



Análisis del metabolismo energético y de materiales de Brasil, Chile y Venezuela

Nina Eisenmenger

Institute of Social Ecology, IFF-Faculty for Interdisciplinary Studies,
University of Klagenfurt, Schottenfeldgasse 29, 1070 Vienna, Austria
Nina.Eisenmenger@uni-klu.ac.at

Jesús Ramos Martín

Instituto de Ciencia y Tecnologías Ambientales, Universidad Autónoma de Barcelona, Edificio C,
08193 Bellaterra, Barcelona
Jesus.Ramos@uab.es ⁽¹⁾

Heinz Schandl

CSIRO Sustainable Ecosystems, Gunghalin Homestead,
Bellenden Street, Crace ACT 2911, Canberra, Australia
Heinz.Schandl@csiro.au

Fecha de recepción: 10/10/2006. Fecha de aceptación: 18/06/2007

Resumen

El artículo presenta una aplicación de las metodologías de Análisis de Flujo de Materiales y Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo Social (MSIASM, siglas en inglés) para la caracterización de modelos de desarrollo económico de Brasil, Chile, y Venezuela, mediante la utilización combinada de datos económicos y de uso de energía y materiales para diferentes sectores y en diversos niveles jerárquicos. El artículo muestra la relevancia de complementar una lectura económica del desarrollo con una lectura biofísica, y llega a la principal conclusión de que el modelo de desarrollo mostrado por las tres economías en el período analizado, basado casi exclusivamente en el sector exterior, no ha sido suficiente para garantizar una estrategia de desarrollo económico a largo plazo que alcance a todos los sectores y componentes de sus economías, incluyendo a los hogares.

Palabras clave: Desarrollo, metabolismo social, análisis energético, análisis de flujo de materiales, análisis integrado multi-escala del metabolismo social, Brasil, Chile, Venezuela

Abstract

The article presents an application of both Material Flow Accounting and the Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism (MSIASM) accounting method for characterising economic development in Brazil, Chile, and Venezuela by coupling economic data with energy use through different sectors and at different hierarchical levels. The paper shows the relevance of complementing an economical reading of development with a biophysical one, and arrives to the main conclusion that the development model shown by the three economies in the period analysed, based on almost solely increasing exports, was not sufficient for guaranteeing a long-term strategy of economic development able to reach all sectors and components of their economies, including the household sector..

Key words: Development, social metabolism, energy analysis, material flow analysis, multi-scale integrated analysis of societal metabolism, Brazil, Chile, Venezuela.

1. Autor para correspondencia



1. Introducción

Las transiciones recientes que experimentan algunos países de los denominados en desarrollo no han supuesto, en la mayoría de los casos, una transferencia de renta desde la agricultura hacia otros sectores de la economía, o por lo menos no en la misma manera en que esto sucedió con los países desarrollados. Esto se debe a que se encuentran en un contexto de desarrollo diferente. Los países en desarrollo se encuentran integrados en un sistema económico global donde la división del trabajo asigna a cada país un papel específico en la economía mundial. Así, el cambio socioeconómico dentro de un país en desarrollo no depende principalmente de procesos internos, sino que está fuertemente influido por el contexto internacional. Esto ha sido evidente sobre todo desde los 1980s, el período de análisis de este artículo, durante el cual se ha producido la acelerada incorporación de las economías en desarrollo a los mercados mundiales. Esta particular incorporación tiene implicaciones en cuanto cambia el perfil metabólico de estas economías, es decir el uso que hacen tanto de los materiales como de la energía para su funcionamiento, lo cual incluye las importaciones y exportaciones necesarias para el mantenimiento de la actividad. El objeto de este artículo es, por tanto, caracterizar el metabolismo de tres economías tanto en materiales (con la metodología del Análisis de Flujos Materiales) como en energía (mediante el Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo Social).

El artículo toma tres países de América Latina, Brasil, Chile y Venezuela, para los que se utilizan datos de casos de estudio, excepto en el caso de Chile (Giljum 2004). Es importante mencionar que los datos usados son antiguos, de 1995 y 1997 para Brasil y Venezuela en el caso del análisis de flujos de materiales, pero son los únicos de que se disponen en la actualidad de manera completa. El artículo no pretende, por tanto, mostrar cual es el patrón de metabolismo actual, sino usar datos reales para comprobar qué información nos pueden indicar estas dos

metodologías para entender los metabolismos físicos. De hecho, poder contar con datos actuales, y compararlos con los presentados aquí, nos daría una información muy útil sobre las consecuencias del modelo de desarrollo en los últimos años.

Estos países se caracterizan por estar en una transición rápida hacia su integración en el mercado mundial. Para ellos, hacemos una descripción en términos biofísicos de sus economías. Empezamos centrándonos en el sector agrícola. La producción agrícola, que en algunos lugares está fuertemente concentrada en pocas manos nacionales o de multinacionales, no ha generado el suficiente excedente económico para financiar un desarrollo exitoso de la industria y las manufacturas. Esto ha provocado que la expansión de los sectores secundario y terciario se haya financiado muchas veces mediante inversión extranjera directa desde los años 1960 en adelante. El poco éxito de la estrategia de sustitución de importaciones en los 1960s (Bruton 1998) resultó en una reorientación estratégica hacia el desarrollo orientado a la exportación, apoyado por préstamos internacionales. Los préstamos promovidos tanto por el Banco Mundial (BM) como por el Fondo Monetario Internacional (FMI) están sujetos a programas de ajuste estructural. Estos programas, así como la inversión privada extranjera, están orientados a intensificar la integración en los mercados mundiales y a aumentar la producción para la exportación. Esto va de la mano de la liberalización económica caracterizada por una legislación laboral pobre, el levantamiento de los aranceles comerciales, y la apertura de los mercados nacionales al capital y bienes extranjeros. Precisamente esta condicionalidad es la que ha llevado a algunos países de la región a desmarcarse de estas instituciones. Así, tanto Argentina, como Brasil y Venezuela han cancelado completamente los créditos de éstas instituciones recientemente para ganar en autonomía de la política económica, y países como Ecuador y Nicaragua están en el mismo camino. No obstante, en la actualidad, la condicionalidad mencionada continua allí donde llegan fondos del BM o del FMI.



Las exportaciones en las que un país se especializa dependen de la disponibilidad de recursos así como de las competencias que un país haya adquirido en el curso de su desarrollo económico. América del Sur tiene una historia larga de proveer a los Estados Unidos y otros países industrializados de materias primas, por lo cual se ha especializado en la extracción intensiva de recursos naturales para la exportación. Mostraremos como esta estrategia resulta en un perfil metabólico típico. Además, estos países se caracterizan por un exceso de mano de obra en los servicios, que actúa como colchón para absorber la población que no está ocupada, dando lugar a una posible estrategia económica basada en el trabajo de bajo coste. Sin embargo, estos países deben escapar a esta “trampa de la especialización” (Ekins et al. 1994; Muradian y Martínez-Alier 2001) si quieren aumentar su productividad económica para poder hacer frente al incremento poblacional y al aumento de los niveles materiales de vida de su población.

2. Desarrollo económico e integración global

Las transiciones históricas en países que se industrializaron relativamente pronto se basaron en cambios en procesos internos a los mismos. La agricultura fue el motor y el punto de partida del proceso de transición, gracias a los aumentos en la productividad del trabajo y de la tierra (véase Ashton 1948, Wrigley 1990). Un proceso de modernización se abrió paso, creando un excedente que pudo ser usado para alimentar a otros sectores de la economía y para crear la infraestructura necesaria. Finalmente, la producción de subsistencia desapareció y el sector agrícola se orientó hacia el mercado y, desde los años 1950s, se convirtió en un sector fuertemente industrializado con unas altas eficiencias por hora de trabajo y por unidad de tierra. Entre las economías industrializadas de hoy la contribución de la agricultura al PIB así como al empleo se sitúa por debajo del 5% en países como Holanda, Bélgica, Alemania, Francia, Estados Unidos (UNDP 2003). Al mismo tiempo, la producción

agrícola, en términos físicos, es mayor ahora que nunca (FAO 2004).

La transición hacia una economía industrializada en los países en desarrollo sigue otros caminos, en donde la integración en los mercados mundiales, así como la alta movilidad internacional de recursos, bienes y capital influyen significativamente en el desarrollo de esas economías en transición. Este contexto diferente proporciona nuevas opciones, pero también restricciones, al desarrollo de estas economías en comparación a las economías más industrializadas.

En teoría económica, la base del comercio internacional es la existencia de diferencias entre las regiones en cuanto a la dotación de recursos naturales (y por tanto materias primas), tecnología y condiciones climáticas. De acuerdo con este enfoque, el comercio amplía el potencial de crecimiento de las naciones al hacer disponibles recursos que no se encuentran localmente y produciendo bienes para los cuales la demanda interna sola sería demasiado baja. Tanto la teoría clásica del comercio internacional de Smith (1776) basada en las ventajas absolutas como la teoría de Ricardo (1817) basada en las ventajas comparativas han tratado estos temas desde hace mucho. Estas teorías se han visto complementadas ya en el siglo 20 por la teoría del crecimiento económico basado en la exportación de materias primas (Staple Theory of Growth)² (Innis 1930) así como por el modelo de comercio Heckscher-Ohlin³ (Heckscher 1919; Ohlin 1933).

2. La Staple Theory of Growth fue desarrollada en los años 1920s por Harold Innis para explicar el crecimiento rápido de Canadá. La idea principal en este modelo de crecimiento orientado a la exportación es que los países con abundantes recursos naturales pueden especializarse en exportar materias primas, las cuales tendrán un efecto positivo sobre las tasas de crecimiento del PIB real per cápita (Altman 2003). North (1955) incluso sugirió el uso de esa teoría para explicar como las exportaciones no agrícolas o de materias primas podían afectar positivamente el crecimiento económico.

3. El modelo de Heckscher-Ohlin (Heckscher 1919), nos dice que las ventajas comparativas en la producción y exportación vienen dadas por la dotación de factores de producción (recursos naturales, trabajo, tecnología o conocimiento). Por tanto, los países tienden a especializarse en los procesos de producción que hacen un uso intensivo del factor abundante e importarán productos basados en el uso intensivo de aquellos factores que son relativamente escasos en sus economías.



El comercio, de acuerdo al discurso clásico, da lugar a una situación en la que todas las economías salen aventajadas. Durante los años 1950s y 1960s los economistas vieron que existían diferentes patrones de desarrollo que no seguían la senda tradicional y trataron de analizarlos. De ahí que surgieran explicaciones nuevas para los procesos de desarrollo y subdesarrollo. Éstas se basan en nuevas aplicaciones de conceptos teóricos como el *Imperialismo* (revitalizado por Paul Baran (1957), basado en Rosa Luxemburg (1913) y Lenin (1917), y con contribuciones mayores por parte de Mandel (1968)), la *Teoría de la Dependencia* (desarrollada por Raul Prebisch (1950, 1959) con contribuciones posteriores de Fernando Henrique Cardoso (Cardoso y Faletto 1979)), y la *Perspectiva de los Sistemas Mundiales* (World Systems Theory, Wallerstein 1979; Frank 1967; Emmanuel 1972; Amin 1976). Los tres enfoques tienen en común la noción de que en el presente sistema mundial, los países periféricos se especializan en la producción de materias primas como minerales y productos agrícolas que son menos sofisticados tecnológicamente, más intensivos en mano de obra (en el caso de la agricultura), y más expuestos a una severa competencia en los mercados internacionales, dando lugar a unos bajos precios y un bajo excedente. Los productos primarios son entonces exportados a los centros industrializados. Estos, por su parte, están caracterizados por altos niveles de capitalización y por actividades productivas complejas, que se reflejan en los bienes y servicios que el centro vende a la periferia. Este intercambio en los mercados mundiales está dando lugar a un flujo de excedente desde los países periféricos hacia el centro basado en dos procesos. Por un lado, los países periféricos se especializan en la exportación de bienes agrícolas y materias primas, en mercados donde hay una extrema competencia que lleva los precios hacia abajo para poder mantener los ingresos de divisas. Esto da lugar a un empeoramiento de la relación de intercambio, así la periferia se ve forzada a exportar cada vez más bienes para poder obtener los mismos ingresos que financien las importaciones necesarias (la

maquinaria se produce de una manera algo más oligopolística por lo que los precios son algo superiores). Por otro lado, los bienes exportados desde la periferia lo hacen con bajos costes de producción, en parte gracias a la existencia de masivos “ejércitos de reserva” de fuerza de trabajo generados a través del progreso técnico en la agricultura. Los ingresos resultantes de las mejoras en eficiencia se traducen en precios más bajos para las exportaciones en lugar de aumentos en el ingreso de los trabajadores (Emmanuel 1972).

El desarrollo económico en la periferia es, por tanto, complementario al desarrollo económico del centro. La especialización en la exportación de materias primas, en el medio y largo plazo, está apoyando el subdesarrollo de la periferia y el desarrollo ulterior del centro. La situación para los países en desarrollo es todavía peor cuando consideramos que la especialización en la exportación de materias primas está llevando a un agotamiento de los recursos naturales domésticos mediante la venta de la base de recursos nacional.

El apoyo financiero internacional se canaliza a través del Banco Mundial y del FMI. Como hemos mencionado antes, los préstamos están condicionados a programas de ajuste estructural, ahora llamados eufemísticamente Estrategias de Reducción de la Pobreza, que se centran en la liberalización de los mercados, abriendo tanto los mercados financieros como de bienes a los productos extranjeros. Esto se suele hacer cuando la todavía industria naciente de estos países no ha alcanzado un tamaño adecuado que le permita competir en los mercados internacionales (Stiglitz 2002). Al mismo tiempo, el proteccionismo de los países desarrollados impide a los países en desarrollo beneficiarse de sus ventajas comparativas en la producción de bienes intensivos en trabajo. Esto explica por qué algunos países en desarrollo todavía se centran en producir bienes intensivos en recursos, incluso cuando la competencia entre los propios países en desarrollo está tirando de los precios hacia abajo.



Este problema parece recurrente, dado que los precios de las materias primas y de los bienes intensivos en mano de obra están bajando como han hecho a lo largo de la mayor parte del siglo 20 (Schor 2005), con un empeoramiento de la relación de intercambio (véase Prebish 1950 y Singer 1950; Sapsford y Balasubramanyam 1994; Bloch y Sapsford 1997; Zanias 2005; Stiglitz 2002). De acuerdo a Bloch y Sapsford (1997) la relación de intercambio de los productores primarios empeoró en más de un 1% anual en el periodo 1948-1986⁴. El mismo resultado, pero para el período 1900-2000 encuentran Ocampo y Parra (2003), un 1% de deterioro anual, eso sí, con “saltos” alrededor de 1920 y de 1980. Zanias (2005), por su parte, también muestra que el efecto acumulado del empeoramiento entre 1920 y 1984 fue de un 62%, hasta llegar a un tercio del nivel de principios del siglo 20. Finalmente, UNCTAD (2005), muestra que desde la década de los 1980s, la relación de intercambio de los países en desarrollo se ha deteriorado en un 15%, al mismo tiempo que aumentaban considerablemente los volúmenes de exportaciones.

3. Metodología de análisis

A la hora de caracterizar el patrón biofísico de las economías analizadas se usan dos metodologías. La primera es el Análisis de Flujos de Materiales. El Análisis de Flujos de Materiales (Material Flow Accounting en inglés) es una herramienta de contabilidad material para tener en cuenta todos los materiales que entran y salen de una economía, y proporciona unos indicadores agregados para el uso de recursos como la Extracción Doméstica (ED), el Consumo Doméstico de Materiales (CDM), y el Balance Comercial Físico (BCF)⁵ (Eurostat 2001). El

4. La base de datos que Bloch y Sapsford (1997) usan, como la mayoría de estudios de este tema, usa la serie de precios primarios, un índice de precios de 24 materias primas no energéticas internacionales calculada por el Banco Mundial y actualizada por el FMI.

5. Extracción Doméstica (ED) = todos los materiales (sólidos, líquidos y gaseosos excluyendo el agua y el aire) extraídos del ambiente nacional para su uso posterior en la producción o el consumo. Consumo Doméstico de Materiales (CDM) = ED + Importaciones – Exportaciones = cantidad total de materiales

AFM es una metodología estandarizada tanto por la Oficina Estadística de la Unión Europea (Eurostat) como por la OCDE. Trata de ofrecer un equivalente a la contabilidad nacional pero en términos biofísicos, para lo cual se calculan una serie de variables agregadas macro que miden tanto el consumo como el comercio de materiales de una economía. No se suelen presentar los flujos de materiales asociados a las importaciones del exterior, los llamados flujos ocultos, por una convención contable, aunque se calculan para algunos productos (véase Moncada 2006). A pesar de estar aceptada por los cuerpos estadísticos de los países industrializados se trata de una metodología que tiene muchas limitaciones. Entre ellas sin duda destaca el carácter agregado de la información, pues se presentan los datos en toneladas de materiales, sumando todos los conceptos. Evidentemente, esta agregación pierde mucha calidad acerca de qué se está agregando, ya que no se aplican coeficientes correctores en función, por ejemplo, de la toxicidad de los productos. Además, no se puede asignar una dirección clara de causalidad (menor consumo es más sustentable), porque en estadios tempranos de desarrollo cuando apenas hay infraestructuras, es necesario invertir en las mismas y aumentar el consumo de materiales. Por tanto, está claro que los indicadores obtenidos deben tratarse con cuidado, ya que solo nos indican tendencias de evolución o nos permiten comparar dos realidades diferentes, dado que se trata sobre todo de una herramienta de contabilidad. A pesar de las limitaciones, permite hacernos una primera idea de la contrapartida biofísica del desarrollo económico.

Por otro lado se usa la metodología Análisis Integrado Multiescalar del Metabolismo Social (Multi-Scale Integrated Analysis of Social Metabolism, MSIASM), introducido por Giampietro y Mayumi (2000b, 2000a) y finalmente formulado por Giampietro (2003). El enfoque ha sido utilizado para analizar las economías del Ecuador (Falconi 2001), España (Ramos-Martin 2001), China (Ramos-

usados directamente en la economía. Balance Comercial Físico (BCF) = Importaciones – Exportaciones (Eurostat 2001).



Martin 2005), y Vietnam (Gomiero y Giampietro 2001; Ramos-Martin y Giampietro 2005). Esta metodología permite combinar información monetaria (generación de PIB), demográfica (población, y uso del tiempo humano), así como biofísica, en concreto la energía comercializada usada, es decir la que aparece en los balances energéticos de la Agencia Internacional de la Energía. Este enfoque nos permite analizar las relaciones sistémicas entre diferentes variables biofísicas, como son la energía y el uso del tiempo, revelando un equilibrio específico que cada país encuentra en la utilización de recursos limitados. En un segundo paso, combinamos estas variables biofísicas con variables monetarias.

En nuestro análisis integrado usamos cuatro variables de escala que son, la actividad humana total (THA), el flujo total de energía (TET), la actividad humana en los sectores generadores de valor añadido de la economía (HA_{PW}), y el flujo de energía en ese sector (ET_{PW}). Estas variables determinan el tamaño o la escala de una economía cuantificando la cantidad de tiempo disponible y el consumo de energía.

Para contar el tiempo humano y su asignación a diversas actividades, empezamos con el tiempo humano total, que es simplemente la población total multiplicada por las 8760 horas de un año. A esta cantidad le quitamos una parte fija fisiológica y otra social. La parte fisiológica incluye el tiempo que cada persona utiliza en auto-reproducción, es decir, en dormir, comer, cuidados personales, etc. La parte social se define como el tiempo económicamente inactivo que se requiere para mantener la cohesión social, por ejemplo los niños y el cuidado de los niños, los ancianos tras la jubilación y el tiempo de ocio. Mientras que la porción fija fisiológica parece ser constante en el largo plazo, la parte social ofrece más posibilidades para variar. El tiempo que los niños usan en educación, la edad a la que la gente se puede jubilar o la cantidad de tiempo de ocio que es disponible a los individuos se determinan generalmente por una negociación socio-política. El tiempo resultante tras estas dos sustracciones es el

tiempo que potencialmente se puede dedicar a trabajar. Además, con respecto a esta fracción de tiempo, se tiene que encontrar un compromiso entre las actividades requeridas para la reproducción del hogar (por ejemplo cocinar, limpiar y cuidar de los niños) y el resto de actividades económicamente productivas. Por su parte, el tiempo productivo, es decir el que se emplea en la agricultura, en la industria o en los servicios, puede usarse para actividades de subsistencia (como es el caso de las sociedades tradicionales en el sector agrícola) o en empleo formal. En nuestro caso, nos centramos en el tiempo usado en agricultura, industria y servicios independientemente de si éste era de subsistencia u orientado a actividades de mercado.

El flujo total de energía se refiere a la energía primaria consumida por la sociedad incluyendo los combustibles fósiles y la madera. El flujo de energía en los sectores que producen valor añadido comprende la energía consumida en la agricultura (AG), industria (IND), y los servicios y el gobierno (SG).

Combinando estas variables de escala obtenemos cuatro variables intensivas: la tasa de metabolismo exosomático (EMR), que es la cantidad total de energía primaria consumida por hora de tiempo humano (y se expresa en Joules por hora), y las EMR sectoriales. Mientras EMR para todo el sistema (subíndice AS) se considera un indicador del nivel de vida material (Giampietro 1997), las tasas sectoriales en agricultura, industria, y servicios se pueden entender como indicadores de acumulación de capital en esos sectores. Un sector que muestre una tasa EMR mayor dispondrá, *ceteris paribus*, de una dotación mayor de maquinaria y herramientas y será más capital-intensivo que otros sectores que muestren tasas EMR inferiores. Un problema en el cálculo de esta variable es que ignoramos la eficiencia en el uso de la energía, donde EMRs inferiores pueden también indicar la aplicación de una mejor



tecnología del capital invertido⁶. En cualquier caso, cambios en las variables de escala nos indican que el sistema está creciendo, mientras cambios en las variables intensivas muestran reajustes cualitativos (es decir desarrollo).

La lectura biofísica del sistema, que pone en común el uso del tiempo y la energía, se complementa con una lectura económica, que pone en común el uso del tiempo con el valor añadido generado. En este retrato económico, las variables de consumo de energía primaria son sustituidas por el PIB de la economía y por el PIB sectorial. Las variables intensivas resultantes son el valor añadido por unidad de tiempo activo (GDP/THA) y el retorno medio del trabajo para cada sector, o productividad económica del trabajo ($ELP_i = GDP_i/HA_i$).

Algunos casos de estudio (como Cleveland et al. 1984; Hall et al. 1986) han encontrado una relación entre el consumo de energía por hora de trabajo (EMR_{PW}) y la productividad del trabajo (ELP_{PW} ⁷). Si esta hipótesis se mantiene, significaría que el crecimiento económico (al menos en sus fases iniciales) implica que el consumo de energía en los sectores productivos (ET_{PW}) tiene que crecer más rápidamente que el tiempo asignado a esos sectores (HA_{PW}), resultando en un aumento de la energía usada por hora de trabajo (EMR_{PW}). Este desarrollo, al mismo tiempo, aumentaría la capacidad de invertir en capital para producción futura.

El uso combinado de las lecturas económicas y biofísicas debería dar lugar a un mejor entendimiento del funcionamiento de las economías estudiadas, en particular para ver cómo estas economías asignan sus recursos (tiempo, energía, y valor añadido) para cumplir ciertos fines. Nosotros nos centramos

aquí en dos momentos del tiempo, 1980 y 2000.

MSIASM es, de nuevo, una metodología ligada a la contabilidad, en este caso de las disponibilidades dinámicas de tiempo, energía y de la generación de valor añadido. No está exenta de limitaciones, por ejemplo se presentan los datos en unidades de energía agregada y no se distingue, por tanto, entre las diferentes calidades que presentan los vectores de energía final (el gas natural tiene más calidad que el carbón, etc.). La principal limitación para el análisis de economías en desarrollo es, sin embargo, que no se tienen en cuenta los flujos de energía en autoconsumo, básicamente biomasa, que son muy importantes para economías como las presentadas en este análisis. No obstante, el énfasis en la energía comercial se apoya en el hecho de que estamos interesados en los procesos de transición hacia una mayor industrialización o terciarización, fenómenos que están íntimamente ligados al uso de energía comercial.

Como conclusión metodológica podemos enfatizar que las metodologías presentadas nos ayudan a comprender mejor la cara biofísica (tanto material como de consumo de energía) de los procesos de desarrollo, pero deben ser siempre complementadas por otro tipo de análisis económicos y de impactos ambientales asociados si lo que queremos tener es una imagen global del proceso de desarrollo. Esto quiere decir que las conclusiones obtenidas a partir de los datos presentados son siempre parciales.

4. Patrones de extracción de recursos

Una vez presentadas las metodologías que se usan para las tres economías, pasamos a continuación a una descripción del uso de materiales mediante el Análisis de Flujos de Materiales.

En paralelo a la industrialización del sector agrícola, partes relevantes de estas economías han sido orientadas a la exportación relativamente pronto, incluyendo actividades extractivas como la extracción de

6. La influencia de la tecnología y de la eficiencia pueden ser analizadas más adelante en el análisis energético, cuando los insumos de energía primaria se distribuyen entre las categorías de demanda final en forma de energía útil (Hall et al. 1986). No obstante, éste no es el objetivo de este artículo.

7. La correlación entre la disponibilidad de energía en los sectores económicos y la productividad del trabajo encontrada por Cleveland et al. en su análisis de la economía de los Estados Unidos ha sido encontrada para España (Ramos-Martin 2001) y para el Ecuador (Falconi 2001).



crudo y de minerales, así como sectores industriales tradicionales como el textil. Esta transición hacia una producción industrial con una particular especialización e integración en la división global del trabajo da lugar a diferentes patrones metabólicos que son los que veremos a continuación.

Los flujos materiales se reportan en diferentes grupos de materiales, normalmente biomasa, combustibles fósiles y minerales, o a veces con más detalle (Weisz et al. 2006a). En esta sección compararemos los resultados de Brasil, Chile y Venezuela⁸ con Estados Unidos, Japón (Adriaanse et al. 1997; Matthews et al. 2000) y la media de la Unión Europea (con 15 estados miembros, Weisz et al. 2006a). En nuestra comparación del uso de materiales mostramos los últimos datos completos disponibles. A pesar de que los datos presentados no reflejen la realidad actual del metabolismo social de estos países, entendemos que indican claramente cual era la estructura en cada año presentado. Idealmente, se debería contar con series históricas de los indicadores, que nos permitieran establecer conexiones y paralelismos entre la evolución de las variables monetarias de desarrollo y sus contrapartes biofísicas. Existen análisis similares a los presentados aquí para la economía del Ecuador (Vallejo 2006, Moncada 2006).

La extracción doméstica per cápita en Brasil y Venezuela fue de 15 t/cap. Los combustibles fósiles representaron la mayor parte de la misma en el caso de Venezuela (unas 9 t/cap), mientras la biomasa lo fue para Brasil (9 t/cap). Chile tuvo una elevadísima extracción doméstica per cápita de 40 t/cap. Este valor se debió en su gran mayoría a la minería del cobre para la exportación. La minería del cobre en Chile se caracteriza por su ley muy baja, con un contenido de tan solo el 1% de cobre (véase United States Bureau of Mines 1987). La extracción de cobre

produce, por tanto, enormes cantidades de masa arcillosa, que por definición se incluyen en el MFA (Eurostat 2001). Para comparar los valores, veamos en la Figura 1 que Japón tiene una extracción doméstica de solo 10 t/cap, los Estados Unidos de 21 t/cap, y la media de la UE es de solo 13 t/cap.

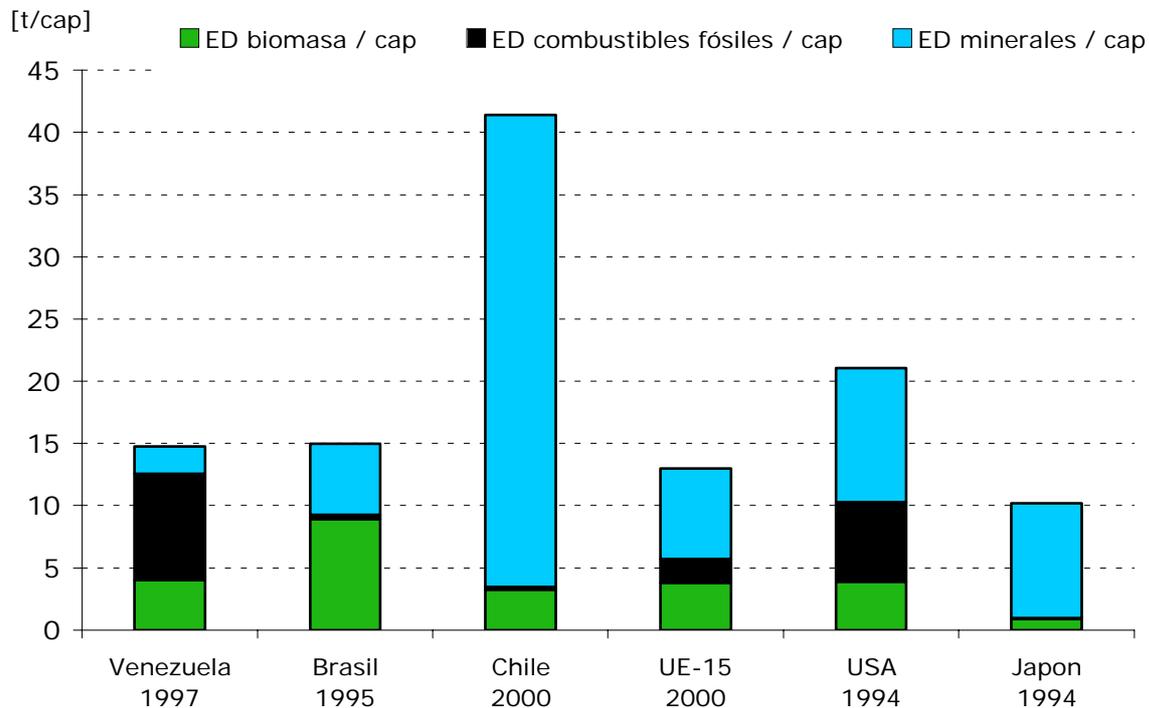
Dejando de lado la biomasa, tanto los combustibles fósiles como los minerales dependen de la disponibilidad nacional, esto es lo que explica las diferencias que encontramos entre los tres países, con Chile especializado en minerales y Venezuela en combustibles fósiles.

Los minerales, la última categoría analizada aquí, se compone de los minerales de construcción, minerales industriales, y otros minerales. El grupo de minerales de la construcción incluye flujos de materiales de bajo valor económico y que se usan normalmente en el ámbito local. Los minerales industriales y otros minerales, sin embargo, son recursos para la producción industrial que se comercian frecuentemente en los mercados internacionales. Debido a lo local de los datos existentes, no fue posible separar estos dos grupos de minerales para todos los países. Una interpretación de los resultados disponibles es, por tanto, muy difícil. Lo que sí se puede decir con cierto grado de certidumbre es que el crecimiento económico va de la mano del uso de grandes cantidades de materiales de construcción para las infraestructuras (Weisz et al. 2006b). Por otra parte, la extracción de minerales industriales depende mayoritariamente de los depósitos nacionales. De acuerdo a las estadísticas sobre minerales (Crowson 2001), los países de América del Sur tienen unas grandes reservas de minerales, superiores, por ejemplo a las del Sudeste asiático, y por tanto extraen gran parte de los mismos de su propio ambiente.

8. Los Análisis de Flujos Materiales de Venezuela y Brasil fueron realizados en el marco del proyecto de investigación INCO-DEV financiado por la UE 'Amazonia 21'. Véase más información del mismo, así como detalles sobre las fuentes de información en el documento de trabajo disponible en http://www.iff.ac.at/socec/publs/publs_downloads/socec10190.pdf. El AFM para Chile fue realizado por Giljum (2004)



Figura 1. Extracción Doméstica (ED) en toneladas per cápita



Fuente: Véase Nota al pie 8

El Consumo Doméstico de Materiales (CDM) supone una medida de los recursos materiales usados en una economía tanto por los sectores productivos (consumo intermedio) como en consumo final. En los países de la OCDE, de media, los minerales suponen un 50% del CDM (siendo la mayoría de ellos minerales de construcción), los combustibles fósiles suponen un 30% y la biomasa un 20%. La situación es diferente en los países en desarrollo, donde la biomasa juega un papel más importante y la utilización de combustibles fósiles es a veces insignificante.

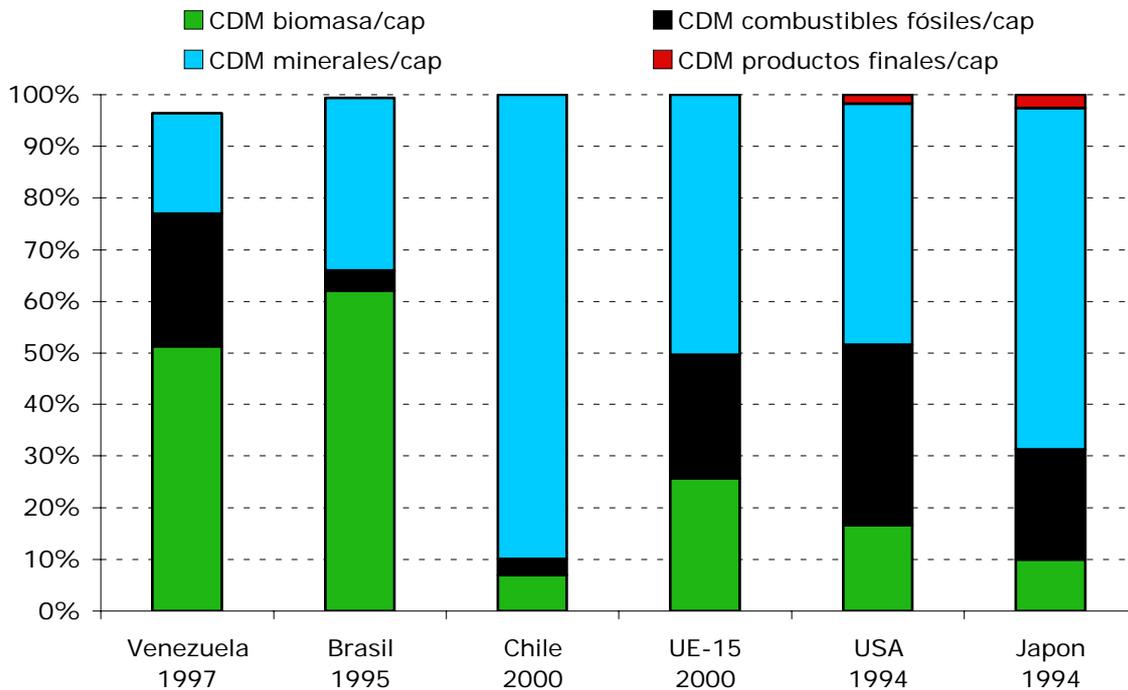
Sin embargo, en América del Sur, la utilización de biomasa es de relativa importancia. Por ejemplo, tanto en Brasil como en Venezuela, supone cerca de la mitad de CDM. Esto es debido tanto a los cultivos de exportación como a la importancia de la ganadería extensiva. La proporción de combustibles fósiles suele ser menor, con la excepción de Venezuela, que es un gran

productor de crudo y que subsidia el petróleo para consumo interno. Esto resulta en que el consumo de combustibles fósiles en Venezuela, como porcentaje de CDM se encuentre a los mismos niveles que la OCDE. Chile es un caso especial con una proporción extremadamente grande de uso de minerales debido a las exportaciones de cobre.

En el año 2000, el consumo de recursos materiales per cápita fue superior en los países de la OCDE (entre 15 y 20 toneladas per cápita) que en los países en desarrollo, con la excepción de Chile. El consumo per cápita en Chile fue de unas 40 toneladas, debido a los grandes volúmenes de cobre. Brasil ya tenía en 1995 un consumo de 15 toneladas per cápita, una figura similar a la de la UE-15 (año 2000) o a la de Japón (1994). El consumo de recursos de Venezuela en 1997 fue menor, inferior a las 10 toneladas.

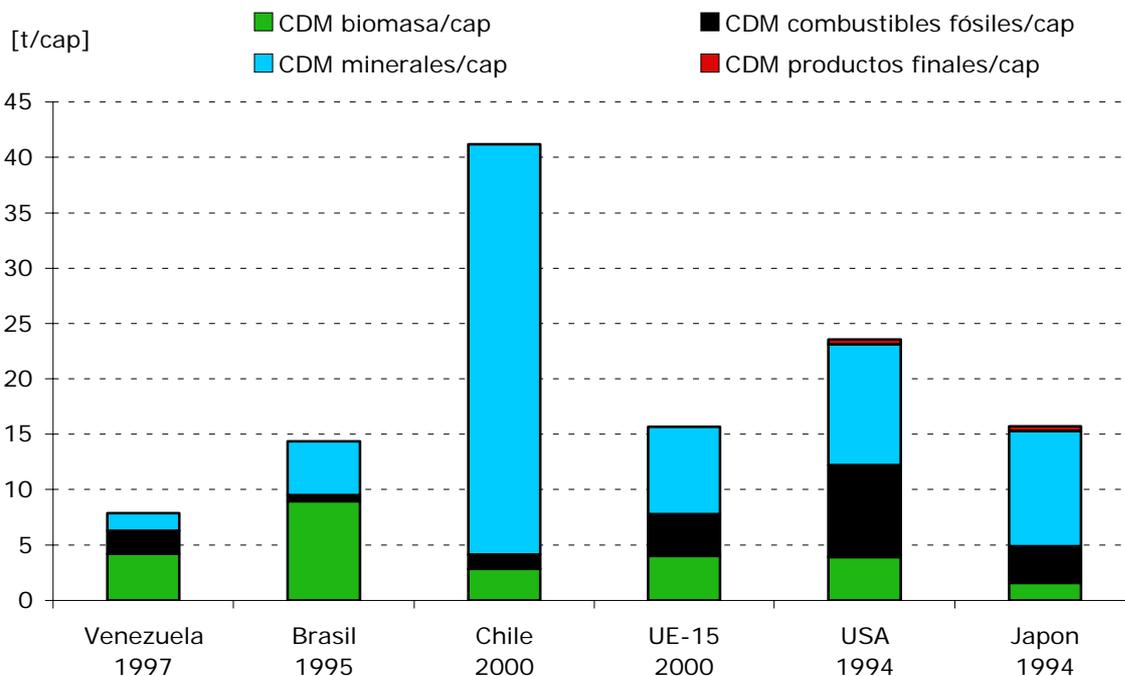


Figura 2. Porcentaje de biomasa, combustibles fósiles, minerales y productos en el Consumo Doméstico de Materiales (CDM), en %



Fuente: Véase Nota al pie 8

Figura 3. Consumo Doméstico de Materiales (CDM) per cápita



Fuente: Véase Nota al pie 8



Se ha argumentado que los valores per cápita del consumo de materiales doméstico no solo reflejan diferencias en los patrones de producción y en el nivel de vida, sino que son función de la densidad de población (Weisz et al. 2006a) hasta cierto punto. Como en el caso de la extracción doméstica, los países más densamente poblados tienen menores CDM per cápita mientras que los países menos densamente poblados muestran mayores CDM, mientras que se da un resultado totalmente inverso cuando proyectamos los consumos respecto a la superficie. La media mundial de CDM en 2000 fue de 8 toneladas per cápita y 2,83 toneladas por hectárea (Schandl y Eisenmenger 2006).

La transición desde una sociedad agraria basada en la energía solar hacia una economía basada en la energía fósil también implica cambios en los patrones de uso de materiales y de energía. En primer lugar se da un aumento en la extracción y uso de materiales. Junto a este aumento del uso de materiales, se observa un cambio en el patrón metabólico que pasa de depender en su mayoría de la biomasa a incrementar de manera acusada el consumo de minerales. Solo se mantienen tasas de uso de biomasa elevadas en aquellos países en donde la ganadería supone un importante factor

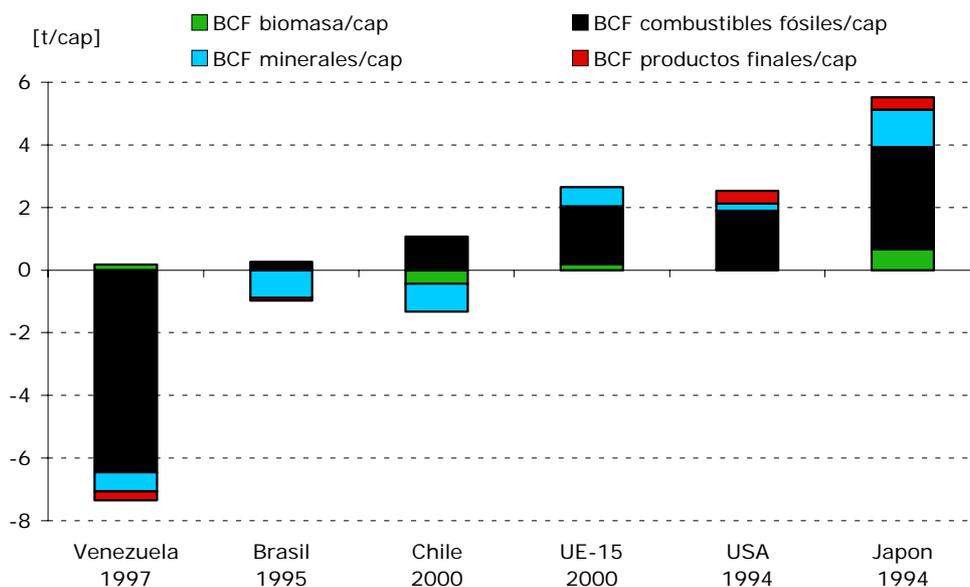
económico. El mismo cambio se observa en los datos energéticos, donde la proporción de biomasa se reduce a favor de los combustibles fósiles.

Otro indicador de transición puede ser la cantidad de minerales de construcción usados. La transición hacia economías industrializadas implica la expansión de las infraestructuras como la construcción de carreteras, puertos y aeropuertos.

5. Patrones comerciales biofísicos

En la economía global se establece una particular división del trabajo, y los materiales y las materias primas se comercian entre los países involucrados de manera correspondiente. De esta manera, los materiales usados en una economía son una mezcla de materiales extraídos domésticamente y materiales importados. Para medir este comercio usamos los Balances Comerciales Físicos (BCF), que se calculan sustrayendo la masa de materiales exportados a los importados (Eurostat 2001), para observar patrones de comercio biofísicos. Un BCF positivo representa importaciones netas de materiales en términos de peso, mientras que un valor negativo expresa exportaciones netas.

Figura 4. Balance Físico Comercial (BCF) per cápita y por categoría de materiales



Fuente: Véase Nota al pie 8



Los datos agregados del BCF per cápita nos dan una imagen muy clara de los países de América del Sur como exportadores de materiales. Tanto Brasil como Venezuela son exportadores netos de materias primas. En el caso de Venezuela se trata en su mayoría de exportaciones de crudo (más de 6 toneladas per cápita) y en el caso de Brasil consiste en su mayoría en metales como el acero. Chile muestra una posición equilibrada debido a sus considerables importaciones de combustibles fósiles, principalmente gasolina, diesel, y gas natural, de Argentina, pero es un exportador neto tanto de biomasa como de metales, principalmente cobre. En el caso de Chile hay que considerar que estamos teniendo en cuenta las exportaciones brutas de cobre, que incluyen grandes cantidades de materiales complementarios que se extraen con el cobre pero no se procesan, y que no se incluyen entre los materiales comerciados y que se mueven a través de la frontera. La mayor parte de estos materiales se separan del cobre durante la primera fase de procesamiento y se devuelven al ambiente en forma de residuos. Estos residuos materiales de la minería del cobre permanecen en el ambiente chileno, mientras el concentrado de cobre se exporta. Si se asignaran estos residuos a las exportaciones de cobre, estos "flujos indirectos" (Eurostat 2001) harían que los flujos de materiales exportados de Chile fueran mucho mayores.

Como se esperaba, los países seleccionados de la OCDE son importadores netos de recursos naturales. La mayor parte de las importaciones las constituyen los combustibles fósiles, pero las importaciones de minerales, sobretodo de carácter industrial, también juegan un papel importante, sobre todo si consideramos un periodo de tiempo de los últimos 30 años en los que se observa como las importaciones de éstos han ido sustituyendo a la extracción doméstica (Weisz et al. 2005). En el caso de la UE-15, y sobre todo de Japón, las restricciones de tierra hacen que las importaciones de biomasa sean también considerables.

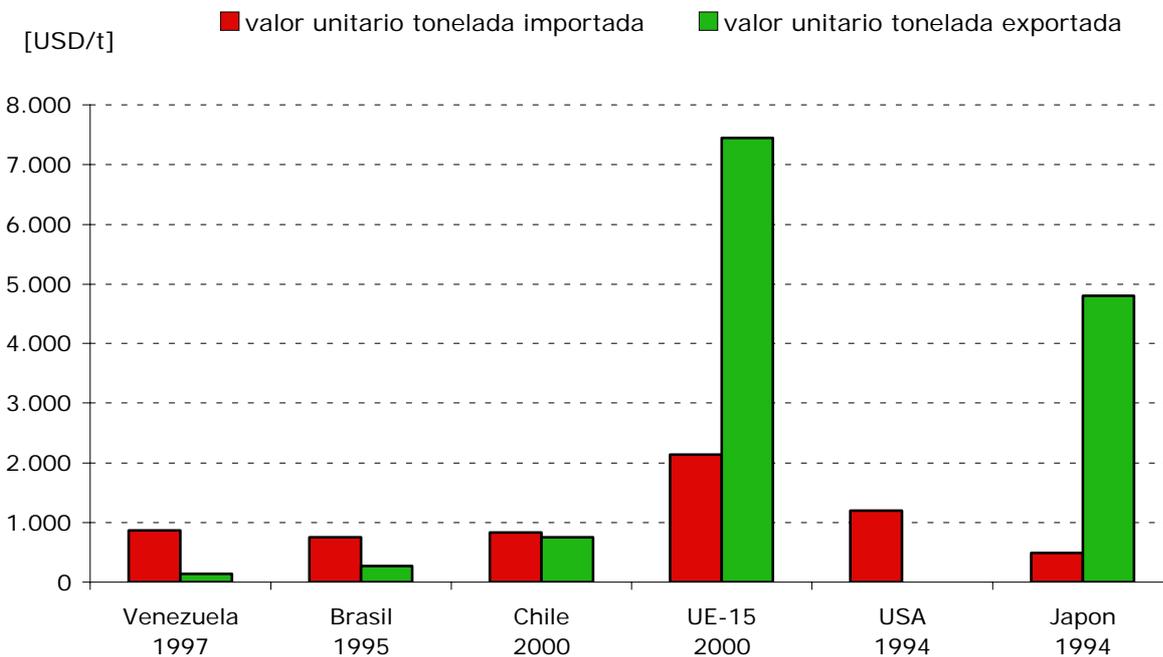
Como se ha anticipado en la sección de extracción doméstica, los datos sobre el comercio complementan la imagen de los países de América del Sur como exportadores de materias primas a los mercados mundiales. Por tanto, la expresión "economías extractivas" (Bunker 1985) les caracteriza bastante bien.

Dividiendo los volúmenes monetarios de los flujos de comercio por las importaciones y exportaciones de materiales medidos en toneladas resulta en un valor monetario medio de una tonelada de material o bien comerciado. Durante el ciclo de vida de un producto el valor monetario aumenta con cada fase de procesamiento económico, mientras que el contenido material disminuye (Fischer-Kowalski y Amann 2001). Así, las materias primas normalmente tienen una masa grande pero poco valor económico. Por el contrario, los productos acabados suelen tener cantidades menores de materiales pero un valor añadido mayor. La Figura 5 muestra el precio unitario medio para los países analizados.

Las exportaciones de los países suramericanos consisten fundamentalmente en materias primas, con un precio unitario medio bastante bajo entre 150 y 300 USD/t. Chile, con su situación especial con respecto al cobre, alcanza valores mayores, de 750 USD/t. Los precios unitarios medios de las importaciones, sin embargo, alcanzan valores superiores, entre los 600 y los 900 USD/t. Estos valores contrastan con los valores medios para los países de la OCDE. Así, en el caso de las exportaciones estaríamos hablando de 7.500 USD/t para la UE-15 y 5.000 USD/t para Japón. De esta manera, la UE-15 y Japón exportan productos finales de alto valor añadido que les generan retornos importantes a sus exportaciones. Los tres países de América del Sur analizados, por el contrario, tienen que exportar cantidades desproporcionadamente mayores de materiales y aun así no obtienen unas ganancias comparables del comercio.



Figura 5: Valores unitarios (USD/t) de las importaciones y las exportaciones



Fuente: Véase Nota al pie 8

Las exportaciones de los países suramericanos consisten fundamentalmente en materias primas, con un precio unitario medio bastante bajo entre 150 y 300 USD/t. Chile, con su situación especial con respecto al cobre, alcanza valores mayores, de 750 USD/t. Los precios unitarios medios de las importaciones, sin embargo, alcanzan valores superiores, entre los 600 y los 900 USD/t. Estos valores contrastan con los valores medios para los países de la OCDE. Así, en

el caso de las exportaciones estaríamos hablando de 7.500 USD/t para la UE-15 y 5.000 USD/t para Japón. De esta manera, la UE-15 y Japón exportan productos finales de alto valor añadido que les generan retornos importantes a sus exportaciones. Los tres países de América del Sur analizados, por el contrario, tienen que exportar cantidades desproporcionadamente mayores de materiales y aun así no obtienen unas ganancias comparables del comercio.

Tabla 1. Exportaciones de bienes primarios, manufacturados y de productos de alta tecnología (en %)

	Exportaciones primarias	Exportaciones de bienes manufacturados	Exportaciones de bienes de alta tecnología
	% de exportaciones monetarias	% de exportaciones monetarias	% de exportaciones monetarias
Venezuela	89	13	3
Brasil	44	54	19
Chile	80	18	3
USA	14		82
Japón	3		93

Fuente: Datos para el año 2002 de UNDP (2004)



Chile y Venezuela exportan en su mayoría materias primas (80% y 89% respectivamente). En el caso de Brasil, las exportaciones primarias y de bienes manufacturados están más o menos equilibradas. Estos valores reflejan la mayor diversidad de la economía brasileña comparada con los otros dos países.

Para beneficiarse de la producción orientada a los mercados mundiales es esencial que los procesos productivos y las tecnologías empleadas estén a un nivel no muy por debajo de los niveles internacionales. La integración en la economía mundial debe ir acompañada, por tanto, de una transición hacia una producción industrial, al menos en aquellos sectores destinados a la exportación.

6. Uso de energía y de trabajo

La transición histórica de las economías industrializadas desde un metabolismo basado exclusivamente en la tierra y las actividades agrarias hacia un metabolismo industrial supuso un cambio dramático en el sistema energético. La economía basada en la energía solar fue sustituida por su sistema energético basado en los combustibles fósiles (inicialmente dominados por el carbón, y desde los años 1950 por el petróleo, el gas y la electricidad). La proporción de los combustibles fósiles sobre el total de energía primaria puede ser interpretada como un indicador de la transición del sistema. En términos de uso total de energía, los países europeos muestran hoy en día un consumo de energía de unos 200 GJ/cap (aunque los niveles para los Estados Unidos y Canadá son superiores, Ramos-Martin y otros 2007).

Cuando consideramos el metabolismo social de las economías, es útil considerarlas como sistemas complejos, adaptativos y disipativos. Este enfoque implica que una economía está inmersa en un proceso continuo de auto renovación o auto producción. Para entender mejor este proceso usamos dos conceptos originarios de la ecología, que son, los "ciclos autocatalíticos" y los "hiper-ciclos". Mientras el primero se refiere a los ciclos de

retroalimentación dentro de un sistema que se refuerzan entre ellos (un output que alimenta a un insumo), el segundo reconoce que, en un sentido biológico, la reproducción del sistema depende de su habilidad para generar u obtener la cantidad necesaria de energía dentro de un subsistema especializado (Ulanowicz 1986). En este sentido, Ulanowicz, al describir los ecosistemas como redes de elementos disipativos, distingue entre dos partes principales: (a) la parte responsable de generar el hiper-ciclo (es decir, las actividades que generan un excedente sobre el que se alimenta el resto del sistema – en nuestro caso los sectores productivos de la economía), y (b) la parte que representa una estructura disipativa pura en un sentido físico, es decir todos los sectores que no contribuyen a la reproducción biofísica del sistema sino que son partes meramente de consumo, y que incluye al sector del gobierno y los servicios y a las familias⁹.

Al llevar a cabo un análisis de los procesos socioeconómicos basado en la contabilidad de la energía, reconocemos que el mantenimiento del metabolismo social (en términos tanto de energía como de materiales) requiere la existencia de un ciclo autocatalítico de energía útil. Es decir, se debe usar una fracción de la energía y del trabajo humano disponibles para asegurar un flujo continuo de energía extraído del ambiente y asegurar, de esta manera, que el resto del sistema funcione. En otras palabras, este ciclo autocatalítico se puede caracterizar como una relación recíproca entre dos tipos de recursos: (1) la "actividad humana usada para controlar la operación de las herramientas exosomáticas" y (2) "la energía fósil usada para alimentar a estas herramientas exosomáticas" (Giampietro 1997)¹⁰. De esta manera analizamos la habilidad de un sistema económico para

9. Aunque aquí caracterizamos a las familias como principalmente unidades de consumo, esto puede ser diferente en el contexto de las economías de subsistencia. Además, esta caracterización ignora el hecho de que los hogares implican una serie de funciones para sus miembros, incluyendo la reproducción biológica, el cuidado de los hijos y otros servicios sociales.

10. Por herramientas exosomáticas se entiende maquinaria y otras formas de capital no financiero.



procesar materia y energía mediante la separación de los sectores físicamente productivos (que llevan a cabo el hiper-ciclo) de las partes disipativas (Ho y Ulanowicz 2005)¹¹. La cantidad de energía consumida por unidad de tiempo en el sector productivo se usa como un indicador aproximado de la habilidad del sistema económico para proveer la base física del resto de nuestras actividades sociales o culturales.

Así, en un sistema metabólico la energía que entra al sistema se usa para llevar a cabo diferentes actividades. Una fracción de estas actividades debe dirigirse a garantizar el mantenimiento de ese flujo, garantizando de esta forma la (re)producción de lo que luego será consumido. Por supuesto, esto no significa que las actividades que no están dirigidas directamente a la obtención de energía y otros recursos clave (es decir las actividades puramente disipativas) no sean importantes. Indirectamente son muy importantes, por ejemplo al ayudar a mantener el flujo a largo plazo mediante la investigación y la educación (Giampietro 1997).

6.1. Resultados empíricos

6.1.1. Rasgos comunes entre los tres países

Los tres países para los que se presentan resultados muestran una serie de características comunes. Para una descripción más detallada de la reciente historia de estas economías véase Bulmer-Thomas (1995) o Franko (1999). Su desarrollo económico está limitado por su integración en los mercados internacionales. Economías industrializadas más antiguas como el Reino Unido o la mayor parte de Europa occidental se desarrollaron mediante la inversión del excedente económico surgido de la agricultura, que permitieron procesos relativamente rápidos de industrialización. Este no ha sido el caso de Brasil, Chile y

Venezuela. Las tres economías son dependientes de las exportaciones de materias primas y recursos naturales, desde productos agrarios, a cobre o petróleo. Esto significa que sus economías están jugando un papel muy particular en la era de la globalización. Este papel es el de proveedores baratos de materias primas para el mundo industrializado. Como se mostró en la Tabla 1, en 2002 la fracción de las exportaciones primarias sobre el total de exportaciones en términos monetarios fue del 44% en Brasil, el 80% en Chile, y el 89% en Venezuela. Esto se ha traducido en el hecho de que en el período de 20 años que estamos analizando, el crecimiento de estas economías no haya sido tal y como la teoría clásica del comercio internacional implicaría.

Los tres países cuentan con una gran fracción de su población como urbana, donde el sector terciario (incluyendo al gobierno) está sobredimensionado. Finalmente, en su relación con el resto de países, éstos están más especializados en exportaciones primarias que son intensivas en capital, y no tanto en exportaciones de bienes intensivos en mano de obra.

6.1.2. Presentación de los resultados en tres niveles jerárquicos

Las Tablas 2 a 4 muestran datos para los tres países usando las variables del análisis integrado que ha sido presentado con anterioridad. Distinguimos tres niveles de análisis: el *Nivel n* es el nivel focal de análisis, en este caso la nación; el *nivel n-1* muestra la desagregación del tiempo humano entre actividades generadoras de valor añadido (PW) y tiempo dedicado a actividades puramente de consumo, o del sector doméstico (HH), es decir, muestra el hiper-ciclo y la parte disipativa, respectivamente; el *nivel n-2* explica la composición del tiempo dedicado al trabajo, representado por los diferentes sectores económicos, Agricultura (AG), Industria (PS), y Servicios y Gobierno (SG). Presentamos las variables extensivas que definen la escala del sistema para los tres niveles: tiempo humano (HAi), el uso de energía primaria (ETi), y la producción

11. Mientras el hiper-ciclo mantiene el requerimiento básico del metabolismo, las partes disipativas tienen como función principal la organización del sistema y la adquisición de conocimiento para permitir el cambio.



económica (GDPi), así como las variables intensivas que incluyen los requerimientos de energía por hora de actividad (EMRi), y la productividad económica del trabajo (ELPi). Además, hemos añadido la eficiencia energética por sector, es decir, la relación entre el valor añadido generado y la energía consumida para cada sector, medido en USD por Giga Joule (GJ).

Al nivel n

El primer resultado que encontramos al mirar el nivel nacional es que las diferencias de tamaño entre las economías se reflejan en los niveles de PIB y de consumo total de energía (TET). Es interesante observar que el consumo de energía crece más rápido que el PIB en el período analizado para los tres países. De ninguna manera se puede afirmar, por tanto, que estos países estén reduciendo su intensidad energética. Este resultado se

refleja en un aumento de la energía consumida por hora (EMR_{SA}) (MJ de consumo energético por unidad de tiempo). A pesar de esto, solo Chile consiguió aumentar esa variable a una tasa del 2,9% por año.

Otro resultado interesante es que la productividad del trabajo (ELP) solo creció en Chile, y decreció tanto en Brasil como en Venezuela. Aceptando la hipótesis mencionada antes acerca de la relación entre el consumo de energía y el stock de capital físico (y por ende la productividad), este resultado ya nos indica que estas dos economías parecen haber fallado en dirigir la energía consumida hacia la producción. Como veremos más tarde, esto pone algunas dudas sobre las opciones de desarrollo futuras, y puede estar reflejando un caso de lo que se ha llamado la *enfermedad holandesa*¹². De hecho, Brasil se convierte en menos eficiente en el uso de la energía en el tiempo. En 1980 producía 11 centavos de

Tabla 2. Principales indicadores para los tres países al nivel n

	Brasil			Chile			Venezuela		
	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual
Consumo total de energía (TET) PJ	4.685	7.772	2,4%	405	1.013	4,5%	1.492	2.373	2,2%
Tiempo disponible para actividad (THA) Gh	1.065	1.493	1,6%	98	133	1,5%	132	212	2,3%
Energía consumida por hora (EMR _{SA}) MJ/h	4,40	5,21	0,8%	4,14	7,60	2,9%	11,29	11,21	0,0%
Producto Interno Bruto (GDP) Mio 90\$	361.546	567.040	2,2%	23.934	55.149	4,1%	45.319	58.172	1,2%
Productividad del trabajo (ELP) \$/h	3,96	3,74	-0,3%	3,33	4,65	1,6%	4,84	2,99	-2,3%
Eficiencia energética (ELP/EMR _{PW}) \$/MJ	0,11	0,02	-6,9%	0,09	0,39	7,2%	0,04	0,15	6,9%

Nota: PIB en USD constantes de 1990 (UN Statistics Division 2004). Fuente: Datos de PIB y PIB sectorial de UN (2004), datos de población y población activa por sectores de FAO (2004), datos de energía de IEA (2004)

12. El término *enfermedad holandesa* fue acuñado por The Economist (28 de Noviembre de 1977, pp. 82-83) para explicar la relación entre la explotación de recursos naturales y el declive en el sector de las manufacturas. Implica que un aumento del ingreso derivado de los recursos naturales puede desindustrializar la economía de una nación mediante una apreciación del tipo de cambio, que hace al sector de las manufacturas menos competitivo internacionalmente.



dólar por cada MJ de energía que consumía, mientras que en 2000 esta figura bajó a solo 2 centavos de dólar. De esta manera, Brasil consume más energía (TET), pero la usa menos eficientemente (ELP/EMR_{PW}) al generar menos dólares por MJ, hecho que se refleja en una menor productividad del trabajo (ELP). El resultado final es que no se mejora el nivel material de vida (EMR_{SA}).

Al nivel n-1

Cuando vamos hacia abajo en la escala para observar el comportamiento de los dos sectores de producción (PW) y consumo (HH) vemos en primer lugar que el consumo de energía en producción (ET_{PW}) tanto en Brasil como en Venezuela crece por encima del consumo de energía en las actividades disipativas o de consumo (ET_{HH}), mientras que se da la situación inversa en el caso de Chile. Esto significa que el crecimiento en el consumo total de energía de estas economías que vimos antes se ha dirigido principalmente a aumentar la cantidad de capital físico, y no a mejorar el nivel de vida material de su población. De hecho, solo Chile aumenta el consumo de energía utilizado por las familias (aunque todavía se encuentra a niveles muy inferiores de las economías más desarrolladas), mientras que Brasil y Venezuela lo disminuyen a una tasa anual del 0,2% y del 0,6% respectivamente.

Otro dato interesante es que la fracción de población ocupada (HA_{PW}) crece a elevadas tasas en los tres países, hecho que nos avanza una necesidad futura de inversión en capital para proveer a esta nueva mano de obra de maquinaria. A pesar del aumento de energía en la producción, debido al rápido aumento de las poblaciones activas tanto de Brasil como de Venezuela, la cantidad de energía controlada por hora de trabajo (EMR_{PW}), que usamos como aproximación para el nivel de capitalización de la economía, creció solo un 0,4% anual en Brasil, y decreció alarmantemente a un 1,1% anual en el caso de Venezuela. Dada la relación de esta variable con la productividad del trabajo (que es el determinante de la competitividad internacional), uno puede esperar bajas tasas de productividad del trabajo asociadas.

Este resultado nos indica también qué tipo de actividad económica caracteriza a estas economías. Dado que la energía dedicada al consumo crece menos que la usada para la producción, su participación sobre el total de la energía disminuye en el tiempo. Veamos ahora el comportamiento para los diferentes sectores

Tabla 3. Principales indicadores para los tres países al nivel n-1

	Brasil			Chile			Venezuela		
	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual
Energía consumida por los sectores productivos (ET_{PW}) PJ	3.261	5.879	2,8%	265	692	4,7%	1.203	1.975	2,4%
Energía sector doméstico (ET_{HH}) PJ	1.424	1.893	1,4%	139	321	4,1%	290	398	1,5%
Tiempo dedicado a producción (HA_{PW}) Gh	91	152	2,4%	7	12	2,4%	9	19	3,5%
Tiempo dedicado a consumo (HA_{HH}) Gh	974	1.341	1,5%	90	121	1,4%	123	192	2,2%
Energía por hora de trabajo (EMR_{PW}) MJ/h	35,70	38,78	0,4%	36,96	58,34	2,2%	128,47	101,53	-1,1%
Energía por hora no trabajada (EMR_{HH}) MJ/h	1,46	1,41	-0,2%	1,54	2,64	2,6%	2,36	2,07	-0,6%
Energía sector doméstico sobre el total (ET_{HH}/TET)	0,30	0,24	-1,0%	0,34	0,32	-0,4%	0,19	0,17	-0,7%

Fuente: Datos de PIB y PIB sectorial de UN (2004), datos de población y población activa por sectores de FAO (2004), datos de energía de IEA (2004)



Al nivel n-2

Finalmente, cuando bajamos al nivel de los sectores económicos se observan considerables diferencias entre los tres países. En primer lugar se puede notar que solo Chile muestra un equilibrio en el crecimiento del consumo de energía entre los tres sectores. Brasil aumenta el consumo en los servicios más rápido, mientras Venezuela lo hace para la agricultura. No obstante, el aumento en el consumo de energía no es suficiente para compensar por el aumento de

la población activa en dichos sectores, es por esto que la energía por hora de trabajo en la industria solo crece en el caso de Brasil, y en la agricultura en Venezuela. Es decir, estos dos países están reforzando dos sectores que están fundamentalmente orientados a las exportaciones, ya sea la industria ligera o los productos agrícolas, mientras Chile distribuye el crecimiento entre los varios sectores por lo que gana en resiliencia económica. En este sentido la caída de la productividad del

Tabla 4. Principales Indicadores para los tres países al nivel n-2

	Brasil			Chile			Venezuela		
	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual	1980	2000	Tasa crecimiento anual
Consumo energía en agricultura (ET _{AG}) PJ	241	306	1,2%	3	8	4,1%	1	7	10,7%
Consumo energía en industria (ET _{PS}) PJ	2.355	4.209	2,8%	208	533	4,6%	978	1.636	2,5%
Consumo energía en servicios (ET _{SG}) PJ	665	1.363	3,5%	54	151	5,0%	224	332	1,9%
Fracción de actividad en agricultura (HA _{AG}) Gh	27	31	0,7%	1	2	1,8%	1	2	1,7%
Fracción de actividad en industria (HA _{PS}) Gh	23	30	1,4%	2	3	2,4%	3	4	2,5%
Fracción de actividad en servicios (HA _{SG}) Gh	42	90	3,7%	4	7	2,6%	5	13	4,4%
Valor añadido agricultura (GDP _{AG})	22.752	39.236	2,6%	1.249	3.576	5,1%	2.147	2.919	1,5%
Valor añadido industria (GDP _{IND})	132.758	153.877	0,7%	8.030	18.240	4,0%	19.178	28.966	2,0%
Valor añadido servicios (GDP _{SG})	182.868	338.432	3,0%	13.027	29.439	4,0%	19.283	23.532	1,0%
Energía por hora en agricultura (EMR _{AG}) MJ/h	9,01	9,82	0,4%	2,94	4,67	2,2%	0,56	3,35	8,9%
Energía por hora en industria (EMR _{PS}) MJ/h	104,42	139,08	1,4%	122,28	192,13	2,2%	377,57	376,90	0,0%
Energía por hora en servicios (EMR _{SG}) MJ/h	15,81	15,12	-0,2%	12,50	20,45	2,4%	41,78	25,31	-2,4%
Productividad trabajo agricultura (ELP _{AG}) \$/h	0,85	1,26	1,9%	1,07	2,09	3,2%	1,53	1,47	-0,2%
Productividad trabajo industria (ELP _{PS}) \$/h	5,89	5,08	-0,7%	4,72	6,57	1,6%	7,41	6,67	-0,5%
Productividad trabajo servicios (ELP _{SG}) \$/h	4,35	3,76	-0,7%	3,02	3,99	1,3%	3,59	1,79	-3,3%
Fracción mano de obra agricultura (X _{AG})	0,29	0,21	-1,7%	0,16	0,14	-0,6%	0,15	0,10	-1,8%
Fracción mano de obra industria (X _{PS})	0,25	0,20	-1,0%	0,24	0,23	-0,1%	0,28	0,22	-1,0%
Fracción mano de obra servicios (X _{SG})	0,46	0,59	1,2%	0,60	0,62	0,2%	0,57	0,67	0,8%
Eficiencia energía en agricultura (ELP/EMR _{AG}) \$/MJ	0,09	0,13	1,5%	0,36	0,45	1,0%	2,75	0,44	-8,4%
Eficiencia energía en industria (ELP/EMR _{PS}) \$/MJ	0,06	0,04	-2,0%	0,04	0,03	-0,6%	0,02	0,02	-0,5%
Eficiencia energía en servicios (ELP/EMR _{SG}) \$/MJ	0,27	0,25	-0,5%	0,24	0,20	-1,0%	0,09	0,07	-0,9%

Fuente: Datos de PIB y PIB sectorial de UN (2004), datos de población y población activa por sectores de FAO (2004), datos de energía de IEA (2004)



trabajo de Brasil y Venezuela se puede explicar no solo por el bajo aumento en el consumo de energía, sino porque todavía están absorbiendo grandes cantidades de población activa en el sector servicios con origen en la agricultura.

Como resultado, tanto en Brasil como en Venezuela el sector de las manufacturas no está aumentando sus niveles de capital a un ritmo adecuado que compense el crecimiento en la respectiva mano de obra, por lo que esto se traduce no solo en una baja productividad del trabajo, sino en una tendencia a reducirla, a no ser que se produzcan cambios en la estructura del consumo de energía entre sectores. Estas dos economías están produciendo básicamente para la exportación, y el resultado no se traslada a aumentar el nivel de vida material de la población como sí ocurre en Chile.

6.1.3. Interpretación de los resultados: perspectivas de desarrollo futuro y posibles limitaciones

El desarrollo económico en el tiempo no solo está marcado por condiciones internas como la dotación de recursos (recursos naturales, fuerza de trabajo, conocimiento), sino también es afectado por restricciones externas como el diferente papel que una economía juega al nivel mundial, ya sea porque se produce un estancamiento histórico (economías de enclave y extractivas), o porque las estrategias de desarrollo nacional deban ejecutarse bajo condiciones económicas y políticas marcadas internacionalmente (por ejemplo a través de los dictados de la Organización Mundial del Comercio, el Fondo Monetario Internacional o el Banco Mundial).

América del sur está integrada en los mercados mundiales como proveedor de materias primas, especialmente minerales y combustibles fósiles. La extracción de materias primas para la exportación resulta en altos niveles de extracción de materiales y en un balance comercial físico negativo, como hemos visto en la sección de flujo de materiales. Dado que históricamente las

materias primas han tenido precios reales bajos y fluctuantes en los mercados mundiales, los beneficios de la especialización en la exportación de las mismas no han generado flujos importantes de excedente para las economías nacionales. Esto provoca que como resultado los tres países analizados muestren unos elevados niveles de especialización y concentración en un número reducido de actividades económicas y en una fuerte dependencia de los mercados a nivel mundial. Esta situación histórica puede estar empezando a cambiar en la actualidad, dado que los precios de las materias primas están subiendo en términos nominales, aunque de una manera mucho más moderada si se tienen en cuenta los precios reales. Esta nueva situación puede dar lugar a fenómenos temporales de acumulación, que no sabemos si se mantendrán en el tiempo o no.

Un aspecto crítico que hemos mostrado aquí es el dilema de cómo incorporar a la nueva fuerza de trabajo a la economía sin reducir la energía metabolizada por cada trabajador. Esto queda bien claro en el caso de Chile donde hemos podido ver como la fuerza de trabajo se movía de la agricultura (con un menor uso de energía por hora de trabajo) hacia la industria (con un mayor consumo de energía por hora de trabajo). De hecho, autores que analizan el deterioro de la relación de intercambio, como Sapsford y Balasubramanyam (1994), ven en la diversificación de la producción la vía de escape de la trampa de la especialización. Pero ese paso requiere una acumulación de capital, es decir aumentos en la energía metabolizada que se refleje en aumentos en la cantidad de energía controlada por hora de trabajo.

Por otra parte, las grandes fracciones de población activa que todavía están fijadas en el sector agrícola se irán incorporando con el tiempo al resto de sectores, por lo que se pone todavía más presión sobre estas economías para que aumenten sus niveles de consumo de energía. El problema, de nuevo, es que tanto la energía metabolizada por hora de trabajo en la agricultura o en los servicios es mucho menor que en la industria, por lo



que la transferencia necesaria de población activa hacia la industria implicará un aumento considerable de la demanda energética para estos países.

7. Conclusión

De acuerdo con los datos presentados en este artículo podemos decir que la estrategia de mano de obra barata no se puede mantener si el objetivo global de los tres países es que el futuro desarrollo económico alcance también a los hogares. Existe la necesidad de compensar por el aumento de la población activa con consumos de energía mayores por hora de trabajo en los sectores de producción que lleven a niveles superiores de capital acumulado, dado que eventualmente esto puede dar lugar a que aumente la productividad del trabajo y estos países suban un peldaño en la escalera del valor añadido.

Basarse mayoritariamente en ingresos de la exportación de recursos naturales no parece tampoco una estrategia económica apropiada, dado que aparte de descapitalizar a la economía, estas actividades suelen requerir grandes cantidades de capital y energía por trabajador y no generan grandes cantidades de puestos de trabajo ni de flujos de valor añadido, por lo que la demanda interna lo tiene más difícil para tirar de estas economías. Además, basarse en la explotación de recursos naturales puede dar lugar a fenómenos tipo *enfermedad holandesa* lo que implica sobrevaloraciones de la moneda local, pérdidas de competitividad, y por tanto un declive del sector secundario que se traduce tanto en mayores déficit comerciales como en la pérdida de incentivos para nuevas actividades, y para la inversión en infraestructuras.

Por eso nos parece que una estrategia como la de Chile, basada en un uso más equilibrado de la energía entre los sectores económicos y entre las actividades de producción y de consumo, tiene rendimientos mayores en términos de desarrollo económico a medio y largo plazo para esos países. Esto requiere dirigir más energía

hacia actividades de consumo (EMR_{HH}), que mejoren el nivel de vida material de la población y que refuercen la demanda interna, pero paralelamente aumentar la energía usada por hora de trabajo (EMR_{PW}) para aumentar la productividad del trabajo, hecho que tendrá dos resultados positivos: mejorar la competitividad y mejorar la capacidad de hacerse cargo de la demanda interna de estos países. Esto no implica que se deban articular soluciones autárquicas como las que se probaron en el pasado, sino cambiar la manera en que estas economías se están integrando en los mercados internacionales mediante una diversificación en el rango de productos que pueden ofrecer. Subir un peldaño en la escalera del valor añadido y pasar a ofrecer productos elaborados puede revertir la tendencia actual hacia una mayor ineficiencia en el uso de la energía. No es muy recomendable que estas economías estén generando menos dólares por unidad de energía en el año 2000 respecto al año 1980, y ésta es una de las principales limitaciones de la actual estrategia de desarrollo de estos países, que se basa casi exclusivamente en un aumento de las exportaciones, y no considera tan importante la demanda interna.

Los casos analizados, a pesar de las divergencias entre países, muestran que éstos operan a unos niveles de consumo de energía bajos en comparación con las economías desarrolladas, pero que muy probablemente aumenten sus requerimientos de metabolismo para poder desarrollar sus economías y mejorar así el nivel de vida material de sus poblaciones. Estos aumentos en los niveles de consumo de energía y materiales contribuirán a agravar problemas ambientales como el cambio climático, no obstante, es innegable que cada país es soberano de decidir sus estrategias de desarrollo y que los mayores causantes de los problemas ambientales globales más acuciantes hoy en día no son precisamente estas economías sino las más industrializadas del norte. Por ello, el mundo tiene que hacerse a la idea de que el desarrollo del sur va a conllevar un aumento en el consumo de materiales y energía, por lo



que si queremos reducir el impacto global se impone un uso de tecnologías limpias, un cambio en el modelo energético, y sobre todo una redistribución del uso de recursos a nivel global.

Desde un punto de vista metodológico nos gustaría subrayar que, a pesar de que encontrar resultados sustantivos es muy difícil, la utilización tanto del análisis de flujos de materiales como de MSIASM permite estructurar la información para mejorar la calidad de las narrativas usadas para describir el desarrollo económico, mediante la integración de algunos elementos del análisis energético. Esto permitirá no solo examinar regularidades espaciales (entre países) o temporales como hemos hecho aquí, sino también encontrar propiedades emergentes que puedan caracterizar a los sistemas analizados.

REFERENCIAS

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. and Schütz, H., 1997. *Resource Flows: The Material Basis of Industrial Economies*. Washington DC: World Resources Institute.
- Altman, M., 2003. 'Staple theory and export-led growth: constructing differential growth'. *Australian Economic History Review*, Vol. 43, No. 3: 230-255.
- Amin, S., 1976. *Unequal Development*. New York: Monthly Review Press.
- Ashton, T. S., 1948. *The Industrial Revolution, 1760-1830*. Oxford Illustrated Press.
- Baran, P., 1957. *The Political Economy of Growth*. New York: Monthly Review Press.
- Bloch, H. and D. Sapsford, 1997. 'Some Estimations of Prebisch and Singer Effects on the Terms of Trade between Primary Producers and Manufacturers'. *World Development*, Vol. 25, No. 11: 1873-1884.
- Bruton, H. J., 1998. 'A Reconsideration of Import Substitution'. *Journal of Economic Literature*, Vol. 36, No. 2: 903-936.
- Bulmer-Thomas, V., 1995. *The Economic History of Latin America since Independence*. Cambridge University Press, Cambridge. Second Edition 2003.
- Bunker, S. G., 1985. *Underdeveloping the Amazon: Extraction, Unequal Exchange, and the Failure of the Modern State*. Chicago: Chicago University Press.
- Cardoso, F. H. and E. Faletto, 1979. *Dependency and Development in Latin America*. Los Angeles: University of California Press.
- Cleveland, C. J., Costanza, R., Hall, C. A. S., Kaufmann, R.K. and D. I. Stern, 1984. 'Energy and the U.S. Economy: A Biophysical Perspective'. *Science*, 225: 890-897.
- Crowson, P., 2001. *Minerals Handbook 2000-2001. Statistics & Analyses of the World's Minerals Industry*. Kent UK: Mining Journal Books Ltd.
- Ekins, P., Folke, C., and R. Costanza, 1994. 'Trade, environment and development: the issue in perspective'. *Ecological Economics*, Vol. 9, No. 1: 1-98.
- Emmanuel, A., 1972. *Unequal Exchange: A Study of the Imperialism of Trade*. Monthly Review Press.
- Eurostat, 2001. *Economy-wide Material Flow Accounts and Derived Indicators. A methodological guide*, Luxembourg: Eurostat, European Commission, Office for Official Publications of the European Communities.
- Falconi, F., 2001. 'Integrated assessment of the recent economic history of Ecuador'. *Population and Environment*, Vol. 22, No. 3: 257-280.
- FAO, 2004. *FAO Statistical Yearbook 2004*. Rome.
- Fischer-Kowalski, M. and C. Amann, 2001. 'Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analysing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism'. *Population and Environment*, Vol. 23, No. 1: 7-47.
- Frank, A. G., 1967. *Capitalism and Underdevelopment in Latin America*. New York: Monthly Review Press.
- Franko, P., 1999. *The Puzzle of Latin American Economic Development*. Rowman & Littlefield Publishers, Lanham, MD. Third Edition 2006.
- Giampietro, M., 1997. 'Linking Technology, Natural Resources, and the Socioeconomic Structure of Human Society: A Theoretical Model'. *Advances in Human Ecology*, 6: 75-130.
- Giampietro, M., 2003. *Multi-Scale Integrated Analysis of Agroecosystems*, Boca Raton, London: CRC.
- Giampietro, M. and K. Mayumi, 2000a. 'Multiple-Scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Integrating Biophysical and Economic Representation Across Scales'. *Population and Environment*, Vol. 22, No. 2: 155-210.
- Giampietro, M. and K. Mayumi, 2000b. 'Multiple-Scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Introducing the Approach'. *Population and Environment*, Vol. 22, No. 2: 109-154.
- Giljum, S., 2004. 'Trade, material flows and economic development in the South: the example of Chile'. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 8, No. 1/2: 241-261.
- Gomiero, T. y M. Giampietro, 2001. 'Multiple-scale integrated analysis of farming systems: The Thuong Lo Commune (Vietnamese Uplands) case study'. *Population and Environment*, Vol. 22, No. 3: 315- 352.



- Hall, C. A. S., Cleveland, C. J. and R. K. Kaufmann, 1986. *Energy and Resource Quality, The Ecology of the Economic Process*. New York: Wiley Interscience.
- Heckscher, E., 1919. 'The Effect of Foreign Trade on the Distribution of Income', *Ekonomisk Tidskrift*, 497-512.
- Ho, M. W. and R. Ulanowicz, 2005. 'Sustainable systems as organisms?'. *Biosystems*, Vol. 82, No. 1: 39-51.
- IEA (2004): *Energy Balances of Non-OECD Countries*, 2004. International Energy Agency, Paris.
- Innis, H. A., 1930. *The Fur Trade in Canada: An Introduction to Canadian Economic History*. New Haven: Yale University Press.
- Lenin, V. I., 1917. *Imperialism, The Highest State of Capitalism*. Addison-Wesley.
- Luxemburg, R., 1913. *The Accumulation of Capital: A Contribution to an Economic Explanation of Imperialism*, Berlin
- Mandel, E., 1968. *Marxist Economic Theory*. New York & London: Monthly Review Press.
- Matthews, E., Amann, C., Fischer-Kowalski, M., Bringezu, S., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., Voet, E. and H. Weisz, 2000. *The Weight of Nations: Material Outflows from Industrial Economies*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- Moncada, M., 2006. "Flores y flujos de materiales", *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 4: 15-26.
- Muradian, R. and J. Martinez-Alier, 2001. 'Trade and the environment: from a 'Southern' perspective'. *Ecological Economics*, Vol. 36, No. 2: 281-297.
- North, D. C., 1955. 'Location theory and regional economic growth'. *Journal of Political Economy*, 63: 243-258.
- Ocampo, J. A., y Parra, M. A., 2003. *The Terms of Trade for Commodities in the Twentieth Century*. CEPAL Review 79. Comisión Económica de Naciones Unidas para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Ohlin, B., 1933. *Interregional and International Trade*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Prebish, R., 1950. *The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems*. New York: United Nations Economic Commission for Latin America.
- Prebish, R., 1959. 'Commercial Policy in Underdeveloped Countries'. *American Economic Review*, 49: 251-273.
- Ramos-Martin, J., 2001. 'Historical Analysis of Energy Intensity of Spain: From a "Conventional View" to an "Integrated Assessment"'. *Population and Environment*, Vol. 22, No. 3: 281-313.
- Ramos-Martin, J., 2005. *Complex Systems and Exosomatic Energy Metabolism of Human Societies*. PhD, Autonomous University of Barcelona.
- Ramos-Martin, J. and M. Giampietro, 2005. 'Multi-Scale Integrated Analysis of Societal Metabolism: Learning from trajectories of development and building robust scenarios'. *International Journal of Global Environmental Issues*, Vol. 5, No. 3/4: 225-263.
- Ramos-Martin, J., Giampietro, M. y K. Mayumi, 2007. On China's exosomatic energy metabolism: an application of multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM). *Ecological Economics*, Vol. 63, No. 1: 174-191.
- Ricardo, D., 1817. *On the Principles of Political Economy and Taxation*. London: John Murray.
- Sapsford, D. and V. N. Balasubramanyam, 1994. 'The long-run behaviour of the relative price of primary commodities: Statistical evidence and policy implications'. *World Development*, Vol. 22, No. 11: 1737-1745.
- Schandl, H. and N. Eisenmenger, 2006. 'Regional patterns in global resource extraction'. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 10, No. 4 in print.
- Schor, J. B., 2005. 'Prices and quantities: Unustainable consumption and the global economy'. *Ecological Economics*, Vol. 55, No. 3:309-320.
- Singer, H. W., 1950. 'The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries'. *American Economic Review*, Vol. 40, No. 2: 473-485.
- Smith, A., 1776. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Dublin: Whitestone.
- Stiglitz, J. E., 2002. *Globalization and its Discontents*. New York: WW Norton & Co.
- Ulanowicz, R., 1986. *Growth and Development: Ecosystem Phenomenology*. New York: Springer.
- UN Statistics Division, 2004. 'National Accounts Main Aggregates Database'. Disponible en: <http://unstats.un.org/unsd/snaama/Introduction.asp>.
- UNCTAD, 2005. *Trade and Development Report, 2005*. United Nations Conference on Trade and Development. Geneva.
- UNDP, 2003. *Human Development Report 2003, Millennium development goals: A compact among nations to end human poverty*. New York, NY: United Nations Development Programme.
- UNDP, 2004. *Human Development Report 2004, Cultural liberty in today's diverse world*. New York, NY: United Nations Development Programme.
- United States Bureau of Mines, 1987. *An appraisal of minerals availability for 34 commodities. Bulletin 692*, Washington DC: US Government Printing Office.
- Vallejo, M. C., 2006. "Estructura biofísica de la economía ecuatoriana: un estudio de los flujos directos



de materiales". *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, Vol. 4: 55-72.

Wallerstein, I., 1979. *The Capitalist World Economy*, Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

Weisz, H., Krausmann, F., Eisenmenger, N., Amann, C. and K. Hubacek, 2005. *Development of Material Use in the European Union 1970-2001. Material composition, cross-country comparison, and material flow indicators*. Luxembourg: Eurostat, Office for Official Publications of the European Communities.

Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Hubacek, K. and M. Fischer-Kowalski, 2006a. 'The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption'. *Ecological Economics*, Vol. 58, No. 4: 676-698.

Weisz, H., Krausmann, F. and S. Sangarkan, 2006b. 'Resource use in a transition economy: Material and Energy flow analysis for Thailand'. *Journal of Industrial Ecology*, in preparation.

Wrigley, E. A., 1990. *Continuity Chance & Change. The character of the industrial revolution in England*. Cambridge University Press.

Zanias, G. P., 2005. 'Testing for trends in the terms of trade between primary commodities and manufactured goods'. *Journal of Development Economics*, Vol. 78, No. 1: 49-59.