



Análisis de los flujos de materiales de una región: Cataluña (1996-2000)

Cristina Sendra, Xavier Gabarrell y Teresa Vicent

Grupo de Sostenibilidad y Prevención Ambiental (SosteniPra). Instituto de Ciencias y Tecnología Ambiental (ICTA). Departamento Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Barcelona, España

cristina.sendra@uab.es

Fecha de recepción: 23/05/2006. Fecha de aceptación: 06/09/2006

Resumen

En este trabajo se presenta una primera estimación del Análisis de Flujos de Materiales entre los años 1996 y 2000 para el caso de Cataluña, una región situada en el noreste de España. Los resultados muestran un crecimiento de los indicadores de entrada de materiales y de consumo muy superior al crecimiento de la población y del Producto Interior Bruto, descartándose la posible tendencia a la desmaterialización absoluta o relativa, y mostrando un fuerte dominio de consumo de recursos no renovables. Asimismo se observa una gran dependencia del exterior, tanto en la entrada de recursos como en las exportaciones. Las importaciones aumentan a lo largo del periodo analizado, compensando la falta de recursos primarios del sistema. Parte de los materiales importados son exportados, mostrando Cataluña como una región de tránsito de mercancías, sometida al Efecto Róterdam. A la vez una fracción de las importaciones se revende con beneficio para Cataluña siguiendo el comportamiento propio de la zona alta de la curva del Notario.

Palabras clave: Análisis de flujos de materiales, escala regional, indicadores ambientales, Cataluña (España).

Abstract

The paper presents the Material Flow Analysis for Catalonia (NE Spain) in the period 1996 – 2000. The results show no symptom of neither weak nor strong dematerialization, otherwise the increase in material inputs and consumption a long the period is higher than population and GDP growth; with dominance of non-renewable resources. There is a high dependence on foreign trade. On one hand, imports has increased a long the period analyzed to compensate the lack of primary resources in the own system. On the other hand, the price of exports is higher than imports, supposing important economic input for Catalonia.

Key words: Material flow analysis, regional level, environmental indicators, Catalonia (Spain).



1. Introducción

La asimilación del funcionamiento de los sistemas socio-económicos a los sistemas naturales es una analogía muy utilizada y desarrollada desde finales del siglo XIX (Fischer–Kowalski 1998). Para tener una comprensión del funcionamiento de los sistemas es necesario analizarlos dentro del entorno donde están situados, y poder describir los flujos e intercambios con el exterior. De esta manera no sólo se podrán determinar las dependencias y carencias del sistema sino también sus posibles impactos sobre su entorno.

El alto consumo de recursos materiales y energía que tienen algunas economías y la necesidad de disminuirlo, ya sea en términos absolutos (desmaterialización fuerte) o en términos relativos (desmaterialización débil), es un punto clave dentro del debate sobre la Sostenibilidad (de Bruyn y Opschoor 1997).

Para ello, es necesario conocer la interrelación entre el crecimiento económico y el consumo de recursos naturales de los diferentes países y regiones, llegando así a entender los impactos de su desarrollo económico sobre el entorno natural.

Por una parte, el crecimiento económico puede impulsar mejoras tecnológicas que permitan ser más eficientes en el uso de recursos naturales. Pero a la vez, este desarrollo también puede estar vinculado con un abaratamiento de los costes y un aumento del consumo, que se describe como el Efecto Rebote o la Paradoja de Jevons (Alcott 2005).

En este marco aparece la posible desvinculación entre el crecimiento económico de los países y la dependencia de recursos naturales (desmaterialización débil) predicho por las Curvas Ambientales de Kuznets. La teoría postula una relación de U invertida entre el PIB y el consumo de materiales y energía a lo largo del tiempo. Es decir, en las primeras fases de desarrollo económico, el crecimiento del PIB va ligado a un aumento del consumo de materiales y energía hasta alcanzar un punto de inflexión. A partir de este punto de desarrollo se produce una desvinculación, y el consumo de

recursos disminuye aunque el PIB aumente. A pesar de encontrar algunos casos de economías que siguen esta tendencia, también se ha podido observar posteriores etapas de rematerialización (de Bruyn 1999) y ejemplos, como el caso español, en los cuales no se cumple (Carpintero 2002, Ramos-Martin 2001)¹.

El Análisis de los Flujos de Materiales (AFM) es una metodología para la cuantificación de los flujos de materiales intercambiados entre un sistema y su entorno. La metodología se puede aplicar a sistemas de diferentes dimensiones, desde un proceso industrial hasta la determinación de los flujos de determinadas sustancias a nivel global (Fischer–Kowalski y Hüttler 1999).

A pesar de que se pueden encontrar trabajos en los que se aplica el AFM a sistemas socio-económicos desde los años '60 y '70 (Wolman 1965, Ayres et al. 1970, Flanagan et al. 1970) su aplicación más extensa y generalizada ha sido a partir de los años '90 (Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000, Ayres y Ayres 2002, Weisz et al. 2005). En los últimos años se ha cuantificado el AFM de numerosos estados, y los indicadores de consumo y uso de materiales han sido incorporados en las estadísticas nacionales de varios países.

En cambio, su desarrollo y aplicación a nivel regional es más incipiente. La carencia de datos y su dispersión, junto con la dificultad para definir unos límites claros del sistema, que permitan cuantificar las entradas y salidas de materiales, son algunos de los principales problemas en la aplicación a nivel regional. Asimismo, tampoco se dispone de una metodología estandarizada y generalizada equiparable a la publicada por Eurostat (2001) para aplicaciones a nivel nacional, dificultando la comparación de los resultados entre diferentes territorios.

¹ Un análisis crítico sobre la falta de robustez y evidencias empíricas de la Curva Ambiental de Kuznets, se puede encontrar en "The Environmental Kuznets Curves" de David I. Stern en la Internet Encyclopedia of Ecological Economics, en la página web de la Internacional Society of Ecological Economics, http://www.ecoeco.org/publica/encyc_entries/Stern.pdf.



A nivel regional, destacan trabajos sobre la cuantificación de flujos de determinadas sustancias como metales o nutrientes (Brunner y Rechberguer 2004); el análisis de los flujos de materiales en ciudades (Wolman 1965, Newcombe et al. 1978, Hammer et al. 2003); vertientes de ríos y costas (Ayres et al. 1985, Stigliani et al. 1993); y de algunas regiones más extensas, similares a Cataluña, como la región Valona (Bélgica) (ICEDD 2004), el noroeste de Inglaterra (McEvoy et al. 2004) o en Suiza (Hendriks et al. 2000).

En el estado español, también se han realizado diferentes trabajos de cuantificación de flujos de materiales y energéticos tanto a nivel nacional (Carpintero 2002, Cañellas et al. 2004, Ramos-Martín 2001) como a nivel regional: Euskadi (IHOBE 2002), Comunidad de Madrid (Naredo y Frías 2003), Lanzarote (Hercowitz 2003) y Galicia (Doldán 2003).

En este trabajo se presentan los resultados del AFM para Cataluña en el período 1996 – 2000. La dificultad en la obtención de datos y las grandes diferencias encontradas entre las diferentes fuentes utilizadas, convierten este trabajo en una primera estimación, que permitirá analizar si Cataluña está teniendo una desmaterialización absoluta o relativa y comparar la apropiación humana de los flujos de materiales que se está realizando en relación con la de otros sistemas.

El artículo se ha estructurado con una introducción teórica y metodológica, seguido de una breve definición del sistema analizado. A continuación, en el apartado 3, se presentan los resultados; dónde se ha realizado un análisis por familias de recursos, seguido de un análisis de la dependencia del exterior y se finaliza con un análisis comparativo con España y el resto de Europa.

2. Metodología

Para la evaluación de los flujos de materiales de Cataluña en el período 1996 – 2000, se ha seguido la metodología publicada por Eurostat para economías nacionales (Eurostat 2001).

2.1 Sistema: Cataluña

Cataluña es una región situada al noreste de España con una superficie de 3,2 millones de hectáreas y una población de 6,3 millones de habitantes en el año 2000 (Institut d'Estadística de Catalunya 2005). Su situación geográfica, en la vertiente mediterránea de la península ibérica y fronteriza con Francia por el norte, la convierten en una vía de paso de mercancías.

Entre los años 1996 y 2000, la estructura sectorial se ha mantenido dominada, tanto en términos de ocupación como en PIB, por el sector servicios, que supone un 60% del VAB, seguido por el sector industrial que representa entorno al 30% del VAB. Mientras, el sector de la construcción y de la agricultura únicamente suponen un 7 y un 2%, respectivamente (Institut d'Estadística de Catalunya 2005).

2.2 Flujos de materiales e indicadores

Los flujos de materiales cuantificados son:

1. Extracción doméstica de materiales: biomasa, minerales y combustibles fósiles dentro de los límites territoriales de la región.
2. Importaciones y exportaciones con el extranjero y con el resto de España.

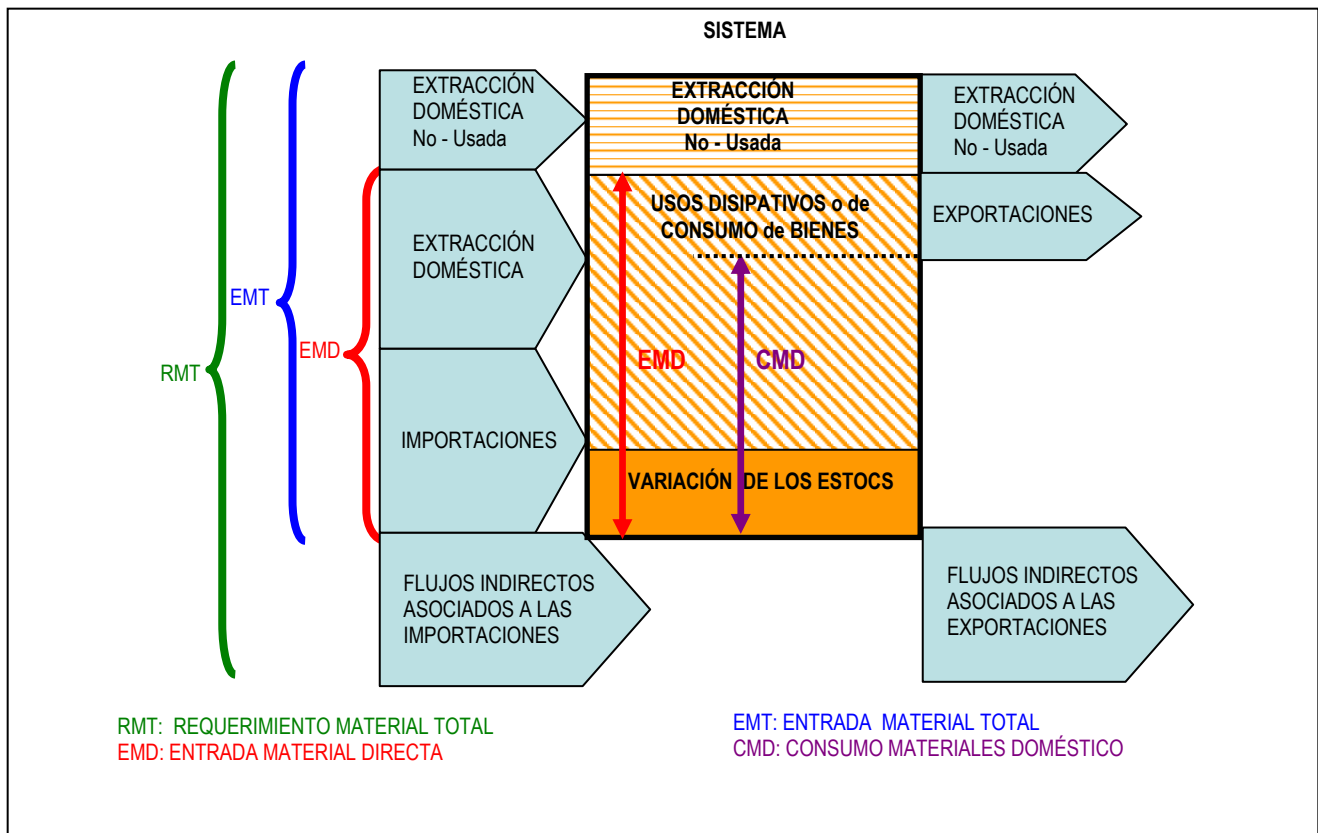
La falta de datos ha impedido cuantificar los flujos indirectos, la erosión, la excavación y el dragado de materiales de la región en el periodo analizado.

Los indicadores de materiales cuantificados en este trabajo son la Extracción Doméstica (ED) y la Entrada de Materiales Directa (EMD) para los flujos de entrada, el Consumo de Materiales Doméstico (CMD), y las importaciones netas o Balance Físico del Comercio (BFC).

En la figura 1, se representa un esquema de los flujos e indicadores cuantificados.



Figura 1. Flujos de materiales e indicadores derivados



3. Resultados y discusión

3.1 Evolución de los flujos de materiales

En términos globales, se observa una fuerte tendencia al alza en la entrada de materiales, y un aumento de la dependencia del exterior. A lo largo de los 5 años analizados, la Extracción Doméstica ha aumentado un 26% y la Entrada de Materiales Directa un 30% (figura 2). Por tanto, no se observa ninguna tendencia a la desmaterialización absoluta o fuerte del sistema. Al contrario, el Consumo de Materiales Doméstico aumentó casi un 50%, pasando de 11 a 17 toneladas por cápita en 5 años. Este fuerte aumento refleja el efecto conjunto de un aumento de las entradas (importaciones y extracción doméstica) y de la estabilización de las exportaciones.

En términos relativos tampoco hay ningún síntoma de desmaterialización. Al contrario, el crecimiento de todos los indicadores de entrada y consumo de materiales (ED, EMD y CMD) es superior al crecimiento de la

población, que se sitúa entorno al 3% (figura 2). Asimismo se observa que el crecimiento del CMD y del EMD es claramente superior al del PIB, que no llega al 15%. Por tanto, Cataluña, una de las regiones con mayor crecimiento económico en el ámbito de la Unión Europea, no presenta ningún síntoma de desvinculación entre el crecimiento económico y el consumo de materiales predicho por la curva ambiental de Kuznets (figura 3). A pesar de la leve estabilización entre en el año 2000, en global, se observa un crecimiento de la entrada y consumo de materiales superior al crecimiento del PIB.

Sería necesario el seguimiento de los indicadores en un periodo temporal más amplio, para poder apreciar si la situación actual es fruto de una rematerialización después de una época de desmaterialización. O por el contrario, en Cataluña el crecimiento económico siempre ha estado ligado a un aumento en las necesidades de recursos materiales.



Figura 2. Crecimiento de los indicadores derivados del AFM (Extracción Doméstica, ED; Entrada de Materiales Directa, EMD; Consumo de Materiales Doméstico; CMD), la población y el PIB en Cataluña en el periodo 1996 -2000.

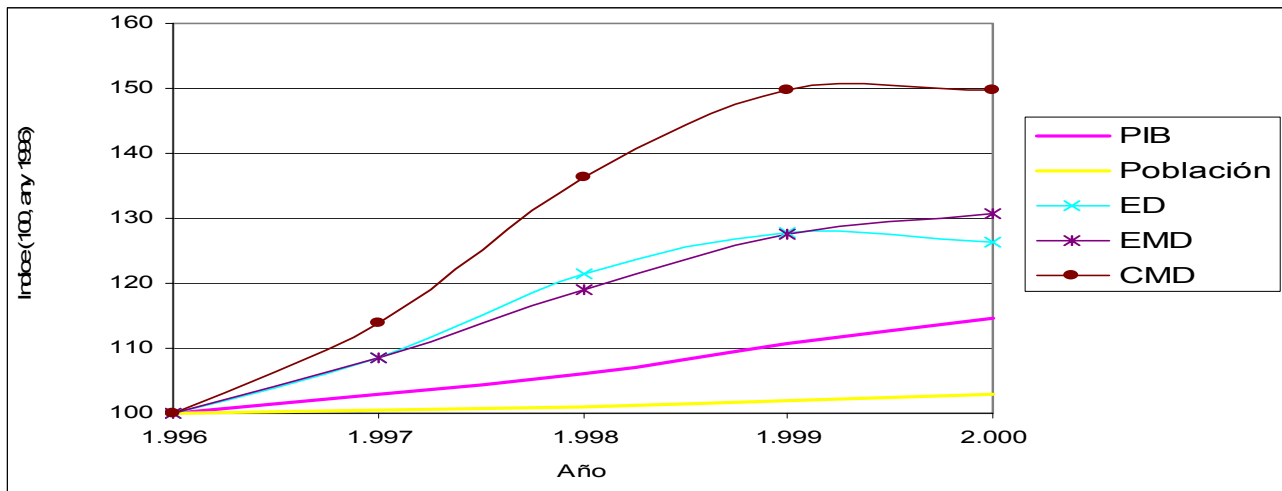
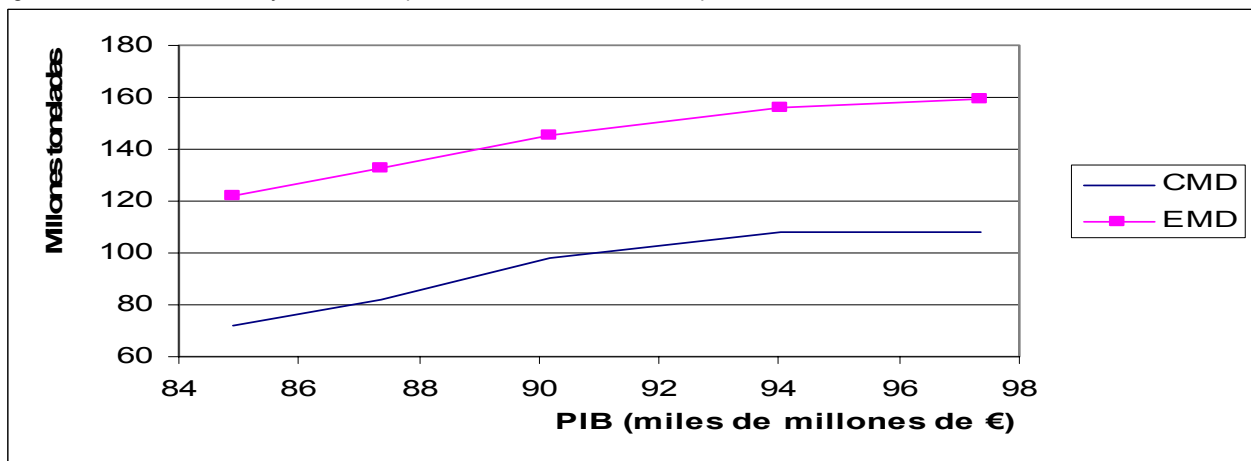


Figura 3. Evolución del EMD y del CMD respecto al PIB de Cataluña en el periodo 1996 – 2000.



En cualquier caso, la tendencia de todos los indicadores está claramente marcada por la evolución de los recursos minerales, que suponen un más de un 80% de la ED y entorno un 55% del DMI. Precisamente, la fuerte materialización observada, está plenamente ligada a la gran expansión que ha tenido el sector de la construcción en este periodo.

Con el fin de realizar un análisis para cada familia de materiales (biomasa, combustibles fósiles y minerales), en la figura 4 se ha representado desagregadamente la extracción doméstica, las importaciones, las exportaciones y las importaciones netas.

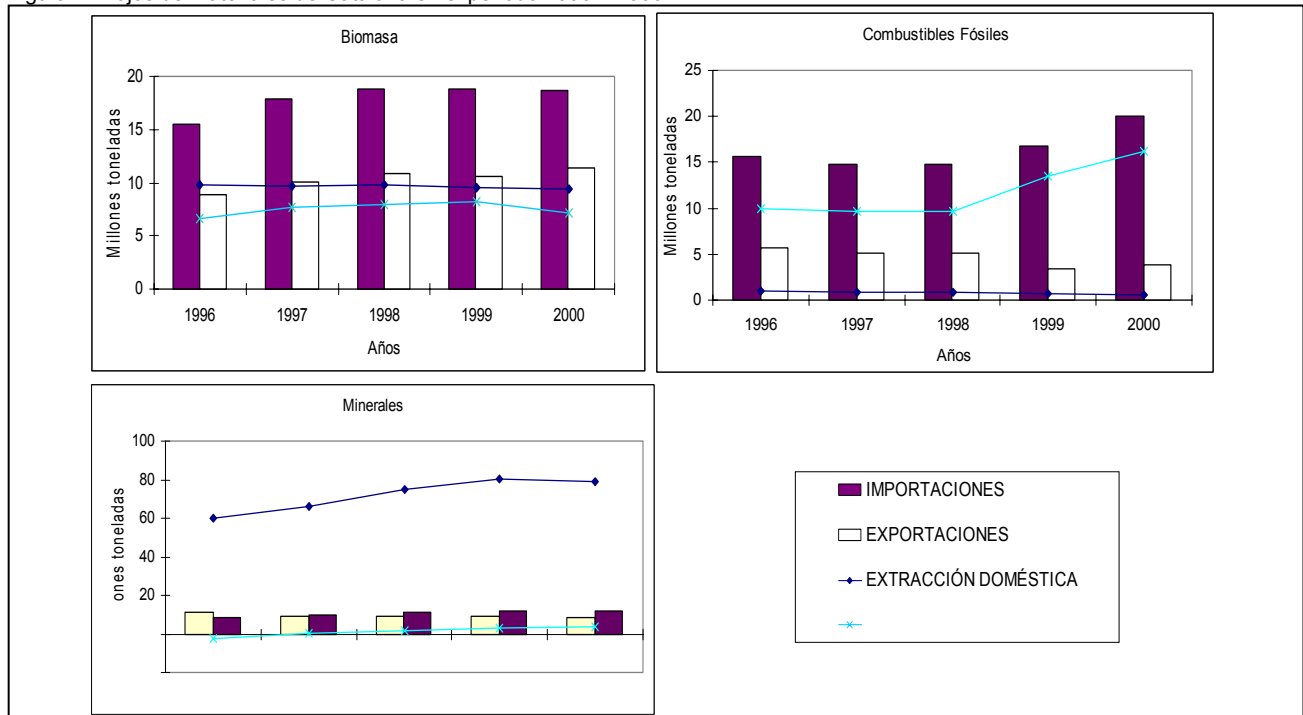
La extracción doméstica de biomasa se ha mantenido aproximadamente constante entorno a los 10 millones de toneladas a lo

largo del periodo analizado. En cambio tanto las importaciones como las exportaciones, han aumentado un 20 y un 29% respectivamente. En general, destaca el alto intercambio con el exterior en comparación con la extracción doméstica. Las importaciones son casi el doble de la extracción doméstica, mientras que las exportaciones son del mismo orden de magnitud. Para explicar parte de esta diferencia, hay que tener en cuenta que la ganadería está incluida en los flujos de comercio exterior, pero no en la extracción doméstica².

² Al considerar los alimentos para los animales (pastos, piensos...) cómo una entrada del sistema, no se debe incluir el crecimiento animal para evitar la doble contabilización. Por este motivo, las actividades ganaderas no están incluidas en la Extracción Doméstica.



Figura 4. Flujos de materiales de Cataluña en el periodo 1996 – 2000



Esta actividad tiene un importante peso dentro de Cataluña y supone aproximadamente un 20% de los flujos importados y exportados. Pero a pesar de esta particularidad metodológica, Cataluña está lejos de la autosuficiencia, puesto que mientras se extraen 1,5 toneladas por cápita de biomasa cada año, se consumen entono a 2,5 toneladas pc.

Más relevante todavía la falta de autosuficiencia en el sector energético. En el gráfico de combustibles fósiles se puede observar la escasez de dicho recurso en Cataluña y la fuerte dependencia del mercado exterior. La extracción doméstica no alcanza el millón de toneladas, mientras que las importaciones son entre 15 y 20 millones de toneladas y las exportaciones entre 4 y 5 millones. Destaca el fuerte aumento de las importaciones entre los años 1998 y 2000, con incrementos anuales de entre un 13 y un 19%, como consecuencia de un fuerte crecimiento del consumo interno catalán.

También cabe destacar que la práctica totalidad de combustibles fósiles exportados han sido previamente importados, de modo que Cataluña se puede considerar una región

de paso y procesamiento hacia otros sistemas.

Entre los recursos minerales destaca el dominio de los recursos propios del sistema, con una extracción doméstica muy superior a las importaciones. Este hecho se explica por el fuerte peso de los productos de cantera dedicados al sector de la construcción, que suponen un 90% de la Extracción Doméstica de minerales. La mayoría de éstos productos con un bajo valor unitario, se extraen preferiblemente en las proximidades de los puntos de consumo para minimizar los costes económicos.

A pesar del fuerte peso de la extracción doméstica dentro de los recursos minerales, la escasez de minerales metálicos en suelo catalán supone una fuerte dependencia del exterior. La práctica totalidad de los productos metálicos utilizados en la industria y en la construcción, se deben importar, quedando estos sectores dependientes del mercado exterior.

A lo largo del periodo analizado, las importaciones y exportaciones de minerales son del mismo orden de magnitud, pero destaca un cambio de tendencia: mientras en



el año '96 Cataluña era exportador neto, en el año 2000 es importador. En consecuencia, también para los recursos minerales, la creciente demanda interna ha provocado un incremento de la dependencia de entradas de materiales desde el exterior.

3.2 Comercio exterior

Teniendo en cuenta el fuerte peso del mercado exterior, a continuación se presenta un análisis más detallado de las importaciones y las exportaciones totales de Cataluña (con el extranjero y con el resto de España).

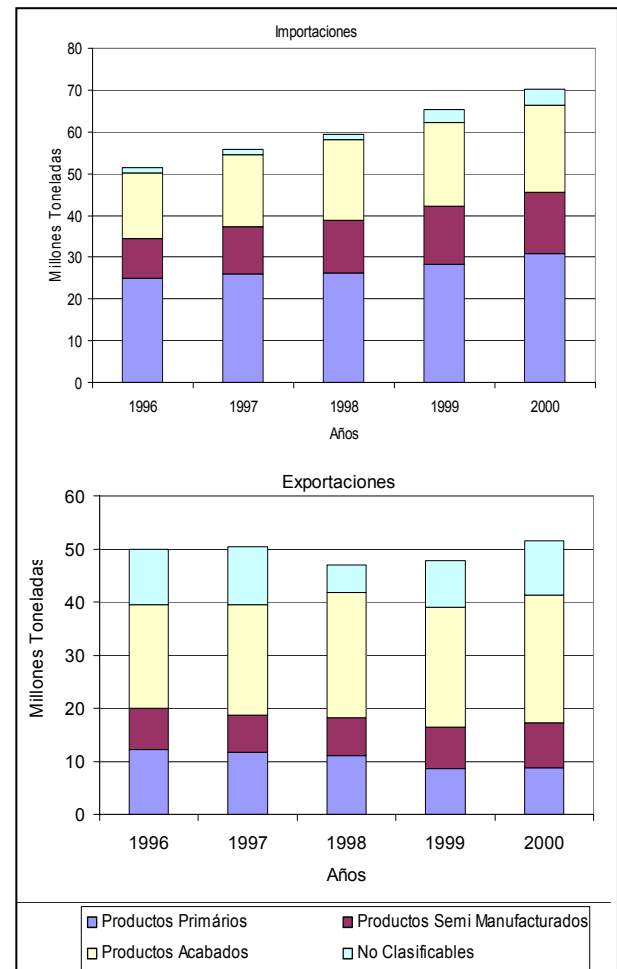
A lo largo del periodo analizado, las importaciones, en términos físicos, aumentaron un 37%. En cambio, las exportaciones no siguen una tendencia clara, y se han mantenido aproximadamente constantes en torno a los 50 millones de toneladas. Entre los años 1996 y 2000 las exportaciones experimentaron un crecimiento del 3%, con un mínimo en el año 1998 debido a una disminución de las exportaciones marítimas de productos agroalimentarios con el resto de España. Mientras que en el año 1996 las importaciones eran prácticamente iguales a las exportaciones, en el año 2000 las importaciones son casi un 30% superiores.

También cabe remarcar la diferencia entre el tipo de producto importado y exportado y su grado de manufacturación (figura 5). Cataluña importa materiales con bajos niveles de procesamiento y menor precio unitario, mientras que exporta productos con un mayor grado de procesamiento, que suponen un menor peso pero mayor valor monetario.

El principal mercado para el intercambio de materias es, tanto importaciones como exportaciones, el resto de regiones de España, seguido de Europa (figura 6). África, Asia y América del Sur aparecen como territorios proveedores de materiales, mientras que la cantidad de productos exportados a estos continentes es casi imperceptible. Analizando el valor económico por tonelada importada y exportada en relación con el continente origen-destino

(figura 7); destaca el precio creciente de las importaciones de origen asiático. Las importaciones con mayor valor añadido son de origen europeo, asiático y indico; mientras que, las importaciones de productos con menor valor añadido proceden de los continentes americano y africano.

Figura 5. Composición de las importaciones y exportaciones de Cataluña en el periodo 1996 - 2000



Comparando el precio de las exportaciones con el de las importaciones (figura 8), se observa que de media, el precio de las exportaciones triplica el de las importaciones. En términos generales el precio medio de la tonelada exportada se sitúa entorno a los 2100 €/t, mientras que las importaciones se sitúan entorno a 700 €/t. El caso más relevante de esta desigualdad es el de los países sudamericanos, ya que el valor de las exportaciones catalanas es entre 8 y 13 veces superior al de las importaciones de procedencia suramericana.



Figura 6. Importaciones (en positivo) y exportaciones (en negativo) de Cataluña en el periodo 1996 – 2000 según su origen o destino.

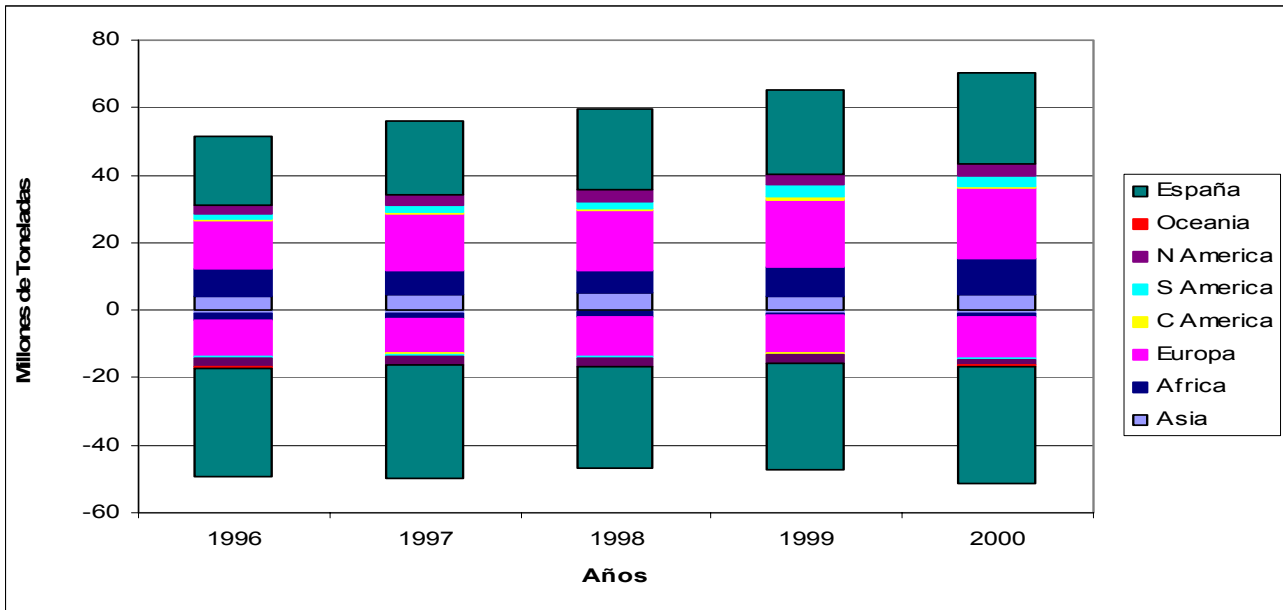


Figura 7. Valor de la tonelada importada o exportada por Cataluña según origen o destino

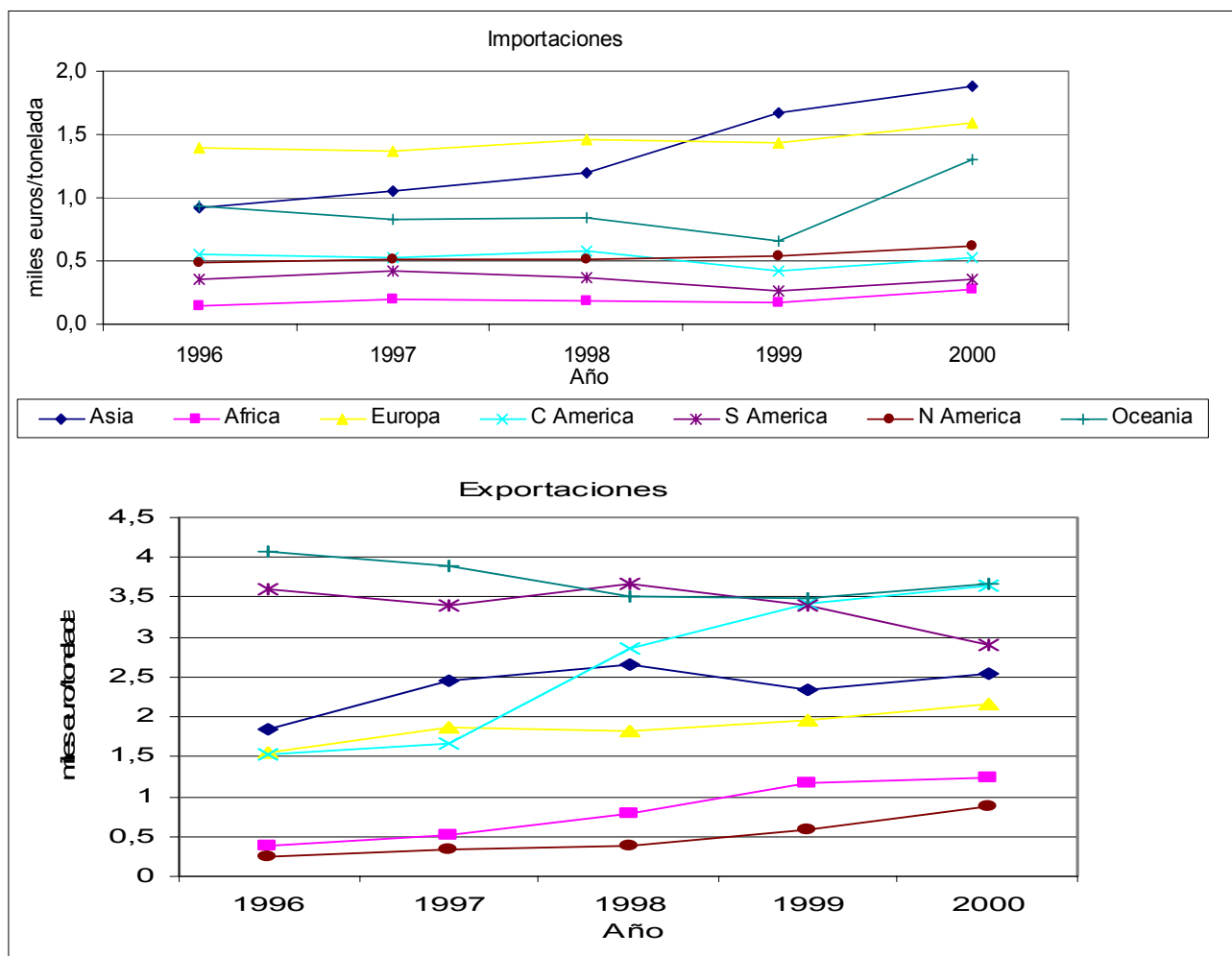
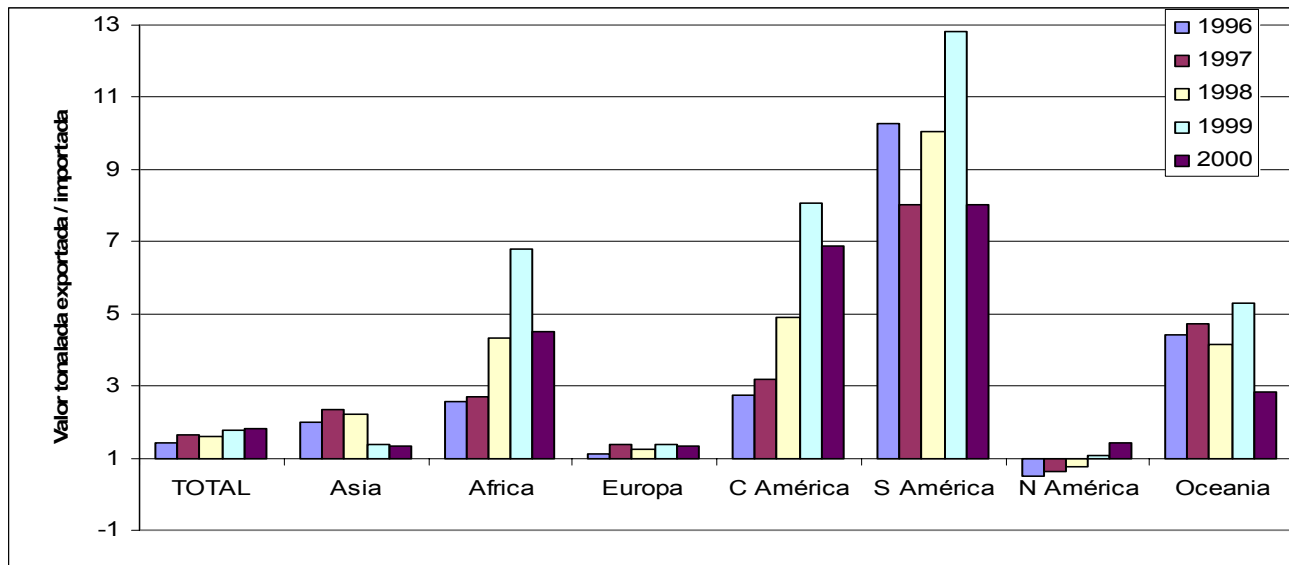




Figura 8. Valor de la tonelada exportada respecto a la importada (euros por tonelada exportada dividido entre los euros por tonelada importada) por Cataluña en el periodo 1996 – 2000 según su origen o destino



Esta tendencia también se acentúa a lo largo del periodo analizado para los países africanos y centroamericanos. En el año 1996 el valor de la tonelada exportada por la economía catalana a estos países era el doble del de la importada desde África y América Central, mientras que en el año 2000 esta relación pasó a ser 4,5 veces mayor para África y casi 7 para América Central.

El caso contrario ha sucedido en relación con los países asiáticos. El precio de las toneladas importadas procedentes de Asia se ha duplicado, presentando una clara tendencia a la alza y a la equiparación entre el valor monetario de la tonelada importada de este territorio con la exportada hacia este mismo.

En los países con estadios de desarrollo económico más avanzados, tales como los países europeos y norte americanos, destaca la estabilidad y el equilibrio de precios entre importaciones y exportaciones. El precio de las exportaciones catalana con Europa es entre un 11 y un 35% superior al de las importaciones, mientras que con en el mercado norte americano ha habido un leve cambio de tendencia, pero la relación se mantiene entorno a 1.

En relación con Oceanía, se observan altos precios tanto en las importaciones como en las exportaciones (figura 7), pero no hay una

tendencia clara, debido en parte al bajo volumen de comercio que existe con Cataluña.

Según la Regla del Notario, *existe una tendencia general a la aceleración de la tasa de revalorización con respecto a los aumentos de los costes físicos a medida que los procesos de fabricación se acercan a la venta del producto final* (Naredo y Valero 1999). Esta relación se refleja en la concavidad de las curvas que relacionan la valoración monetaria y el coste físico a lo largo de los procesos. Así, Cataluña estaría situada en la parte derecha de la curva, ocupada por países “ricos” que se centran en las fases finales de elaboración y comercialización de los productos; Cataluña exporta productos con gran valor económico por unidad de coste físico. Mientras que los productos importados de África, sur y centro América, mayoritariamente de actividades extractivas y con escasa elaboración, tienen un bajo valor añadido por unidad de coste físico. Precisamente, muchos de los países de estos continentes, estarían situados en la parte inferior izquierda de la curva, zona ocupada por los países “pobres”.

3.3 Análisis comparativo

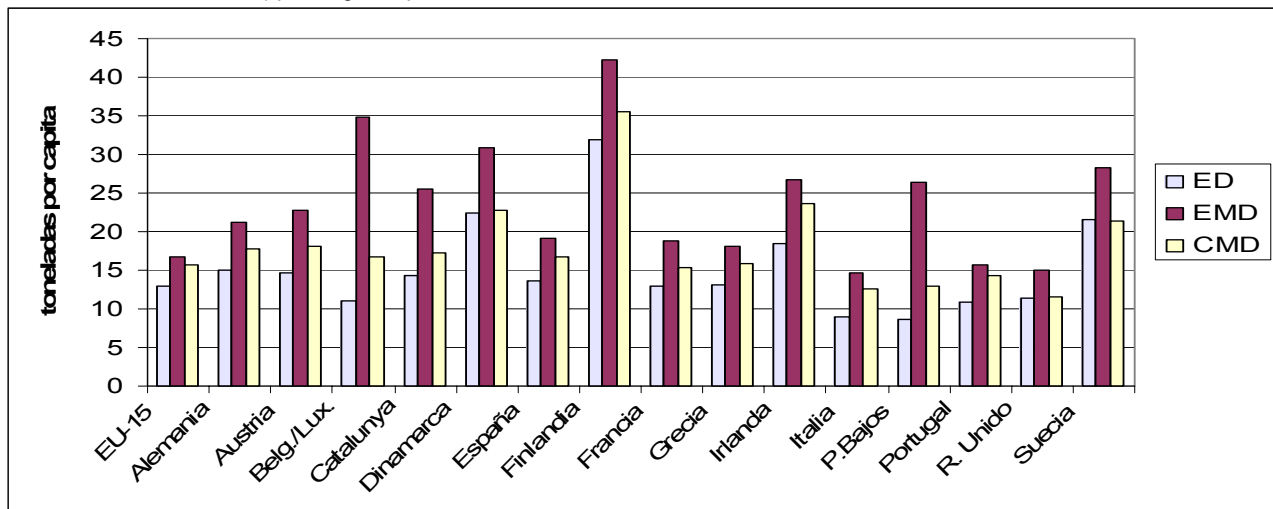
En la Figura 9, se presentan los resultados de los indicadores derivados del AFM para



Cataluña y para los 15 estados miembros de la Unión Europea (Moll et al. 2003) en el año 2000. Comparando los resultados, se observa que el EMD per cápita de Cataluña se sitúa en 25 toneladas muy por encima de la media

de la Unión Europea (17 t per capita). En cambio, la ED (14 toneladas pc) y el CMD (17 toneladas pc) son más similares a la media de la UE (ED de 13 toneladas pc y CMD de 16 toneladas pc).

Figura 9. Resultados de los indicadores derivados de AFM (Extracción Doméstica, ED; Entrada Materiales Directos, EMD; Consumo de Materiales Doméstico, CMD) para algunos países de la UE en el año 2000.



La gran diferencia que hay entre el valor del ED y el EMD es consecuencia del fuerte peso que suponen las importaciones para el metabolismo de la región. En Cataluña al igual que en los Países Bajos, Bélgica o Luxemburgo, el peso de las importaciones es superior al de los materiales extraídos (ED) del propio territorio, aunque en menor proporción que en dichos países. En el año 2000, en Cataluña las importaciones representan un 44% del EMD, mientras que para los países citados representaron alrededor del 68%, situándose este ratio entre el 20 i el 30% para el resto de los países de la UE.

Analizando las exportaciones a partir del CMD, se observa que un 33% de los materiales que entran en Cataluña (EMD) son posteriormente exportados, porcentaje superior a la de los países de la Unión Europea en los cuales las exportaciones suponen entre el 10 y el 20% del EMD, exceptuando el caso de Bélgica, Luxemburgo y los Países Bajos donde las exportaciones representan un 50% del EDM.

Cataluña importa y exporta muchos más materiales que la mayoría de países de la UE, mostrando un alto tráfico de mercancías,

con indicios de Efecto Róterdam (Adriaanse et al. 1997). Por otra parte el CMD de la economía catalana es superior a la ED, de lo que se deduce que se trata de una economía claramente dependiente de la entrada de recursos desde el exterior, al igual que la mayoría de países de la UE.

La tendencia de crecimiento del consumo de materiales tanto para Cataluña como para España (Carpintero 2002, Cañellas 2004) está por encima de la media europea, debido al fuerte aumento de consumo de recursos no renovables.

Tanto el consumo de biomasa como de combustibles fósiles en Cataluña es inferior a la media europea y española, mientras que el consumo de los minerales es claramente superior. La fracción mineral, como se ha comentado anteriormente, está totalmente dominada por los minerales destinados al sector de la construcción. Y el fuerte aumento de esta fracción, en comparación con la media europea, es debido al alto crecimiento del sector tanto en Cataluña como en España, en los últimos años.

El consumo de combustibles fósiles en Cataluña es menor a la media española y



Europea, pero no se puede considerar esperanzador puesto que, en gran parte, es debido al alto peso que tiene la energía nuclear dentro del sector energético catalán.

4. Conclusiones

El consumo de materiales de Cataluña ha aumentado casi un 50% en el período analizado, sin mostrar ningún síntoma de desmaterialización, ni absoluta ni relativa. La escasez de recursos en el territorio y el aumento de la demanda, se compensan por fuertes crecimientos de las importaciones, convirtiendo a Cataluña en una región con una fuerte dependencia del exterior. Esta dependencia está claramente dominada por recursos no renovables (combustibles fósiles y minerales metálicos), lo cual acentúa la necesidad de modificar las tendencias de consumo, así como de reaprovechar los recursos utilizados y almacenados dentro del sistema.

Las tendencias del comercio exterior muestran que Cataluña es un país con escasez de materias primas y que por tanto debe importar del exterior, para poder manufacturar y vender productos con mayor valor añadido. Se ha constatado que la relación de intercambio entre Cataluña y los países en vías de desarrollo situados en África y América Central y del Sur, es especialmente perjudicial para estos últimos. Países a los cuales se están comprando materiales a bajos precios y se les venden productos con mayor valor añadido. Comparando Cataluña con el resto de países europeos cabe destacar que a pesar de tener tanto la ED como el CMD similares a la media europea, su dependencia del comercio exterior, reflejada en la EMD, es muy superior a la media de la Unión. Una fracción importante de los materiales importados es exportada, siendo Cataluña una región con elevado tráfico de mercancías, con indicios de Efecto Róterdam. Tendencia que se pretende consolidar con las numerosas infraestructuras de transporte planificadas o que se están ejecutando actualmente en Cataluña.

REFERENCIAS

Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., y H. Schütz, 1997. *Resource Flows: The material basis of industrial economies*. World Resources Institute, Washington, D.C.

Alcott, B., 2005. Jevons' paradox. *Ecological Economics* Vol. 54: 9 – 21.

Ayres, R.U. y L. Ayres, 2002. *A handbook of industrial ecology*. Edgard Elgar, Cheltenham.

Ayres, R.U., Ayres, L.W., McCurley, J., Small, M.J., Tarr, J.A. y R.C. Ridgery, 1985. A historical reconstruction of major pollutants levels in the Hudson-Raritan Basin: 1880-1980. Variflex Coro., Pittsburgh.

Ayres, R.U., Kneese, A.V. y R.C. D'Arge, 1970. *Aspects of environmental economics. A materials balance-general equilibrium approach*. John Hopkins University Press, Baltimore.

Brunner, P.H. y H. Rechberger, 2004. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers, Boca Raton.

Cañellas, S., González, A.C., Puig, I., Russi, D., Sendra C. y A. Sojo, 2004. Material flow accounting of Spain. *International Journal of Global Environmental Issues* Vol. 4(4): 229 – 241.

Carpintero, O., 2002. La economía española: el 'dragón europeo' en flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955 – 1995. *Ecología Política* Vol. 23: 85 – 125.

De Bruyn, S. M. y J.B. Opschoor, 1997. Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. *Ecological Economics* Vol. 20: 255 – 268.

De Bruyn, S., 1999. La necesidad de cambiar los atractores. Etapas de desmaterialización y rematerialización como un desafío a la eco-eficiencia. *Ecología Política* Vol. 18: 55 – 59.

Doldán, X. R., 2003. Energía, materiales y agua en la industria manufacturera gallega. *Economía Industrial* Vol. 352 (III): 25 – 76.

Eurostat, 2001. *Economy-wide material flow accounts and derived indicators. A methodological guide*. European Communities, Luxembourg.

Fischer-Kowalski, M. y W. Hüttler, 1999. Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2(4): 107-136.

Fischer-Kowalski, M., 1998. Society's Metabolism. The Intellectual History of Material Flow Analysis, Part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology* Vol. 2(1): 61-78.

Flanagan, D., Bello, F. y P.Morrison (Eds.) 1970. *Scientific American* Vol. 223(3).



Hammer, M., S. Giljum, y F. Hinterberger, 2003. Material flow analysis of the city of Hamburg. Resúmen del Workshop: "Quo Vadis MFA?", Wuppertal.

Hendriks, C., Obermosterer, R., Müller, D., Kytzia, S., Baccini, P., y P. Brunner, 2000. Material flow analysis: A tool to support environmental policy decision making. Two case studies on the city of Vienna and the swiss lowlands. *Local Environment* Vol. 5: 311 – 328.

Hercowitz, M., 2003. Metabolismo social y turístico de Lanzarote. Cabildo de Lanzarote, Lanzarote.

ICEDD, 2004. Indicateurs de flux de materies en region Wallonne. Final Rapport. Institut de Conseil et d'Etudes en Developpement Durable, Namur.

IHOBE, 2002. Total material requirement of the Basque country, TMR 2002, Sociedad Pública de Gestión Ambiental IHOBE, Euskadi.

Institut d'Estadística de Catalunya, 2005. Anuari estadístic de Catalunya 1992-2004. Generalitat de Catalunya, Barcelona.

Matthews, E., Amann, C., Fischer-Kowalski, M., Hüttler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Rogich, D., Schandl, H., Schütz, H., Van der Voet, E. y H. Weisz, 2000. The weight of nations. Material outflows from industrial economies. World Resources Institute, Washington D.C.

McEvoy, D., Ravetz, J. y J. Handley, 2004. Managing the flow of construction minerals in the North West region of England. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 8(3): 121 – 140.

Moll, S., Bringezu, S. y H. Schütz, 2003. Resource use in European countries. An estimate of materials and wastes streams in the community, including imports and exports using the instrument of material flow analysis. European Topic Center, Copenhagen.

Naredo, J.M. y J. Frías, 2003. El metabolismo económico de la conurbación madrileña. *Economía Industrial* Vol. 351 (III): 87 – 114.

Naredo, J.M., y A. Valero, 1999. Desarrollo económico y deterioro ecológico. Fundación Argentaria, Madrid: 301 – 309.

Newcombe, K., Kalma, I.D. y A.R. Aston, 1978. The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio* Vol. 7: 3-15.

Ramos-Martín, J., 2001. Historical analysis of energy intensity of Spain: From a "conventional view" to an "integrated assessment". *Population and Environment* Vol. 22(3): 281 – 313.

Stigliani, W.M., Jaffé, P.R., y S. Anderberg, 1993. Heavy metal pollution in the Rhine Basin. *Environmental Science and Technology* Vol. 27: 786

Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K. y M. Fischer-Kowalski, 2005. The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics*, in press.

Wolman, A., 1965. The metabolism of cities. *Scientific American* Vol. 213: 179 – 190.