

**PERFILES METABÓLICOS DE LAS ECONOMÍAS DE LAS REGIONES ANDINA Y
CENTROAMERICANA: ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL PERIODO 1970-2013**

Presentado por:
ZULMA JANETH CRESPO MARÍN

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ECONOMÍA
SANTIAGO DE CALI
2016

**PERFILES METABÓLICOS DE LAS ECONOMÍAS DE LAS REGIONES ANDINA Y
CENTROAMERICANA: ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL PERIODO 1970-2013**

Presentado por:
Zulma Janeth Crespo Marín

Trabajo de grado presentado para optar al título de economista

Director.
PhD. Mario Alejandro Pérez Rincón
Economista Ecológico

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ECONOMÍA
SANTIAGO DE CALI
2016

PERFILES METABÓLICOS DE LAS ECONOMÍAS DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA: ANÁLISIS COMPARATIVO PARA EL PERIODO 1970-2013

RESUMEN

Los procesos de producción, consumo e intercambio se sostienen mediante el flujo de energía, materiales y servicios ecológicos, proporcionados por el medio ambiente. La perspectiva biofísica se incorpora a la disciplina económica, con el propósito de evidenciar que la economía depende de los flujos de materia y energía y además de los soportes ecosistémicos. Este trabajo compara los perfiles metabólicos de las economías de los países de las regiones Andina y Centroamericana, haciendo uso de indicadores de flujos directos de materiales. Este es el primer análisis regional agregado que se hace para dos zonas de América Latina. En primer lugar, se contrastaron los patrones extractivos de ambas regiones, incluyendo la extracción doméstica, la entrada de material directo, el consumo de material y el comercio internacional; posteriormente se analizaron los términos materiales de intercambio para cada región y finalmente, se analizó la existencia o no de desmaterialización relativa de las economías. Para lograr estos objetivos, se aplicó la metodología de Análisis de Flujo de Materiales (MFA, por sus siglas en inglés) para estimar las estadísticas biofísicas de cada uno de los países de las regiones analizadas; a partir de allí, se construyeron dos macro-bases de datos: una para el conjunto de los países andinos (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) y otra para los países Centroamericanos (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá). Todo esto para un periodo de 43 años comprendidos entre 1970 y 2013. Los resultados revelaron que en más de cuatro décadas la extracción de material en ambas regiones aumentó considerablemente, debido principalmente a la extracción minera y de combustibles fósiles en los países andinos y a la biomasa agrícola y materiales de construcción en los países de Centroamérica. Las importaciones y exportaciones físicas también aumentaron, en particular desde 1990, debido a la integración cada vez mayor de estos países en los mercados internacionales. La región centroamericana refleja una mejor situación respecto a la balanza comercial y a los términos de intercambio de comercio.

PALABRAS CLAVES: Desmaterialización, Desacoplamiento, indicadores de presión, metabolismo social, sustentabilidad fuerte, región Andina y Centroamericana.

CLASIFICACIÓN JEL: N56, Q32, Q56, Q57.

METABOLIC PROFILES OF THE ECONOMIES OF THE REGIONS ANDEAN AND CENTRAL: COMPARATIVE ANALYSIS FOR THE PERIOD 1970-2013

ABSTRACT

Production processes, consumption and trade is supported by the flow of energy, materials and ecological services provided by the environment. The biophysical perspective is incorporated into the economic discipline, in order to show that the economy depends not only on the materials and energy flows otherwise of ecosystem supports. This paper compares the metabolic profiles of the economies of the countries linked to the Andean and Central American regions, using direct indicators of material flows. This is the first regional aggregate analysis is done for two areas of Latin America. First, extractive patterns were compared in both regions, including domestic extraction, direct material input, material consumption and international trade; then the material terms of trade for each region are discussed and finally the existence of relative dematerialization of the economies analyzed. To achieve these objectives, is applied the methodology of Material Flow Analysis (MFA, for its acronym in English) to estimate the biophysical statistics for each of the countries of the regions analyzed; from there, built two databases: one for all the Andean countries (Venezuela, Colombia, Ecuador, Peru and Bolivia) and one for the Central American countries (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica and Panama). All this for a period of 43 years between 1970 and 2013. The results revealed that in more than four decades the extraction of material in both regions increased substantially, mainly due to mining and fossil fuels in the Andean countries and biomass agricultural and construction materials in Central America. Imports and exports also increased, particularly since 1990, due to the increasing integration of these countries in international markets. Central America reflects better situation regarding the trade balance and the terms of trade exchange.

KEYWORD: Dematerialization-decoupling, pressure indicators Social Metabolism, strong sustainability, Andean and Central American region

JEL CLASIFICATION: N56, Q32, Q56, Q57.

A mi familia por su apoyo incondicional

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al proyecto Metabolismo Social y Conflictos Ambientales en Países Andinos y Centroamericanos (MESOCA-ANCA), por permitir integrarme en la dinámica de investigación y desarrollar en el curso de este proyecto mi trabajo de grado. Este proyecto fue aprobado en el año 2014 en el marco de la Convocatoria Interna para el Fortalecimiento de la Visibilidad Internacional de la Universidad del Valle, y coordinado por el Grupo de Investigación Comunidad, Ambiente y Sustentabilidad del Instituto CINARA de la Universidad del Valle en conjunto con la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) de España y la Fundación Neotrópica de Costa Rica.

Al profesor Mario Alejandro Pérez, coordinador del proyecto y director de mi tesis, toda mi gratitud por su apoyo y confianza en mi trabajo y por su acompañamiento, no solo en el desarrollo de este trabajo si no en mi formación como profesional. Extiendo mis agradecimientos al equipo de trabajo del proyecto, a mis compañeros Julián Zúñiga Barragán, Julieth Vargas Morales y Sebastián Altamira Rivera.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	11
2. ESTADO DEL ARTE.....	12
2.1. Revisión Internacional	13
2.2. Revisión para América Latina	15
2.3. Revisión Nacional y regional.....	17
3. MARCO TEÓRICO.....	19
3.1. Metabolismo social	19
3.2. Metabolismo social y sostenibilidad fuerte	21
3.3. Desmaterialización y desacoplamiento.....	22
3.4. Intercambio ecológicamente desigual.....	23
4. METODOLOGÍA	24
4.1. Clasificación del flujo de materiales.....	25
4.1.1. Biomasa	25
4.1.2. Minerales	28
4.1.3. Combustibles fósiles.....	30
4.1.4. Comercio Internacional	31
4.2. Indicadores del flujo de materiales	31
4.3. Indicadores socioeconómicos	33
4.3.1. PIB.....	33
4.3.2. Exportaciones e importaciones.....	34
4.3.3. Población	34
4.3.4. Territorio.....	34
4.4. Estrategia metodológica para la comparación de los perfiles metabólicos	34
5. CARACTERIZACIÓN SOCIO-DEMOGRÁFICA DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA.....	35
5.1. Región Andina	35
5.2. Región Centroamericana.....	37
5.3. Comparación entre regiones	38
6. RESULTADOS	38
6.1. Insumo directo de material (DMI).....	39
6.2. Consumo interno de materiales (DMC).....	42
6.3. Balanza comercial biofísica (PTB).....	43
6.4. Términos de intercambio (TOT).....	46
6.5. Índices intensivos de material.....	47

6.6. Desacoplamiento o desmaterialización económica	49
7. CONCLUSIONES	52
REFERENCIAS	57
ANEXOS.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. MODELO SISTÉMICO DE LA ECONOMÍA	25
FIGURA 2. TENDENCIAS ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DE LA REGIÓN ANDINA	36
FIGURA 3. ESTRUCTURA DEL PIB EN DINERO DE LA REGIÓN ANDINA	36
FIGURA 4. TENDENCIAS ECONÓMICAS Y DEMOGRÁFICAS DE LA REGIÓN CENTROAMERICANA.....	37
FIGURA 5. ESTRUCTURA DEL PIB EN DINERO DE LA REGIÓN CENTROAMERICANA.....	37
FIGURA 6. INSUMO DIRECTO DE MATERIAL (DMI) DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA	40
FIGURA 7. CONSUMO DOMÉSTICO DE MATERIALES (DMC) DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA	43
FIGURA 8. BALANCE COMERCIAL FÍSICO Y MONETARIO DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA	44
FIGURA 9. FLUJOS COMERCIALES BIOFÍSICOS DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA.....	46
FIGURA 10. TÉRMINOS DE INTERCAMBIO DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA	47
FIGURA 11. COMPARACIÓN DE LOS FLUJOS MATERIALES PER CÁPITA Y POR INTENSIDAD DE ÁREA	48
FIGURA 12. INTENSIDAD MATERIAL DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA	51

LISTA DE TABLAS

	Página
TABLA 1. TIPOS DE BIOMASA.....	26
TABLA 2. TERMINOLOGÍA DE LOS MINERALES METÁLICOS	29
TABLA 3. DESCRIPCIONES Y FUENTES DE INFORMACIÓN	30

LISTADO DE SIGLAS Y ACRONIMOS

BM	Banco Mundial
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
DE	Domestic Extration (Extracción doméstica)
DMC	Domestic Extration (Extracción doméstica)
DMI	Direct Input Material (Entrada de material directo)
EIA	Energy Information Administration (Administración de Información de energía)
EU	European Union (Unión Europea)
EUROSTAT	European Statistic. (Oficina de Estadísticas de la Unión Europea)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
HANPP	Human appropriation of net primary production (Apropiación Humana de la producción Primaria Neta)
MFA	Material Flow Analysis (Análisis de flujo de materiales)
PIB	Producto interno bruto
PPA	Paridad de poder adquisitivo
PTB	Physical Trade Balance (Balanza Comercial Física)
TOT	Terms of Trade (Términos del intercambio)
UNDP	United Nations Development Program (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)
UNSD	United Nations Statistical Division (División Estadística de las Naciones Unidas)
USBM	United States Bureau of Mines (Oficina de Minas de Estados Unidos)
USGS	United States Geological Survey (Servicio Geológico de los Estados Unidos)

1. INTRODUCCIÓN

La economía se expresa no solo en términos monetarios, también tiene una contraparte biofísica y metabólica. Tanto los procesos de producción como de consumo e intercambio se sostienen a través de un flujo de energía, materiales y servicios ecológicos, que son provistos por el medio ambiente (Falconí, Vallejo y Burbano, 2006). La economía ecológica (EE) incorpora al análisis económico, la perspectiva biofísica mediante el concepto de metabolismo social, término adoptado de la biología, en el cual se extiende la idea del perfil metabólico propio de los organismos vivos, al funcionamiento de las economías y de la sociedad. En esa perspectiva, la EE entiende la economía como un subsistema abierto a la entrada de energía y materiales y a la salida de residuos y energía disipada, que hace parte de un sistema más grande y finito que es la biosfera (Martínez-Alier, 2011).

El rápido crecimiento del sub-sistema mundial económico ha generado un aceleramiento del metabolismo social, afectando así el sistema natural. Bajo este pensamiento, es el consumo socio-económico de energía y materia y la producción de desperdicios, el centro de los problemas ambientales. Siguiendo esta idea, nacen los indicadores biofísicos, los cuales miden precisamente la presión que ejerce la actividad socioeconómica sobre los recursos naturales y los servicios ambientales. Estos indicadores se convierten en instrumentos para la gestión de la sustentabilidad en las decisiones de política (Pérez, 2007:152).

Los indicadores biofísicos o indicadores de (in) sustentabilidad miden las economías en unidades distintas a las monetarias, permitiendo agregar al análisis otro tipo de valores, más allá de los puramente utilitaristas. No obstante, así como no se debe caer en el reduccionismo monetario o económico, tampoco se debe caer en el reduccionismo ecológico, de allí la importancia de combinar indicadores biofísicos, con los indicadores monetarios y sociales. Los principales métodos para estudiar el metabolismo social y llegar a los indicadores biofísicos son la Apropiación Humana de la Producción Primaria Neta (HANPP), los cálculos de huella ecológica, huella hídrica y agua virtual; el Insumo de Materiales por Unidad de Servicio (IMPS); los Balances Energéticos y el Análisis de Flujo de materiales (MFA) (Martínez-Alier, 2011; Hák, Moldan, y Dahl, 2012).

El principal propósito de este trabajo es comparar los perfiles metabólicos de dos grandes regiones de América Latina: la región Andina y la región Centroamericana, haciendo uso de indicadores de flujos directos de materiales. En primer lugar, se contrastan las tendencias

crematísticas¹ con los patrones extractivos materiales de ambas regiones; en seguida se analizarán los patrones de entrada y consumo de material, posteriormente se exploran las tendencias de los flujos de comercio para verificar si existe un intercambio ecológicamente desigual y finalmente, se miden los niveles de intensidad material para determinar la desmaterialización o materialización absoluta o relativa de sus economías. Para cumplir con estos objetivos se aplicará la metodología de Análisis de Flujo de Materiales (MFA, por sus siglas en inglés).

El MFA es una propuesta metodológica que forma parte de los sistemas satelitales de cuentas de recursos naturales; y es utilizada por la ecología industrial y la economía ecológica para cuantificar los procesos de extracción, intercambio y consumo de recursos naturales (Vallejo, 2015). Registra las entradas de materiales a las economías nacionales en forma de insumos productivos, por extracción doméstica o importaciones; asimismo registra las variaciones en las existencias y la salida de material a otras economías o al medio ambiente, en forma de exportaciones, emisiones o residuos.

El trabajo está organizado de la siguiente manera: después de esta introducción, se presenta el estado del arte en cuanto a literatura existente sobre análisis de flujo de materiales, indicadores biofísicos de presión, tendencias en los flujos de comercio y ejercicios sobre desacoplamiento o desmaterialización económica. En la tercera parte, se expone el marco teórico del metabolismo social, la sustentabilidad fuerte, el intercambio ecológicamente desigual y la desmaterialización. En la cuarta sección se presenta la metodología utilizada para la construcción de las estadísticas de flujos de materiales y para el desarrollo de esta investigación. En la quinta sección se muestran la descripción de las zonas de estudio y seguidamente los resultados del trabajo. En la última sección se presentan las conclusiones.

2. ESTADO DEL ARTE

Existen numerosos trabajos sobre la aplicación del concepto de metabolismo social; sin embargo, los antecedentes aquí presentados son los trabajos más recientes y relevantes sobre la evaluación de perfiles metabólicos de las economías en términos biofísicos a través de indicadores de (in) sustentabilidad, principalmente las cuentas de flujo de materiales. Inicialmente, se hizo una revisión internacional en la que se encontraron estudios a nivel global y de la Unión Europea, principalmente. Posteriormente, en la revisión de Latinoamérica se identificaron estudios realizados para países suramericanos. En la revisión nacional, se mencionan dos trabajos realizados para Colombia, uno sobre el flujo de materiales de toda la

¹Aristóteles define en su obra *Política* la crematística como el estudio de la formación de los precios. En este sentido se utiliza la expresión crematística en este trabajo para referirse a la dimensión monetaria del proceso económico. (Rossi, 2007).

economía y el segundo focalizado sobre el comercio exterior. Finalmente, a nivel regional se menciona una tesis sobre el metabolismo industrial de la economía vallecaucana, realizada en la Universidad del Valle.

2.1. Revisión Internacional

Los indicadores biofísicos articulados con los indicadores monetarios permiten contrastar la estructura biofísica con las políticas de crecimiento y demás dinámicas socioeconómicas, estableciendo comparativos entre países. Bringezu et al. (2004) estudia la evidencia empírica de la (des)vinculación real entre el uso de los recursos materiales y el crecimiento económico, utilizando como indicadores el Total de Materiales Requeridos (TMR)² y el Insumo Directo de Materiales (DMI) para la Unión Europea y 26 países más. Los resultados econométricos confirmaron para el conjunto de países de altos ingresos -a excepción de República Checa- que no hay una desvinculación o desmaterialización absoluta significativa entre el consumo de material y el crecimiento económico. Pero si hay una tendencia a la desmaterialización relativa entre DMI/PIB y TMR/PIB, en la mayoría de países. La estructura del TMR por su parte, varía considerablemente entre los países de ingresos altos, lo que indica que un alto requerimiento de recursos no es prerrequisito de la prosperidad económica. Los autores afirman que una desmaterialización absoluta de las economías solo es posible logrando una sinergia entre la política y la industria, que mejoren las técnicas de producción y aumente la eficiencia de los recursos.

Por otra parte, el trabajo de Weisz et al. (2006) se centró en los estados miembros de la Unión Europea utilizando como indicador el Consumo Interior de Materiales (DMC). Los datos recopilados entre 1970 y 2001 sobre extracción interna, importaciones y exportaciones, permitieron comparar el nivel y la composición del DMC en la UE-15. Los autores identificaron los factores determinantes de las diferencias observadas, concluyendo que los niveles de biomasa, minerales y combustibles, están determinados en gran medida por la estructura de la economía y no por la renta nacional o el desarrollo económico. Contrario a lo que ocurre con los materiales de construcción que dependen más de los niveles de desarrollo económico -construcción de edificios e infraestructura-. Los autores afirman que la estructura económica está a su vez determinada por la magnitud del comercio, la etapa del desarrollo económico, el nivel de vida de la población, la dotación de recursos de un país, la densidad de población, las condiciones climáticas, la productividad natural de la tierra y la estructura del sistema de energía.

² En todo el documento las siglas corresponden a su expresión en inglés, dado que así son conocidas en la literatura internacional.

Behrens et al. (2007) presenta la primera cuantificación completa de la base material de la economía global. Analizando la evolución temporal de los principales grupos de materiales - biomasa, combustibles fósiles, metales, minerales industriales y de construcción-. Los resultados muestran que el consumo de recursos anuales de la economía mundial se incrementó en un tercio entre 1980 y 2002. El crecimiento observado de extracción de recursos naturales es desigual entre las principales categorías de materiales, siendo los metales los que muestran una mayor tasa de crecimiento. No obstante, se comprobó una disociación o desacoplamiento relativo entre la extracción de recursos y el crecimiento económico: la extracción de recursos mundial por unidad de PIB, disminuyó en un 25% en el periodo estudiado. Por otro lado, los análisis regionales muestran que Europa Occidental y Estados Unidos son las economías más productivas, a causa de nuevas tecnologías y al cambio estructural hacia el sector de servicios. Finalmente, se hace alusión a la creciente importancia de Asia y América Latina en el suministro mundial de recursos.

Otros trabajos sobre metabolismo social y contabilidad biofísica han profundizado únicamente en el componente comercial, como es el caso de Dittrich y Bringezu (2010). En este artículo se presentan los flujos comerciales físicos para todos los países que disponen de datos monetarios en el periodo. Este método permite comparar el volumen de material del comercio mundial con los flujos de comercio monetarios de los diferentes países. Los resultados muestran que entre 1970 y 2005 el volumen de comercio creció por un factor de 3,5, donde el principal producto comercializado en unidades físicas son los combustibles fósiles, principalmente petróleo. En general, los países industrializados como Japón, Estados Unidos y los países europeos son importadores netos de material y las regiones en desarrollo y países en transición como América Latina, las islas del sudeste asiático y Asia central son exportadores netos. Este trabajo es la evidencia empírica de una división internacional del comercio a favor de los países desarrollados y en detrimento del medio ambiente de los países más pobres. Sin embargo, se pueden anotar dos excepciones los '*tigres asiáticos*' que están creciendo rápidamente como importadores netos y el caso de Australia y Canadá, que a pesar de ser desarrollados de acuerdo a los indicadores sociales y económicos, desde 1970 hasta 2005 conservan un índice alto de exportaciones netas de recursos.

En una segunda parte de este trabajo publicada dos años más tarde Dittrich, Bringezu y Schutz. (2012) presentan los primeros cálculos mundiales de desplazamiento de carga ambiental con base en los indicadores de flujo de materiales, en particular los saldos directos e indirectos físicos del comercio. Los resultados muestran un patrón global en los desequilibrios de los flujos directos e indirectos comerciales que se ha profundizado con el tiempo: América del Sur, Australia, las grandes islas de Asia y los países de Asia Central son las regiones cuyas exportaciones se asocian cada vez más con flujos de carácter indirecto y están asumiendo en forma incremental carga ambiental del resto del mundo. En cambio, Europa Occidental, Japón,

Estados Unidos y los países emergentes como China, India y México, están desplazando la carga ambiental a otras regiones del mundo. La dotación del recurso natural y la densidad de la población parecen ser más relevantes que el nivel del PIB a la hora de determinar la aceptación o el desplazamiento de la presión ambiental relacionada con los recursos. Los productos que se asocian principalmente con los flujos indirectos son hierro, carbón, cobre, aceite de palma y frutas.

Los dos últimos trabajos a los que se hará referencia fueron publicados en un número especial del *Journal Industrial of Ecology* (2015), titulado “*Special Issue on Frontiers in Socioeconomic Metabolism Research*”. El primero de estos dos artículos fue realizado por la Universidad Pablo de Olavide en cabeza del investigador Juan Infante y tuvo como objetivo central analizar la evolución biofísica de la economía española durante un periodo de 150 años (1860-2010), mediante la metodología EW-MFA³ de 2013. Los principales resultados indican que a partir de 1960 el país vivió una transición industrial muy rápida, basada principalmente en la extracción doméstica de los materiales de cantera y la importación de combustibles fósiles y productos manufacturados. A pesar de esta transición industrial, los datos de extracción y consumo de recursos no cambiaron significativamente hasta finales del siglo XX. Este proceso reveló los cambios en los patrones de consumo, en 1860, el 98,1% de los recursos consumidos eran biomasa, mientras que hoy la cifra es del 16,2%, convirtiendo a España en dependiente de los recursos bióticos extranjeros.

En el segundo artículo, Wenzlik et al. (2015) estudia como en Austria el consumo de materia prima (RMC) crece impulsado por los cambios en el consumo y la producción. A través del análisis de descomposición estructural aplicado al RMC austríaco se comprobó que en todo el periodo evaluado de 1995- 2007, no hubo un desacoplamiento o disociación absoluta entre el Producto Interno Bruto (PIB) y el RMC. Los resultados de la descomposición de RMC austriaca muestran que las mejoras en la eficiencia de los materiales de producción y consumo no fueron capaces de compensar los aumentos en el consumo final total, esto puede deberse al efecto rebote o la paradoja de Jevons (Alcott 2005; Jevons 1865, 1965). De manera que las estrategias de decrecimiento no pueden basarse únicamente en la escala de la economía o reducción del volumen de la demanda final, se debe considerar también la composición del consumo (efecto “*Mix*” de la demanda final) y la producción (efecto de la tecnología).

2.2. Revisión para América Latina

Los estudios de la región se han concentrado en demostrar el deterioro social y ambiental que han generado las políticas económicas liberalizadoras y extractivistas en América Latina. En Chile por ejemplo, las políticas implementadas por la dictadura militar, soportadas en el

³ Economy wide Material Flow Accounts.

aprovechamiento de las “ventajas comparativas”, llevaron a un aumento de las presiones antropogénicas, especialmente desde mediados de 1980. Giljum (2004) señala que entre 1973 y 2000, el DMI aumentó por un factor de 6 y las exportaciones físicas se triplicaron, como resultado de la expansión de la minería, fruticultura, silvicultura y sectores de la pesca. En los últimos 15 años, las altas importaciones de combustibles fósiles, han mantenido a Chile por fuera del grupo de exportadores netos de recursos naturales. Sin embargo, una estimación del Balance Comercial Biofísico (PTB), incluyendo los flujos indirectos, mostró que Chile tiene un déficit comercial importante con el resto del mundo. El artículo agrega algunas críticas y sugerencias al enfoque MFA, con la intención de potenciarla como una herramienta más pertinente para las recomendaciones de política.

Posteriormente, los autores Russi et al. (2008) hacen un comparativo entre los flujos de recursos de Chile, Ecuador, México y Perú durante dos décadas (1980-2000). El objetivo era analizar las consecuencias de las reformas neoliberales en la estructura extractiva de los países seleccionados. Se obtuvo que la extracción nacional de materias aumentó considerablemente en los cuatro países, principalmente por el sector minero en Chile y Perú, la biomasa y el petróleo en Ecuador, y los minerales de construcción en México. Por otro lado, la balanza comercial biofísica fue negativa para la mayor parte del período evaluado, sin embargo, el crecimiento paralelo de las importaciones de la última década redujeron el déficit físico en Chile, México y Perú. En el caso de Chile, México, e incluso Perú, hubo una diversificación de las exportaciones fuera de productos a granel, lo que añadió valor (y precio) por tonelada al producto exportado, es decir, hubo una mejora de los términos de intercambio. Esto puede considerarse como positivo desde el punto de vista del desarrollo, ya que añadir valor a los principales productos de la economía nacional, debería generar nuevas oportunidades de empleo y contribuir así al ingreso familiar local.

El siguiente trabajo al igual que el anterior, es un análisis del comercio para algunos países de América Latina. En este caso, Muñoz, Giljum y Roca (2009) se centran en estimar no sólo los flujos directos de las exportaciones o las importaciones, sino también los flujos indirectos asociados con el comercio, expresado en Equivalentes de las Materias Primas (RME). El concepto RME y la evidencia empírica se articulan por uso de la metodología *input-output* aplicado a los siguientes países de América Latina: Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, y México. En el caso de Colombia, por ejemplo, se registra para el año 2003 un PTB negativo de 62 Millones de toneladas, mientras que la Balanza Comercial de Materia Prima (RTB) refleja un déficit de 123 millones de toneladas, es decir que al incluir los flujos indirectos se duplica el déficit comercial. Finalmente, el artículo discute los modelos extractivos de los países estudiados, haciendo referencia a las implicaciones biofísicas de este tipo de trayectorias de crecimiento económico y la sostenibilidad de ello a largo plazo. Sugiriendo que los países desarrollados o importadores netos deben apoyar las mejoras en términos físicos y monetarios

del comercio, respetando los ciclos de vida de los recursos naturales e implementando un impuesto para compensar la pérdida de capital natural.

Vallejo (2010) en Ecuador discute la sostenibilidad del modelo económico con base en el análisis sistemático de las cuentas de flujo de materiales. La economía ecuatoriana basada en la explotación de materiales y energía no renovables provoca grandes impactos ambientales y conflictos sociales. Considerando que buena parte de este material es exportado y que el uso per cápita de materiales en Ecuador es la quinta parte de la media de los países de ingresos altos, se hace evidente el tema del desplazamiento de cargas ambientales. La autora menciona algunos síntomas que dan cuenta de una transición socio-ecológica industrial: el cambio progresivo hacia los materiales de construcción muestran una economía más desarrollada; el crecimiento físico de la economía de Ecuador ha sido un poco más rápido que el crecimiento de la población y hay una participación cada vez menor de mano de obra agrícola y una rápida urbanización; lo otro es la prevalencia de petróleo en la oferta interna de energía.

Una investigación similar elaboró Manrique et al. (2013) para Argentina, examinando las características biofísicas de la economía de este país con base en la metodología MFA desde 1970 hasta 2009. Los resultados indicaron que los patrones de extracción y comercio de Argentina son similares a las economías del resto de Latinoamérica, siguiendo un modelo de desarrollo orientado al uso intensivo de recursos y a la exportación. La creciente demanda externa mantiene durante todo el periodo un déficit comercial físico y términos de intercambio con tendencia a la baja. Argentina es altamente urbanizada y tiene un nivel relativamente alto del consumo de energía per cápita, su PIB per cápita actual es de US\$ 7665 (año base 2009) (Banco Mundial, 2011), lo que lo convierte en uno de los más grandes de América Latina. Sin embargo, su economía industrial todavía se basa en productos de bajo valor agregado como productos manufacturados de origen agropecuario y extracción de minerales.

2.3. Revisión Nacional y regional

La tesis de Prebisch (1949) plantea la existencia de una histórica división internacional del trabajo en la que los países de la Periferia se especializan en la exportación de bienes primarios, mientras que los países del Centro exportan bienes industriales, al tiempo que se da en el largo plazo una tendencia al deterioro de los términos de intercambio de los productores de materias primas. Este enfoque fue extendido a las cuestiones ecológicas, sosteniéndose que la división internacional del trabajo centro-periferia no solo abarca el intercambio monetario de bienes y capitales, sino también incluye el intercambio físico en el que los países del Sur proporcionan materiales y energía a los países del Norte. Pérez (2006) corrobora esta tesis para Colombia realizando un estudio de los flujos de materiales del comercio exterior entre los años 1970 y

2002, tomando como objeto de análisis tanto los flujos de comercio monetarios como ecológicos.

Los resultados indican un alejamiento de los patrones agrícolas tradicionales y un creciente déficit de la balanza comercial física (PTB), explicado por la reaparición de las exportaciones de petróleo y las nuevas exportaciones de carbón y ferroníquel, ocasionando altos niveles de contaminación atmosférica y daños irreversibles en los suelos. Respecto al análisis de los términos de intercambio, se mostró un deterioro significativo en el poder adquisitivo de las exportaciones colombianas, suscitando un incremento en las cantidades comercializadas. Considerando que el déficit es explicado en su mayor parte por el intercambio con los países de ingresos altos como EEUU y la UE (Unión Europea), se puede decir a través del caso de Colombia que efectivamente la desmaterialización relativa en algunos países del Norte está relacionada directamente con un aumento en las extracciones del Sur.

A continuación se expone la investigación realizada por Vallejo, Pérez y Martínez-Alier (2011), un trabajo que se articula al estudio de la balanza comercial física colombiana elaborado por Pérez (2006), incorporando los flujos de materiales totales de la economía colombiana y ampliando el periodo analítico de 1970 a 2007. En la investigación Vallejo et al. (2011) analizan la dimensión ecológica de la actividad económica colombiana, encontrando que la mayoría de los materiales utilizados para las actividades económicas son principalmente materiales de construcción y biomasa agrícola. Al igual que en los anteriores trabajos, se resalta el papel que ha jugado la política de apertura económica en el incremento de la extracción doméstica y la especialización en el sector de los recursos no renovables como en este caso, el carbón. Otro de los sectores que más ha crecido en la economía son los monocultivos, generando deforestación a gran escala, pérdida de biodiversidad, degradación del suelo y contaminación del agua.

La economía colombiana se caracteriza por una clara reprimarización, deterioro en los términos de intercambio y un aumento absoluto en el uso de materiales, lo que conlleva a un incremento de los conflictos socio-ambientales. De otro lado, en los aspectos positivos encontrados esta la desmaterialización relativa o aumento de la productividad de los recursos. Adicionalmente se refuta en parte la hipótesis de la maldición de los recursos, ya que desde una perspectiva económica, la producción no se ha estancado durante el período, por el contrario, ha crecido más rápido que el consumo de materiales. Por último, los autores hacen algunas recomendaciones sobre nuevas políticas fiscales para las exportaciones de recursos naturales: plantean indemnizaciones por los pasivos ambientales generados por las empresas y los países importadores; y en último lugar, sugieren restricciones en las zonas sensibles como páramos y compensaciones por parte de las empresas que explotan los recursos.

Finalmente, se presenta la tesis realizada por Figueroa (2006), este es el único trabajo hallado a escala regional; en este se describen y analizan los intercambios físicos entre la economía del Valle del Cauca y el medio ambiente. Con el objetivo de identificar cuáles han sido las tendencias en el uso de recursos naturales y su eco eficiencia desde el punto de vista económico, se realizó la estimación del indicador DMI basándose en la metodología del Análisis de los Flujos de Materiales. Este indicador incluye todos los materiales que entran directamente en la economía (extracción doméstica e importaciones), permitiendo comprender cómo funciona el metabolismo industrial vallecaucano por el lado de los *inputs* en un periodo desde 1995 hasta 2003. Al relacionar el DMI obtenido con el PIB departamental se encontró que la economía del departamento generó un mayor producto por cada tonelada extraída de materiales, pasando de 248.144 pesos constantes por tonelada en 1995 a 320.233 pesos por tonelada en el 2003, lo que representó un aumento del 27,4%. Esto significa una mejora en la eco-eficiencia de la región y por tanto, un avance en términos de sustentabilidad.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Metabolismo social

El concepto de metabolismo en las ciencias sociales tiene sus orígenes en Marx (1975). Marx quien fue un estudioso de las obras de los naturalistas de la época como Darwin (1859), derivó de allí el concepto de *Stoffwechsel* que significa intercambio orgánico o metabolismo, acuñando el término en el primer volumen de *El Capital*. Este concepto fue utilizado en dos sentidos: como una analogía o metáfora biológica para ilustrar la circulación de las mercancías, y de manera más general como un “intercambio entre hombre y tierra” (Martínez-Alier, 2004 citado por Toledo, 2013:44)

Este concepto permaneció en estado latente hasta que en la década de los 60's fue retomado por Wolman (1965) y Boulding (1966) aplicándolo al análisis biofísico de las ciudades, al igual que los economistas Ayres y Kneese (1969) que estudiaron el flujo de materiales de las sociedades y los sectores industriales. Sin embargo, solo fue hasta 1997, cuando Fisher-Kowalski publicó un capítulo en el libro *Handbook of Environmental Sociology* (Fisher-Kowalski, 1997), en el que el metabolismo social fue vinculado al Análisis de Flujo de Materiales. Fischer-Kowalski propone en este capítulo, un cambio de paradigma en la sociología, en el que se reconozca primero: al ser humano como parte de las muchas especies entrelazadas a la naturaleza y segundo: las consecuencias negativas que produce la acción humana sobre la naturaleza. En efecto, sugiere aceptar que el mundo es física y biológicamente limitado.

En síntesis, para Fisher-Kowalski este nuevo paradigma debe apoyar el estudio sociológico de la interacción entre la sociedad y el medio ambiente, la sociedad puede ser vista como una

unidad que depende del continuo flujo material y energético desde y hacia su entorno. En este sentido, el estudio de lo social (que es económico, tecnológico y cultural) debería preocuparse por la regulación del metabolismo social, en vista de los problemas ecológicos que enfrenta la sociedad industrial moderna.

En suma el metabolismo social fue definido por Ayres y Simonis en 1994 como:

La palabra *Metabolismo* tal como se utiliza en su contexto biológico original, connota los procesos internos de un organismo vivo. El organismo ingiere, materiales de baja entropía ricos en energía ("comida") para su propio mantenimiento y funciones, así como un excedente para permitir el crecimiento y/o reproducción. El proceso también implica necesariamente la excreción o la exhalación de los desechos, que consiste en, materiales de alta entropía degradados. Hay una analogía convincente entre los organismos biológicos y la actividad industrial - de hecho, todo el sistema económico - no sólo porque ambos son sistemas materiales de procesamiento impulsado por un flujo de energía libre (Georgescu-Roegen, 1971), sino porque ambos son ejemplos de auto organización "sistemas disipativos" en un estado estable, lejos del equilibrio termodinámico (Ayres y Simonis, 1994: 23).

De manera, que el metabolismo social comienza cuando los seres humanos se apropian de materiales y energías del medio natural (*input*), posteriormente estos materiales circulan, se transforman y consumen. El proceso finaliza cuando los residuos o desechos son depositados nuevamente en los espacios naturales (*output*). Por lo anterior en el proceso general del metabolismo social existen cinco tipos de flujos de energía y materiales: *la apropiación (A)*, *la transformación (T)*, *la circulación (C)*, *el consumo (Co)* y *la excreción (E)* (Toledo, 2013:47).

Así pues, el metabolismo social se convierte en una herramienta conceptual usada por la economía ecológica, en la que se establece una similitud entre el funcionamiento del sistema biológico y el sistema socioeconómico, con dos objetivos: en primer lugar, expresar la dependencia del sistema socio-económico del medio natural para su funcionamiento y en segundo lugar, demostrar que la velocidad de producción, reproducción y por tanto de extracción de la economía ha superado la escala de producción natural, generando impactos y conflictos ambientales entre los miembros de la sociedad.

Como ya se señaló, dentro de la economía ecológica se han desarrollado diferentes métodos de estudio del metabolismo social que se centran en la contabilidad de los flujos de energía, materiales y residuos que van a través de la economía, incluyendo los flujos de agua reales y "virtuales", y también el estudio de la HANPP (Apropiación Humana de Energía Primaria Neta, la sigla corresponde al inglés) (Martínez-Alier, 2011).

3.2. Metabolismo social y sostenibilidad fuerte

En el informe *Nuestro futuro común* preparado por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, también conocido como el informe Brundtland (Brundland, 1989), se planteó la necesidad de un desarrollo sostenible⁴, es decir, que asegurara la satisfacción de las necesidades del presente sin comprometer las de las futuras generaciones. Según la Comisión “este concepto 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 biósfera 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” (CMMAD, 1987 citado por Gudynas, 2011:71).

Gudynas (2011) advierte que la Comisión revierte el enfrentamiento entre la economía y la ecología, sosteniendo que la conservación ambiental es necesaria para mantener el crecimiento económico. De esa manera, la definición a la que se llega resulta ambigua, pues algunos pueden hacer énfasis en el compromiso con las generaciones futuras, algunos en el reconocimiento de los límites de la tierra y otros se centran en el crecimiento económico. A partir de allí se identifican varias corrientes o visiones con propósitos distintos. Uno de estas visiones se denomina “Sustentabilidad débil” y su contraparte “sustentabilidad fuerte”.

Los postulados de la Sustentabilidad débil reconocen la necesidad de promover un desarrollo que no destruya la base ecológica. Sin embargo, consideran que el desarrollo responde directamente al crecimiento económico y en ese sentido defienden la idea de que los impactos negativos ambientales podrían ser compensados por el crecimiento económico, aceptando distintas formas de mercantilización de la Naturaleza. Esta premisa es respalda por la hipótesis conocida como la “Curva Ambiental de Kuznets”, teoría que afirma que en el corto plazo, un aumento en el nivel económico produce deterioro ambiental, sin embargo, en el largo plazo a partir de un determinado nivel de ingreso per cápita, existe una relación negativa entre crecimiento económico y deterioro medioambiental. Esto se argumenta en que el desarrollo económico trae consigo la adopción de tecnologías más limpias y eficientes, que permiten a la sociedad mantener los niveles de bienes y servicios y a su vez, generar menos contaminación. Por otra parte, hay un desplazamiento de la economía hacia los sectores de servicios, generando una desmaterialización de la economía (Stern, 2004). La evidencia real de la “Curva Ambiental de Kuznets” indica que en algunas ocasiones es válida a nivel local y regional y en algunos contaminantes. No obstante, cuando se analiza en espacios globales, en problemas de largo plazo (por ejemplo, emisiones de dióxido de carbono), o en algunos contaminantes (gases efecto invernadero por ejemplo), la hipótesis no se cumple. Sumado a lo anterior, las mejoras en la eficiencia ecológica puede a veces aumentar el uso de los recursos a través del efecto Jevons o efecto rebote (Polimeni et al., 2007).

⁴ En este trabajo no se hace distinción entre sostenibilidad y sustentabilidad, es decir, se utilizan como sinónimos.

Desde el punto de vista de la economía convencional (sustentabilidad débil), la sostenibilidad se mide con indicadores monetarios (por ejemplo, PIB verde “ecológicamente ajustado”), en contraste con la corriente de Sustentabilidad fuerte que considera que la sostenibilidad de una economía debe ser estimada a través de indicadores biofísicos, que incorporen consideraciones acerca de la distribución ecológica” (Martínez-Alier, 1995). La sustentabilidad fuerte acepta el uso del Capital Natural, pero cuestiona que exista una sustitución perfecta entre las distintas formas de Capital artificial y el Capital Natural. Se plantea una complementariedad entre esas dos formas de Capital (Daly, 1996 citado por Gudynas, 2011). Esto obliga a proteger elementos claves de la Naturaleza, de manera que no sean convertidos en Capital artificial, asegurando la permanencia de ecosistemas y especies. Lo importante para esta corriente es sostener la base ecosistémica que garantice en el largo plazo la perduración del nivel de vida de las personas y la existencia de otras especies, concepto que permite revisar el modelo de desarrollo planteado por la visión ortodoxa de la economía.

En ese sentido, la sustentabilidad fuerte va más allá del mercado, resalta la inconmensurabilidad de valores, es decir, reconoce no solo el valor económico sino también el ecológico. Propugnan por que los procesos productivos no desborden la escala sostenible si no que se encuentren dentro de la capacidad de carga de los ecosistemas (Daly y Farsey, 2004).

3.3. Desmaterialización y desacoplamiento

La desmaterialización fue definida por Cleveland y Ruth (1998) como el proceso de satisfacción de las funciones de la sociedad con un uso decreciente de materiales en el tiempo. Para explicar esta tendencia hacía referencia a tres elementos: en primer lugar, la creciente tercerización de las economías industriales. El sector servicios, que en principio, parecía demandar menos energía y materiales que la industria o la agricultura, pero que permitía incrementar el Producto Nacional Bruto (PNB) utilizando a la vez menos recursos naturales empezó a crecer en las economías más desarrolladas. La participación del sector de servicios en los países desarrollados ocupa actualmente entre el 60% y 70% del PNB (Carpintero, 2007).

La segunda explicación aludía al cambio en el tipo de insumos utilizados por la industria. Bunker (1996) afirmó que se quiso ver una masiva sustitución de materias primas tradicionales (hierro, cobre, plomo, madera, vidrio, etc.), cuya extracción y fabricación requería, a su vez, el consumo de abundante energía y materiales, por otras nuevas sustancias (sintéticas, fibras, plásticos) que parecían exigir menos intensidad de recursos. La tercera evidencia de la presencia de una desmaterialización era la aparición de otras actividades industriales sujetas a la esfera de la investigación y desarrollo de las tecnologías que hicieron creer que era posible un aumento del PNB con un uso mínimo de recursos.

Se pensaba que al requerir el sistema económico menos entrada de recursos naturales por unidad de PNB, se reduciría paralelamente la emisión de residuos y contaminación consecuencia de la actividad económica. De las anteriores premisas se derivan dos conceptos “desmaterialización relativa o débil” y “desmaterialización absoluta o fuerte”. La primera es aquella que apunta a un descenso en los requerimientos de energía y materiales por unidad de PNB, mientras que la segunda supone una reducción en la cantidad absoluta de recursos naturales utilizados por la economía correspondiente (De Bruyn y Opschoor 1997: 258 citado por Carpintero, 2007).

Richmann (2006) posteriormente, en su libro “*Biomímesis: ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*” se refiere a los “equívocos de la desmaterialización” arguyendo que la idea de desmaterialización puede fácilmente inducir a error: “las necesidades materiales se satisfacen con bienes materiales por mucha “*economía de la información*” por mucha “*sociedad del conocimiento*” que haya [...]”. Los integrantes de dicha sociedad siempre serán seres humanos, que tienen que hacer sus tres comidas al día [...]” (Richmann, 2006:112). En ese sentido dado que ni siquiera los países más ricos han logrado la desmaterialización, resulta conveniente hablar mejor de desacoplamiento, para indicar cuando un crecimiento del PNB o del PIB es más rápido que el crecimiento del consumo de recursos y referirse a desmaterialización solo cuando el consumo de materiales es menor en términos absolutos. Es así que en otros textos (Vega, 2013; Carpintero, 2007) se le conoce a la desmaterialización relativa como desacoplamiento; en este trabajo se usará el término en este sentido.

3.4. Intercambio ecológicamente desigual

Existen diferentes puntos de vista sobre el Comercio Internacional. Por una parte, está la perspectiva del libre comercio expuesta por David Ricardo hace doscientos años y que sigue siendo válida en lo esencial. Sostiene que en condiciones de pleno empleo y en ausencia de economías de escala, si cada país se especializa en los productos en los cuales tiene una ventaja comparativa (es decir, costos de oportunidad internos inferiores), entonces todos podrían ganar con el libre comercio, siempre y cuando los costos de transporte no sean elevados, de lo contrario las ventajas serían nulas (Ricardo, 2010).

Las objeciones a la teoría de David Ricardo se han incrementado con el tiempo. En Alemania, fue Friedrich List quien señaló la necesidad de proteger las industrias nacientes para que pudieran crecer y lograr menores costos unitarios de producción (Pérez, 2007). En el siglo XX, varios autores entre ellos, Raúl Prebisch en América Latina, defendieron la “Sustitución de importaciones”, argumentando que los precios de las exportaciones de los productos primarios tienden a deteriorarse en comparación con los precios de los bienes industriales importados (Pérez, 2006). Krugman (1989) por su parte, insistió, más recientemente, en el argumento de las

"economías de escala", mostrando por qué el crecimiento económico se rezaga en los países especializados en bienes de baja tecnología.

Hornborg (1998) escribió que no existía necesariamente una estructura de precios en el comercio internacional que permitiera transferir energía y materiales baratos a las áreas metropolitanas. Refutando el supuesto de que el funcionamiento de los precios de mercado es equivalente a la reciprocidad. Lo que permite sustentar que las relaciones y estructuras de poder son importantes en la determinación de los flujos internacionales de energía y materiales. El intercambio ecológicamente desigual se define a partir de las asimetrías en el comercio internacional que prevalecen entre las llamadas economías del Norte (países desarrollados) y las del Sur (países en desarrollo). Muchas economías del Sur muestran una salida neta de materiales domésticos para cubrir la demanda externa de las economías del Norte, cuyo funcionamiento metabólico depende de estas fuentes de recursos.

Las asimetrías en el valor de los bienes que el Sur importa y exporta, intensifican la explotación de recursos naturales, porque cada vez requieren exportar mayores cantidades de materiales a fin de obtener los ingresos suficientes para adquirir las mismas cantidades de bienes importados (Pérez, 2006; Hornborg, 2012). Adicionalmente, este material exportado por el Sur se obtiene a partir de procesos extractivos que deterioran el ambiente y generan presiones sobre los recursos; a estos costos ambientales se les conoce como "*mochilas ecológicas*". Se dice que en el Sur las "*mochilas ecológicas*" de los bienes exportados son mayores que las de los bienes importados, por lo cual plantean que el comercio internacional también puede verse como otro "vector ambiental", tal como el agua y el aire, que permite trasladar los costos o cargas ambientales de unos países a otros.

4. METODOLOGÍA

La contabilidad de los flujos de materiales es una propuesta metodológica que forma parte de los sistemas satelitales de las cuentas de recursos naturales que ha sido utilizada como herramienta por la ecología industrial y la economía ecológica, con el fin de cuantificar los procesos extractivos, de intercambio y consumo de recursos. El Análisis de Flujo de Materiales (MFA) representa las interacciones explicadas anteriormente entre la economía y el ambiente, a través de un balance de materiales que refleja la primera ley de la termodinámica, en la cual se afirma que la materia y la energía no se crean ni se destruyen, si no que se transforman. De esta manera se busca que las entradas totales, es decir, los insumos productivos, coincidan con la suma de las salidas en forma de emisiones y residuos, más la acumulación presente en la economía (Giljum, 2003) (ver Figura 1).

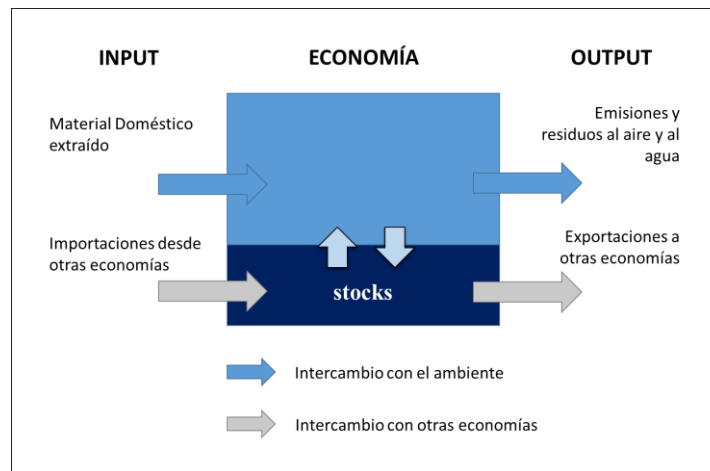


Figura 1. Modelo sistémico de la economía

Fuente: Adoptada de Eurostat (2007).

El Análisis de Flujo de Materiales (MFA) mide los *Input* o entradas de materia en unidades físicas de peso -toneladas métricas-. Clasificando los materiales extraídos del territorio nacional en biomasa, minerales, materiales de construcción y combustibles fósiles. De igual forma los productos importados y exportados cumplen con la misma clasificación. Posteriormente, al obtenerse la información cuantitativa se pueden calcular los indicadores de flujo de materiales que permiten medir el impacto ambiental causado por la actividad económica, complementando el sistema de cuentas nacionales.

El presente trabajo sigue las directrices establecidas en la metodología elaborada por la Oficina de Estadísticas de la Unión Europea, *Economy wide Material Flow Accounts* (Eurostat, 2013). Este instrumento se ha sido institucionalizado en Europa mientras en América Latina su influencia es mayor a nivel de la investigación académica.

4.1. Clasificación del flujo de materiales

La clasificación se realizó siguiendo los lineamientos de la Oficina de Estadísticas de la Unión Europea (Eurostat, 2013), en biomasa, minerales metálicos, minerales no metálicos y combustibles fósiles. No se tuvieron en cuenta otros recursos primarios que no pertenezcan a estas categorías como el agua, el aire o el suelo.

4.1.1. Biomasa

La biomasa, comprende todo material orgánico no fósil de origen biológico. Pueden identificarse dos tipos de biomasa:

- **Biomasa no cultivada:** La biomasa que se genera por un proceso natural que se encuentra fuera del control humano, tales como los bosques no cultivados, el crecimiento de los animales silvestres, peces silvestres, setas silvestres, o bayas silvestres.

- **Biomasa cultivada:** La biomasa que se genera por un proceso bajo el control humano, como la producción de cultivos y plantas agrícolas, madera, leña, animales criados y sus productos.

Sin embargo, no todos los componentes de la biomasa son considerados como parte de la extracción doméstica (DE) (Tabla 1). Por ejemplo, la cría de animales vivos tanto acuáticos como no acuáticos, no se incluye en la contabilidad⁵. La biomasa contabilizada se clasifica en tres categorías: biomasa agrícola, biomasa forestal y biomasa pesquera.

Tabla 1.

Tipos de Biomasa

TIPO DE BIOMASA	COMPONENTE MFA
Biomasa cultivada	Producción de cultivos agrícolas y plantas
	Cultivo de árboles
Biomasa no cultivada	Caza de animales silvestres no acuáticos
	Captura de peces silvestres
	Captura de otros animales y plantas acuáticas silvestres
	Cultivos y plantas silvestres
	Extracción de bosques no cultivados

Fuente: Adaptada de Eurostat (2013)

Biomasa Agrícola

La categoría de biomasa agrícola comprende los cultivos primarios, residuos de los cultivos utilizados como forraje y pastizales utilizados para alimentar el ganado. Los datos de los cultivos primarios son publicados por la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2015a) los cuales son compilados gracias a la cooperación de los diferentes gobiernos y agencias relacionadas. El período de referencia para las estadísticas de producción de los cultivos es el año civil, es decir, los datos correspondientes a un determinado cultivo se refieren al año corrido en que se recogió la totalidad o la parte principal de la cosecha. Sin

⁵ De acuerdo con los límites y convenciones del sistema MFA, el ganado es considerado un elemento del compartimento físico del sistema socio-económico. En consecuencia, toda la captación directa de biomasa por el ganado se tiene en cuenta para la extracción doméstica, mientras que animales y productos derivados de animales se consideran productos secundarios y no contabilizados para la extracción doméstica. Se denotaría como una doble contabilidad. Las excepciones son los animales cazados y captura de peces, que se consideran como una extracción del medio natural y, por tanto, se contabilizan como extracción doméstica (Krausmann, et al., 2015: 26).

embargo, esto no significa necesariamente que los datos de producción de un producto determinado se acumulen mes por mes de enero a diciembre, puesto que la producción de la mayoría de los cultivos se limita a unos cuantos meses y, en algunos casos, a unas cuantas semanas. De manera que los datos se presentan en toneladas métricas, producto por producto, al año civil en que se recoge la totalidad o el grueso de la cosecha.

Los residuos de los cultivos, por su parte, requieren inicialmente de una revisión de literatura por país para conocer el conjunto de cultivos cuyos residuos son usados por el sector ganadero. En la mayoría de los países estudiados, los residuos utilizados corresponden a caña de azúcar y cereales. Una vez se tiene esta información se procede a estimar la disponibilidad de los cultivos utilizados como forraje mediante los factores de cosecha (Ecuación1). A partir del valor obtenido, se estima mediante la tasa de recuperación (Ecuación2), la fracción de los residuos de los cultivos utilizada para el ganado en su alimentación y otros usos. Los factores de cosecha y recuperación se pueden observar en el Anexo 1.

$$(1) \text{Disp.residuo cultivo}(Tm) = \text{Cosecha primaria cultivo}(Tm) * \text{Factor cosecha}$$

$$(2) \text{Residuo cultivo usado}(Tm) = \text{Disp.residuo cultivo}(Tm) * \text{Factor recuperación}$$

En cuanto a los pastizales, es necesario calcular primero la biomasa total de pastoreo que es toda la biomasa que consume el ganado y otros animales de pastoreo en alimentación y hábitat. Este cálculo al mismo tiempo permite cerrar las brechas en el estimado de la producción de cultivos forrajeros cuando el país no cuenta con estos datos. Existen dos métodos de estimación de la biomasa de pastoreo total, por el lado de la oferta y por el lado de la demanda. El enfoque de la oferta se calcula teniendo en cuenta la superficie de pastos disponibles en el país y sus rendimientos. Por el lado de la demanda, que fue el enfoque seleccionado para este estudio, los datos se estiman con base a los requerimientos de forraje de los rumiantes y de otros animales de pastoreo. Para lograrlo se requiere información sobre el número de animales en el territorio y la ingesta diaria de biomasa requerida, lo que depende del peso vivo del animal, la productividad (por ejemplo, aumento de peso, la producción de leche), y el sistema de alimentación (por ejemplo, la cuota de concentrado).

Para el cálculo de ingesta anual de los animales de pastoreo, se utilizó como referencia el trabajo de Krausmann (2015) (ver Anexo 2). El autor proyecta los coeficientes que representan el consumo anual de biomasa al 15% de humedad por cabeza y año para América Latina. Basándose en la información de los sistemas de producción pecuarios industrializados, los balances nacionales de alimentación y literatura (Wirsenius 2000; Hohenecker 1981; Wheeler et al. 1981; BMVEL 2001).

Biomasa Forestal:

La biomasa forestal que debe ser reportada en la extracción doméstica es solo la madera en rollo industrial, el combustible de leña y otras extracciones; en este último componente se tuvo en cuenta solo el carbón vegetal. La biomasa forestal registrada por la FAO (2015a) se encuentra en peso seco. Por consiguiente, los factores de conversión utilizados permiten el paso de metros cúbicos sólidos en toneladas métricas al 15% de humedad (ver los factores de conversión en el Anexo 3).

Biomasa Pesquera

La biomasa pesquera comprende la extracción de toda la biomasa acuática salvaje, es decir, no cultivada. Los productos de la acuicultura como ya se explicó anteriormente no se consideran como extracción doméstica. Los datos de producción de pesca se encuentran en la FAO (2015b) en unidades de peso (Toneladas Métricas).

4.1.2. Minerales

Minerales metálicos

Los metales son elementos químicos, por lo tanto, la clasificación estadística de los minerales metálicos se hace de acuerdo a sus características químicas. En un primer nivel se distinguen entre metales ferrosos y metales no ferrosos, en este último, registran una mayor cantidad de componentes. La extracción de minerales metálicos implica la movilización de grandes cantidades de materiales, además del mineral, por consiguiente en la contabilidad de los minerales metálicos extraídos, se toma la producción de *Run of Mine*. La producción *Run of Mine* significa que se cuenta la cantidad total de mineral crudo extraído en la primera etapa de procesamiento. Cuando los minerales se registran como mineral contenido se refieren al mineral puro y el mineral concentrado denota un paso intermedio entre mineral crudo y contenido (Tabla 2). Por lo general, los minerales se convierten en concentrados en la industria minera antes de ser vendidos a otras industrias.

El Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) publica los datos de los minerales metálicos de acuerdo a la información suministrada por los gobiernos e instituciones encargadas, esta información se encuentran como mineral concentrado o como mineral contenido por lo que deben ser aplicados los factores de conversión según el metal para pasarlos a minerales brutos (Eurostat, 2013, p. 37). Los factores de conversión utilizados se pueden observar en el Anexo 4.

Tabla 2.*Terminología de minerales metálicos*

DESCRIPCIÓN MATERIAL	TERMINOLOGÍA COMÚN	TERMINOLOGÍA MFA
Material removido		Extracción sin uso
El material metálico contenido	Run of mine, mineral bruto, mineral crudo	Extracción uso
Mineral concentrado	Concentrado de mineral	
Mineral puro	Metal contenido	Componente metálico de la extracción

Fuentes: Adoptado de Eurostat (2013)

Minerales no metálicos

Los minerales no metálicos se componen de piedras ornamentales, materiales de construcción, minerales químicos y fertilizantes. En la mayor parte de la literatura los minerales no metálicos son clasificados en minerales industriales y minerales de construcción, a pesar de que estas definiciones puedan ser imprecisas, ya que en la práctica estos minerales son utilizados en ambos grupos. Siguiendo las referencias, en los minerales industriales se han incluido las sales, arcillas, azufre, feldespato, entre otros.

Por otra parte, en los materiales o minerales de construcción se encuentran el yeso, todo tipo de piedras, cal, cemento y mármol. La arena y grava de construcción, los componentes de mayor peso que son utilizados en la ingeniería estructural (por ejemplo, edificios) y obras públicas (por ejemplo, carreteras), son calculados con el método sugerido por Krausmann et al. (2015, p.58-59,) El uso de arena y grava en la ingeniería estructural es principalmente para la producción de hormigón y en la ingeniería civil, la grava se utiliza principalmente para diferentes tipos de capas en la construcción de carreteras, como materiales de relleno, de elementos de hormigón y para la producción de asfalto (Krausmann et al. 2015). De manera que estos dos componentes son calculados teniendo en cuenta las proporciones requeridas en la producción de hormigón y asfalto.

La cantidad de arena y grava para concreto en toneladas métricas (Tm) se deduce del consumo nacional de cemento (Ecuaciones 3 y 4). La arena y grava para asfalto del consumo nacional de bitumen (Ecuación 5 y 6). Teniendo en cuenta. Las formulas correspondientes a este cálculo son:

$$(3) \text{Arena y grava concreto}(Tm) = \text{Consumo de cemento } (Tm) * 6,09$$

$$(4) \text{Consumo de cemento}(Tm) = \text{Producción cement} + \text{Importación cement} - \text{Exportación cement}$$

$$(5) \text{Arena y gravaa asfalto}(Tm) = \text{Consumo de bitumen}(Tm) * 20$$

$$(6) \text{Consumo de bitumen}(Tm) = \text{Producción bitumen} + \text{Importación bitumen} - \text{Exportación bitumen}$$

En algunos casos los minerales no metálicos son publicados en metros cúbicos, estos deben ser convertidos a toneladas métricas, para ello debe tenerse en cuenta la densidad de los respectivos materiales (ver Anexo 5).

4.1.3. Combustibles fósiles

La extracción nacional de materias energéticas se reduce a la energía fósil, dejando de lado la energía renovable como la hidráulica, eólica, solar y geotérmica, que reportan valores inferiores. Los materiales incluidos se dividen en dos: la primera categoría incluye el carbón y otros sólidos energéticos y en la segunda categoría, materiales energéticos líquidos y gaseosos, se reportan el petróleo crudo, el gas natural líquido y el gas natural.

Finalmente, con el propósito de homologar la información, las principales fuentes estadísticas utilizadas fueron de carácter internacional. Sin embargo, en algunos casos fue necesario contrastar la información con las fuentes nacionales de producción y extracción de cada país. En la Tabla 3 se observa las fuentes utilizadas para cada componente de extracción doméstica.

TABLA 3.

Descripciones y fuentes de información

CLASIFICACIÓN FLUJO DE MATERIALES		
Categoría o material	Descripción	Fuente
Biomasa	Material orgánico movilizado por las personas y el ganado en un año.	
Cultivos primarios	Cereales, raíces y tubérculos, legumbres, cultivos oleaginosos, hortalizas, frutas, nueces, fibras y otros cultivos.	FAO (2015a)
Cultivos forrajeros	Residuos de cultivos de cereales y/o caña de azúcar	FAO (2015a)
Biomasa de pastoreo de ganado	Demanda total por pastos de todos los tipos de ganado, expresada en unidades ganaderas (UG)	FAO (2015a)
Biomasa forestal	Madera talada de bosques, plantaciones o tierras agrícolas: carbón vegetal, madera en rollo, madera en rollo industrial	FAO (2015a)

Biomasa pesquera	Captura de peces, crustáceos, moluscos e invertebrados acuáticos	FAO (2015b)
Minerales		
Minerales metálicos	Minerales ferrosos y no ferrosos medidos en su contenido metálico bruto.	USGS (2015)
Minerales industriales	Minerales medidos en su contenido	USGS (2015)
Material de construcción	Arena y grava para producción de concreto y asfalto, junto a otros materiales como piedras	USGS (2015); UNSD(2015)
Combustibles fósiles	Producción de energía fósil	EIA (2015); USGS (2015)

Fuente: Adoptada de Vallejo (2015)

4.1.4. Comercio Internacional

Los flujos de importación y exportación son los materiales que han sufrido algún tipo de transformación y adquieren el carácter de mercancía o producto. Estos materiales que cruzan la frontera de la economía a través del comercio internacional ya no se ubican como materias primas brutas, son clasificadas acorde a la etapa de procesamiento: materias primas, productos semielaborados y productos terminados. Los datos de comercio internacional son obtenidos de la base de datos de Naciones Unidas COMTRADE que brinda la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI). La nomenclatura CUCI tiene una estructura de 4 niveles jerárquicos, es decir, tiene un máximo de 4 códigos. En este trabajo se utiliza la *Revisión 1* (Rev. 1) ya que abarca los años de estudio (1970 a 2012). La unidad en la que se presentan todos los productos son toneladas métricas.

Se establece la clasificación de los productos de acuerdo a las mismas categorías de MFA utilizadas para la DE, de modo que cada mercancía se le asigna un material, de acuerdo con el principal componente que la conforme, o las principales materias primas utilizadas en su producción. El grupo de materiales asociados a animales vivos y los productos cárnicos y lácteos a pesar de que no son incluidos en la DE, si se incluye en el comercio en la categoría de biomasa agrícola. Aquellos productos cuyo principal componente material no es identificado se clasifican como otros productos no bien especificados.

4.2. Indicadores del flujo de materiales

En la contabilidad biofísica, al igual que en la contabilidad monetaria, se derivan del conjunto de datos recopilados una serie de indicadores agregados. Distinguiéndose en este caso dos tipos de indicadores, extensivos e intensivos. Los indicadores se definen a partir de su relación con

las propiedades extensivas o intensivas. Una propiedad extensiva o extensa varía con el tamaño del sistema, por ejemplo, el volumen, la masa o la energía (Krausmann et al., 2015). Por otro lado, la propiedad intensiva, es independiente del tamaño del sistema que se esté considerando. En las comparaciones entre países, los indicadores intensivos se utilizan para compensar las diferencias de tamaño.

Indicadores extensivos

Extracción doméstica (DE): Son todos los materiales extraídos (excepto el agua y el aire) del territorio nacional para ser usados como insumos en el proceso económico en cualquier país. La DE se compone de biomasa, minerales metálicos, minerales industriales, minerales de construcción y combustibles fósiles (Eurostat, 2013).

Importaciones físicas y exportaciones físicas: Totalidad de los productos importados y exportados expresados en toneladas. Se incluyen las mercancías en todas las etapas del procesamiento, desde materias primas hasta productos finales.

Insumo directo de materiales (DMI): Comprende el total de materiales usados por la actividad económica de un país. En ese sentido, incluye la extracción doméstica (DE) y las importaciones físicas (M). En caso de un estudio regional, el DMI no puede calcularse como la suma de los valores independientes, deben sustraerse los flujos de comercio entre los países miembros de la región.

Consumo interno de materiales (DMC): Mide la cantidad anual de materias primas extraídas del territorio nacional, además de todas las importaciones físicas, descontando todas las exportaciones físicas.

La balanza comercial biofísica (PTB): Es el principal indicador en el análisis del comercio exterior físico, se calcula descontando de las importaciones, las exportaciones. Contrario a lo que se hace para los balances comerciales monetarios, teniendo en cuenta que en las economías de dinero y bienes se mueven en dirección opuesta. Un superávit comercial físico indica una importación neta de materiales, mientras que un déficit comercial físico indica una exportación neta.

Indicadores Intensivos

Intensidad material: Es la relación entre los recursos consumidos DMC o la entrada de material DMI y el PIB a precios constantes.

Productividad material: Es la relación inversa de la intensidad material y mide la producción económica generada por cada unidad de material utilizado.

Términos de intercambio (TOT): Son las toneladas importadas y exportadas físicas en relación con el valor monetario.

Intensidad del área: La relación entre los flujos de materiales (DE- DMC) y la superficie total del país o región. Indica la escala de la economía física frente a su entorno natural.

Intensidad del comercio: Flujos de comercio en relación con el DMI, indican las intensidades de importación y exportación de las economías físicas.

Dependencia de los recursos internos: La relación de la extracción nacional con el consumo interno de material, este indica la dependencia de la economía física del material domestico extraído.

De los indicadores expuestos solo serán seleccionados los que se consideren más relevantes de acuerdo a los objetivos de la investigación. Adicionalmente, se tomara la población como denominador para comparar los niveles de uso de materiales en todas las economías de los países.

4.3. Indicadores socioeconómicos

4.3.1. PIB

El “PIB mide el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por un país en un período determinado (por ejemplo, un trimestre o un año), y cuenta todo el producto generado dentro de las fronteras. Abarca los bienes y servicios producidos para la venta en el mercado, pero incluye también otros, como los servicios de defensa y educación suministrados por el gobierno” (FMI, 2007). A nivel mundial los datos económicos son expresados principalmente en términos de dinero y no en términos físicos, como es el caso del PIB. Sin embargo, en esta investigación, el interés se centra no en la cifra monetaria sino en lo que significa el PIB en términos reales: los stocks de capital reales, bienes industriales, servicios, recursos, productos agrícolas y bienes de consumo. Como lo expresa Meadows, “[...] es esto lo que permite a la economía y a la sociedad funcionar, y no los dólares” (2004:38).

Siguiendo este orden de ideas, para medir la fuerza impulsora de la presión ambiental, se utiliza el PIB medido en dólares constantes de 2005, con paridad de poder adquisitivo (PPA) de los países andinos y centroamericanos para el período entre 1970 y 2012, estimados por el Centro

de Comparaciones Internacionales de Producción, Ingresos y precios de la Universidad de Pennsylvania (<https://pwt.sas.upenn.edu/>).

4.3.2. Exportaciones e importaciones

Los valores monetarios de las toneladas exportadas e importadas para el periodo entre 1970-2013 fueron extraídos de la base de UNSD (2015) en COMTRADE. Como deflactor se utilizó el índice de precios de productos básicos de libre mercado estimado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, 2015), el cual se basa en los valores relativos de las exportaciones de los países en desarrollo en el período entre 1999 y 2001.

4.3.3. Población

Para estimar la evolución per cápita de los indicadores presentados se utiliza la sumatoria simple de los datos de la población residente en los países andinos y países centroamericanos, tomados del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, División de Población de la CEPAL (CELADE, 2014).

4.3.4. Territorio

Para estimar el área de las regiones se realizó la sumatoria simple de los datos de la superficie total que es la superficie terrestre más la superficie de las aguas continentales de los países andinos y países centroamericanos, tomados de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL (2015a).

4.4. Estrategia metodológica para la comparación de los perfiles metabólicos

Primero se estimaron las estadísticas biofísicas de cada uno de los países de las regiones analizadas; a partir de allí, se construyeron dos macro-bases de datos: una para el conjunto de los países andinos (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia) y otra para los países Centroamericanos (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá). La mayor parte de los datos de las regiones se obtuvieron de la sumatoria simple de los países de cada región. A excepción del cálculo del DMI y el DMC, donde fue necesario descontar el comercio entre países.

El DMI se calculó sumando las importaciones de todos los países y posteriormente se restó el comercio entre los países de la misma región. De igual forma, el DMC fue calculado descontando las exportaciones entre los países de una misma región. Así se evita la doble contabilidad.

5. CARACTERIZACIÓN SOCIO-DEMOGRÁFICA DE LAS REGIONES ANDINA Y CENTROAMERICANA

A continuación, se presentan los principales datos socio-económicos de las dos regiones de estudio. Para caracterizar las regiones se utilizaron variables como el PIB total, la estructura del PIB y el nivel poblacional. Los datos presentados en este trabajo, tanto en términos monetarios como físicos corresponden a la suma simple de los datos de los países que conforman las regiones. Aunque por supuesto, se reconoce que cada país tiene unas tendencias económicas y demográficas propias, la naturaleza de este trabajo y su extensión, impiden un análisis detallado por país. La información estadística y resultados presentados se centran únicamente en los valores agregados regionales, con el fin de comparar los comportamientos generales o globales.

5.1. Región Andina

La región Andina está constituida por cinco países: Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, juntos integran un área aproximada de 469,4 millones de hectáreas o 4,7 millones de km² (CEPAL, 2015a). La población total de la región es de 132.813.888⁶ habitantes, de los cuales en 2012, el 23% era población rural. Esto arroja una densidad poblacional de 0,28 personas por hectárea. En la Figura 2 se observa la tendencia creciente del total de la población desde 1970 hasta 2012. La tasa de anual de crecimiento de la población total para este periodo fue de 2,1%.

El PIB de la región por su parte, pasó de 356,2 billones de dólares a 1.030,2 billones (precios constantes de 2005, PPA⁷), creciendo a una tasa compuesta anual de 2,6%. Al relacionar esta dinámica económica con el crecimiento de la población, nos arroja una tasa de incremento del PIB per cápita para el periodo de 0,5% anual, lo que equivale a un acumulado de solo 23% en los 42 años analizados. Sin embargo, durante la década de 1980 y finales de los noventa, la tasa de crecimiento poblacional fue mayor que la tasa de crecimiento del PIB, lo que generó una tendencia negativa del PIB per cápita en este lapso de tiempo (ver Figura 2). El primero de ellos explicado por la crisis económica que sumió en general a toda América Latina durante los 80's (Ocampo, 2011), asociada a la crisis de la deuda y denominada por ello la “*década perdida*”, y la segunda caída se explica principalmente por el comportamiento de Venezuela, Colombia y

⁶ El total de la población regional fue calculado a partir de las proyecciones poblacionales por país para 2012 publicadas por la CELADE (2014).

⁷ El PIB por paridad del poder adquisitivo (PPA) es el producto interno bruto convertido a dólares internacionales utilizando los factores de paridad del poder adquisitivo. Este factor PPA indica qué cantidad de la moneda de un país se necesita para comprar lo que en los Estados Unidos se compraría con un dólar. Al utilizar el factor de conversión de la PPA en lugar del tipo de cambio, podemos convertir el PIB per cápita calculado en unidades de moneda nacional en dólares estadounidenses tomando en cuenta, al mismo tiempo, las diferencias de precio de los mismos productos en el país. Por ello, la PPA ayuda a comparar los PIB de distintos países con mayor exactitud (Banco Mundial, 2002).

Perú. En el caso de Venezuela se debió a un derrumbe en los precios del petróleo y una posterior crisis fiscal; en el caso colombiano el excesivo endeudamiento interno y externo generó, un aumento de las tasa de interés y una devaluación de la tasa de cambio, produciendo una contracción del gasto privado (Ocampo, 2001); y finalmente, en el caso de Perú la crisis se dio como consecuencia del fenómeno del niño en 1998 que afectó la producción primaria y daño significativamente la infraestructura del país, sumando a esto la crisis asiática (Cuba, 2005).

Referente a la estructura del PIB, se observa un aumento en el peso del sector primario a partir sobre todo de finales de los años noventa (ver Figura 3). Así, en 1990 el sector extractivo compuesto por la actividad agropecuaria y minera, ocupaba en la región el 21% del PIB total, cayó a 14% en 1998, para a partir de allí, debido a las reformas neoliberales que reestructuraron el sector extractivo, posibilitando la inversión extranjera, promoviendo los monocultivos para exportación y dándole al estado solo el papel de regulador, incrementar su participación a 24% en 2014. Esto además acentuó al interior del sector primario una re-especialización hacia la actividad minera y petrolera, desplazando la importancia del sector agropecuario en la economía de estos países, en 1990 la actividad agropecuaria ocupaba el 46% del sector primario y en 2014 este porcentaje cayó a 26%. En este mismo contexto, se produce una desindustrialización de la región al caer este sector en los últimos 24 años de un nivel de 21% en 1990 a 13% en 2014 y un incremento de la importancia del sector de la construcción que se vio duplicado, de un 4 a un 8% en el mismo periodo. Las actividades relacionadas con la administración pública, defensa y servicios sociales y de salud, aumentaron su participación de 13% a un 15%. Buena parte de esta dinámica también se explica por la apertura económica de estos países a partir del Consenso de Washington en los 90.

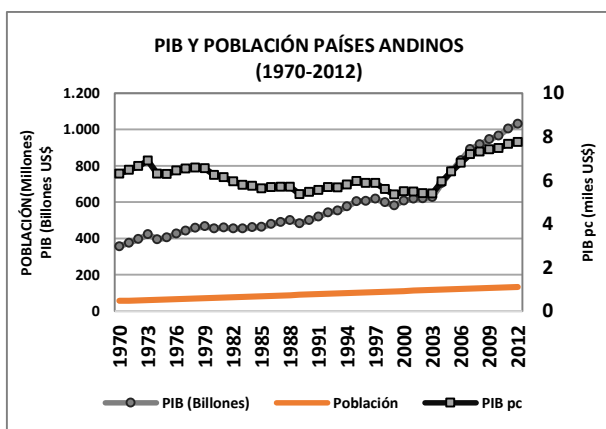


Figura 2. Tendencias económicas y demográficas Región Andina, (1970-2012). PIB medido en dólares a precios constantes (2005) con PPA. Fuente: Feenstra Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer (2013); CELADE (2014).

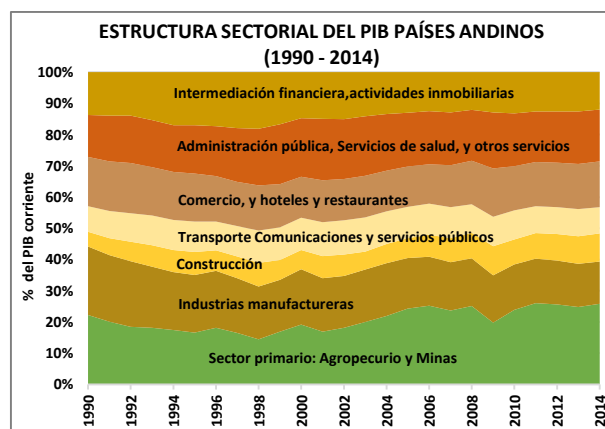


Figura 3. Estructura del PIB en dinero Región Andina, (1990-2012). Porcentaje del PIB precios corrientes. Fuente: Cepal (2015b)

5.2. Región Centroamericana

La región centroamericana está compuesta por seis países: Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y cuenta con un área de 49.9 millones de hectáreas o 0,5 millones de Km² (CEPAL, 2015a). Esta región tiene 48.839.480⁸ de habitantes y de esa población para el 2012, el 38% vivía en zona rural. Así, su densidad poblacional es de 0,87 personas por hectárea. La tasa anual de crecimiento de la población fue de 2.2%.

El PIB aumentó de US\$ 46 billones en 1970 a US\$ 192 billones en 2012, mostrando una tendencia creciente con una tasa de 3,5% promedio anual durante todo el periodo; sin embargo, las economías centroamericanas experimentaron entre 1980 y 1988, una disminución en su crecimiento debido también a la crisis de la deuda que afectó a casi todos los países de América Latina. Por su parte, al mirar la dinámica del PIB per cápita a lo largo del periodo analizado esta mantuvo una tendencia creciente con 1,2% anual (Figura 4), evidenciando que en general el crecimiento del PIB fue mayor a la tasa de crecimiento poblacional. La estructura del PIB en Centroamérica ha sido más estable; los cambios más significativos se presentan en la actividad primaria que ha disminuido su importancia de 14% en 1990 a 9% en 2014. También ha habido un pequeño proceso de desindustrialización al bajar la participación del sector de 18% al 14%. Las actividades que más han ganado peso son las relacionadas con el sector financiero, la administración pública, la defensa y el comercio. Estas tres actividades sumaron el 55% en 2014.

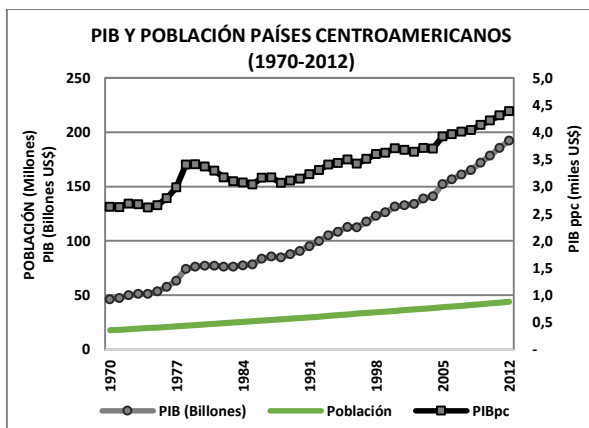


Figura 4. Tendencias económicas y demográficas
Región Centroamericana, (1970-2012). Producto Interno Bruto (PIB) medido en dólares a precios constantes (2005) con PPA. Fuente: Feenstra Robert C., Robert Inklaar and Marcel P. Timmer (2013); CELADE (2014).

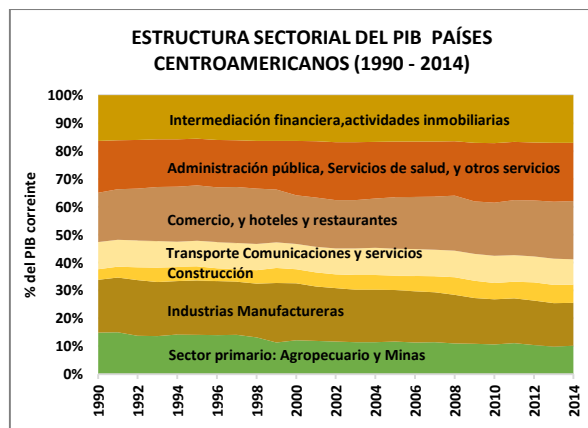


Figura 5. Estructura del PIB en dinero
Región Centroamericana, (1990-2014). Porcentaje del PIB precios corrientes. Fuente: Cepal (2015b).

⁸ El total de la población regional fue calculado a partir de las proyecciones poblacionales por país publicados por la CELADE (2014)

5.3. Comparación entre regiones

Al contrastar los datos encontrados para ambas regiones, se puede derivar la siguiente información: en superficie la región Andina es 9,4 veces más grande que la región centroamericana, sin embargo, con respecto al tamaño de la economía, la región Andina es solo 5,4 veces mayor. Esto evidencia más intensidad en el uso del territorio en Centroamérica, situación que se corrobora con la densidad demográfica, donde esta región tiene más de tres veces la densidad por hectárea que los países andinos. Por su parte, el PIB per cápita andino ha sido históricamente más alto que el PIB per cápita centroamericano; en 1970 en los países andinos alcanzó un promedio de US\$ 6.300/habitante mientras en Centroamérica fue de US\$ 2.626/persona, es decir 2,4 veces mayor el de los Andes. Esta diferencia se redujo ostensiblemente para 2012, alcanzando la región Andina US\$ 7.757/habitante y Centroamérica US\$ 4.387/habitante para una diferencia de solo 1,8 veces. Esto significa que Centroamérica ha venido cerrando la brecha en términos de PIB per cápita, situación que se refleja en la dinámica de crecimiento de este indicador: 1,2% promedio anual para los países centroamericanos frente a 0,5% de los países andinos.

En las actividades económicas que componen el PIB también se distinguen importantes diferencias, en la región Andina el sector primario ha ganado participación, mientras que en la región Centroamericana por el contrario ha perdido espacio. En el caso de la industria manufacturera, las dos regiones muestran una caída, en la región centroamericana el sector cayó un 4% y en la región Andina cayó en 8%, es decir, que en los países andinos es más evidente el proceso de desindustrialización. Finalmente, en Centroamérica se observa un ligero desplazamiento hacia el sector servicios, pasando de ocupar un 50% en 1990 a un 55% en 2014. En los países andinos, por el contrario se constata una disminución del 1% en estos mismos sectores a lo largo del periodo.

6. RESULTADOS

El desarrollo económico de Latinoamérica y sus patrones de especialización en los mercados internacionales tienen importantes consecuencias sobre su metabolismo social y a través de ello, sobre los territorios y espacios ambientales de estos países. Esto se intentará mostrar en los presentes resultados. Con el fin de analizar mejor los perfiles metabólicos de las economías fueron seleccionados, teniendo en cuenta la literatura internacional, tres principales indicadores de flujo de materiales: DMI, DMC y PTB. El DMI son las toneladas de extracción doméstica más las toneladas importadas, es decir, incluye todo el material que entra a la economía de un país. Este indicador permite medir la presión ambiental que ejerce la actividad económica a través de la entrada de material, o el *input* requerido para generar la producción del PIB nacional.

El DMC por su parte, corresponde al consumo material de la región, es decir son los materiales requeridos para obtener los bienes consumidos a nivel regional. Equivale así, al DMI (extracción doméstica más importaciones) menos las exportaciones. Este indicador permite identificar la presión que las actividades de consumo a nivel de todos los países en cada región analizada ejercen sobre el ambiente. En tercer lugar, el PTB, corresponde a la balanza comercial biofísica, y permite mirar las relaciones comerciales en términos biofísicos de las regiones analizadas con los demás países o regiones. Este indicador posibilita identificar las transferencias de costos o cargas ambientales entre países o regiones asociados al funcionamiento del sistema económico global y de su comercio internacional (Krausmann et al., 2015).

En relación a los indicadores intensivos, claves en el análisis para compensar las diferencias de tamaño de las economías, se propone inicialmente el estudio de los términos de intercambio (TOT), los cuales miden la evolución de los precios relativos de las exportaciones frente a las importaciones, estableciendo la capacidad de compra que tienen los productos domésticos vendidos en el extranjero (Banco de la República de Colombia (BANREP), 2013). Luego, se utiliza la intensidad per cápita que corresponde a la presión ambiental por habitante, seguido de la intensidad de área, que es la relación entre los indicadores de flujo de materiales y la superficie terrestre de la región, mostrando la presión de la actividad económica por km² (Krausmann et al., 2015). Finalmente, se presenta la intensidad material por unidad de PIB, que es un indicador de eficiencia material definido como la relación entre DMI y PIB, mostrando la cantidad de toneladas requeridas para producir una unidad de producto. Su evolución permite saber el nivel de desacoplamiento o de desmaterialización relativa de una economía (Richmann, 2006).

6.1. Insumo directo de material (DMI)

El perfil metabólico de un país o región se define por el nivel de uso de los materiales y su estructura. En relación a la estructura es importante diferenciar entre dos grandes bloques: los componentes bióticos y los componentes abióticos. Los primeros corresponden a la biomasa agrícola, forestal y pesquera y los segundos a los combustibles fósiles y a los minerales metálicos y no metálicos. Cuando un país o región se especializa en la producción de los componentes bióticos significa que tiene un perfil metabólico-económico más vinculado a un régimen agropecuario y cuando se especializa en el sector minero-petrolero puede haber dos opciones: i) Si la extracción va hacia el mercado interno, significa que tiene una transición hacia un régimen urbano-industrial, en cambio si va hacia exportaciones esta transición no es tan clara.

La Figura 6 muestra el DMI de las dos regiones seleccionadas, detallando cada una de las categorías de la extracción doméstica y las importaciones. En el periodo de 1970 a 2012 el DMI en la región Andina creció de 641 millones de toneladas (MT) a 1.602 MT, es decir, creció a una tasa de 2,2% promedio anual. En el caso de Centroamérica el indicador pasó de 96 MT a 352 MT, de manera que creció a una tasa superior al 3,1% anual. La mayor tasa de crecimiento

de Centroamérica ha disminuido la diferencia entre las magnitudes del insumo directo que entra en las dos economías: en 1970 el DMI andino era 6,7 veces mayor al DMI centroamericano y en 2012 este factor ha bajado a 4,6 veces, mostrando en ese sentido una mayor dinámica material de la economía en los países de Centroamérica.

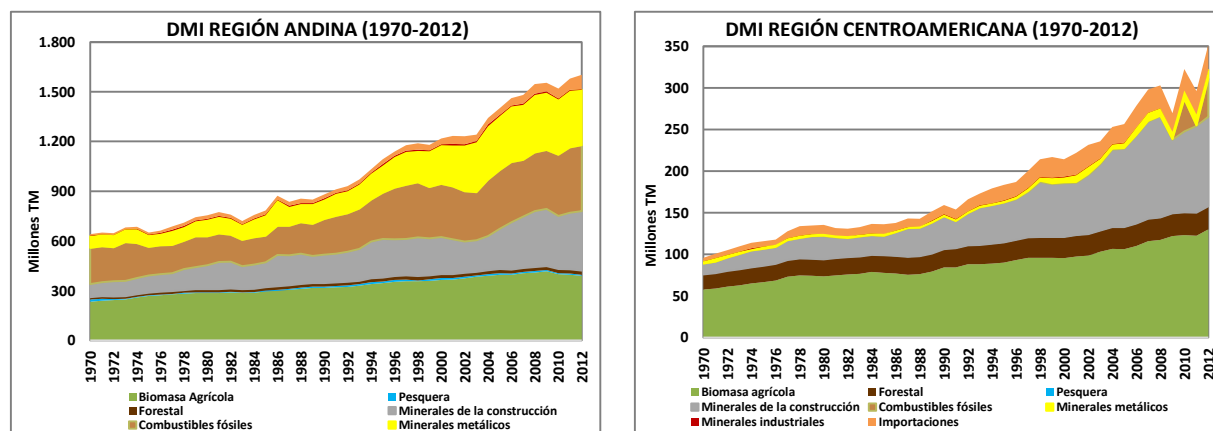


Figura 6. Insumo directo de Material (DMI) de las regiones andina y centroamericana

En a) Región Andina b) Región Centroamericana, 1970-2012, TM (Toneladas métricas) Fuente: Elaboración propia

Respecto a la estructura del DMI se observa que la mayor parte la conforma la extracción doméstica. A pesar de que las cuotas de importación se han incrementado desde 1991 con la liberalización económica, éstas siguen siendo muy pequeñas en proporción al DMI total. En 2012, las importaciones en los países andinos ocupaban el 5,4% del DMI total y en Centroamérica el 8,6%. Lo que indica que no hay una dependencia material externa, ambas economías proveen en general el material requerido para su funcionamiento; como es propio de los países en desarrollo que juegan el papel de abastecedores de recursos materiales para el funcionamiento metabólico de la economía global.

La extracción doméstica de la región Andina cambió su estructura interna en el periodo evaluado (Figura 6a). El sector biótico que en 1970 ocupaba el 41% de la extracción, en 2012 baja su participación a 28%, explicado por una caída en las biomásas forestal, pesquera y de pastoreo. Es de resaltar que los cultivos primarios mantienen su participación a lo largo del periodo en un promedio de 9% por ser la base de nutrientes para el consumo humano y la producción de algunas materias primas para la industria. Contrastando con esto, el sector abiótico incrementó su participación de 59 a 72%, generándose una especialización material hacia este sector metabólico. El componente de mayor crecimiento fueron los minerales en general, al pasar de 24% en 1970 a 46% en 2012, explicado principalmente por los metálicos y los de construcción, ambos se duplicaron, ocupando en 2012 un 22% y 24%, respectivamente. La extracción de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), explicada en buena medida por Venezuela, Colombia y Ecuador, muestra una caída en la participación de 35 a 26%. Aunque en términos absolutos tuvo un crecimiento del 182% en todo el periodo al pasar de 219 MT a 398 MT.

La caída del peso de los combustibles fósiles se explica por el comportamiento de Venezuela que redujo paradójicamente su dinámica petrolera de 195 MT en 1970 (66% de su DE) a 187 MT (50% de su DE) en 2012. Situación contraria se dio en Ecuador, donde en 1970 la extracción fósil no llegaba ni a 1MT (0,8% de su DE) y se incrementó en 2012 a 27MT (20% de su DE) explicada por un fuerte incremento en la extracción de petróleo. De manera similar ocurrió en Colombia donde la extracción de combustible fósil era de 16 MT en 1970 (12% de su DE) y pasó en este mismo periodo a 152 MT (33% de su DE) aumento explicado principalmente por el carbón. Los resultados anteriores muestran una región Andina cuyos patrones extractivos aparentemente obedecen a una transición hacia un régimen industrial, centrada en la explotación de combustibles fósiles, hierro y otros minerales no ferrosos como el oro, la plata, el cobre y el zinc. Sin embargo, esta realidad debe ser contrastada posteriormente con el patrón exportador.

Por su parte, la estructura de la extracción centroamericana revela también una importante baja de la biomasa, pasando de una participación en 1970 del 83% a una participación del 49% en 2012 (Figura 6b). Esto se debe a que las tasas de crecimiento de los materiales abióticos han sido elevadas y han desplazado la participación biótica en la economía. Los componentes que explican la caída de la biomasa, son la actividad forestal y la biomasa de pastoreo.

Los minerales metálicos y los materiales de construcción fueron las categorías de mayor crecimiento en lo abiótico. Los minerales metálicos ferrosos crecieron a una tasa de 9% anual y los no ferrosos al 3%; sin embargo, el peso de ambos en la extracción total sigue siendo bajos, 3% y 0,3%, en ese mismo orden. Los materiales de construcción son la segunda categoría de mayor peso después de la biomasa agrícola, con un 33% en el último año analizado. En 2012, la producción de cemento per cápita fue de 280 Kg/hab., siendo los principales productores Panamá, Costa Rica y El Salvador, donde están presentes dos de las multinacionales más grandes en este sector Holcim y Cemex (FICEM, 2013). Lo anterior puede estar asociado a tres fenómenos complementarios: i) Al proceso de urbanización, que pasó de una población urbana de 39% en la región a 60% en el periodo 1970-2010; ii) Este fenómeno se acompañó con la reconstrucción de varios países centroamericanos afectados por el Huracán Mitch ocurrido a finales de 1998; iii) Al desarrollo de grandes obras públicas, en particular la ampliación del canal de Panamá que se inició en 2007. La participación de los combustibles fósiles en Centroamérica es despreciable. Los resultados anteriores muestran a una región cuyos patrones de uso de los recursos materiales revelan una transición a un régimen urbano-industrial, pero mucho más lenta comparada con la economía andina (Ver transiciones socio-ecológicas en Krausmann, Fischer-Kowalski, Schandl y Eisenmenger, 2008: 643).

6.2. Consumo interno de materiales (DMC)

El DMC andino aumentó de 414 MT a 1.319 MT entre 1970 y 2012, es decir, creció a una tasa promedio anual de 2,8%. Por otro lado, en la región centroamericana el DMC pasó de 92 a 392 MT para el mismo periodo, lo que significa nuevamente un mayor crecimiento, equivalente a 3,1% anual. Respecto a la magnitud de ambas economías en términos de consumo material interno, para 1970, la economía andina era 4,5 veces superior a la economía centroamericana; en 2012, esta relación se redujo a 3,4 (Figura 7). Si se compara las diferencias en las magnitudes entre DMC y DMI, se observa que la diferencia es menor en el DMC, lo que permite concluir que Centroamérica consume más en términos comparativos que los países andinos, puesto que no solo consume lo extraído sino que demanda material externo adicional a través de las importaciones, teniendo un superávit comercial físico; es decir importa más de lo que exporta en toneladas. Mientras en la región andina es la situación contraria, se exporta más material del que se importa, el indicador X/DMI que define si una economía es extractiva o no⁹, alcanza un nivel de 18% para 2012, lo que identifica a la región andina como una economía de carácter de extractivo; este indicador para la economía centroamericana es de 7% en el mismo año, evidenciando su carácter no extractivo.

La estructura de consumo doméstico de material evidencia en la región Andina que los mayores componentes en 2012 son la biomasa agrícola con un 31%; los materiales de construcción con un 28%; los minerales metálicos con 26% y los combustibles fósiles con un 13%. En el caso de la biomasa y los minerales de construcción prácticamente lo que se extrae es para consumo interno. Diferente ocurre con los combustibles fósiles y los minerales metálicos. En 2012, por ejemplo, de 370 MT extraídas de combustibles sólo 173 MT fueron consumidas por la economía de la región, lo que indica un consumo nacional equivalente al 43% de la extracción doméstica. El resto se comercializa internacionalmente, principalmente hacia Estados Unidos (CEPAL, 2015b). En el caso de los minerales metálicos se registraron en el último año 334 MT de extracción, mientras que 335 MT se consumieron internamente; esto no significa que se consume todo el material extraído, lo que ocurre es que los minerales metálicos obtenidos sin mayor procesamiento se exportan¹⁰ y al mismo tiempo se importan herramientas y maquinarias con alto contenido metálico, clasificación mediante la cual quedan registradas.

⁹ Algunos autores (Bunker 1985; Eisenmenger y Giljum 2006) definen las economías extractivas (EEX) como aquellas que se especializan en la extracción de recursos naturales principalmente para la exportación pero relegan el consumo interno. Con base en esta definición y la clasificación de Krausmann et al. (2008), se identifica como EEX aquellas que son exportadoras netas de materiales ($X > M$) y/o a aquellas que exportan una proporción significativa del total de materiales disponibles para el uso económico (X/DMI). Para considerarla extractiva, este indicador debe superior al promedio mundial que es 14%. Aunque esta clasificación no está libre de críticas, se trata de una buena aproximación considerando la información que se halla disponible (Vallejo, 2015).

¹⁰ En las bases de datos de COMTRADE los flujos de comercio de los minerales metálicos con bajo procesamiento son registrados como minerales contenidos o concentrados, a diferencia de las cifras calculadas para la extracción

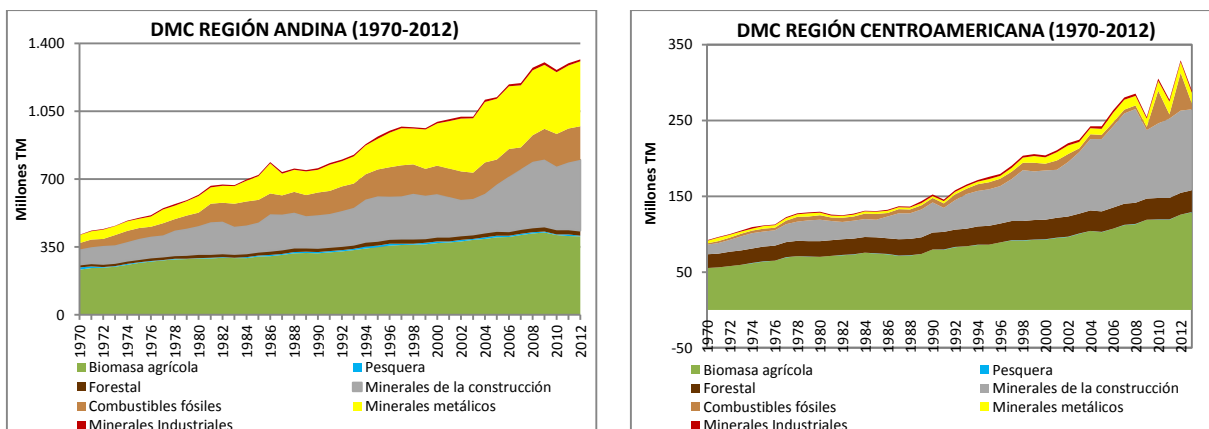


Figura 7. Consumo doméstico de materiales (DMC) de las regiones andina y centroamericana
En a) Región Andina b) Región Centroamericana, 1970-2012, TM (Toneladas métricas) Fuente: Elaboración propia

En la región centroamericana, la estructura de consumo doméstico muestra tres principales componentes en 2012: la biomasa agrícola ocupa el 38%; los materiales de construcción 32% y la biomasa forestal 9%. Una de las causas más importantes que explican esta dinámica es el comportamiento de Panamá siendo el país de mayor consumo per cápita de cemento en Latinoamérica: 644Kg/hab. frente a 301 Kg/hab., para el promedio. Esto tiene relación con la inversión estatal en obras de infraestructura como la ampliación del canal, el metro, la modernización de la red vial, entre otros (FICEM, 2013). La estructura del DMI y el DMC en la región son similares, puesto que los niveles de exportación son bajos. Como ya se señaló, las exportaciones solo equivalen al 7% de la input material de la economía (DMI).

En síntesis, la economía andina consume un 33% de componentes bióticos y un 67% de material abiótico, lo que evidencia una transición hacia un régimen urbano-industrial, sumado a que exporta un 18% del *input* material, mostrando su carácter de economía extractiva. Centroamérica consume 47% de material biótico y 53% de material abiótico para 2012, es decir, tiene una mayor base agropecuaria en relación con la Andina, y además puede considerarse una economía no extractiva.

6.3. Balanza comercial biofísica (PTB)

La balanza comercial biofísica es la diferencia entre las importaciones y las exportaciones en toneladas. Si la balanza comercial biofísica es negativa, significa que el país es un exportador neto de materiales, es decir salen más materiales del territorio nacional que los que entran. Esto evidencia la presión del consumo externo sobre el espacio ambiental de un país, siendo además un indicativo de la deuda ecológica que el resto del mundo tiene con este país deficitario. Por el contrario, en el caso que las importaciones sean mayores que las exportaciones biofísicas, se

doméstica en el que se reportan los valores brutos. Esto conlleva a que se subestimen los valores exportados y que el consumo de este tipo de material parezca mayor al valor real (ver terminología de minerales, pág. 28).

muestra que para satisfacer su consumo material interno, requiere importar de otros países. El primer caso corresponde a la región andina, la cual presenta un déficit permanente en la balanza comercial biofísica¹¹, déficit que se ha venido incrementando a lo largo del periodo estudiado: pasó de 218 MT en 1970 a 230 MT en 2013 (ver Figura 8a). Como lo menciona Vallejo (2015), estos recursos que provienen del exceso de exportaciones, se obtienen mediante procesos extractivos que afectan el medio ambiente e introducen presiones sobre los recursos domésticos, en beneficio de los consumidores de otros países. Este déficit se ha incrementado desde mediados de la década de 1980 con las políticas de apertura comercial.

La balanza monetaria por su lado en la región andina (Figura 9a), tiene una tendencia decreciente hasta 1998, siendo deficitaria durante casi 10 años (1989-1998), comportamiento que podría atribuirse a la baja en los precios internacionales del principal producto exportado, el petróleo crudo. De acuerdo, a la información ofrecida por el Banco Mundial (BM, 2015) sobre los precios de las *commodities*, el precio promedio de petróleo crudo bajo desde 1986 y solo se recuperó hasta 1998. De igual forma, el superávit comercial financiero a partir de los noventa, se explica por el aumento de los precios internacionales del petróleo, el carbón, el gas natural y los minerales.

La balanza comercial biofísica centroamericana, por el contrario, se mantiene positiva en todo el periodo analizado, alcanzando el punto máximo en 2001 de 15 MT (Figura 9b). Esto significa que para satisfacer una parte de su consumo material la región debe importarlo. Esto explica en buena medida el balance monetario negativo durante casi todo el tiempo, teniendo que sacar divisas en forma creciente para satisfacer su consumo doméstico. Al final del periodo (2013), el déficit financiero alcanzó 14.504 millones de dólares, frente a un superávit biofísico de 9 MT.

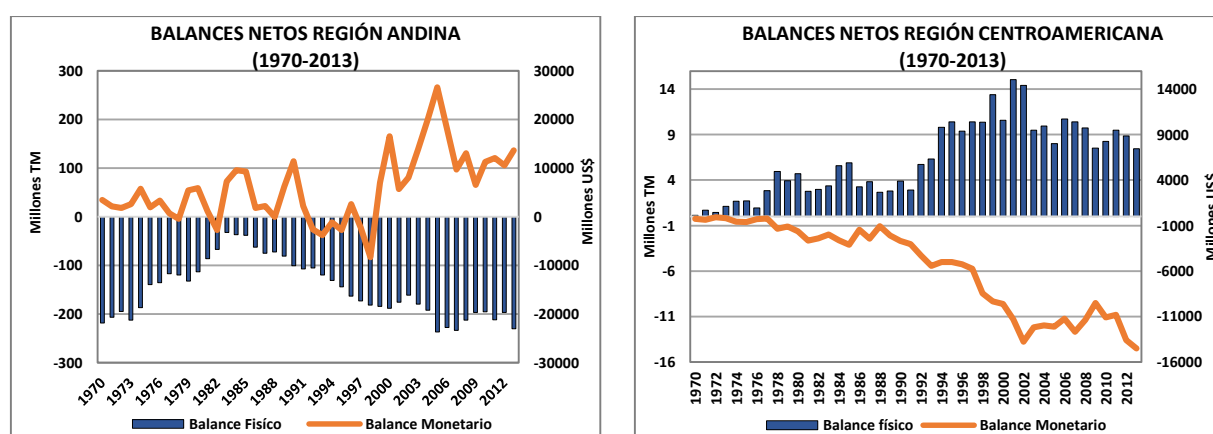


Figura 8. Balance comercial físico y monetario de las regiones andina y centroamericana

a) Región Andina b) Región Centroamericana, 1970-2013 TM (Toneladas métricas). Fuente: Elaboración propia

¹¹ La balanza comercial biofísica se lee contrario a la monetaria. Cuando es deficitaria es que se producen más exportaciones y cuando es superavitaria entran más importaciones.

Cuando se examina la estructura del comercio exterior, se encuentra que los países andinos se han especializado en la comercialización de recursos no renovables (energía fósil y minerales metálicos) para satisfacer el proceso metabólico de los países desarrollados (Figura 9a). Particularmente en Perú y Venezuela, la columna vertebral de la economía ha sido la explotación de recursos no renovables desde antes de 1970. En el caso colombiano, la comercialización de carbón, petróleo y gas natural se da sobre todo a partir de 1985; sin embargo, hoy la exportación biofísica de combustibles fósiles colombiana supera los niveles de exportación venezolana. Las políticas de desarrollo económico de los países andinos centradas en los sectores de minerales y combustibles desde 2000, han desplazado incluso la producción agrícola, hasta el punto que ya se observa un incremento de las importaciones de biomasa en los últimos diez años. Por su parte, el análisis del comercio andino por niveles de procesamiento, muestran un aumento del proceso reprimarizador¹²: mientras en 1970 las exportaciones físicas de bienes primarios ocupaban el 74% del total de exportaciones, en 2013 éstas habían crecido al 88% (ver bases de datos proyecto MESOCA-ANCA. Para mayor detalle sobre reprimarización ver Nadal, 2011; Pérez, 2014).

La estructura de la balanza comercial biofísica centroamericana por su parte, muestra una situación contraria a la de la región andina, puesto que la extracción material que exporta corresponde casi exclusivamente a biomasa, con alguna leve participación de minerales de construcción. Por el contrario, se resalta la diversidad de sus importaciones materiales: combustibles fósiles y minerales metálicos, industriales y de la construcción (Figura 9b). Dada la magnitud de las importaciones, se genera una balanza biofísica positiva como ya se señaló. En este contexto, se puede afirmar que los países centroamericanos están menos expuestos a la transferencia de costos ambientales desde otros países; por el contrario, su superávit comercial biofísico hace suponer un traslado de la carga ambiental desde Centroamérica a otros territorios. De todas maneras habría que hacer el balance entre la mochila ecológica de las importaciones (minerales y combustibles fósiles) frente a la mochila ecológica de las exportaciones (biomasa).

¹² Reprimarización es la reorientación de los recursos de una economía, o de su perfil productivo, hacia actividades con reducido contenido de valor agregado, predominantemente las primario-extractivas, incluyendo la actividad de ensamblaje y otros procesos industriales con escasa utilización de conocimientos (Slipak, 2012 citado por Pérez, 2014).

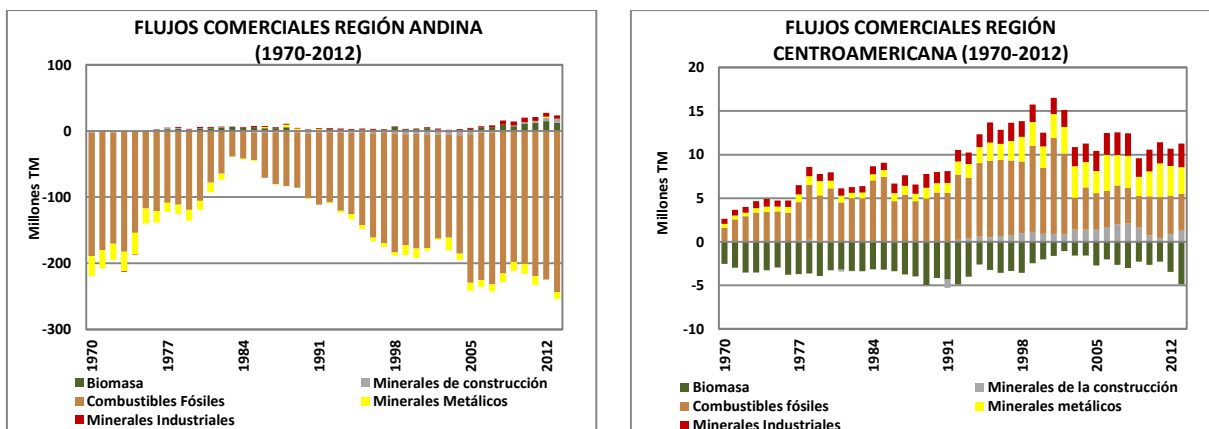


Figura 9. Flujos comerciales biofísicos de las regiones andina y centroamericana

a) Región Andina b) Región Centroamericana, 1970-2013 TM (Toneladas métricas). Fuente: Elaboración propia

Respecto al nivel de procesamiento en Centroamérica, las exportaciones de bienes finales registraron un cambio en su participación, de un 37% en 1970 a 42% en 2013; es decir, aumentó la venta al exterior de productos con mayor valor agregado. A pesar de ello, las exportaciones de bienes primarios siguen siendo superiores, donde sus principales productos exportados son agrícolas: café, banano y azúcar.

6.4. Términos de intercambio (TOT)

La economía ecológica extiende las ideas de Prebisch (1950), desde el intercambio económicamente desigual hacia el intercambio ecológicamente desigual, planteando que el desbalance en los flujos de comercio entre los países desarrollados y en desarrollo crean pasivos y costos ambientales que no son incluidos dentro de los precios internacionales. Los “valores naturales” incorporados en los bienes primarios son mal pagados o no reconocidos en su totalidad en las relaciones de comercio (Bunker, 2007; Vallejo, 2015). Este es el caso de Latinoamérica que es principalmente exportador de bienes primarios. Debido a la brecha en los precios de los bienes primarios frente a los finales, los países latinoamericanos deben gastar cada vez más territorio y recursos para producir y exportar mayores cantidades y sostener la capacidad de compra de bienes manufacturados.

En la Figura 10 se presentan los valores unitarios (US\$ por tonelada) de los materiales importados y exportados para las dos regiones. En el caso de la región Andina, se observa siempre un valor unitario superior de las importaciones frente a las exportaciones y además una tendencia creciente de ambas variables en el periodo, pasando en promedio las exportaciones de US\$ 45/ton en los primeros cinco años a US\$ 246 en los últimos cinco. Por su parte, el precio unitario de las importaciones se incrementó de US\$ 537/ton a US\$ 752 en el mismo periodo. Sin embargo, al observar la tendencia lineal de ambas variables, la pendiente del precio unitario de las importaciones es mucho mayor, comparado con las exportaciones: 6,3 vs. 3,7,

evidenciando una tendencia aparente a la pérdida de capacidad adquisitiva de las exportaciones de los países andinos (Figura 10a). No obstante, esta situación no se corrobora al comparar la cantidad de bienes importados que se pueden comprar con las exportaciones. Así, mientras que para los primeros cinco años de la serie, en su tendencia lineal, para obtener una unidad de bien importado se requerían exportar 5 unidades, en los últimos cinco años, esta relación bajó a 3,3 unidades. De tal manera, sigue existiendo un intercambio ecológicamente desigual (IED), pero con una tendencia lenta a disminuir. Empero, al detallar esto por países, la tendencia a acentuar el IED se mantiene fuerte en Colombia y Bolivia (para mayor detalle, puede verse Hornborg, 1998 y Pérez, 2006).

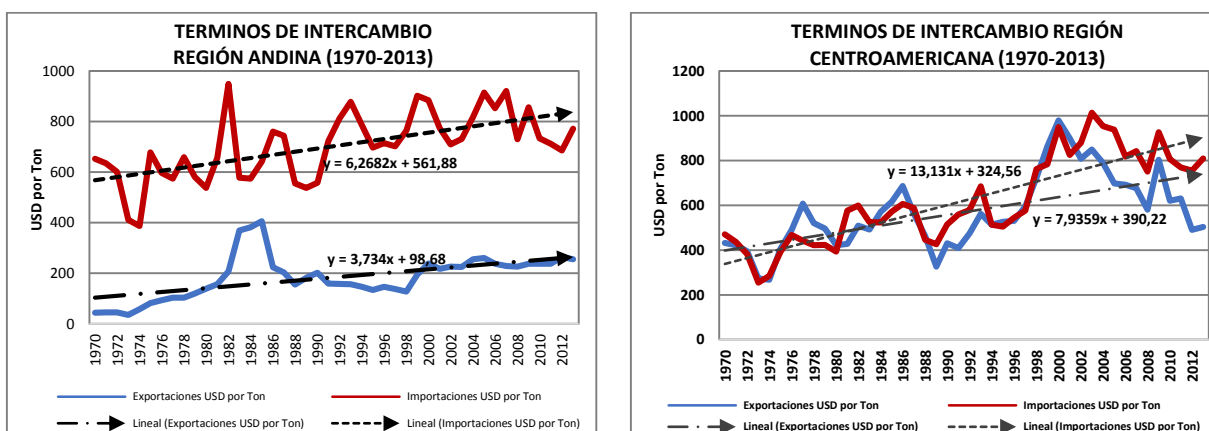


Figura 10. Términos de intercambio de las regiones andina y centroamericana
a) Región Andina b) Región centroamericana, 1970-2013. Fuente: Elaboración propia.

Centroamérica muestra una situación distinta. En primer lugar, no hay mucha diferencia entre los precios unitarios de la exportaciones y las importaciones, incluso hay ocasiones en que las primeras tienen un precio unitario mayor. Sin embargo, la tendencia lineal del valor unitario de los bienes importados muestra una dinámica mayor, reflejada en las pendientes (13,1 vs. 7,9). Esto se corrobora con los valores promedios de la tendencia lineal de los primeros y últimos cinco años del periodo en cada variable, los que arrojan los siguientes resultados: 0,9 unidades exportadas para obtener una unidad importada; cifra que pasa a 1,2. Es decir, hubo un ligero deterioro de la capacidad de compra de las exportaciones centroamericanas, evidenciando una tendencia al IED (Figura 10b). A pesar del leve deterioro en los términos de intercambio, las condiciones en términos de la capacidad de compra de las exportaciones centroamericanas, siguen siendo mejores que las de la economía andina.

6.5. Índices intensivos de material

En esta sección se compara el perfil metabólico de las economías estudiadas con las economías de la Unión Europea (EU-28¹³), la cual, aunque tiene un tamaño territorial similar a la de la

¹³ European Unión (EU), corresponde a sus siglas en inglés e incluye 28 países.

región Andina, tiene mayor población y “mayor” nivel de desarrollo. Así, mientras la población de la EU-28 es de 505 millones de personas y su territorio de 4,5 millones de Km², su ingreso per cápita es de US\$ 30.041 para 2012. Por su parte, como ya vimos, los países andinos tienen una población de 133 millones de personas, un área de 4,7 millones de Km², pero un ingreso per cápita US\$ 7.757 a 2012. La región centroamericana de su lado cuenta con una población de 43,8 millones de habitantes, una área de 0,5 millones de Km² y un ingreso per cápita de US\$ 4.387. En una primera comparación por el nivel de uso de materiales por persona (Figura 11a), con información para 2012, se observa mayor intensidad de extracción y uso de recursos naturales por parte de la Unión Europea, seguida de la región Andina y muy lejos de ellos está Centroamérica (Figura 11a). Sin embargo, buena parte del consumo doméstico de los europeos proviene de extraer recursos de otros países, evidenciado esto por el volumen de importaciones que alcanzaron 3,1 toneladas per cápita. Por su parte, aunque los países andinos tienen una extracción doméstica similar a los europeos (11,4 ton/hab. vs. 11,6 ton/hab.), su consumo doméstico es bastante inferior (9,9 ton/hab. vs. 13,5 ton/hab.), explicado porque la región andina exporta gran cantidad de recursos materiales extraídos de su territorio: 2,2 toneladas por persona.

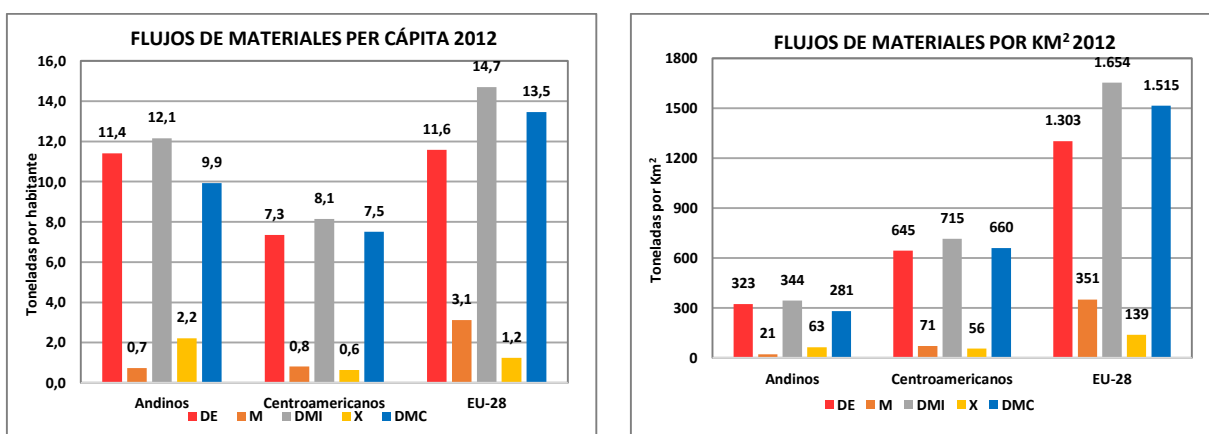


Figura 11. Comparación de los flujos materiales per cápita y por intensidad de área

a) Flujos per cápita b) Flujos por Km², 2012. Fuente: Elaboración propia.

La región centroamericana tiene una intensidad material per cápita bastante inferior a las otras dos regiones. Su extracción doméstica para 2012 es de 7,3 ton/hab., usada casi toda para consumir internamente, dado que sus exportaciones per cápita son bastante bajas: 0,6 ton/hab. Incluso, tiene un nivel de importaciones per cápita superior a las exportaciones, alcanzando 0,8 ton/hab. para 2012; acá se reitera una leve transferencia de costos ambientales desde Centroamérica a otros territorios, especialmente por recursos no renovables para el consumo de su población, pero definitivamente no al nivel de la Unión Europea.

Al comparar la intensidad material por área, se identifica una diferencia gigante entre Europa y los países latinoamericanos: EU-28 supera a Centroamérica en dos veces y a los países andinos

en cuatro veces. Así, mientras la EU-28 tiene un nivel de extracción doméstica que equivale a 1.303 ton/Km², los países centroamericanos tienen una extracción de 645 ton/ Km² y los países andinos de 323 ton/ Km². En este gráfico se evidencia de manera más clara el papel del comercio exterior en aliviar la presión ambiental sobre el territorio europeo, trasladándole su carga ambiental a otros territorios de donde obtienen sus importaciones; en este caso, al comparar el consumo doméstico (DMC) de EU-28 con sus importaciones (M), se observa que sus habitantes obtienen un 23% de sus bienes materiales de consumo de territorio foráneo, esto es 351 ton/Km² para 2012; contrario al caso de América Latina, en particular los países andinos, donde la participación de las importaciones materiales en el consumo doméstico por Km² es de solo 7,5%. Por su parte, aunque las importaciones (M) en Centroamericana son más altas que las exportaciones (X), su peso en el consumo interno además de ser menos intensivo (71 ton/Km²) que en EU-28, es también más bajo, alcanzando solo el 10,8% del mismo. Esto acentúa la evidencia de que para satisfacer los niveles de consumo de los europeos, además de usar su territorio en forma más intensiva, trasladan su carga ambiental a otros espacios ambientales.

6.6. Desacoplamiento o desmaterialización económica

El Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA) en 2008 impulsó la propuesta de Economía Verde, en la cual se recomienda estimular el crecimiento económico a la vez que se trabaja la inclusión social y la sostenibilidad ambiental. Para este último punto se plantearon como estrategias la adopción de tecnologías más limpias y un uso más eficiente de los recursos naturales, asumiendo así el concepto de “*desacoplamiento*” (PNUMA, 2013). Como se señaló anteriormente, desacoplamiento significa disociar la producción económica de la presión sobre el medio ambiente, es decir, al tiempo que se crece económicamente, se disminuye la presión sobre la naturaleza. Existe evidencia de que algunos países han logrado un desacoplamiento (desmaterialización relativa); no obstante, parte de ese desacoplamiento se produce por el traslado de la presión ambiental a otros países, especialmente en vías de desarrollo.

América Latina tiene una larga tradición mundial como proveedora de materias primas; ello, sumado a la acentuación del proceso reprimarizador desde principios de este siglo, ha contribuido al aumento cada vez mayor de la extracción de recursos naturales en la región. Precisamente, frente a esta realidad y a lo planteado por el PNUMA sobre la economía verde, queremos corroborar en este punto la hipótesis del desacoplamiento o desmaterialización relativa para las economías de las regiones estudiadas. Esto lo hacemos a través de la Figura 12.

Por una parte, los resultados muestran clara evidencia de una materialización absoluta para las dos economías regionales en términos tanto de la Entrada de Material Directa (DMI) como del Consumo de Material Doméstico (DMC), como ya se vio en los puntos 6.1. y 6.2. EL DMI creció en la región Andina a una tasa de 2,2% anual, pasando de 641 MT a 1.602 MT, mientras

que en la región Centroamericana creció al 3,1% pasando de 96 MT a 352 MT. De igual forma el DMC para la región Andina creció a una tasa promedio anual de 2,8%, al pasar de 414 MT a 1.319 MT. Para Centroamérica, este crecimiento fue de 3,1% anual, desde 92 MT a 392 MT. Esto muestra una creciente presión de la economía sobre el espacio ambiental, sus recursos y sus servicios ecosistémicos en estas dos regiones.

Con relación al desacoplamiento o desmaterialización relativa en términos de unidad de PIB, se tienen resultados distintos a nivel regional. Para la región Andina, tanto en términos del consumo material (DMC/PIB), como de los materiales utilizados para producir este consumo y las exportaciones (DMI/PIB), podemos decir que ha habido dos tendencias. Una primera, hasta principios del siglo XXI, donde no hay desacoplamiento, o se produce una materialización relativa pasando el DMI/PIB de 1,8 Kg/US\$ a 2,03Kg/US\$. Paradójicamente, a partir del inicio del boom minero-energético, se inicia un periodo de desacoplamiento de las economías andinas, o dicho de otro modo de desmaterialización relativa (Figura 12a) con respecto al DMI; este pasa de un índice de 2 Kg/US\$ a 1,6. Este ciclo es continuo hasta hoy, explicado en buena medida, no por una disminución de los impactos ambientales, sino por dos fenómenos relacionados: i) el crecimiento de los precios de las *commodities* que contribuyeron a aumentar el PIB nacional por el aumento de la participación del PIB del sector extractivo. ii) Por la revaluación de las monedas nacionales hasta 2013 (a excepción de Ecuador cuya moneda es el dólar), que contribuyeron a aumentar el PIB en dólares. Decimos paradójicamente, puesto que es el periodo de mayor impacto ambiental en buena parte de la historia de la región andina, asociado precisamente al desarrollo del modelo neoextractivista que se ha venido aplicando desde 2000. Evidencia de este deterioro ecológico se haya en la creciente conflictividad ambiental de la región (Proyecto MESOCA-ANCA, 2015; EJOLT (www.ejolt.org); Pérez, 2014; Latorre, Farrell y Martinez-Alier, 2015).

Sin embargo, el indicador de intensidad material DMI/PIB que muestra la eficiencia ambiental de las economías, varía mucho de un país a otro dependiendo precisamente de sus ciclos económicos y del comportamiento de los precios. En el caso de Venezuela y Ecuador hubo una materialización relativa desde 1970 hasta finales de 1990, a partir de allí se produce un desacoplamiento económico llevando el indicador hasta 1,48 Kg/US\$ y 1,53 Kg/US\$, respectivamente en 2012. En Colombia, en términos del DMI, por el contrario se da inicialmente un desacoplamiento desde 1970 hasta mediados de los 80's y a partir de allí, se acopla la economía desde 1,14 hasta 1,26 Kg/US\$ en 2012. Contrariamente, con relación al DMC, se produce un desacoplamiento durante todo el periodo desde 1,62 hasta 0,92 Kg/US\$. Ello evidencia el papel de las exportaciones materiales en reducir la presión del consumo local sobre el ambiente; sin embargo, lo que realmente impacta sobre el ambiente es el DMI. En el caso de Perú, se identifican tres tendencias, primero se da una desmaterialización relativa entre 1970 y 1998, seguido de una materialización relativa hasta 2002 con 2,6 Kg/US\$ y posteriormente una

desmaterialización hasta 1,81 Kg/US\$. Finalmente, en Bolivia se da un acoplamiento desde 1970 hasta principios de los 80's y desde allí se inicia un periodo de desacoplamiento hasta llegar en 2012 a 3,31 Kg/US\$.

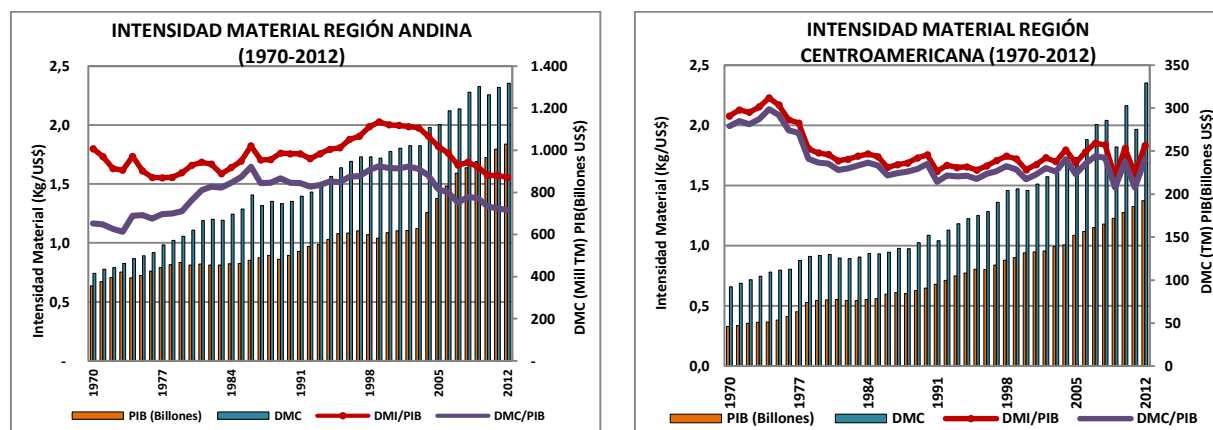


Figura 12. Intensidad Material de las regiones andina y centroamericana
a) Región Andina b) Región Centroamericana, 1970-2012. Fuente: Elaboración propia.

Por el lado de Centroamerica, se encuentran igualmente dos tendencias pero contrarias a los países Andinos. Una primera, donde se produce un desacoplamiento económico entre 1974 y 1992, visto tanto por DMI como por DMC. Es decir hay una pérdida relativa de presión ambiental para producir una unidad de PIB en este lapso de tiempo (Figura 12b). A partir de allí, se produce una tendencia ligera pero continua de acoplamiento o materialización relativa que va desde 1,6 Kg/US\$ hasta quedar en 1,8 Kg/US\$ en 2012. En suma, al comparar la intensidad material actual por unidad de PIB en el caso de DMI, Centroamericana es más intensiva en el uso de material que la región Andina: 1,8 Kg/US\$ vs. 1,6 Kg/US\$ para 2012.

Ahora, en términos de países, los análisis arrojan que sólo Costa Rica, Honduras y Panamá presentan una tendencia general al desacoplamiento en el periodo estudiado. Costa Rica inicia el periodo con un índice de 1,5 Kg/US\$ y termina en 1 Kg/US\$. Asimismo, Honduras en 1970 tiene un índice de 3,2 Kg/US\$ y cae hasta 1,9 Kg/US\$ en 2012. En el caso de Panamá, se presenta el mejor indicador de intensidad material de eficiencia comparado con todos los países latinos analizados logrando un cambio de 1,9 en 1970 Kg/US\$ a 0,8 kg/US\$ en 2012. Por otro lado, El Salvador, Guatemala y Nicaragua revelan una materialización relativa en el periodo de estudio. El Salvador y Guatemala presentan una materialización bastante marcada desde 1970 hasta mediados de la primera década del 2000, alcanzando indicadores de 3,5 Kg/US\$ en 2006 y 2 Kg/US\$ en 2007, respectivamente. A partir de allí en los últimos años han experimentado un leve desacoplamiento; El Salvador presenta un indicador de 3,2 Kg/US\$ y Guatemala de 1,6 Kg/US\$ para 2012. En último lugar, esta Nicaragua con dos tendencias: la primera, un desacoplamiento hasta 1987 y posteriormente una materialización que termina en 2012 con 4,3 Kg/US\$.

Sintetizando, se observa que las dos regiones aumentan las presiones sobre sus territorios y sus recursos naturales al analizarlos en términos de materialización absoluta. Por su parte, las dos regiones tienen comportamientos disímiles con relación al desacoplamiento relativo. En el caso de los países andinos, la hipótesis de la desmaterialización relativa no se cumple hasta inicios de la década del 2000 y a partir de allí se muestra una tendencia clara hacia el desacoplamiento material. Centroamérica, es contrario: hasta mediados de los noventa hay desacoplamiento y a partir de allí un ligero acoplamiento material. Sin embargo, como lo señala Martínez-Alier (2011) al hacer un balance general entre la materialización absoluta y la relativa, lo que realmente genera presiones e impactos ambientales no es cuan eficiente se usan los recursos naturales para producir una unidad de PIB, sino cuantos recursos naturales expresados en bienes materiales se usan en total, cuanta contaminación total se genera y cuanto espacio ambiental se ocupa para desarrollar las actividades de producción y de consumo sobre un sistema global que tiene una dotación de recursos, una capacidad de asimilación de desperdicios y un tamaño limitado. Es decir la sostenibilidad fuerte es la que prima sobre la sostenibilidad débil.

7. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación es analizar los perfiles y dinámicas metabólicas de las economías de las regiones Andina y Centroamericana; es decir, identificar el comportamiento en el tiempo de los niveles de uso de materiales y sus cambios en la estructura biofísica asociados al funcionamiento de las economías regionales. Estas son las principales conclusiones obtenidas.

Se generó una base de datos de Flujo de Materiales para todas las economías de Centroamérica y de los países Andinos durante un período de más de cuarenta años. La constitución de una cuenta satélite del medio ambiente, valiosa para complementar las cuentas nacionales del producto, puede señalarse como una de las contribuciones más importantes de este trabajo de grado. Se tienen ahora algunos indicadores para analizar la presión que la economía ejerce sobre la dotación de recursos naturales en estas dos regiones, lo que ayuda a identificar las fuerzas motrices de tales patrones y las amenazas más importantes sobre el medio ambiente. Es necesario señalar que este resultado corresponde a uno de los productos más relevantes del proyecto MESOCA-ANCA.

Hay una intensa materialización absoluta en las dos economías regionales. Los resultados indican que a lo largo del periodo estudiado ambas regiones incrementaron el uso y extracción de recursos materiales, produciéndose lo que en el lenguaje de la economía ecológica y de la sustentabilidad se conoce como materialización absoluta. Así, mientras en la región Andina, el input material utilizado (DMI), se multiplicó por 2,5 veces, al pasar 641 millones de toneladas

(MT) a 1.602 MT, con un crecimiento de 2,2% anual. En el caso de Centroamérica, este indicador se multiplicó por 3,7 al pasar de 96 MT a 352 MT, con un crecimiento de 3,1% anual.

Esta materialización absoluta también se refleja en términos per cápita. Así, en los países Andinos la extracción de material doméstico (DE) del ambiente aumentó de 11,2 a 11,4 toneladas por persona, las importaciones (M) de materias aumentaron de 0,2 a 0,7 toneladas por persona; lo que significa que la entrada de material directo (DMI) alcanzó 11,4 toneladas en 1970 y 12,1 en 2012. El consumo de material nacional (DMC) fue de 7,3 toneladas en 1970 y 9,9 toneladas en 2012. Las exportaciones (X) son las únicas que contradictoriamente han caído, al pasar de 4,0 a 2,2 toneladas por persona a través de 42 años. Por su parte, en Centroamérica, la extracción de material doméstico (DE) pasó de 5,2 a 7,3; las importaciones de materias aumentaron de 0,3 a 0,8 toneladas por persona; lo que arroja una entrada de material directo (DMI) de 5,5 toneladas en 1970 y 8,1 en 2012. El consumo de material fue de 5,2 a 7,5 toneladas por persona. Y las exportaciones (X) pasaron de 0,3 a 0,6 toneladas por persona en este periodo de tiempo analizado.

El incremento en el uso y extracción de material generan un aumento en las presiones e impactos ambientales, produciéndose un efecto escala que afecta territorios específicos en las regiones de análisis. El efecto escala asociado a un crecimiento de la producción y el consumo nacional produce un aumento del impacto ambiental a través del incremento en la cantidad de recursos materiales movilizados, en el espacio ambiental utilizado y en la contaminación generada. Todo ello implica además una intensificación del uso de los servicios ecosistémicos relacionados. Lo que hace necesario una política ambiental activa que permita proteger los ecosistemas estratégicos, tales como páramos, humedales, fuentes hídricas, bosques, manglares y otro tipo de ecosistemas que generan importantes servicios ambientales para los seres humanos y para la vida en general.

Las dinámicas económicas, las políticas nacionales y los contextos internacionales generan procesos de especialización productiva que cambian los perfiles metabólicos de los países con consecuencias ambientales y en la seguridad alimentaria. Tanto los países andinos como los centroamericanos cambiaron sus perfiles metabólicos en el periodo estudiado. En ambas regiones, su perfil metabólico es ahora más intensivo en materiales abióticos, perdiendo participación el componente biótico. Mientras que en los países andinos este componente cayó de 41 a 28% entre 1970 y 2012, en los países de Centroamérica, esta participación también descendió en forma importante, al pasar de 83 a 49%. Esto significó un incremento alto del componente abiótico (minerales y energía fósil), representando en 2012 para los países de los Andes el 72% y para Centroamérica el 51%. Además de poder señalar con este indicador que ambas regiones se encuentran en una transición urbano-industrial, más acentuada en los países andinos, estos cambios tienen dos importantes consecuencias ambientales: i) Por un lado, tiene implicaciones en la seguridad alimentaria y ii) se hace necesario impulsar políticas ambientales

más activas para neutralizar los efectos ambientales de la minería y la extracción de energía fósil. Con respecto al primer punto, las importaciones de productos bióticos se vieron incrementadas en forma importante: mientras Centroamérica aumentó la importación de biomasa agrícola, donde la mayor parte son alimentos, de 0,8 MT a 10,2 MT, en los países andinos esta dinámica es aún superior, al pasar de 2,7 MT a 26,1 MT. Es tan evidente esta dinámica que a partir del Consenso de Washington (1990), la región centroamericana ha importado 230 MT y los Andes 494 MT de biomasa, lo cual evidencia una alta dependencia de la importación de alimentos del exterior. Con relación a la especialización hacia lo abiótico la mejor evidencia es la del incremento de los conflictos ambientales, estando buena parte de ellos vinculados al sector minero-energético (Pérez, 2014; MESOCA-ANCA, 2015 y EJOLT). Esto muestra la necesidad de un fortalecimiento de la política ambiental en las regiones.

La disparidad entre la estructura de la extracción doméstica y la estructura del consumo revelan el carácter extractivo de la economía andina y el carácter no extractivo de la economía centroamericana. La economía Andina revela un carácter extractivo al ser exportadora neta de materiales con un indicador de intensidad del comercio (X/DMI) igual a 18%, siendo superior al promedio mundial (14%). Centroamérica por su lado, es de carácter no extractivo con un índice (X/DMI) de 7%. Estos resultados no son inesperados para la región andina, la cual desde finales del siglo pasado impulsó fuertes políticas minero-energéticas que facilitaron la inversión extranjera en todos los países de la región, independientes de su orientación ideológica, tanto las corrientes neoliberales (Colombia y Perú), como las progresistas (Ecuador, Venezuela y Bolivia).

La economía ecológica considera que el intercambio comercial es un juego de suma cero o negativa si se incluye el efecto entropía; por el contrario, la teoría del libre comercio plantea que es una estrategia win-win. El libre comercio promueve la especialización productiva hacia actividades que usan recursos abundantes, lo cual implica que países ricos en recursos naturales (RN) se especialicen en los mismos. Esto puede hacer caer a los países en una trampa de especialización caracterizada por dos hechos: i) Una intensificación de las presiones ambientales al extraer los recursos para exportación; y, ii) Un deterioro de los términos de intercambio que haga necesario explotar más los territorios para exportar más y pagar las importaciones y la deuda externa. En este trabajo se identifica esta realidad para la región andina, mostrando un patrón de especialización natural-intensivo que cumple a cabalidad la teoría de las ventajas comparativas. Este patrón ha generado un modelo de alta dependencia económica y de explotación no sostenible de los RN, produciendo un intercambio económica y ecológicamente desigual (IED) que se identifica de dos maneras: i) por la dirección del flujo neto de recursos materiales en la balanza comercial que tienen una orientación clara hacia el resto del mundo: 6.572 millones de TM es el saldo neto de las transacciones comerciales que salen de los Andes a otros países. ii) Por la tendencia lineal del valor unitario de las

exportaciones que crecen más que las importaciones. Para Centroamérica esta realidad es distinta. Mientras el balance comercial arroja un saldo neto de entrada de recursos de 277 MT en todo el periodo, la dinámica de los precios unitarios de las exportaciones frente a las importaciones mantiene un equilibrio.

Al neutralizar el tamaño de la economía con los indicadores intensivos, se obtiene que la región centroamericana es más intensiva en el espacio ambiental, pero menos intensiva en términos per cápita. La actividad económica de la región Centroamericana ejerce dos veces más presión ambiental por Km² comparada con la región Andina. Sin embargo, respecto al uso material por persona la región andina cuenta con un consumo 1,3 veces mayor al consumo centroamericano. Esto puede asociarse al mayor grado de desarrollo económico de esta región que implica una mayor tasa de bienes de consumo.

La economía andina es más eficiente que la economía centroamericana en términos del uso de materiales. El indicador DMI/PIB permite estudiar la eficiencia de la economía. A través de la medición del Input requerido para generar una unidad de PIB, se deduce la existencia de un acoplamiento o desacoplamiento de la economía. De acuerdo a este indicador, la región Andina presenta dos tendencias: i) Un acoplamiento, desde 1970 hasta 2000 con un cambio del indicador de 1,8 Kg/US\$ a 2,03Kg/US\$. ii) A partir del 2000, paradójicamente cuando inicia el boom minero-energético, se inicia un periodo de desacoplamiento de las economías andinas, pasando de 2 Kg/US\$ a 1,6Kg/US\$. Por el lado de Centroamérica, se encuentra una situación contraria. i) Entre 1974 y 1992 se da un desacoplamiento económico. Es decir hay una pérdida relativa de presión ambiental para producir una unidad de PIB en este lapso de tiempo. ii) A partir de allí, se produce una tendencia ligera pero continúa de acoplamiento o materialización relativa que va desde 1,6 Kg/US\$ hasta 1,8 Kg/US\$ en 2012. En síntesis, al comparar la intensidad material actual por unidad de PIB en el caso de DMI, se obtiene que Centroamérica es más intensiva en el uso de material que la región Andina: 1,8 Kg/US\$ vs. 1,6 Kg/US\$ para 2012. Dicho en términos de productividad (PIB/DMI), se encontró que la economía Andina fue un 15% más productiva al pasar de 555 dólares producidos por cada tonelada usada en 1970 a 643 dólares por tonelada en 2012. En el caso de Centroamérica la economía fue un 13% más productiva en relación a su situación en 1970, pasando de una producción de 481 dólares/tonelada a 546 dólares/tonelada.

Los perfiles metabólicos de las economías no dependen de los niveles de desarrollo de un país o región, medido en términos del tamaño del PIB monetario. El perfil metabólico depende de la dotación de los recursos naturales, de la división internacional del trabajo y de las políticas nacionales e internacionales que se apliquen. Esto asume que los procesos de especialización productiva hacia sectores natural-intensivos no son eventos naturales, sino hechos políticos. La especialización requiere que los países desarrollen políticas, cambios normativos, incentivos económicos, etc., para que estas se produzcan. En el caso de los países

Andinos ha habido una clara estrategia de fortalecer el sector minero-energético, sobre todo a partir de 2000, impulsado por la gran demanda de commodities de China e India que incrementaron los precios de las mismas. Centroamérica por su parte, no lo ha hecho con la misma intensidad e incluso casos como Costa Rica, generan barreras para limitar el desarrollo de este sector porque su estrategia es más vender al país como gran reserva de biodiversidad.

La especialización minero-energética de la región Andina puede ser una prueba de la hipótesis de la maldición de los recursos naturales. Esta hipótesis plantea una relación inversa entre abundancia de recursos naturales y crecimiento económico y/o calidad de vida, señalando que los procesos de especialización en estos sectores y sus ingresos generados no conducen automáticamente a incrementar el PIB o mejorar los niveles de bienestar. Desde la perspectiva de este trabajo, se muestra evidencia no reconocida por esta teoría, con respecto a los impactos ambientales asociados a las economías natural-intensivas. La dinámica extractiva de recursos minerales y de hidrocarburos en la región Andina ha generado, por un lado una balanza comercial desfavorable en términos biofísicos, saliendo de la región en términos netos un total de 6.572 millones de TM, que implican una importante cantidad de pasivos ambientales y, por otro lado, los bajos niveles de procesamiento de los bienes exportados han llevado a mantener una baja capacidad de compra de importaciones por parte de los mismos. Esto hace que para adquirir una unidad de bien importado se tenga que extraer y vender más unidades de bienes exportados, intensificando la presión sobre la naturaleza. De tal manera, esta perspectiva ambiental, da elementos adicionales a algunas teorías de la “maldición de los recursos naturales” que plantean que muchos de los recursos económicos generados por la extracción y venta de estos materiales se desperdician y son mal administrados y no contribuyen al crecimiento económico (Sachs y Warner, 1995). En este caso, además de eso generan grandes pasivos ambientales y acaban con el patrimonio natural de los países.

El intercambio ecológicamente desigual, la materialización absoluta y la reprimarización de la economía Andina, son algunos de los temas más relevantes tratados en este trabajo en los aspectos negativos. Por el lado positivo, la desmaterialización relativa (o aumento de la productividad de los recursos), ha logrado algunos avances. El análisis del perfil metabólico de la economía Andina y de Centroamérica a través del MFA, ha proporcionado imágenes simples y comprensibles sobre el funcionamiento del sistema económico desde una perspectiva biofísica, que no sólo es interesante para fines académicos, sino también relevante para el debate sobre la sostenibilidad ambiental de la economía.

REFERENCIAS

- Ayres, R. U., & Kneese, A. V. (1969). Production, consumption, and externalities. *The American Economic Review*, 282-297.
- Ayres, R.U., Simonis, U.E., (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Tokyo: United Nations University Press.
- BANREP (Banco de la República de Colombia). (2013). Índice de términos de intercambio. <http://www.banrep.gov.co/es/indice-terminos-intercambio>. Consultado: 26 de diciembre de 2015.
- BM (Banco Mundial). Más Allá del crecimiento económico. Grupo del banco Mundial. <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/beyond/global/index.html>. Consultado: 15 de diciembre de 2015.
- Behrens, A., Giljum, S., Kovanda, J., & Niza, S. (2007). The material basis of the global economy: Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies. *Ecological Economics*, 64(2), 444-453.
- BMVEL. (2001). *Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland*. Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup.
- Boulding, K. E. (1966). The economics of the coming spaceship earth. *Environmental Quality Issues in a Growing Economy*.
- Bringezu, S., Schütz, H., & Moll, S. (2003). Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators. *Journal of Industrial Ecology*, 7(2), 43-64.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., & Baudisch, J. (2004). International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR. *Ecological economics*, 51(1), 97-124.
- Brundtland, G. H. (1989). Nuestro futuro común. In *Ponencias y comunicaciones: Congreso internacional de tecnologías alternativas de desarrollo* (pp. 7-8). Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones.
- Bunker, S. (1985). *Underdeveloping the Amazon: Extraction, unequal exchange, and the failure of the modern state*. Chicago: University of Chicago Press.
- Bunker, S. (1996). Materias primas y la economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial. *Ecología Política*, 81-89.

- Bunker, S. (2007). Natural values and the physical inevitability of uneven development under capitalism. *Rethinking Environmental History. World-System History and Global Environmental Change*, 239-258.
- Carpintero, O. (2007). Pautas de consumo, desmaterialización y nueva economía: entre la realidad y el deseo. *Línea*: <http://www.rebellion.org/docs/52577.pdf>.
- CELADE (Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, División de Población de la CEPAL) (2014). Base de datos de población. http://www.eclac.cl/celade/proyecciones/basedatos_BD.htm.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2015a). Base de datos estadísticos en línea FAOSTAT. Demográficos y sociales. <http://faostat3.fao.org>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2015b). Base de datos estadísticos en línea FAOSTAT. Económicos. <http://faostat3.fao.org>.
- Cleveland, C. J., & Ruth, M. (1998). Indicators of dematerialization and the materials intensity of use. *Journal of industrial ecology*, 2(3), 15-50.
- CMMAD (Comisión Mundial Medio Ambiente y Desarrollo). (1987). *Nuestro futuro común*. Alianza, Madrid.
- Cuba, E. (1999). Evolución de la economía peruana y perspectivas para 1999. <http://www.gestiopolis.com/economia-peruana-1998-perspectivas-1999/>
- Da Rocha, L. (2015). Crescimento econômico e desacoplamento do uso de recursos naturais e de impactos ambientais: Evidências para o Brasil. (Tesis inédita de maestría). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Araraquara.
- Daly, H. E. 1996. *Beyond growth. The economics of sustainable development*. Beacon Press, Boston.
- Daly, H.E. y J. Farsey. 2004. *Ecological economics. Principles and applications*. Island Press, Washington DC.
- Daniels, P. L., & Moore, S. (2001). Approaches for quantifying the metabolism of physical economies: Part I: Methodological overview. *Journal of Industrial Ecology*, 5(4), 69-93.
- Daniels, P. L. (2002). Approaches for quantifying the metabolism of physical economies: A comparative survey: Part II: Review of individual approaches. *Journal of Industrial Ecology*, 6(1), 65-88.
- Darwin, C. (1859) *On the Origin of Species*, London: John Murray
- De Bruyn, S. M., & Opschoor, J. B. (1997). Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. *Ecological Economics*, 20(3), 255-268.

- Dittrich, M., & Bringezu, S. (2010). The physical dimension of international trade: Part 1: Direct global flows between 1962 and 2005. *Ecological economics*, 69(9), 1838-1847.
- Dittrich, M., Bringezu, S., & Schütz, H. (2012). The physical dimension of international trade, part 2: Indirect global resource flows between 1962 and 2005. *Ecological economics*, 79, 32-43.
- EIA (U.S. Energy Information Administration). (2015). International Energy Statistic. <https://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm>. Washington DC: EIA.
- EUROSTAT (Statistical Office of the European Union). (2007). Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide. Statistical Office of the European Union. Luxemburgo: Eurostat.
- EUROSTAT (Statistical Office of the European Union) (2013). Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA). Compilation Guide. Statistical Office of the European Communities. Luxembourg: Eurostat.
- Eisenmenger, N. y Giljum, S. (2006). Evidence from Societal Metabolism Studies for Ecological Unequal Trade. In: A. Hornborg and C.L. Crumley (eds.). *The World System and the Earth System. Global Socio-Environmental Change and Sustainability since the Neolithic*. Left Coast Press Inc.: Walnut Creek, California. 288-302.
- EJOLT. Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade. Recuperado de Web: <http://www.ejolt.org/>. Recuperado: enero 12 del 2016.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015a). FAOSTAT Database. <http://faostat3.fao.org/home/S>. Roma: FAO.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015b). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch. <http://www.fao.org/fishery/statistics/es>. Roma: FAO.
- Falconí, F., Vallejo, M. C., & Burbano, R. (2006). Evaluación de los flujos de materiales en el comercio exterior ecuatoriano, colombiano y peruano, a propósito del TLC. *Documento de Trabajo*, 6, 101.
- Feenstra, C., Robert, I. and Timmer, M. (2013), "The Next Generation of the Penn World Table" available for download at www.ggd.net/pwt
- Figueroa, M. (2006). Estimación de un índice de input material directo para la economía del Valle del Cauca (1995-2003). (Tesis inédita pregrado). Universidad del Valle, Cali.
- Fischer-Kowalski, M., & Haberl, H. (1993). Metabolism and colonization. Modes of production and the physical exchange between societies and nature. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 6(4), 415-442.

- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. *The international handbook of environmental sociology*, 119-137.
- Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 61-78.
- Fischer-Kowalski, M., & Hüttler, W. (1999). Society's Metabolism. The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology*, 2(4), 107-136.
- FICEM (Federación Interamericana de Cemento). (2013). Informe estadístico. Recuperado de: http://www.ficem.org/estadisticas/informe_estadistico_2013.pdf
- FMI (Fondo Monetario Internacional). (2007). El Sistema de estadísticas de las cuentas macroeconómicas. Departamento de estadística Fondo monetario internacional (Folleto No. 56-S). Washington.
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *Entropy law and the economic process*. Cambridge, Harvard University Press
- Giljum, S. (2003). *Biophysical dimensions of North-South trade: material flows and land use*. Dissertationsschrift, Universität Wien.
- 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.
- Giljum, S. (2006). 17. Material flow-based indicators for evaluation of eco-efficiency and dematerialisation policies. *Sustainable Development Indicators in Ecological Economics*, 376.
- Gudynas, E. (2011). *Desarrollo y sustentabilidad ambiental: diversidad de posturas, tensiones persistentes*. Alberto Matarán Ruiz y Fernando López Castellano (coords.), *La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*, Granada, Universidad de Granada.
- Hák, T., Moldan, B., & Dahl, A. L. (Eds.). (2012). *Sustainability indicators: a scientific assessment* (Vol. 67). Island Press.
- Hohenecker, J. (1981): Entwicklungstendenzen bei der Futtermittelversorgung Österreichs, dargestellt am Beispiel ausgewählter Jahre. *Die Bodenkultur. Austrian Journal of Agricultural Research*, 32, 163-187.
- Hornborg, A., (1998). Toward an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics. *Ecological Economics*, 25(1): 127-136.
- Hornborg, A. (2012). *Global ecology and unequal exchange: Fetishism in a zero-sum world* (Vol. 13). Routledge.

- Infante-Amate, J., Soto, D., Aguilera, E., García-Ruiz, R., Guzmán, G., Cid, A., & González de Molina, M. (2015). The Spanish Transition to Industrial Metabolism: Long-Term Material Flow Analysis (1860–2010). *Journal of Industrial Ecology*.
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., & Eisenmenger, N. (2008). The global sociometabolic transition. *Journal of Industrial Ecology*, 12(5-6), 637-656.
- Krausmann, F., weisz, H., eisenmenger, N., schütz, H., Hass, W., Schaffartzik, A. (2015). Economy-wide Material Flow Accounting: Introduction and Guide. Social Ecology Working Paper 151 Vienna.
- Krugman, P. (1989). Industrial Organization and International Trade. In: Schmalensee, R. and Willing, R. (Eds.). *Handbook of Industrial Organization* (Vol. II), North-Holland, Amsterdam. 1179- 1223.
- Latorre, S., Farrell, K. N., & Martínez-Alier, J. (2015). The commodification of nature and socio-environmental resistance in Ecuador: An inventory of accumulation by dispossession cases, 1980–2013. *Ecological Economics*, 116, 58-69.
- Manrique, P. L. P., Brun, J., González-Martínez, A. C., Walter, M., & Martínez-Alier, J. (2013). The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009). *Journal of Industrial Ecology*, 17(4), 590-604.
- Martinez-Alier, J. (1995). The environment as a luxury good or “too poor to be green”? *Ecological Economics*, 13(1), 1-10.
- Martinez-Alier, J. (2004). Marx, energy and social metabolism. *Environ Energy*, 3, 825-834.
- Martínez, A. J. (2011). *El ecologismo de los pobres: Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria.
- Marx, K. (1975). *El capital*. Vol. 1, tomo 1. Siglo XXI Editores
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2004). *Limits to growth: the 30-year update*. Chelsea Green Publishing.
- Metabolismo Social y Conflictos Ambientales en países andinos y centroamericanos. MESOCA-ANCA. (2014). Cali: Universidad del Valle.
- Molina, M., Toledo, V. (2014). *The Social Metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change*. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Mudd, G. M. (2007). The sustainability of mining in Australia: key production trends and their environmental implications. *Department of Civil Engineering, Monash University and Mineral Policy Institute, Melbourne*.
- Muñoz, P., Giljum, S., & Roca, J. (2009). The raw material equivalents of international trade. *Journal of Industrial Ecology*, 13(6), 881-897.

- Nadal, A. (2011). Macroeconomic policies for sustainability. In A. Nadal (Ed.), *Macroeconomic policies, Livelihoods and Sustainability Policy Matters* (18 ed., pp. 12-49). Mexico: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources IUCN.
- Ocampo, José A. (2001). *Un futuro económico para Colombia*. Editorial Alfaomega. Bogotá D.C., marzo.
- Ocampo, J. (2011). Seis décadas de debates económicos latinoamericanos. http://policydialogue.org/files/events/SEGIB-PNUD_Ocampo-final.pdf.
- Pérez-Rincón, M. A. (2006). Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological “Prebisch thesis”. *Ecological Economics*, 59(4), 519-529.
- Pérez-Rincón, M. A. (2007). Comercio internacional y medio ambiente en Colombia: mirada desde la economía ecológica. Universidad del Valle.
- Pérez-Rincón, M. A. (2014). Conflictos ambientales en Colombia: Inventario, caracterización y análisis. *Cali, Colombia*.
- Polimeni, J., MAYUMI, K., Giampietro, M., Alcott, B. (2007). *The Jevons’ Paradox and the myth of resource efficiency improvements*. Earthscan, London.
- Prebisch, R., & Cabañas, G. M. (1949). El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas. *El Trimestre Económico*, 16(63(3)), 347–431.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2013). Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina (DEW/1578/PA). Recuperado de http://www.pnuma.org/MFA_espanol%20low%20res.pdf
- Ricardo, D. (2010). Principios de economía política y tributación: I: Obras y correspondencia (Vol. 1). Fondo de Cultura Económica.
- Riechmann, J. (2006). Biomímesis: ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención (Vol. 227). Los libros de la Catarata.
- Rossi, M. Á. (Ed.). (2007). *Ecos del pensamiento político clásico*. Prometeo Libros Editorial.
- Russi, D., Gonzalez-Martinez, A. C., Silva-Macher, J. C., Giljum, S., Martínez-Alier, J., & Vallejo, M. C. (2008). Material Flows in Latin America. *Journal of Industrial Ecology*, 12(5-6), 704-720.
- Sachs, J. D. y Warner, A. M. (1995). Natural resource abundance and economic growth: National Bureau of Economic Research.
- Slipak, A. (2012). De qué hablamos cuando hablamos de reprimarización. Doctorado en Ciencias Sociales, Universidad de General Sarmiento (UNGS) e Instituto de Desarrollo Económico y Social (IDES). Buenos Aires, Argentina. mimeo.

- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 32(8), 1419-1439.
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones (Zamora)*, 34(136), 41-71.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). Datos sobre los precios y los índices de materias primas. Disponible en: http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en. Recuperado: 16 diciembre 2015.
- UNSD (United Nations Statistical Division). (2015). Commodity Trade Database (COMTRADE). <http://comtrade.un.org/>. Washington DC: UNSD.
- USGS (United States Geological Survey). National Minerals Information Center. Disponible en: <http://minerals.usgs.gov/minerals/> Recuperado: mayo-octubre 2015.
- Vallejo, M. C., Pérez Rincón, M. A., & Martinez-Alier, J. (2011). Metabolic profile of the Colombian Economy from 1970 to 2007. *Journal of Industrial Ecology*, 15(2), 245-267.
- Vallejo, M. C. (2010). Biophysical structure of the Ecuadorian economy, foreign trade, and policy implications. *Ecological Economics*, 70(2), 159-169.
- Vallejo, M. C. (2015). Perfiles metabólicos de tres economías andinas: Colombia, Ecuador y Perú. Quito: FLACSO.
- Vega, J. M. (2013). Evaluación de la eficacia de las áreas protegidas.: El Sistema de Evaluación Integrada de Áreas Protegidas (SEIAP): resultados de la primera evaluación integrada de los espacios protegidos de la Comunidad de Madrid. Fundación BBVA.
- Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Hubacek, K., & Fischer-Kowalski, M. (2006). The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics*, 58(4), 676-698.
- Weisz, H., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Schütz, H., Haas, W., & Schaffartzik, A. (2007). Economy-wide material flow accounting. A compilation guide. *Eurostat and the European Commission*.
- Wenzlik, M., Eisenmenger, N., & Schaffartzik, A. (2015). What Drives Austrian Raw Material Consumption?: A Structural Decomposition Analysis for the Years 1995 to 2007. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 814-824.
- Wheeler, R. O. (1981). The World livestock product, feedstuff, and food grain system: an analysis and evaluation of system interactions throughout the world, with projections to 1985.

Wirsenius, S. (2000). *Human use of land and organic materials: modeling the turnover of biomass in the global food system*. Chalmers University of Technology.

Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 179-190.

ANEXOS

Anexo 1: valores estándar para los factores de la cosecha y las tasas de recuperación de los residuos de los cultivos más comunes.

	Factor cosecha	Factor recuperación
Trigo	1	0,7
Cebada	1,2	0,7
Avena	1,2	0,7
Centeno	1,2	0,7
Maíz	1,2	0,9
Arroz	1,2	0,7
Otros cereales	1,2	0,7
Colza	1,9	0,7
Soya	1,2	0,7
Remolacha azucarera	0,7	0,9
Caña de azúcar	0,5	0,9

Fuente: Eurostat (2013)

Anexo 2: Ingesta típica de fibra de animales de pastoreo.

	Ingesta anual Sistema tradicional de ganadería (Tm/Cabeza y año)	Ingesta anual Sistema industrial de ganadería (Tm/Cabeza y año)
Ganado y búfalo	1,5	5,5
Ovejas y cabras	0,43	0,64
Caballos	3	4,3
Mulas y asnos	1,8	2,6

Fuente: Krausmann, et al. (2015)

Anexo 3: Factores de conversión de metros cúbicos a toneladas métricas de madera.

Densidad (Tm al 15% contenido de humedad/m³)	
Coníferos	0,52
No coníferos	0,64

Fuente: Eurostat (2013)

Anexo 4: Factores de conversión generales entre el contenido de metal, concentrado de mineral y el mineral bruto.

Factores de conversión minerales metálicos			
	Mineral bruto/metal		Mineral bruto/concentrado
	contenido		
Hierro	43,32%		81,93%
Cobre	1,04%		3,33%
Níquel	1,83%		23,45%
Plomo	11,86%		16,52%
Zinc	8,34%		14,50%
Estaño	0,24%		0,33%
Oro	0,00021%		0,07%
Aluminio	18,98%		67,55%
Plata	0,03%		2552,00%
Uranio	0,00%		0,37%
Antimonio	NA		NA
Bismuto	NA		NA
Cadmio	NA		NA
Cromo	25,70%		67,79%
Cobalto	0,77%		9,90%
Germanio	NA		NA
Manganeso	35,88%		58,52%
Mercurio	NA		NA
Estroncio	NA		NA
Titanio(Ilmenita)	9,09%		15,97%
Titanio (Rutilo)	1,96%		2,06%
Tungsteno	0,39%		1,23%
Molibdeno	0,13%		0,24%

Fuente: Eurostat (2013)

Anexo 5: Densidades Específicas de Materiales de Construcción.

	Kg por metro cúbico
Piedra ornamental y para construcción	
Mármol sólido	2563
Granito, solido	2691
Arenisca, sólida	2323
Porfirio, sólida	2547
Basalto, sólido	3011
Piedra (valor por defecto si no hay especificación)	2500
Piedra caliza y yeso	
Yeso triturado	1602
Piedra caliza, roto	1554
La piedra caliza (valor por defecto si no hay especificación)	1500
Creta y dolomita	
Creta terrones	1442
Dolomita terrones	1522
Creta y dolomita (valor por defecto si no hay especificación)	1500
Pizarra	
Pizarra sólida	2691
Pizarra triturada	1290-1450
Pizarra pulverizada	1362
Pizarra (valor por defecto si no hay especificación)	1400
Arcilla	
Arcilla, seca	1089
Arcilla, húmeda	1826
Arcilla, terrón	1073
Arcilla, fuego	1362
Arcilla, terrón húmedo	1602
Arcilla, compacta	1746
Arcilla (valor por defecto si no hay especificación)	1500

Fuente: Krausmann, et al. (2015)