produced the highest environmental burdens by trade in the period studied. This is due to it represents and has represented most of the percentage structure of the monetary units of the country's exports. Furthermore, several episodes in Peruvian history have highlighted how pernicious it can be for the environment by the degrading extractive processes that accompany it. In conclusion, the intensification in the extraction of natural resources for trade generates a decrease of natural resources that compromises environmental sustainability in the long term.

Keywords: International Trade, natural resources, Material Flow Accounting (MFA), input-output methodology (IOA), environmental sustainability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN	7
2.	EVOLUCIÓN COMERCIAL DE LA ECONOMÍA PERUANA Y SU RELACIÓN CON LAS PRINCIPALES ESCUELAS ECONÓMICAS	10
2.1.	INICIOS DEL COMERCIO EN LA ECONOMÍA PERUANA	10
2.2.	PRIMERA GLOBALIZACIÓN	11
2.3.	INDUSTRIALIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES (ISI)	12
2.4.	LIBERALIZACIÓN DEL COMERCIO PERUANO	13
2.5.	SEGUNDA GLOBALIZACIÓN Y NEO-EXTRACTIVISMO	14
3.	ECONOMÍA ECOLÓGICA	15
3.1.	ANÁLISIS DE LA TEORÍA DEL LIBRE COMERCIO DESDE LA MIRADA DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA	16
3.2.	INTERCAMBIO ECOLÓGICAMENTE DESIGUAL EN EL COMERCIO INTERNACIONAL	17
3.3.	SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	18
4.	EVIDENCIA EMPÍRICA: AMÉRICA LATINA COMO REGIÓN SUMINISTRADORA DE RECURSOS NATURALES	19
5.	HECHOS ESTILIZADOS	23
6.	METODOLOGÍA	27
6.1.	CONTABILIDAD DE FLUJO DE MATERIALES (MFA)	27
6.2.	MODELO INPUT-OUTPUT AMBIENTAL EXTENDIDO	30
7.	FUENTE DE DATOS Y PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	34
7.1.	FUENTE DE DATOS: MFA	34
7.2.	FUENTE DATOS: MODELO INPUT-OUTPUT AMBIENTAL EXTENDIDO	39
8.	CONCLUSIONES	41
9.	BIBLIOGRAFIA	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de conversión – Demanda diaria promedio de alimentos por categoría de rumiantes	35
Tabla 2. Factores de conversión – Toneladas anuales por hectárea según tipo de pastura	36
Tabla 3. Factores de conversión – Toneladas de subproductos por toneladas de cosecha según tipo de cultivo	36
Tabla 4. Factores de conversión – Toneladas por metro cúbico por tipo de madera	37
Tabla 5. Contenido fino de metal en el mineral extraído por tipo de metal	38



ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Perú: Producto Bruto Interno por sectores económicos desde 1990 hasta 2019. Valores a precios constantes de 2007 (Variación porcentual del índice de volumen físico)	23
Gráfico 2. Balanza Comercial en valores FOB (millones de U\$S) desde 1990 hasta 2019	24
Gráfico 3. Estructura porcentual de las exportaciones por grupo de productos en valores FOB desde 1990 hasta 2020	24
Gráfico 4. Esquema simplificado de la Contabilidad de Flujos Materiales	28



1. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, en la economía peruana predomina el dominio del modelo extractivista que se basa en la sustracción de recursos naturales (Göbel y Ulloa 2014:38). Estos patrones se concentraron sobre todo en la exportación de hidrocarburos y metales hacia los países desarrollados. La dependencia económica hacia estos recursos se ha incrementado a lo largo de los siglos, debido al aumento en su demanda. Sin embargo, ello no siempre ha resultado favorable para el Perú.

A inicios de la última década, las épocas de bonanza económica para el Perú fueron opacadas por el daño ambiental generado a razón de esta. Una disminución en los precios de los recursos que se exportan, es decir, una caída en los términos de intercambio, y un aumento en los precios de los bienes y servicios que se importan, generó que se incremente la tasa de extracción de los recursos naturales. Estas acciones, por lo general, fueron acompañadas de procesos extractivos degradantes, originando así, no solo el agotamiento de los recursos sino también una degradación ambiental generalizada (Vallejo,2006).

Solo basta nombrar algunos episodios en la historia peruana sobre la contaminación ambiental producida por la extracción de recursos naturales para poner en evidencia lo pernicioso que puede ser para el medio ambiente. De hecho, sucesos como la presencia de arsénico en los ríos de las zonas aledañas a Southern Perú Copper Corporation en Ilo en la década de los setenta, así como, la contaminación de la tierra por las emisiones de fundición cerca de Cerro de Pasco en los años veinte y treinta, son ejemplos de cómo la extracción de minerales llega a ser perjudicial para el medio ambiente cuando inicia la emisión indiscriminada de contaminantes a la atmósfera y el agua en grandes cantidades (Thorp,1998).

Por consiguiente, esta depredación de los recursos naturales para satisfacer la demanda extranjera pone en riesgo la posibilidad de extraer recursos en el futuro para el consumo doméstico y comercio. En otras palabras, la expansión de la exportación de los recursos naturales por encima de los límites físicos compromete la sostenibilidad en el largo plazo.

Frente a esto, se evidencia la necesidad de determinar mejor el complejo vínculo entre la economía y el medio ambiente. Actualmente, la mayoría de los países utilizan el análisis de flujos monetarios para monitorear el desempeño de la economía. Sin embargo, este indicador presenta limitaciones para transparentar las crecientes presiones humanas sobre el uso de los recursos naturales en las relaciones comerciales (Vallejo,2006). En los procesos de producción para exportaciones se necesita grandes cantidades de materiales que generalmente no se contabilizan en las estadísticas (Muñoz, Giljum & Roca,2009). Cabe señalar, que con ello no se descarta la utilidad del PBI y las medidas de producción, por el contrario, se sostiene la necesidad de complementarlos con indicadores enfocados en otras dimensiones del bienestar que capten la sostenibilidad.

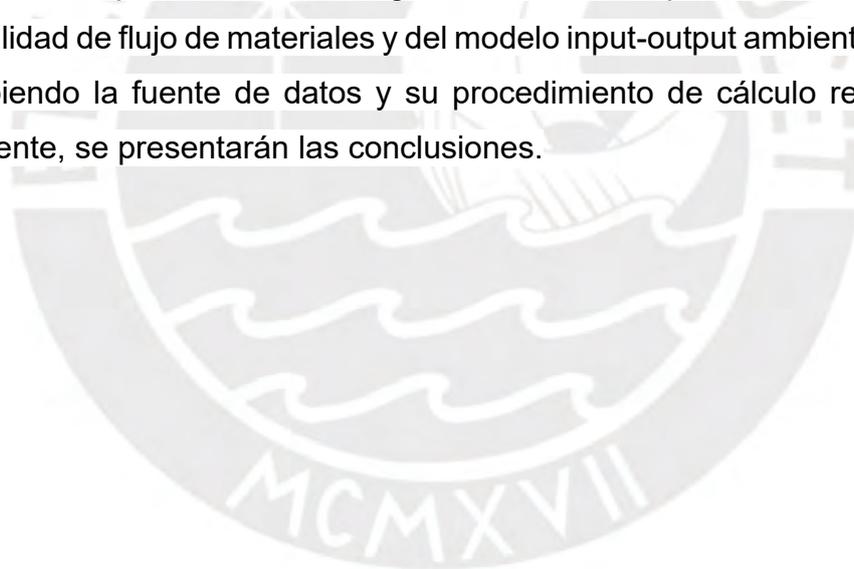
En línea con ello, la Economía Ecológica introduce el concepto de metabolismo social el cual analiza al sistema económico como un conjunto de flujos materiales y energía. Bajo esta visión, una de las metodologías más conocidas es la Contabilidad de Flujos de Materiales (en adelante MFA, por sus siglas en inglés). Esta metodología es un instrumento muy útil y didáctico para observar el perfil productivo, la especialización comercial y los niveles de consumo de las economías nacionales en términos biofísicos (Infante, Urrego & Tello, 2020). Asimismo, un modelo complementario a este es el modelo input-output ambiental extendido de Pablo Muñoz et al. (2009) el cual permite determinar los requerimientos de materia primas (RME, por sus siglas en inglés) necesarios para satisfacer las importaciones y exportaciones totales, permitiendo así tener una visión más clara sobre las presiones ambientales del comercio internacional.

Tomando como base estos planteamientos, en este estudio se pretende estimar los flujos materiales totales por sectores en el intercambio comercial internacional de la economía peruana durante los años 1990- 2019¹, utilizando tanto la metodología MFA y el esquema de input- output ambiental extendido planteado por Pablo Muñoz et al. (2009). Ello con la finalidad determinar en qué

¹ El estudio se limita a estos años debido a la disponibilidad de datos de series de tiempo.

sectores productivos de la economía se han producido fuertes cargas ambientales por el comercio internacional. Aunque existen algunos estudios para el Perú, estos no realizan un análisis sectorial. En ese sentido, este trabajo espera proporcionar mayor información para futuras medidas de política en el área.

La investigación se divide en cuatro partes: (1) Primero, se presenta un panorama sobre la evolución comercial de la economía peruana y su relación con las principales escuelas económicas. (2) Segundo, se introduce al campo de la economía ecológica, para lo cual, se empieza señalando algunas críticas de la teoría del libre comercio bajo enfoque ecológico. Luego, se mencionan definiciones importantes sobre intercambio ecológicamente desigual y sostenibilidad ambiental. (3) Tercero, se presentan los hechos estilizados. (4) Cuarto, se expone la metodología, donde se explica el concepto de la contabilidad de flujo de materiales y del modelo input-output ambiental extendido, describiendo la fuente de datos y su procedimiento de cálculo respectivo. (5) Finalmente, se presentarán las conclusiones.



2. EVOLUCIÓN COMERCIAL DE LA ECONOMÍA PERUANA Y SU RELACIÓN CON LAS PRINCIPALES ESCUELAS ECONÓMICAS

Los desequilibrios en la balanza comercial física se encuentran estrechamente relacionados con reformas económicas dentro de la región que pueden estar orientadas a la liberalización, la desregulación y promoción de las exportaciones como principal motor para el crecimiento económico. Teniendo en consideración ello, en esta sección se presentarán las principales fases comerciales de la economía peruana y cómo estas se han relacionado con las escuelas dominante de la época.

2.1. INICIOS DEL COMERCIO EN LA ECONOMÍA PERUANA

Perú destaca por su diversidad de recursos naturales, en especial, por su abundancia de metales preciosos como oro, plata, cobre entre otros. Esto ha originado que desde épocas antiguas sea considerado muy atractivo ante la mirada de países extranjeros. España, por ejemplo, durante la época colonial, mantuvo un monopolio comercial con el Perú. Esta relación comercial benefició solo a una parte, pues la extracción masiva de metales preciosos contribuía únicamente al enriquecimiento de España. Durante aquellas épocas la escuela económica imperante era el mercantilismo, la cual tenía como base mantener un saldo positivo de la balanza comercial pues era símbolo de riqueza y poder de una nación (Vallejo, 2006). En ese sentido, para España y otros países europeos, una forma de acumular riqueza y obtener poder era aprovechando los recursos naturales de sus colonias.

Con la revolución industrial, se introdujeron nuevas tecnologías al Perú. La introducción de un nuevo medio de transporte produjo un giro importante en la actividad comercial. La llegada del ferrocarril facilitó el movimiento de los productos y contribuyó al auge en la exportación de minerales, algodón, azúcar y lana (Webb, 2019). Durante esta época, la escuela que predominó el pensamiento económico fue la clásica. Esta escuela tuvo como principal exponente a Adam Smith (1794). El cual con su obra "La riqueza de las naciones" cuestionó el razonamiento mercantilista asegurando que dicha política generaría la conformación de monopolios en la industria doméstica y ello afectaría a las

demás industrias. Por ello, construyó una teoría a favor de la libertad del comercio e introdujo una noción importante: la teoría de la ventaja absoluta.

Perú, durante su época Republicana, se favoreció de las exportaciones del guano dado que poseía las islas guaneras del litoral. Esta fue una época de bonanza económica y de relativa estabilidad política. Perú, por algunos años, tuvo una ventaja absoluta del guano, sin embargo, esta fue una “prosperidad falaz”². Las desventajas del monopolio del guano afectaron mayormente a los países demandantes que debían pagar elevados precios por él. Este suceso junto con otros factores propició el término de una era de prosperidad económica.

En este contexto, Perú tenía ventaja cuando producía un bien a un costo absoluto más bajo que su socio comercial. Sin embargo, un sistema así estructurado generó muchos cuestionamientos, pues si se producían todos los bienes a un precio más bajo que otros, no habría base para un comercio mutuamente ventajoso. Dado, que el país más eficiente solo se perjudicaría así mismo comerciando con un país menos eficiente. (Daly & Farley, 2011). Sin embargo, con la llegada David Ricardo, economista clásico, se demostró que dos países comerciando sí podían beneficiarse del comercio incluso si un país tuviera una ventaja absoluta en todos los bienes transables. Para lo cual, introdujo la teoría de las ventajas comparativas en el cual explica que un país tiene ventaja comparativa si puede producir el bien a un precio más barato en comparación con otros bienes, independientemente de los costos absolutos (Ricardo, 1986).

2.2. PRIMERA GLOBALIZACIÓN

La primera globalización fue un periodo de globalización del comercio que se caracterizó por el incremento de flujos en el comercio internacional, migraciones masivas y movimiento de capitales. Ello permitió la coincidencia mundial de los precios de los productos y la aparición de un mercado mundial de productos y de factores de producción (Comín, 2012). En efecto, esto fue el inicio de la adopción de esquemas de libre comercio alrededor del mundo. En el Perú, por ejemplo, se originó actividades económicas, tales como, la agro exportación de

² Término acuñado por Jorge Basadre

algodón y azúcar, y la extracción petrolera, cauchera y de minerales. Pero ello propició el sometimiento económica al capitalismo inglés y norteamericano.

Durante esta época, el modelo de comercio que primó fue el de Heckscher (1919) y Ohlin (1933), que tenía como principal argumento que un país debe especializarse en la exportación de bienes que tienen una producción intensiva en el factor abundante del país, mientras tienden a importar los bienes que tienen una producción intensiva en el factor relativamente escaso. Por tanto, según este modelo, el intercambio de bienes constituye un intercambio de factores productivos entre naciones. Cabe resaltar, que este concepto parte del modelo de comercio de ventajas comparativas de Ricardo, sin embargo, lo que lo diferencia es que incorpora el capital como uno de los factores productivos (Vallejo,2006:32).

Si bien los modelos de comercio neoclásicos lograban explicar parcialmente el funcionamiento de los flujos del comercio internacional en países desarrollados, estos no podían demostrar la situación adversa de América Latina en el comercio internacional. Pese a que estos modelos pronosticaban la convergencia al desarrollo de todas las economías, la brecha entre países ricos y pobres aumentaba colosalmente.

2.3. INDUSTRIALIZACIÓN POR SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES (ISI)

Perú mantenía un esquema primario exportador que propiciaba el aumento de la dependencia de países del exterior. Un esquema así estructurado demostró no tener la capacidad de dirigir la asignación de recursos hacia un crecimiento sostenido y un aceptable desarrollo social. Esto fue el fundamento para que en países como el nuestro, surja la necesidad de una intervención del Estado y con ello la aplicación de modelos de industrialización por sustitución de importaciones (ISI), cuyo fundamento teórico fue ejecutado por la Comisión Económica de América Latina (CEPAL), en los años cincuenta (Saavedra, 1997). Es así como surge la corriente estructuralista cuyo exponente principal fue Raúl Prebisch.

Este nuevo pensamiento económico, difundido por la CEPAL, trataba de explicar la transición en las economías subdesarrolladas de América Latina. Las

cuales evolucionaron del modelo de crecimiento primario-exportador hacia afuera, al modelo urbano- industrial hacia adentro (Prebisch,1949). Raúl Prebisch analizó la configuración del intercambio comercial y señaló la existencia del deterioro de los términos de intercambio para las economías subdesarrolladas o de la periferia, frente a las economías desarrolladas o del centro. La gran diferencia entre los precios de bienes primarios que se exportaba al centro (productos agrícolas) en relación con los precios de bienes elaborados que se importaban desde el centro (manufacturas) era evidente. Los primeros mostraban precios decrecientes en relación a los segundos, reflejando así un proceso de continuo de subdesarrollo de la periferia (Vallejo, 2006:31).

Frente a esto, se incentivó la intervención estatal a partir de políticas de industrialización, estrategias de modernización, reformas agrarias, y dotación de infraestructura. Asimismo, medidas como la estrategia de sustitución de importaciones se empezaron a aplicar en varios países en desarrollo como soporte a las políticas de industrialización. Esta y otros aportes de la corriente estructuralista posibilitaron el avance de la teoría de la dependencia que integró la idea del deterioro de los términos de intercambio, así como también incorporó factores sociales, culturales y políticos que permitían explicar las asimetrías del comercio internacional.

2.4. LIBERALIZACIÓN DEL COMERCIO PERUANO

Aunque la industria peruana tuvo un gran crecimiento por las políticas económicas que se instauró, el país se perjudicó debido al enorme endeudamiento en el que se vio involucrado. La crisis de la deuda de los ochenta propició un cambio estructural en el sistema económico. Ello dio inicio a un proceso de liberalización del comercio que desarticuló completamente la estructura de protección originada en los modelos de industrialización por sustitución de importaciones (Saavedra,1997). Los modelos de liberalización dejaron modificaciones importantes en el patrón de consumo, de producción y de comercio exterior.

Las políticas de liberalización del comercio exterior, de los noventa, iniciaron con cuatro disposiciones importantes:el establecimiento de un esquema de flotación cambiaria con intervención del Banco Central de Reserva del Perú

(BCRP), la unificación de las tasas de cambi, la disminución de partidas de importación y de otras medidas paraarancelarias (Vega, 2007:99). Estas medidas fueron parte de las recomendaciones neoliberales que se dieron para América Latina en el Consenso de Washington, donde la apertura de comercial fue uno de sus grandes ejes. (Morandé, 2016)

2.5. SEGUNDA GLOBALIZACIÓN Y NEO-EXTRACTIVISMO

Las medidas del modelo neoliberal, aplicadas a finales del siglo XX, impulsaron, especialmente, el sector minero. El boom minero tuvo significativos impactos económicos y sociales a nivel agregado, lo cual permitió liderar el crecimiento exportador por muchos años (Maldonado, 2009). En efecto, el Perú experimentó mayor presión de la inversión extranjera que le generaron cuantiosas ganancias. Sin embargo, paralelamente, a esta evolución favorable, se fue sacrificado muchos recursos naturales. En ese sentido, el modelo neoliberal ha permitido el desarrollo de una economía extractivista.

Si bien los modelos de comercio avanzados expresan el comercio internacional a partir de las economías de escala, las diferencias en el desarrollo, la competencia perfecta, y la difusión de tecnologías; estos modelos aún precinden del aspecto ecológico. Estos modelos no consideraron las formas en las cuales la exportación y la extracción de recursos naturales afecta al medio ambiente y al futuro desarrollo de las economías. Esto fue una debilidad notable en los modelos de comercio internacional avanzados. Si bien algunos autores como Sunkel y Gligo (1980) intentaron incluir algunas cuestiones ecológicas al contexto cepalino, estos no tuvieron éxito. Sin embargo, no fue hasta inicios de siglo XXI que la economía ecológica retomó parte de estas ideas que no consideraron en un inicio (Martínez & Roca, 2001:423).

3. ECONOMÍA ECOLÓGICA

Al igual que la economía peruana, muchas otras economías en desarrollo, basaron su crecimiento en una estructura de comercio extractivista. Frente a esta situación, sumado con la creciente preocupación del deterioro del medio ambiente, aparecieron nuevos enfoques que trataron de comprender el vínculo entre la economía y el ecosistema.

En ese sentido, la economía ecológica surge con el objetivo de analizar dicha relación. Este campo de estudio parte de una visión distinta al de los modelos de comercio neoclásicos. La economía ecológica reconoce que si bien es importante el uso eficiente de los insumos y factores de producción para el crecimiento económico, es más importante asegurarse que esta no tenga consecuencias en la salud ecológica y la abundancia de provisiones (Daly & Farley, 2011). Por ello, la economía ecológica presenta una visión del sistema económico como un subsistema del ecosistema global.

Asimismo, la visión de la economía ecológica cuestiona que los mercados sean un sistema ideal para asignar y distribuir los recursos de manera eficiente y justa entre las personas. Esto debido a que muchos de los servicios proporcionados por el ecosistema no presentan mercados, y por ende no son incorporados en las soluciones eficientes del mercado. Por lo que, bajo este enfoque, la eficiencia es considerada importante, pero está lejos de ser considerada un fin en sí mismo.

En consecuencia, a pesar de que el crecimiento de una economía sea una de las cosas más deseadas. La economía ecológica la define como un incremento en el rendimiento en el proceso metabólico, que implica un mayor flujo de los recursos a la economía y un retorno de desperdicios al medio ambiente. Por ello, considerando que la Tierra y los recursos no son infinitos, la economía ecológica plantea que este tipo de crecimiento no puede continuar de manera indefinida.

En esta sección, con la finalidad de entender la implicancia de la visión de la economía ecológica en el comercio internacional, se comenzará exponiendo algunas críticas que han surgido en contra de la teoría del libre comercio bajo el

enfoque la economía ecológica. Después, se explicará la teoría del intercambio ecológicamente desigual (Cabeza & Martínez, 1997). Y, por último, se explicará la necesidad de un desarrollo sostenible que no choque con los límites biofísicos de la naturaleza.

3.1. ANÁLISIS DE LA TEORÍA DEL LIBRE COMERCIO DESDE LA MIRADA DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA

Existe un consenso generalizado de que el libre comercio tiene un impacto positivo en el desarrollo económico, porque se espera que traiga crecimiento económico y riqueza para todos. Muchas teorías, desde la teoría ricardiana hasta las teorías modernas del comercio internacional, consideran que gracias al comercio todas las partes pueden sacar provecho.

Sin embargo, la base teórica en la que sostiene el libre comercio está sujeta a supuestos. Dentro de los cuales, algunos de ellos están escasamente relacionados y otros son completamente incompatibles con el mundo moderno (Daly & Townsend, 1997). Asimismo, bajo el libre comercio, muchos países del Tercer Mundo han dimitido a su autosuficiencia relativa y se han dedicado a uno o dos productos. Y, en consecuencia, estos países deben exportar para sobrevivir, pues le dificulta pagar sus importaciones sin antes pagar. Evidenciando así un estado de dependencia completa (Vallejo, 2006).

Los economistas, Herman Daly y K. Townsend (1997), evidencia tres problemas fundamentales del libre comercio. En primer lugar, la reducción de costos de producción que promueve el libre comercio se puede lograr a partir de un incremento de eficiencia o a través de una reducción de los estándares. Muchos países optan por esta segunda opción que implica un error cuando se internalizan los costos sociales y ambientales, pues se omiten los costos de producción. Esto conlleva a un error en la asignación de los recursos, dado que algunos de los costos recaen en agentes que no necesariamente participaron en la actividad. En segundo lugar, para las comunidades nacionales, en las economías pobres, el libre comercio puede ser una tragedia, pues un incremento salarial producido por el comercio puede ser revertido por el deterioro de la producción doméstica por las importaciones de bienes baratos. En tercer lugar, la perspectiva del libre comercio no considera que existen límites en los recursos

que deben utilizarse. La biosfera tiene una limitada capacidad regenerativa por lo que se debe extraer de manera sostenible el actual flujo de recursos.

Por otro lado, en la práctica se ha evidenciado que los beneficios del libre comercio no favorecen a todos los países y que los costos de crecimiento pueden superar los beneficios en el margen (Daly & Farley, 2011). La evidencia empírica revela que los países ricos se llevan los beneficios del crecimiento, mientras que los costos, en relación con los servicios ecosistémicos perdidos, son adjudicados a todos, y probablemente sobre todo a las generaciones futuras.

3.2. INTERCAMBIO ECOLÓGICAMENTE DESIGUAL EN EL COMERCIO INTERNACIONAL

Una de las críticas más profundas y tempranas al comercio internacional fue formulada por Prebisch (1949) y Singer, quienes sostuvieron que las relaciones de los países cuando realizan el intercambio de sus productos en la exportación primarios tiende a deteriorarse en el transcurso del tiempo, restringiendo su capacidad para desarrollarse.

A partir de esta crítica, años más tarde, se planteó la idea denominada "intercambio ecológicamente desigual". Esta versión ecológica señala que los países que se especializan en la exportación de bienes primarios asumen un mayor impacto ambiental. Esto principalmente porque durante el intercambio comercial no se distribuye de manera simétrica los costos entre los países que comercializan que son especialmente ecológicos. Y en general, aquellos países perdedores son los abundantes en recursos naturales (Karlson, 1995).

Los países con mayores recursos naturales son aquellos que se especializan en la producción y exportación de bienes naturales e importan bienes intensivos en capital. Este modelo comercial implica más costos ecológicos, dado que los precios de exportación no asumen la pérdida ni la depreciación del patrimonio ambiental. En ese sentido, los términos de intercambio del comercio internacional, sumado con las relaciones desiguales de poder entre los países ricos y pobres, produce que se necesite cada vez más exportaciones y extracciones de recursos naturales, evidenciándose el intercambio ecológicamente desigual (Pérez, 2006).

3.3. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

Las secciones anteriores muestran que el crecimiento económico actual amenaza la abundancia de los bienes provistos por la naturaleza. La llegada de la revolución industrial incrementó la extracción de recursos no renovables para aumentar el consumo humano. La impresión general era que el futuro siempre sería mejor, sin embargo, la utilización de la naturaleza a crecientes tasas amenaza con modificar la capacidad de la naturaleza para sostener la vida. Adicionalmente, considerando el problema de la escala y distribución es muy probable que el excesivo uso de los recursos tenga un mayor impacto para las futuras generaciones.

En el año 1983, frente a la preocupación global sobre los problemas medio ambientales, las Naciones Unidas crearon la Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente, la cual estuvo conformada por un científicos, políticos y sociólogos, representativo de los diversos intereses existentes en la comunidad internacional (UNESCO, 2017). Del mismo modo, recientemente el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo integró dentro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible una visión que reconoce “la necesidad de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de los recursos y promover estilos de vida sostenibles” (ODS, 2020).

Bajo este marco, la idea de “desarrollo sostenible” sostiene que implica un desarrollo sea capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones (Daly & Farley, 2011)

4. EVIDENCIA EMPÍRICA: AMÉRICA LATINA COMO REGIÓN SUMINISTRADORA DE RECURSOS NATURALES

Existe un consenso en la literatura académica que señala que América Latina es una región suministradora global de recursos naturales. Gran parte de las economías pertenecientes a esta región se caracterizan por ser exportadoras netas de productos primarios con poco valor añadido e importadoras de bienes manufacturados a precios más altos (Williamson, 2011). Un modelo de especialización comercial así configurado involucra consecuencias negativas en el desarrollo económico, en el bienestar general de sus habitantes y en el medio ambiente,.

Juan Infante Amate y otros (2020) realizaron una investigación empírico acerca del aporte total de América Latina a las demás regiones del mundo. Utilizando la metodología de la Contabilidad del Flujo de Materiales (MFA), lograron cuantificar el flujo total de materiales (biomasa, minerales, materiales de energía fósil) exportados e importados de 16 economías latinoamericanas desde 1900 hasta el 2016. Asimismo, determinaron el valor monetario de sus intercambios y examinaron las características resaltantes de su modelo de especialización. Las conclusiones de la investigación permitieron corroborar, en primer lugar, que América Latina siempre fue exportadora neta de materiales; y, en segundo lugar, que la remuneración que reciben por los bienes que vende es menor que lo que recibe por los bienes que compra, para lo cual, se tuvo que confrontar el precio medio por material exportado con el precio medio por material importado. Además, destacó que las economías latinoamericanas presentan alta diversificación de exportaciones de materiales, siendo el principal suministrador de productos metálicos, agrarios y petrolíferos.

Utilizando la misma metodología, se realizaron algunos estudios a nivel país. Por un lado, Mario Pérez Rincón (2006) realiza una investigación sobre el aspecto biofísico del comercio colombiano y encuentra que existe un progresivo déficit en la balanza comercial física (PTB) en Colombia durante 1970 al 2000. Esto se explica por la resurgimiento de las exportaciones de petróleo y recientes exportaciones de carbón y ferroníquel, lo cual representa una exportación neta

de alrededor de 600 millones de toneladas en 33 años, la fracción visible de la deuda ecológica que los demás países tiene con Colombia. Lo novedoso de este análisis es que aplica y amplía el pensamiento de Prebisch integrándolo con el aspecto ecológico. En este sentido, este estudio encuentra se tiene certeza de un intercambio ecológico y económico desigual entre Colombia y el resto del mundo, particularmente con los países del Norte. Los resultados de esta investigación ponen sobre la mesa el efecto de escala del comercio internacional. Un aumento del comercio exterior produce un incremento del impacto ambiental a partir del aumento de la cantidad de recursos materiales movilizados.

Gonzales y Schandl (2008), por su parte, analizan la dinámica de los recursos naturales en la economía mexicana durante 1970-2003. Mediante el análisis de flujos de materiales, estos autores encuentran que la extracción y uso de materiales en la economía mexicana está aumentando continuamente, siendo el crecimiento de la población y las industrias de exportación sus principales fuerzas impulsoras. Si bien durante 1980-1990 hubo un creciente uso de combustibles fósiles y materiales de construcción; en adelante, se evidencia un alteración en el modelo de especialización. Gracias al uso de indicadores de MFA, se encontró que México pasó de ser un país exportador de petróleo a convertirse en un exportador principalmente de productos manufacturados. La economía mexicana ha mostrado un patrón diferente al de otras economías latinoamericanas, pues durante el periodo analizado, su dependencia de las exportaciones de productos a granel en la balanza comercial monetaria ha disminuido, lo que sitúa a México entre una economía "extractiva" y una "productiva"(Bunker, 2007).

Por otro lado, la economista María Cristina Vallejo (2006), realizó una investigación de los flujos de comercio para Ecuador. El hallazgo de la comparación entre los flujos físicos y flujos monetarios del intercambio comercial fue la identificación de un desacoplamiento entre estas dimensiones. Durante el período evaluado, entre 1980 y 2003, el banano y el petróleo representaron el 84% del peso de los materiales exportados y el 60% de generación de las divisas en relación con el total de las exportaciones. La investigación expone que esta estructura de comercio internamente produce un importante deterioro ambiental

percibido en las toneladas de materiales desplazados en el intercambio comercial, la cual es fomentada por el consumo de los países importadores y entendida como agotamiento de los recursos naturales domésticos de los países exportadores.

En el caso de Chile, Stefan Giljum (2001) realiza una investigación de los flujos físicos del comercio en el periodo entre 1973 y 2000. La evidencia muestra que las exportaciones físicas de Chile al resto del mundo casi se triplicaron, desde 9,5 a más de 27 millones de toneladas en el periodo evaluado. El sector minero constituyó casi el 100% de las exportaciones físicas en las primeras décadas. Sin embargo, al transcurrir los años la estructura de comercio se diversificó, expandiéndose a la exportación de biomasa de actividades frutícola, forestal y pesquera. Esta estrategia de desarrollo económico es cuestionada desde la perspectiva de la sostenibilidad ambiental, dado que se impulsa por exportaciones intensivas en recursos y por ende tiene impactos negativos sustanciales en el agotamiento de los recursos.

Asimismo, Julien Brun et al.(2014) realizaron una investigación sobre los aspectos biofísicos de la economía argentina. A partir de los hallazgos, la cantidad de flujos físicos extraídos se han incrementado un 77% entre 1970 y 2010. Durante este periodo, el crecimiento de las exportaciones se apoyó principalmente en productos de biomasa. Sin embargo, comenzando el siglo XXI, el patrón comercial se modificó a medida que los minerales ganaron importancia. Y en ese sentido al igual que las otras economías latinoamericanas se presenta un patrón de comercio dependiente de los recursos naturales.

José Carlos Silva (2007) realiza la metodología MFA para la economía peruana en el periodo 1980-2004. Sus hallazgos empíricos muestran que después de las reformas neoliberales de la década de 1990, incluyendo la liberalización del comercio, no se ha logrado la desmaterialización débil del sistema, medido con el indicador MFA de productividad material, el cual muestra una tendencia creciente, que indica que cada vez se produce menos dólares por tonelada. De esa manera, las importaciones se incrementaron en 219% y las exportaciones en 110% en el periodo evaluado. Para el caso de combustibles fósiles las reservas probadas al 2005 de hidrocarburos líquidos ascienden a 147

millones de toneladas y el gas natural en 309 millones de toneladas. Asimismo, su análisis muestra que la tendencia crecimiento de las exportaciones es dominada por el sector minero.

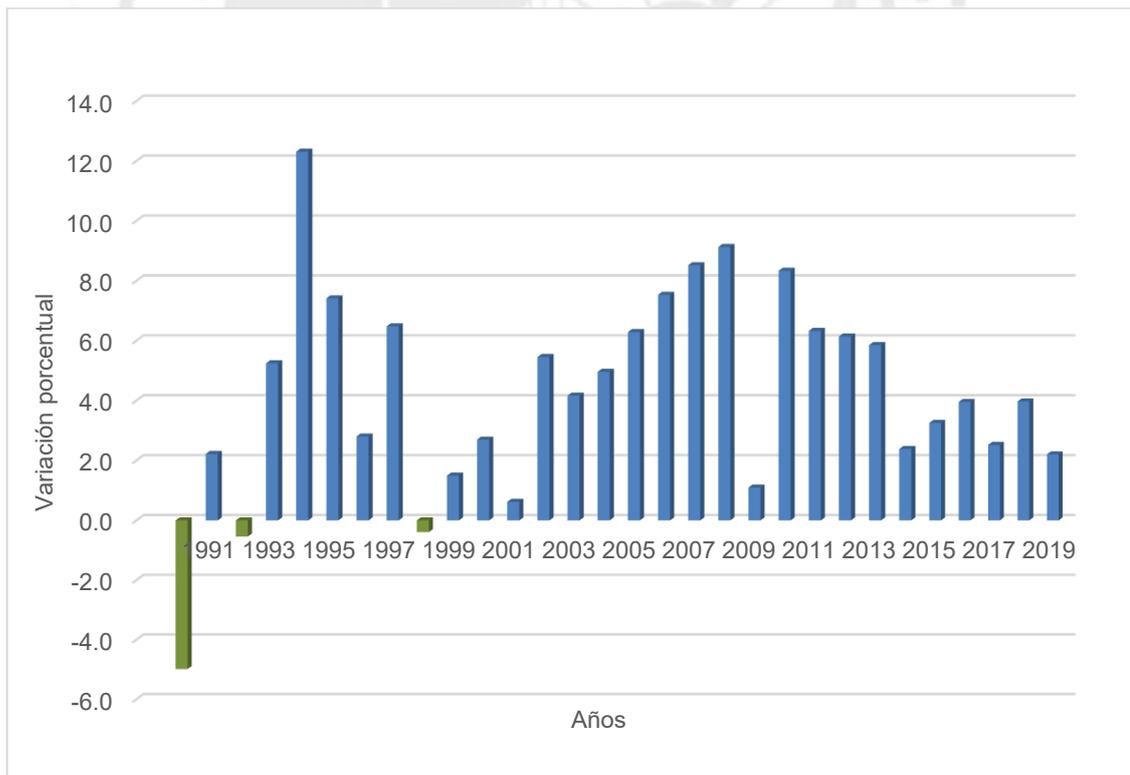


5. HECHOS ESTILIZADOS

Antes de analizar la economía peruana desde una perspectiva biofísica es necesario distinguir etapas o sucesos importantes ocurridos entre los años 1990 y 2019. Considerando la evolución del Producto Bruto Interno, se puede distinguir cuatro sub periodos de análisis (véase gráfico 1, 2 y 3):

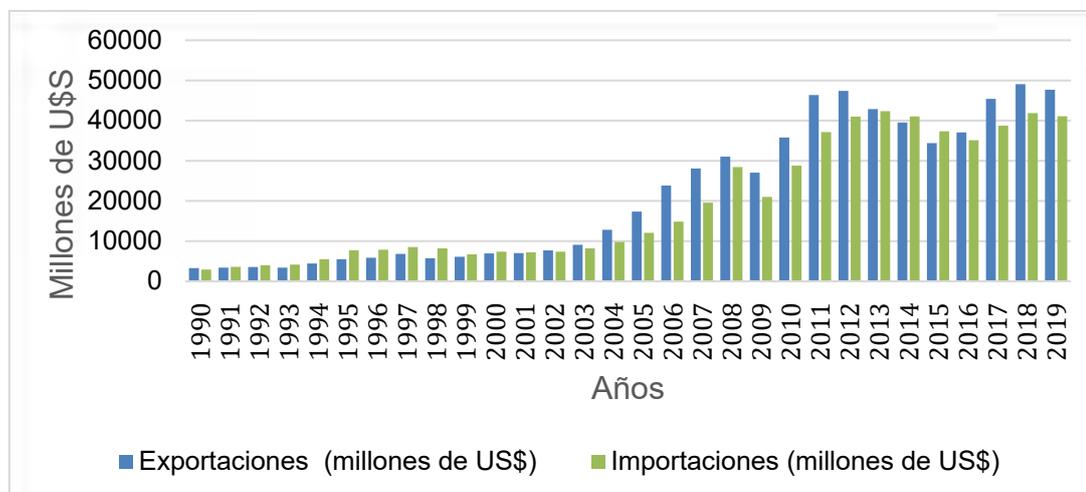
- a) Decenio 1990- 1999
- b) Decenio 2000-2009
- c) Quinquenio 2010-2014
- d) 2015 en adelante

Gráfico 1. Perú: Producto Bruto Interno por actividades económicas desde 1990 hasta 2019. Valores a precios constantes de 2007 (Variación porcentual del índice de volumen físico)



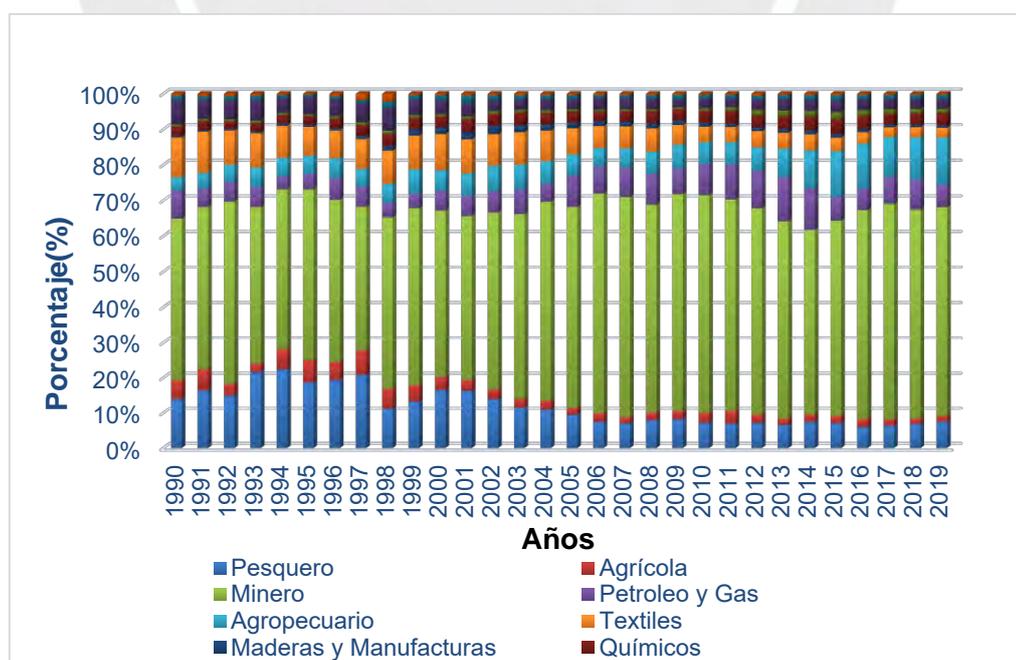
Fuente: Elaboración propia. En base a Instituto Nacional de Estadística e Informática 2020.

Gráfico 2. Balanza Comercial en valores FOB (millones de U\$S) desde 1990 hasta 2019



Fuente: Elaboración propia. En base a Instituto Nacional de Estadística e Informática 2020.

Gráfico 3. Estructura porcentual de las exportaciones por grupo de productos en valores FOB desde 1990 hasta 2020



Fuente: Elaboración propia. En base a Banco Central de Reserva del Perú 2020.

Los años noventa se caracterizaron por la implementación del modelo neoliberal. Fue una década donde se realizaron importantes reformas estructurales que significaron un cambio profundo para las instituciones, en comparación a la década de los 70. Se implementaron programas de estabilización con el acompañamiento de instituciones internacionales como el Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo y el Fondo Monetario Internacional. A lo largo de esta década, se llevó a cabo “un proceso de privatización principalmente en los sectores de las telecomunicaciones, electricidad, sistema financiero, hidrocarburos, minería y la siderurgia”. (INEI, 2015)

Durante esta década, el Producto Bruto Interno (PBI) creció a un ritmo de 3,9% en promedio y las exportaciones crecieron en 8,0%, mientras que, las importaciones crecieron a una tasa promedio de 8,0% (INEI 2015). Las actividades económicas con mayor eficiencia en las exportaciones fueron: la minería (45.91%), la pesca (13.4%), textiles (9.45%), hidrocarburos (5.13%) y la agricultura (5.09%) (BCRP, 2020).

La década de los 2000 fue una época favorable para la economía peruana, en gran medida por el impresionante crecimiento de las economías extranjeras y el impulso de reformas llevadas a cabo en la década anterior. El crecimiento económico de China e India tuvo un impacto positivo en los mercados mundiales. Esto permitió que el mercado peruano se beneficie pues incrementaron los precios de las materias. Además, con la suscripción de tratados bilaterales de libre comercio (TLC), el aumento de inversión extranjera, el superávit de la balanza comercial, la disciplina fiscal y incorporación de metas de inflación condujeron a un escenario favorable para la economía peruana (INEI, 2015).

En este decenio, el PBI creció 5,6% promedio anual, la tasa más alta desde 1950 (INEI 2015). Respecto a los términos de intercambio hubo una mejora en comparación a la década anterior pues pasó de un índice promedio de 69,2 a 83,9 en este decenio. La inflación promedio se redujo, considerablemente, pues pasó de estar 29,3 a 2,3%. (INEI, 2015:28). Las exportaciones aumentaron en 12,90% en promedio. Los sectores económicos con más participación en las

exportaciones fueron la minería (54,80%), la pesca (8.64%), el sector agropecuario (7,56%) y los hidrocarburos (6,9%) (BCRP, 2020).

Del 2010 al 2015, se ratificaron los Tratados de Libre Comercio con los socios de mayor importancia y además propuso continuar con lineamientos de la política económica con énfasis en la redistribución. En el grupo de inversiones se destaca el desarrollo de los proyectos de extracción de cobre como Xstrata, Chinalco, Antamina, y también, proyectos de inversión en transporte, ampliación de obras de plantas industriales, mejora de infraestructura educativa, equipamiento de hospitales y la construcción de centros comerciales. (INEI,2015)

Durante estos años, el PBI tuvo una tasa de crecimiento promedio anual de 4,7% y respecto a las exportaciones tuvieron un leve crecimiento de 6,07%, mientras que las importaciones crecieron en 4,7% (INEI, 2015). Las actividades económicas que representan mayor porcentaje en las exportaciones son la minería (57.18%), los hidrocarburos (10.56%), la pesca (4.61%) y el sector agropecuario (3.53%) (BCRP, 2020).

En los últimos cuatro años analizados, el PBI ha crecido a una tasa promedio de 3.1% anual (INEI,2015). Un crecimiento más lento que en periodos anteriores. Esto en mayor medida por que el precio internacional del cobre cayó y dado que es el primer producto de exportación del país su efecto se pudo evidenciar más. Esto ha generado una disminución temporal de la inversión privada, una menor recaudación fiscal y una desaceleración del consumo. Sin embargo, los elementos claves para atenuar la caída fueron el prudente manejo fiscal, monetario y cambiario, y el incremento en la producción minera, aumentando así las exportaciones (Banco Mundial 2020). En ese sentido, las actividades económicas con mayor participación en las exportaciones fueron el sector minero (58.46%), hidrocarburos (6.9%), la pesca (3.91%), y el sector agrícola (2.9%) (BCRP, 2020).

6. METODOLOGÍA

Los métodos de cuantificación del presente estudio, para el Perú, se desarrollaron sobre la base de la Contabilidad de Flujos de Materiales (MFA) en el período 1990 al 2019, tomando como referencia la guía metodológica Eurostat (2018). Dado que el MFA estándar no proporciona información sobre los flujos materiales sectoriales, se complementará con el modelo input - output ambiental extendido planteado por Pablo Muñoz y otros (2009). De tal manera que se vincule la extracción doméstica (DE), un indicador de la metodología MFA, con sus respectivos sectores económicos. Es decir, la extracción de minerales se puede vincular con el sector minero, la extracción de productos agrícolas con el sector agrícola, etc.

En este sentido, esta sección se estructura de la siguiente forma. Primero se introduce el concepto del MFA y se detalla su procedimiento de cálculo. Segundo, se explica el modelo de input-output ambiental extendido. Y tercero, se detalla las fuentes de datos que se van a utilizar para estos cálculos.

6.1. CONTABILIDAD DE FLUJO DE MATERIALES (MFA)

Para mostrar el intercambio entre la economía y el medio ambiente, una alternativa es realizar una analogía entre los sistemas sociales y biológicos. La finalidad de ello es desarrollar un modelo simple y sistemático de la economía con una perspectiva material. Este marco conceptual es definido como metabolismo social, donde el intercambio biofísico con el entorno es entendido como un flujo de recursos naturales que se trasladan desde el medio ambiente a la economía, y de retorno al medio ambiente como desperdicio (Martínez Alier, 1987).

Una herramienta del metabolismo social es la metodología Contabilidad de Flujos de Materiales (MFA) que se originó a finales de la década de 1990. Esta metodología es utilizada actualmente por diversos organismos internacionales, como por ejemplo, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), las Naciones Unidas y la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat), además es parte de la contabilidad ambiental de diversos países en el mundo. Además, fue diseñada para reemplazar la ineficiencia de

las metodologías clásicas nacionales y medir la carga de la economía en el medio ambiente (Fischer & Amann, 2001).

La MFA es una herramienta de contabilidad estadística que registra, en miles de toneladas³ al año, los flujos de materiales que ingresan y salen de la economía. Esta metodología cubre todos los materiales sólidos, líquidos y gaseosos, excepto los flujos de agua y de aire (Eurostat, 2018). Cabe señalar que la unidad medición es en toneladas debido a que es una medida mundialmente estandarizada para aspectos físicos.

Según el Manual de Contabilidad de Flujos de Materiales (2018), los indicadores propuesto por la metodología se clasifican en indicadores MFA extensivos, que hace referencia aquellos que varían directamente con el tamaño de la economía y los indicadores MFA intensivos que son los que son independientes del tamaño del sistema.

Gráfico 4. Esquema simplificado de la Contabilidad de Flujos Materiales



Fuente: Eurostat 2018:10.

Los indicadores MFA extensivos son: la extracción doméstica, consumo doméstico de materiales, entrada directa de materiales y balance de comercio físico.

³ El término *tonelada* se refiere a toneladas métricas. Una tonelada = 10³ kg (SI) ≈ 1,1 toneladas cortas.

- La extracción doméstica (DE, domestic extraction) es la cantidad anual de materias primas sólidas (sin contar el agua y el aire) que son extraídas dentro territorio nacional para ser usados en los procesos económicos. En otras palabras, se considera a todo insumo material extraído del medio ambiente a causa humana (Eurostat, 2018).
- La entrada directa de materiales (DMI, domestic material input) mide todos los materiales que entran a la economía nacional para ser usados en los procedimientos de producción o consumo. Ello se consigue sumando la

$$DMI = DE + importaciones$$

extracción doméstica (ED) y las importaciones físicas.

- El consumo doméstico de materiales (DMC, domestic material consumption) cuantifica la cantidad de materiales que permanecen dentro del territorio nacional. Ello se consigue sumando la extracción doméstica (DE) y las importaciones físicas (I) y restando las exportaciones físicas (E). Teóricamente este indicador se plantea como un análogo del PIB en términos físicos (Martínez & Roca, 2001:38)
- El Balance Comercial Físico (PTB, physical trade balance) se obtiene

$$DMC = DMI - exportaciones$$

disminuyendo a las importaciones (I) las exportaciones (E). La PTB⁴ es el inverso del balance comercial en términos monetarios, es decir, exportaciones menos importaciones. Esto debido a que en las economías “el flujo de dinero y el flujo de bienes se mueven en dirección opuesta” (Eurostat, 2001:38).

$$PTB = I - E$$

Los indicadores MFA intensivos son aquellos que son independientes del tamaño del sistema. Los cuales son los siguientes:

⁴Según Eurostat (2018), existe un déficit en el PTB cuando las exportaciones son mayores a las importaciones. Contrariamente, la definición de déficit de las balanzas comerciales monetarias se refiere cuando las exportaciones son menores que las importaciones

- Intensidad material: Es el ratio DMC por PIB (i.e. toneladas por dólar).
- Productividad material: Es la inversa de la intensidad material, es decir, el ratio PIB por DMC (i.e. dólares por tonelada).
- DE per cápita: Es la relación entre DE y población.
- DMI per cápita: Es la relación entre DMI y población.
- DMC per cápita: Es la relación entre DMC y población.

Asimismo, de acuerdo con la guía metodológica Eurostat (2018), la metodología MFA utiliza una estructura de clasificación de materiales, el cual permite analizar al detalle los flujos materiales de una economía, facilitando la identificación de tendencias y patrones de uso de las distintas categorías y subcategorías de materiales, incluyendo el comercio con el resto del mundo. En ese sentido, se examina la estructura de los flujos materiales por categorías: biomasa, minerales (metálicos y no metálicos) y materiales de energía fósil.

- a. Biomasa. Constituye toda materia orgánica de origen vegetal o animal, abarcando desechos orgánicos y los residuos, dispuestos de ser aprovechados energéticamente.
- b. Minerales: Incluye todos los tipos de minerales metálicos (metal ores en inglés) y no metálicos, usados en procesos industriales predominantemente (excluye combustibles fósiles)
- c. Materia de energía fósil: Incluye todos los tipos de carbón, petróleo y gas natural.

6.2. MODELO INPUT-OUTPUT AMBIENTAL EXTENDIDO

Aunque la metodología MFA es útil para contabilizar los flujos de entrada y salida de los materiales relacionados a la actividad económica, esta no refleja el balance de materiales por sectores productivos. En ese sentido, el modelo input-output ambiental extendido de Pablo Muñoz y otros (2009) nos permitirá determinar los requerimientos de materia primas (RME) necesarios para satisfacer las exportaciones y las importaciones totales.

Para derivar la ecuación del modelo de input-output ambiental extendido es necesario inicialmente modelar un modelo input-output estático y abierto. El

modelo parte del equilibrio entre la demanda y oferta total de productos básicos, el cual es representado de la siguiente manera:

$$x_t = Z_t i + y_t \quad (1)$$

Por un lado, la oferta se aproxima mediante la agregación de la producción doméstica total y las importaciones totales, la cual es representada por el vector x_t . Mientras que, por otro lado, la demanda refleja el uso de productos básicos, en donde la matriz Z_t representa el total de productos básicos para el uso intermedio (incluyendo la producción doméstica y las importaciones); i representa un vector auxiliar de unos; e y_t representan el vector de demanda final destinada tanto a las exportaciones como a la demanda doméstica final.

La ecuación (1) se puede descomponer según el origen de los productos básicos, pudiendo ser producidos domésticamente o importados, la ecuación (2) y (3) ilustra ello.

$$x_d = Z_d i + y_d \quad (2)$$

$$m = Z_m i + y_m \quad (3)$$

En la ecuación (2), x_d representa el vector de producción doméstico, Z_d es la matriz de uso intermedio doméstica, y_d representa la demanda final de los productos elaborados domésticamente, m es un vector de importaciones totales, Z_m representa la matriz de productos importados para uso intermedio, los cuales son necesarios para la producción de otros productos dentro del sistema, y finalmente y_m , es un vector de productos básicos importados para la demanda final.

Asimismo, se puede representar las cantidades de bienes Z_d y Z_m como una proporción de la producción doméstica x_d , de tal forma que se obtenga la matriz de coeficientes técnicos A_i , que se muestran a continuación,

$$\begin{aligned} A_t &= Z_t \hat{x}_t^{-1} \\ A_d &= Z_d \hat{x}_d^{-1} \\ A_m &= Z_m \hat{x}_d^{-1} \end{aligned} \quad (4)$$

A partir de ello, se reescriben las ecuaciones (2) y (3) en términos de la matriz de coeficientes técnicos y se desglosa la demanda final de los productos elaborados en el país, y_d , en su participación exportada, e , y su participación en

la demanda doméstica final, f . De tal forma que se obtienen las ecuaciones (5) y (6) con las cuales se puede estimar las necesidades de producción doméstica para demandas domésticas (f) y exportaciones (e).

$$x_d = A_d \cdot x_d + (f + e) \leftrightarrow x_d = (1 - A_d)^{-1} \cdot (f + e) \quad (5)$$

$$m = A_m \cdot x_d + y_m \leftrightarrow m = A_m(1 - A_d)^{-1} \cdot (f + e) + y_m \quad (6)$$

Para determinar la ecuación del modelo de input-output ambiental extendido se requiere extender la ecuación (5) a la metodología MFA agregando un vector doméstico de intensidad material, en el que los requerimientos de materiales domésticos sean expresados por unidad de producción de productos básicos. Por lo que el modelo se encuentra representado por la ecuación (7), la cual brinda información sobre la necesidad de bienes domésticos para la demanda doméstica final y externa.

$$q_{DE}^* = \hat{q}_{DE}^{xd} = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}(f + e) \quad (7)$$

En donde \hat{q}_{DE}^{xd} representa el vector de intensidad material diagonalizado ⁵ de la extracción doméstica (DE) por unidad de producción de productos básicos, x_d . Asimismo, es factible descomponer los componentes de la demanda final en dos ecuaciones la 8 y la 9. La ecuación (8) muestra la extracción doméstica (DE) necesaria para satisfacer la demanda doméstica final, mientras que la ecuación (9), lo necesario para producir exportaciones. Ambas ecuaciones se muestran a continuación.

$$q_{DE}^f = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}f \quad (8)$$

$$q_{DE}^e = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}e \quad (9)$$

A partir del modelo de importación presentado en la ecuación (6), se calcula los requerimientos de materiales de uso intermedio de los bienes importados. Para identificar estos requerimientos es necesario incorporar la tecnología utilizada para su producción, denotada en la matriz inversa de Leontief $(I - A_t)^{-1}$, y la intensidad del material, denotado por \hat{q}_{DE}^{xd} . Debido a la escasez de datos y para mantener un cálculo simple, se formula un supuesto en el que los productos básicos de importación se producen con la misma tecnología de producción e intensidad de material.

⁵ El símbolo $\hat{\cdot}$ se refiere a un vector que se ha diagonalizado

En consecuencia, pre multiplicando la ecuación (6) por las condiciones del supuesto se obtiene la ecuación (10)

$$q_{DE}^f = \underbrace{\hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}m}_I \quad (10)$$

$$= \underbrace{\hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}}_{II} \underbrace{A_m(I - A_d)^{-1}(f + e)}_{III} + \underbrace{\hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_d)^{-1}y_m}_{IV}$$

En la ecuación (10), el término (I) proporciona la información sobre los requerimientos de materia primas (RME) necesarios para satisfacer las importaciones totales. Este término se descompone en los requerimientos de bienes intermedios para producir una unidad de importación, denotado por (II); los requerimientos de importación para el uso intermedio de la producción doméstica, denotado por (III); y los requerimientos de materiales necesario para saldar la demanda final de bienes importados, denotado por (IV).

Por ello, partiendo de la ecuación (10) se puede estimar el RME necesario en el exterior para poder satisfacer la demanda doméstica final de productos de producción doméstica:

$$q_{DE}^f = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_t)^{-1}A_m(I - A_d)^{-1}f \quad (11)$$

Asimismo, se puede calcular los materiales importados necesario para la producción de exportaciones, definido por:

$$q_{DE}^m = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_t)^{-1}A_m(I - A_d)^{-1}e \quad (12)$$

Por último, se puede calcular los requerimientos de materiales necesarios para saldar la demanda final de importaciones, estimado mediante:

$$q_{DE}^{Ym} = \hat{q}_{DE}^{xd}(I - A_t)^{-1}y_m \quad (13)$$

7. FUENTE DE DATOS Y PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

La recopilación de datos estadísticos de flujo de materiales para el análisis en el Perú se extrajo de diversas fuentes de datos, tanto de bases nacionales como internacionales. Asimismo, el análisis abarca el periodo comprendido entre 1990-2019.

7.1. FUENTE DE DATOS: MFA

Por un lado, para la metodología MFA en las siguientes líneas se detalla las fuentes de datos y procedimientos de cálculo para cada una de sus categorías de materiales, todo ello consistentemente con la guía metodológica de Eurostat (2018).

a. Biomasa

a.1. Cultivos

La información correspondiente a producción primaria de alimentos (tierras arables y cultivos permanentes) se obtendrá a partir de la información obtenida de la División de Estadística de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación o FAOSTAT, por sus siglas en inglés. Incluirá agrupaciones importantes de cultivos como cereales, legumbres secas y proteaginosas, tubérculos, cultivos industriales, hortalizas frescas, cultivos permanentes. Se medirá en toneladas métricas.

a.2. Residuos de cultivos (usados)

La información correspondiente a residuos de alimentos (todo tipo de cereales, cultivos de azúcar y cultivos oleaginosos) se obtendrá a partir de las bases de datos de FAOSTAT.

a.3. Cultivos forrajeros y biomasa en pastoreo

Con el fin de disminuir incertidumbres, se calculará la cantidad de alimento de pastoreo de parte de la demanda y la oferta. Es decir, por el lado de cuánto de pasto demanda el ganado, y por el lado, de producción de las pasturas permanentes, escogiendo el menor valor. Finalmente, se escogerá el menor valor.

- Estimación del pastoreo a partir de la demanda:

Primero, se obtendrá la información correspondiente al número de cabezas de ganado extrayendo los datos de FAOSTAT. Segundo, de estos animales domésticos, se seleccionará todos los rumiantes, y luego, se aplicará los factores de conversión obtenidos del Ministerio de Agricultura y Riesgo, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 1. Factores de conversión – Demanda diaria promedio de alimentos por categoría de rumiantes

Rumiante	Promedio de demanda diaria de alimentos (kg materia seca por cabeza)
Vacas	10
Ovejas	1
Cabras	1
Caballos	9
Asnos	7
Mulas	7
Auquénidos	7

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego 2020:59

- Estimación del pastoreo a partir de la oferta:

Primero se obtendrá la información correspondiente hectáreas de pastizales y pasturas permanentes a partir de las bases de datos de FAOSTAT.

Segundo, para la clasificación a partir estos datos totales de pasturas permanentes, la presente investigación considera 20% para agricultura intensiva, y 80% para agricultura. Esto debido a que la mayor cantidad de pastos naturales se ubican en la sierra. (Silva, 2007). Finalmente, se aplican factores de conversión que se muestran a continuación.

Tabla 2. Factores de conversión – Toneladas anuales por hectárea según tipo de pastura

Tipo de pastura	Toneladas anuales por hectárea
Agricultura intensiva	3
Agricultura extensiva	1

Fuente: Silva 2007:26.

Después, para completar la cuantificación de alimentos para ganado, a los resultados de pastoreo se suman los subproductos de la producción de cosechas para alimentación humana. La presente investigación considera a los subproductos de maíz y arroz, aplicando los factores de conversión del estudio sobre México de Russi et al.(2007), dada la compatibilidad con el Perú. La información correspondiente a la producción de maíz y arroz se obtendrá a partir de las bases de datos de FAOSTAT, para luego aplicarse los factores de conversión siguientes:

Tabla 3: Factores de conversión – Toneladas de subproductos por toneladas de cosecha según tipo de cultivo

Cultivo	TM de subproducto por TM de cosecha
Arroz	1,3
Maíz	1,9

Fuente: González 2007:14

a.4. Maderas (Timber, en inglés)

La data que corresponde a producción forestal tanto de madera coníferas como de no-coníferas (*madera conífera en rollo, madera no coníferas en rollo y combustible de maderas*) se obtendrá a partir de las bases de datos de

FAOSTAT. Debido a que, estos datos aparecen en unidades de volumen, se aplicará los factores de conversión siguientes.

Tabla 4. Factores de conversión – Toneladas por metro cúbico por tipo de madera

Tipo de madera	Toneladas por metro cúbico
Coníferas	0.52
No Coníferas	0.64

Fuente: Eurostat 2018: 69

Para Perú, las maderas para combustibles son del tipo no-coníferas. Cabe resaltar, que estos factores de conversión fueron obtenidos del Manual de MFA elaborado por Eurostat, el cual considera tanto el coeficiente de densidad de la madera (para obtener materia seca), como el coeficiente de contenido de agua (estandarizado en 15% de contenido de agua).

a.5. Animales

Para fines de la investigación, se considerará sólo la información correspondiente a la captura total de especies marinas, el cual serán obtenidas de parte de la base de datos de FAOSTAT correspondientes al *Fisheries Global Information System* (FIGIS). Para descargar estos datos se debe considera especies marinas de aguas saladas y dulces dentro del territorio, que en incluye peces de todo tipo (agua dulce, peces diádromos, crustáceos, moluscos, entre otros).

b. Minerales

b.1. Minerales metálicos (Ores)

La información de minerales metálicos a nivel país se obtendrán del Ministerio de Energía y Minas donde se descargan los datos pertenecientes a la extracción de metales en contenido fino o neto. Después, se aplicarán los factores de conversión extraídos del manual de MFA elaborado por EUROSTAT, que

permiten obtener el contenido bruto (*metal ores*, en inglés), correspondiente al mineral extraído de la mina (*Run-of-Mine*, en inglés), los cuales se muestran a continuación.

Tabla 5. Contenido fino de metal en el mineral extraído por tipo de metal

Metal	Contenido fino de metal en el mineral extraído
Antimonio	9.0000%
Cobre	1.4000%
Estaño	0.4000%
Hierro	43.32%
Molibdeno	0.1300%
Oro	0.0002%
Plata	0.034%
Plomo	11.8600%
Zinc	12.2000%

Fuente: Eurostat 2018:89

b.2. Minerales no metálicos (Non- metallic minerals)

Las estadísticas sobre la extracción de los minerales no metálicos se utilizarán para aproximar las cantidades “extraídas de la mina”, haciendo referencia al material que contiene el mineral antes de cualquier transformación adicional. Partiendo del supuesto que no hay mucha diferencia entre las cantidades extraídas y las que salen para la venta.

La información a nivel país sobre la extracción de minerales no metálicos se hallará principalmente de la base de datos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) del Perú mediante la descarga de información relacionada a la extracción minera anual de productos no metálicos.

Dado que la fuente nacional comprende el periodo corto entre 2004 y 2019, para fines de la investigación se utilizará los datos con del Minerals Yearbook de USGS para complementar la información, a través de la descarga directamente la información correspondiente a los minerales no metálicos.

c. Material de energía fósil

c.1. Carbón (Coal and products)

La información a nivel país se obtendrá a partir de las bases de datos del Minerals Yearbook de USGS y de Ministerio de Energía y Minas (MINEM) del Perú mediante la descarga directa de la información correspondiente a la extracción de carbón y sus productos derivados.

c.2. Petróleo (Crude oil and products)

La información a nivel de país se obtiene a partir de las bases de datos del International Energy Agency mediante la descarga directa de la información correspondiente a la extracción de petróleo.

c.3. Gas natural (Natural gas and products)

La información a nivel de país se obtiene a partir de las bases de datos del International Energy Agency mediante la descarga directa de la información correspondiente a la extracción de gas natural.

7.2. FUENTE DATOS: MODELO INPUT-OUTPUT AMBIENTAL

EXTENDIDO

Por otro lado, para el desarrollo del modelo input-output ambiental extendido de Pablo Muñoz y otros (2009) se requiere disponer de la matriz de oferta y uso (SUTs, por sus siglas en inglés).

Las tablas de oferta y uso que se disponen son proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI) dentro del marco de las Cuentas Nacionales. Las cuales tienen como año base el 2007 y se valoran a precios corrientes (millones de soles). Frente a algunos vacíos de información encontrados se recurrirá a las memorias anuales del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

En ese sentido, para la combinación de datos biofísicos y económicos, debido a que la asignación de materiales a las industrias conlleva a una falta de certeza, se aplicará una formulación producto a producto para reasignar la

producción secundaria a la industria primaria de manera que se disminuya el riesgo de asignaciones incorrectas.

Para lo cual, los datos biofísicos se agregarán mediante descripciones de materiales en el mismo nivel de desagregación de la matriz oferta y uso y se combinarán con los productos correspondientes. Así, con la asignación de material se podrá obtener la intensidad de material de las diferentes industrias a través de la división del vector material por el vector de salida total, ecuación (7). Cabe señalar que, dado que el año base es el 2007, los datos de flujos de materiales también se restringirán a este periodo de tiempo. Asimismo, es importante destacar que para las comparaciones sectoriales se usará la Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU (INEI,2019) .



8. CONCLUSIONES

El Perú es un país con gran abundancia en recursos naturales, especialmente, de minerales metálicos y no metálicos. Esta cualidad la hace más atractiva en el mercado extranjero, generando que aumente la extracción de recursos naturales. Sin embargo, extraer los recursos naturales por encima de los límites físicos pone en riesgo la sostenibilidad ambiental en el largo plazo.

Frente a este problema, analizar la compleja relación entre la economía y el medio ambiente es de vital importancia. En ese sentido, el presente estudio muestra los aspectos biofísicos de la economía peruana a partir de la aplicación de métodos estándar para la contabilidad de flujos materiales junto con un esquema input – output ambiental. En particular, los indicadores MFA obtenidos para Perú resultan útiles para ilustrar la presión que ejerce esta economía sobre la dotación de recursos naturales. Y además permiten determinar en qué sectores productivos de la economía se han producido fuertes cargas ambientales.

Las conclusiones del estudio muestran que el sector que generaría mayor carga ambiental es la minería. Esta es una de las actividades con mayor participación en las exportaciones. Si bien es uno de los sectores que más contribuyen en la estructura productiva, es también una de las más perniciosas para el medio ambiente. Se ha evidenciado a lo largo de la historia que la minera no solo genera un agotamiento de los recursos naturales pues para obtener una pequeña cantidad de mineral puro se requiere extraer grandes cantidades de minerales metálicos crudos; sino que también, esta actividad suele venir acompañada de procesos extractivos degradantes.

Con este estudio se espera contribuir en la recaudación de información sobre las cantidades reales de recursos utilizados en los procesos económicos para su uso en futuras medidas de política en el área.

Cabe destacar que, para evitar los problemas metodológicos que conlleva la cuantificación de la actividad metabólica de las economías a través del flujo de materiales, se realiza una comparación entre la dimensión física con la dimensión monetaria. Con lo cual, permite evidenciar la necesidad de la

economía en relación medio ambiente mediante el contraste de la carga material por la utilización de los recursos naturales con el desempeño económico medido por variables convencionales.



9. BIBLIOGRAFIA

Banco Central de Reserva del Perú (2020) *Estructura porcentual de las exportaciones por grupo de productos - valores FOB*. Recuperado el 20 de noviembre de 2020

<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/exportaciones-por-grupo-de-productos-mill-de-usd-a>

Banco Mundial (13 de octubre, 2020) *Perú Panorama General [Nota informativa]*. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/country/peru/overview#1>

Bunker, S. G. (2007). Natural values and the physical inevitability of uneven development under capitalism. *Rethinking Environmental History. World-System History and Global Environmental Change*, pp. 239-258.

Brun, J., Walter, M., Pérez-Manrique, P., González-Martínez, A., & Alier, J. (2013). Análisis de flujo de materiales de la economía Argentina (1970-2009): Tendencias y Conflictos extractivos. *Ecología Política*, (45), pp. 94-98. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/43526866>

Cabeza-Gutés, M., y J. Martínez-Alier, 1997. Environment, development and ecologically unequal exchange. Barcelona, Working Paper, Universitat Autònoma de Barcelona.

Vega, J. (2007). Los efectos de la política de liberalización del comercio exterior en el Perú durante el período 1990–1994. *Economía*, 30(59-60), pp. 97-168. Recuperado de

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/economia/article/view/2354/230>

Comín, F. C. (2014). *Historia económica mundial*. Madrid: Alianza Editorial.

Daly, H. E., & Townsend, K. N. (Eds.). (1992). *Valuing the earth: economics, ecology, ethics*. Cambridge: MIT press.

Daly, H. E., & Farley, J. (2011). *Ecological economics: Principles and applications*. Washington, D.C: Island Press.

Eurostat (2018). *Economy-wide material flow accounts*. Recuperado de <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/9117556/KS-GQ-18-006-EN-N.pdf/b621b8ce-2792-47ff-9d10-067d2b8aac4b>

Fischer, M., & Amann, C. (2001). Beyond IPAT and Kuznets curves: globalization as a vital factor in analysing the environmental impact of socio-economic metabolism. *Population and Environment*, 23(1), pp. 7-47..

Giljum, S. (2004). Trade, materials flows, and economic development in the South: the example of Chile. *Journal of Industrial Ecology*, 8(1-2), 241-261.

González, A. C & Schandl, H. (2008). La perspectiva biofísica de una economía de ingresos medios: flujos de materiales en México. *Economía ecológica*, 68 (1-2), 317-327.

Göbel, Barbara & Ulloa, Astrid (2014) *Extractivismo minero en Colombia y América Latina*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá). Facultad de Ciencias Humanas. Grupo Cultura y Ambiente. Recuperado de https://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/02_Damonte.pdf

Heckscher, E. F. (1919). 1991. "The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income.". *Heckscher-Ohlin Trade Theory*, 43-69.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). *Guía Manual: Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económica (CIIU)* Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/clasificacion-industrial-internacional-uniforme-todas-las-actividades>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). *Comportamiento de la Economía Peruana 1950-2015*. Cáp.1: 13-31. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1_359/cap01.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019). *Perú: Cuentas Nacionales 1950-2018. Cuentas de Bienes y servicios y Cuentas por Sectores Industriales. Año Base 2007.* Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1_693/libro.pdf

Infante, J., Urrego, A., & Tello, E. (2020) Las venas abiertas de América Latina en la era del antropoceno: un estudio biofísico del comercio exterior (1900-2016). *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 21(2), pp. 177-214. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/dialogos/article/view/39736>

Karlson, R. (1995). Recycling in life cycle assessments. Doctoral Thesis, Chalmers University of Technology, G.

Maldonado, S. (2009) Boom minero y corrupción de funcionarios públicos de los gobiernos locales en el Perú: Evidencia de un experimento natural. Perú: CEDEP

Martínez, J. (1987). *Ecological economics: energy, environment, and society*. Oxford: Basil Blackwell.

Martínez, J. & Roca, J. (2001) *Económica Ecológica y Política Ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.

Morandé, F. (2016) A casi cuatro décadas del Consenso de Washington ¿Cuál es su legado en América Latina? . Chile: Instituto de Estudios Internacional. Universidad de Chile.

Muñoz, P., Giljum, S., & Roca, J. (2009). The raw material equivalents of international trade: Empirical evidence for Latin America. *Journal of Industrial Ecology*, 13(6), pp. 881-897.

ODS (2020) Objetivos de Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ohlin, B. (1933) *Interregional and International Trade*. EEUU: Cambridge, Mass, Harvard University Press.

Pérez, M. A. (2006). Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological "Prebisch thesis". *Ecological Economics*, 59(4), pp. 519-529.

Prebisch, R. (1949) *El desarrollo económico de la América Latina y Algunos de sus principales problemas*. Santiago de Chile: CEPAL.

Ricardo, David (1986) *Principios de Economía Política y Tributación*. Barcelona: Ediciones Orbis (traducción original publicada en 1817)

Russi, D., Gonzalez A., Silva J., Giljum, S., Martínez, J.& Vallejo, M. (2007). Material flows in Latin America: a comparative analysis of Chile, Ecuador, Mexico, and Peru (1980-2000). *The Journal of Industrial Ecology*. 12(5-6), pp. 704-720

Saavedra, Jamie (1997) *Liberalización comercial e industria manufacturera en el Perú*. Perú: CIES. Recuperado de <https://www.cies.org.pe/es/investigaciones/empresa-y-finanzas/liberalizacion-comercial-e-industria-manufacturera-en-el-peru>

Silva, J. (2007). *El peso de la economía peruana: Contabilidad de los flujos de materiales en Perú 1980-2004* (Tesis de maestría, Autonomous University of Barcelona).

Smith, A. (1794). *La riqueza de las naciones*. Valladolid : Oficina de Viuda e Hijos de Santander.

Sunkel, O. & Gligo, N. (1980) *Estilos de desarrollo y medio ambiente en América Latina*. Mexico :Fondo de Cultura Económica.

Thorp, R. (1998). Progreso, pobreza y exclusión: una historia económica de América Latina en el siglo XX (No. 330.09 THOp). Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.

UNESCO (2017) El desarrollo sostenible: Conceptos Básicos, Alcance y criterios para su evaluación. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Havana/pdf/Cap3.pdf>

Vallejo, M. (2006). La estructura biofísica de la economía ecuatoriana: el comercio exterior y los flujos del banano. Recuperado de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1059&context=abya_yala

Webb, R. (2019). ¿Industrialización o 'servicialización'?, [Noticia de periódico Comercio]. Recuperado de <https://elcomercio.pe/opinion/columnistas/industrializacion-servicializacion-richard-webb-noticia-594537-noticia/>

Williamson, J. (2011). Trade and poverty: when the Third World fell behind. Cambridge. Massachusetts: MIT press.

