



El flujo de materiales y el desarrollo económico en España: un análisis sobre desmaterialización (1980-2004)

Ana Citlalic González Martínez*

ENT Environment and Management. C/Sant Joan 39, primer pis. 08800, Vilanova i la Geltrú

acgonzalez@ent.cat

Sílvia Cañellas Boltà

Consell Assesor per al Desenvolupament Sostenible, CADS. Avinguda de Sarrià, 30, 1er, 3a.
08029, Barcelona

silvia.canellas@gmail.com

Ignasi Puig Ventosa

ENT Environment and Management. C/Sant Joan 39, primer pis. 08800, Vilanova i la Geltrú

ipuig@ent.cat

Daniela Russi

Amphos 21. Passeig de García i Faria, 49-51, 1 – 1 08019, Barcelona. España

daniela.russi@amphos21.com

Cristina Sendra Sala

Eco Intelligent Growth. Avinguda Diagonal, 523, 5è 1a 08029 Barcelona

c.sendra@ecointelligentgrowth.net

Amalia Sojo Benítez

LCA México. Calle Ruiseñor No. 35. Las Arboledas Tlanepantla. Estado de México.

54020. México

asojo@centroacv.mx

Fecha de recepción: 04/07/2008. Fecha de aceptación: 02/03/2010

Resumen

El análisis de los flujos de materiales que circulan a través de un sistema económico es una forma de medir la dimensión física del consumo y la apropiación de recursos por parte de una sociedad y, en consecuencia, es una manera indirecta de medir su impacto ambiental. De esta manera, los indicadores de flujos de materiales pueden ser considerados como indicadores indirectos de sostenibilidad, y por tanto, pueden ser de utilidad para comprobar la hipótesis de la desmaterialización; es decir, la idea de que el progreso tecnológico conlleva una disminución del total de materiales usados (desmaterialización fuerte) o de los materiales usados por unidad de producción (desmaterialización débil).

Este artículo presenta la contabilidad de flujos de materiales para España entre 1980 y 2004. Asimismo, analiza la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental usando el consumo de materiales como indicador de impacto ambiental. El



análisis revela que durante el periodo analizado no tuvo lugar ningún proceso de desmaterialización, ni fuerte ni débil. Aunque la población no se incrementó considerablemente, los materiales movilizados por la economía española (las entradas directas de materiales, EDM) se duplicaron, creciendo a tasas anuales por encima del PIB. Además, se constata que en términos físicos España pasó a ser más dependiente del comercio exterior. De hecho, las importaciones netas medidas en toneladas se duplicaron durante el periodo.

Palabras clave: España, desmaterialización, sostenibilidad, curva de Kuznets ambiental, análisis de flujos de materiales.

Abstract

Material flow analysis (MFA) is a means of measuring the social metabolism, or physical dimensions of a society's consumption, and can be taken as an indirect and approximate indicator of sustainability. Material flow accounting can be used to test the dematerialisation hypothesis, the idea that technological progress causes a decrease in total material used (strong dematerialisation) or material used per monetary unit of output (weak dematerialisation).

This paper provides the results of a material flow analysis for Spain for the period from 1980 to 2004. In addition, the environmental Kuznets curve hypothesis is analysed in this paper, using material consumption as an indicator of global environmental impact. The analysis reveals that neither strong nor weak dematerialisation took place during the period analysed. Although the population did not increase considerably, materials mobilised by the Spanish economy (Direct Material Input, or DMI) doubled, surpassing GDP growth. In addition, Spain became more dependent on external trade in physical terms. In fact, its net imports more than doubled during the period in terms of weight.

Key words: Spain, dematerialisation, sustainability, environmental Kuznets curve (EKC), material flow analysis (MFA).

JEL Codes: Q01, Q32, Q34, Q39, Q49.

1. Introducción

La hipótesis de la curva de Kuznets ambiental (CKA) se basa en la idea de que el crecimiento económico permite la reducción de los impactos ambientales que crean las sociedades. Gracias a una serie de factores inherentes al desarrollo económico como el cambio tecnológico, el cambio estructural, un mayor gasto en protección ambiental, mejores regulaciones y leyes ambientales y una mayor conciencia ambiental, una economía llegaría a un punto de inflexión a partir del cual mayor crecimiento económico conllevaría menor impacto ambiental (World Bank 1992). Así, se establece una relación en forma de U invertida entre degradación ambiental y nivel de ingreso: en las primeras fases del desarrollo económico la degradación ambiental aumenta y a partir de un determinado nivel de renta per cápita la calidad ambiental mejoraría¹.

En caso de verificarse dicha hipótesis, esto acarrearía consecuencias políticas

importantes en el sentido de que continuar la presente senda de desarrollo conduciría a un sistema económico más sostenible. En esta visión, las políticas que estimulan el crecimiento económico serían las más beneficiosas para asegurar también la sostenibilidad ambiental².

Numerosos estudios han tratado de comprobar empíricamente dicha hipótesis. Grossman & Krueger (1991) son los primeros en evidenciar esta relación usando como indicadores de impacto ambiental contaminantes atmosféricos³. Desde entonces se han desarrollado una cantidad importante de ejercicios empíricos que intentan dar cuenta de esta relación (para una revisión de estos estudios ver Stern 2001)⁴. Para analizar el impacto de manera global se han utilizado indicadores de intensidad

*Dirigir correspondencia a este autor

¹ En 1955 Simon Kuznets establece por primera vez esta relación de U invertida entre la inequidad en la distribución del ingreso y el nivel de ingreso. Emulando el trabajo pionero de Kuznets, se le ha dado en llamar curva de Kuznets ambiental a la relación de U invertida entre un indicador de contaminación o de calidad ambiental y el nivel de ingreso per cápita.

² Sin embargo, trabajos empíricos sugieren que la metodología de la CKA en muchos casos no detecta un efecto del ingreso sino una respuesta a eventos históricos; como el shock de los precios del petróleo en los años setenta o cambios en las políticas ambientales (Unruh & Moomaw 1998).

³ Aunque como se apunta más adelante ya Malenbaum en 1978 había analizado una relación de este tipo entre consumo de minerales y niveles de ingreso en varias regiones del mundo.

⁴ Además, en 1996 la revista *Ecological Economics* dedicó un número especial sobre evidencias empíricas de dicha hipótesis al igual que la revista *Environment and Development Economics* en 1997.



energética (Suri & Chapman 1998, Mielnik & Goldemberg 1999). Otra manera interesante de comprobar esta hipótesis es utilizar la cantidad de materiales consumidos por un país –medidos en unidades másicas– como indicador de impacto ambiental global. En efecto, todos los materiales que se necesitan para producir bienes en una economía son extraídos y procesados para posteriormente ser transportados, intercambiados y finalmente desechados, produciendo impactos ambientales en cada una de estas fases; por lo que se podría suponer que a mayor cantidad de materiales, mayor es el impacto ambiental. Sin embargo, este supuesto tiene sus limitaciones ya que por ejemplo, el uso de pequeñas cantidades de materiales muy contaminantes como el mercurio, puede tener un impacto ambiental muy alto en el medio ambiente.

De acuerdo con la hipótesis de la desmaterialización (De Bruyn & Opschoor 1997), los países tienden a usar menos materiales en términos absolutos (*desmaterialización fuerte*) o al menos, por unidad de servicio producido (*desmaterialización débil*) al hacerse cada vez más eficientes gracias al cambio tecnológico o cambios en los patrones de producción debido a su vez, a cambios en los estilos de vida o patrones de consumo. Los resultados de estudios empíricos llevados a cabo para probar dicha hipótesis son contradictorios. Por ejemplo, Jänicke et al. (1989) demuestra que ocurre una desmaterialización en algunos países mientras que De Bruyn & Opschoor (ibíd.) muestran que el consumo de materiales en algunos países siguen trayectorias en forma de N. En términos de intensidad energética, Mielnik & Goldemberg (1999) han demostrado que dicho desacoplamiento se ha dado en países industrializados (países Anexo I de la Convención de Cambio Climático).

El concepto de desmaterialización puede entenderse como otra manera de formular la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental. De hecho, dicha curva no es más que la hipótesis de la intensidad de uso introducida por Malenbaum en 1978. Este autor encontró

una relación de U invertida entre el uso de los principales recursos minerales y el nivel de renta en la mayoría de las regiones del planeta entre 1951 y 1975. Esto es, que los países aumentaban su consumo de materiales en paralelo al crecimiento de su nivel de renta hasta cierto nivel a partir del cual, se iniciaba un proceso de *desacoplamiento* entre uso de materiales y crecimiento económico.

En consecuencia, se esperaría que dicho proceso de *desacoplamiento* estuviese sucediendo en países con cierto nivel de desarrollo (medido en términos de ingreso) al haber superado el punto de inflexión mientras que los países en desarrollo estarían en la fase ascendente en su consumo de materiales.

La contabilidad de flujos materiales puede utilizarse para comprobar si se cumple dicha hipótesis. También puede ser de utilidad para constatar el nivel de dependencia de un país respecto de los materiales provenientes de otros sistemas económicos. El presente artículo analiza los flujos de materiales en la economía española en el periodo entre 1980 y 2004, durante el cual la economía española experimentó importantes cambios estructurales.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera: en el primer apartado, se explica la metodología que se ha utilizado en este estudio para contabilizar los flujos de materiales de la economía española y se describen los principales indicadores que se obtienen a partir de dicha contabilidad. En el segundo apartado, se presentan los resultados obtenidos de manera agregada y por categoría de material. En este mismo apartado, investigamos la relación entre crecimiento económico versus crecimiento físico a través de la curva de Kuznets ambiental para España del periodo 1980-2004; esto es, relacionando niveles de ingreso con niveles de consumo de materiales. Finalmente, se ofrecen algunas conclusiones y consideraciones.



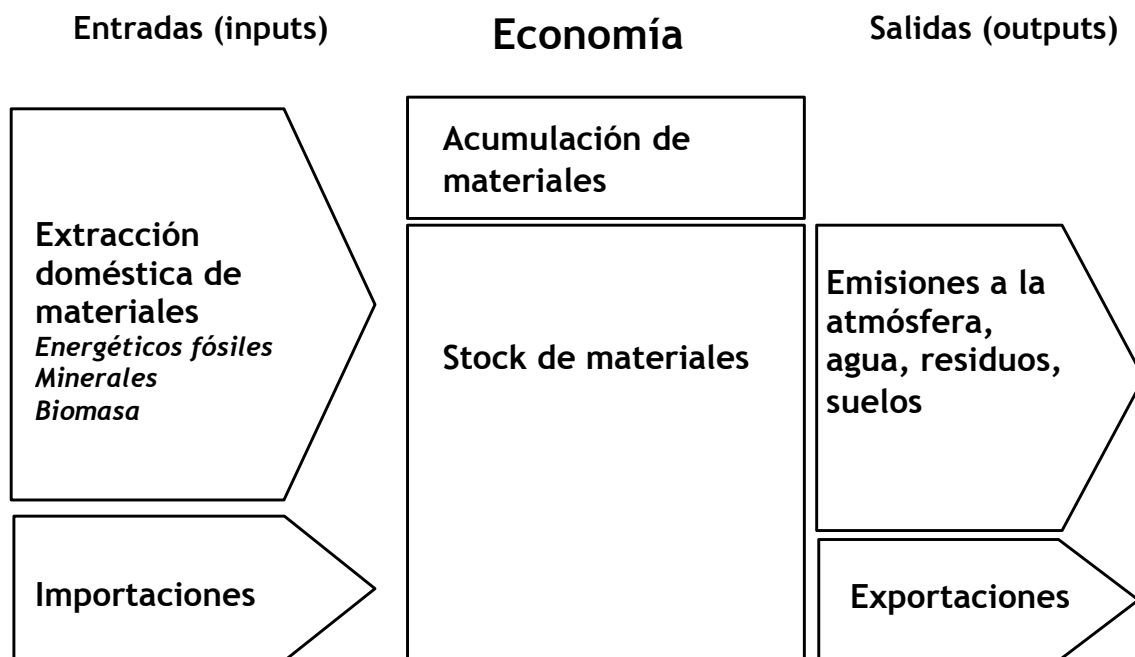
2. La contabilidad de flujos de materiales

La contabilidad de flujos de materiales (MFA, Material Flow Accounting) es un marco analítico que permite analizar cómo se constituye la base material de las economías. Contabilizando los materiales que entran y salen del sistema económico, esta metodología produce indicadores fáciles de obtener y entender, facilitando una visión general de la dimensión física de la economía de un país. En este sentido, se puede hacer una representación de la economía considerando los flujos que cruzan los límites del sistema (Figura 1). Estas cuentas físicas son compatibles y complementan el sistema de cuentas nacionales. Todos los materiales —biológicos, minerales y energéticos— que usa una economía se contabilizan en esta metodología exceptuando agua y aire. La

razón por la que se omiten estos flujos es porque en las economías estos representan una enorme masa, casi el 95% del metabolismo de una sociedad industrial (Schandl et al. 2002), por lo que se sugiere construir una contabilidad aparte. En la actualidad existen otras metodologías que consideran estos aspectos, como el agua virtual o la huella hídrica (Madrid & Velázquez 2008).

La base conceptual de la contabilidad de flujos de materiales es el *metabolismo social* (Georgescu Roegen 1976), que concibe a las economías como organismos vivos que toman del medio ambiente materiales y energía para alimentarse y crecer, y que expulsan hacia el medio ambiente esos materiales una vez aprovechados, en forma de residuos⁵.

Figura 1. Flujos de materiales en las economías



Fuente: Adaptado de EUROSTAT (2001)

⁵ Para una revisión de la historia intelectual del concepto de metabolismo social ver Fischer Kowalski 1998, Fischer Kowalski & Hüttler 1998.



Esta metodología ha tenido un gran desarrollo en los últimos quince años. El mayor logro ha sido su armonización y la obtención de un manual de aplicación general (Eurostat 2001) que hace comparable la información entre países.

Asimismo, su aplicación empírica a nivel nacional ha avanzado rápidamente cubriendo en la actualidad todos los países industrializados (Adriaanse et al. 1997, Matthews et al. 2000, Bringezu & Schütz 2001, Weisz et al. 2006) y recientemente a países latinoamericanos como Chile, Colombia, Ecuador, Perú y México (Giljum 2004, Pérez-Rincón 2006, Vallejo 2006, Silva-Macher 2007, González-Martínez 2007, González-Martínez & Schandl 2008). La contabilidad de flujos de materiales también se ha aplicado en análisis comparativos de patrones de uso de recursos naturales (Russi et al. 2008, Amann et al. 2002, Eisenmenger et al. 2007).

Para España existen estudios a nivel nacional (Alonso & Bailón 2003, Cañellas et al. 2004, Carpintero 2005) y a nivel regional aunque no son comparables entre sí (Naredo & Frías 1988, Almenar et al. 1998, Arto 2003, Naredo & Frías 2003, Doldán 2003, Hercowitz 2003, Sendra 2008). Sastre (2007), por primera vez construye una base de datos homogénea de flujos de materiales a nivel de comunidad autónoma y provincia.

La desmaterialización en España también se ha analizado en términos de intensidad energética, no observándose una curva de U invertida o un proceso de “descarbonización”, sino todo lo contrario, la intensidad de uso de la energía ha crecido a lo largo del tiempo (Ramos-Martín 1999, Ramos-Martín 2003). Para los flujos de contaminantes atmosféricos en España se ha encontrado que en cuatro de los contaminantes más importantes (CO₂, NO_x, NMVOC, CH₄) no existe una correlación entre mayor ingreso y menor nivel de emisiones, excepto en SO₂ cuya evolución podría ser compatible con la hipótesis de la CKA (Roca et al. 2001).

Utilizando la metodología MFA se pueden calcular los flujos que entran en una economía y los flujos que salen de ella. Este

artículo se centra en las entradas de materiales y en particular, sólo calcula los flujos de materiales *directos*; es decir, aquéllos que tienen un valor económico. En consecuencia, deja de lado los flujos *ocultos*, aquellos flujos que no tienen valor económico porque no se intercambian en el mercado pero que resultan de las actividades de extracción y fabricación de materias útiles para la producción y consumo; por ejemplo, los residuos de la minería.

Si bien la inclusión de los flujos *ocultos* puede incrementar el alcance del análisis, su cálculo es sujeto de diversas críticas al obtenerse multiplicando los flujos *directos* por coeficientes estándares. Estos coeficientes dependen mucho de factores tales como el estado de la tecnología o las condiciones económicas de un país. Además, en las comparaciones entre países la contabilidad de los flujos *indirectos* puede conllevar una doble contabilidad de los bienes comercializados internacionalmente, ya que estos flujos serían contabilizados tanto en el país exportador como en el importador⁶.

Las principales categorías de materiales que se consideran en este marco analítico son: *biomasa, recursos energéticos fósiles y minerales*. Asimismo, los flujos materiales se clasifican según su origen en: *importaciones, exportaciones y extracción doméstica*. A continuación se describen los principales indicadores de entradas de materiales:

- Extracción doméstica (ED): materiales extraídos en el territorio nacional, en unidades másicas.
- Entrada directa de materiales (EDM): mide todos los insumos que entran en una economía y que tienen un valor económico. Se obtiene sumando la extracción doméstica (ED) y las importaciones en unidades másicas (I):

$$EDM = ED + I$$

⁶ Existen metodologías que calculan estos flujos como la que ha desarrollado y aplicado el Wuppertal Institute (Bringezu et al. 2003).



- Consumo doméstico de materiales (CDM): cuantifica el consumo directo de materiales de una economía. Se obtiene sumando la extracción doméstica (ED) más las importaciones (I) menos las exportaciones (E), en unidades másicas. Conceptualmente este indicador puede considerarse como un equivalente del PIB en términos físicos.

$$\text{CDM} = \text{EDM} - \text{E}$$

- Balance del comercio internacional en términos físicos (BCF): se obtiene restando a las importaciones (I) las exportaciones (E), ambas en términos másicos. Es el inverso de la definición de balance de comercio en términos monetarios 'porque en las economías el flujo de dinero y el flujo de bienes se mueven en dirección opuesta' (Eurostat 2001:38).

$$\text{BCF} = \text{I} - \text{E}$$

3. Los flujos de materiales en España

Los datos de flujos de materiales en España que se presentan en este trabajo se han calculado utilizando la metodología desarrollada por Eurostat (2001), descrita en el apartado anterior, a partir de datos estadísticos oficiales que provienen de distintas fuentes⁷. Actualmente, Eurostat y el Instituto Nacional de Estadística (INE), incluyen los resultados del MFA en su estadística periódica. Es más, el análisis del periodo 1980-2000 ha sido presentado anteriormente por los mismos autores (Cañellas et al. 2004), así como por otros autores (Carpintero 2005) que han cubierto periodos anteriores. En este trabajo se ha ampliado hasta el año 2004 y se ha completado el análisis con la discusión de la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental.

La economía española experimentó un fuerte crecimiento desde los años ochenta hasta

⁷ En el anexo se presenta una tabla resumen de las fuentes bibliográficas utilizadas y las estimaciones hechas.

2008. Este crecimiento se acompañó por una evolución favorable de todos sus indicadores macroeconómicos; lo que permitió a España seguir una senda de convergencia de la renta per cápita respecto al resto de países miembros de la Unión Europea. Sólo en el periodo 1990 - 2004, la diferencia entre la renta per cápita de España y el promedio de la zona euro disminuyó de un 20% a un 10% (Eurostat 2007a).

Asimismo, el periodo analizado en este documento se caracterizó por:

- Un cambio estructural, debido a la predominancia progresiva en términos de empleo y valor añadido del sector servicios. En el 2004, el sector servicios produjo el 67% del valor agregado, mientras que la industria, incluyendo energía y construcción, el 29%. El sector primario sólo participó con el restante 4% (OCDE 2007).
- Como se puede observar en la evolución del PIB (Figura 2), la economía española pasó ciclos de recesión, estabilización y recuperación, siguiendo una tendencia de crecimiento en el largo plazo.
- La economía española basó su crecimiento en un uso creciente de recursos naturales.

A continuación se recogen los resultados del análisis de la última de estas circunstancias.

3.1. Uso de recursos naturales

En primer lugar, se constata que el uso de materiales se incrementó de forma clara en el periodo 1980-2004 (Figura 2). En el mismo, por ejemplo, los materiales movidos por la economía (EDM) aumentaron más del doble, pasando de 420 millones a 940 millones de toneladas, lo que significa que crecieron anualmente a una tasa de 3,4% en promedio. Como se observa en la Figura 2, los indicadores ED, EDM y CMD siguieron un comportamiento similar. Es relevante mencionar que estas cifras no son muy diferentes de los resultados obtenidos en otros estudios. Por ejemplo, la extracción doméstica en el 2000 fue 540,6 millones de toneladas y en Carpintero (2005) se calcula



en 546,5 millones mientras que en Eurostat (2002) es de 539 millones de toneladas, para el mismo año. Asimismo, la EDM fue 762,2 millones mientras que según los cálculos de Carpintero (ibíd) y Eurostat (ibíd) es de 768,1 millones y 760 millones, respectivamente.

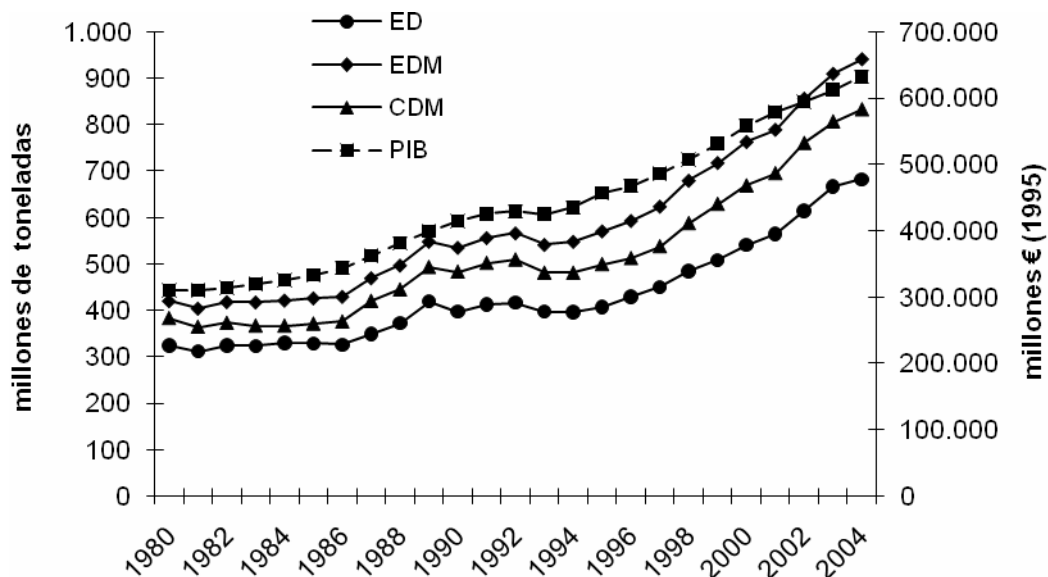
De igual manera, la cantidad de material consumido en España (CMD) se duplicó, registrando una tasa de crecimiento anual promedio de 3,3%, ligeramente menor que la tasa de crecimiento de la EDM. Estos datos cobran significado cuando se comparan con el crecimiento del PIB real, cuya tasa de crecimiento anual en promedio fue de 3% en el periodo analizado (Eurostat 2007b). Esto significa que el uso y consumo de materiales en España creció a una tasa mayor que el crecimiento del ingreso.

Carpintero (2005) constató que esta tendencia también se ha dado a largo plazo. Concretamente demostró que el Requerimiento Total de Materiales⁸ de la

Asimismo, en esta figura se puede observar que los tres indicadores de uso de materiales (ED, EDM y CDM) siguieron estrechamente los ciclos económicos del país (PIB): estancamiento a principio de los años ochenta, seguido por una expansión cíclica entre 1985 y 1990, un freno entre 1992 y 1995, después del cual empezó un nuevo periodo de expansión; mostrando que el uso de materiales ha estado fuertemente ligado a la evolución económica.

En términos per cápita, el consumo doméstico de materiales (CDM) aumentó de 10,3 a 19,6 t/año. Esto es importante ya que mientras el uso y consumo de materiales crecieron de manera dinámica, el incremento de la población se mantuvo relativamente constante, al menos hasta el año 2000. Desde 1980 hasta el año 2000 se registra una tasa de crecimiento promedio anual de la

Figura 2. ED, EDM y CDM versus PIB en España (1980–2004)



Fuente: Elaboración propia
economía española fue 4,5 veces mayor en los años 90 que en los años 50.

⁸ El indicador de Requerimiento total de materiales (RTM) es un concepto más amplio que el EDM al incluir a éste más los flujos ocultos. Así, RTM = Input o entradas directas de materiales (EDM) + extracción de material doméstico no usado + flujos materiales indirectos (no usados) asociados con las importaciones (Eurostat 2001).

población del 0,3% (Eurostat 2007a). A partir del 2001, se observa un mayor dinamismo en el crecimiento poblacional al aumentar la tasa hasta el 1,4% anual en promedio, si bien aún muy por debajo del crecimiento en el uso de materiales. A efectos de comparación, el nivel de consumo de materiales promedio en EU15 fue 15,6 toneladas por habitante en el año



2000. El nivel de consumo de materiales en España se situó por encima de este valor (16,7 t/habitante).

3.2. Intensidad material

Analizando el uso de materiales por unidad de producto (CMD/PIB), podemos saber si se ha producido en España una desmaterialización débil durante este periodo. Como ya se ha apuntado anteriormente, bajo la hipótesis de la desmaterialización se esperaría que una economía tendiera a ser más eficiente en su consumo de materiales; es decir, que a partir de cierto nivel de riqueza cada vez se utilizara menos materiales para producir una unidad de PIB. En España, no se ha producido este fenómeno durante el periodo en estudio. Todo lo contrario, la cantidad de materiales requeridos por esta economía para producir una unidad de producto ha aumentado, por lo que la intensidad material ha crecido. En 1980, se requerían 1,2 kg por euro producido mientras que en 2004, aumentó a 1,34 kg. En la Figura 3 se puede observar que, si bien hay oscilaciones a lo largo del periodo analizado, a partir del 1998 la intensidad en el uso de materiales aumenta.

3.3. Hipótesis de la curva de Kuznets ambiental

Investigamos la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental usando niveles de consumo de materiales (CMD) per cápita como indicador de presión ambiental y el PIB per cápita a precios de 1995, para representar el grado de riqueza. La línea de regresión estimada (Figura 4) representa cambios en la variable Y (toneladas de consumo de materiales per cápita), explicados por cambios en la variable X (PIB per cápita). Los resultados muestran que el consumo de materiales crece considerablemente a medida que mejora el PIB per cápita, no observando ningún punto de inflexión durante este periodo. Asimismo, se observa que por cada aumento de mil euros en el PIB per cápita, la economía española aumenta su consumo de materiales

en 1,4 toneladas. El ajuste de la tendencia a un modelo lineal es alto, con una R^2 de 0,95⁹.

Asimismo, cabe señalar que entre los 14.000 y 15.000 euros per cápita, que corresponden al periodo 2000-2004, el uso de materiales se ha intensificado considerablemente. De esta manera, podemos concluir que hasta el 2004, la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental no se había cumplido. Esta conclusión coincide con los resultados de estudios previos realizados para España (Carpintero 2005, Andreoni & Sastre 2007). Carpintero (2005: 348) observa una fuerte dependencia estadística entre PIB per cápita y utilización de recursos naturales en el periodo 1955-2000.

Al hacerse la extrapolación del modelo sobre un ajuste cuadrático para predecir el nivel de PIB per cápita en el que se revertiría la tendencia, no se encuentra punto de inflexión. Aun extrapolando a niveles de ingreso per cápita por encima de los niveles en los que países desarrollados han mostrado una disminución de su consumo de materiales (25,000 € per cápita en Dinamarca (Eurostat 2002), por ejemplo). La Figura 10 (anexo) muestra la extrapolación hasta un nivel de ingreso de 48,000 € per cápita.

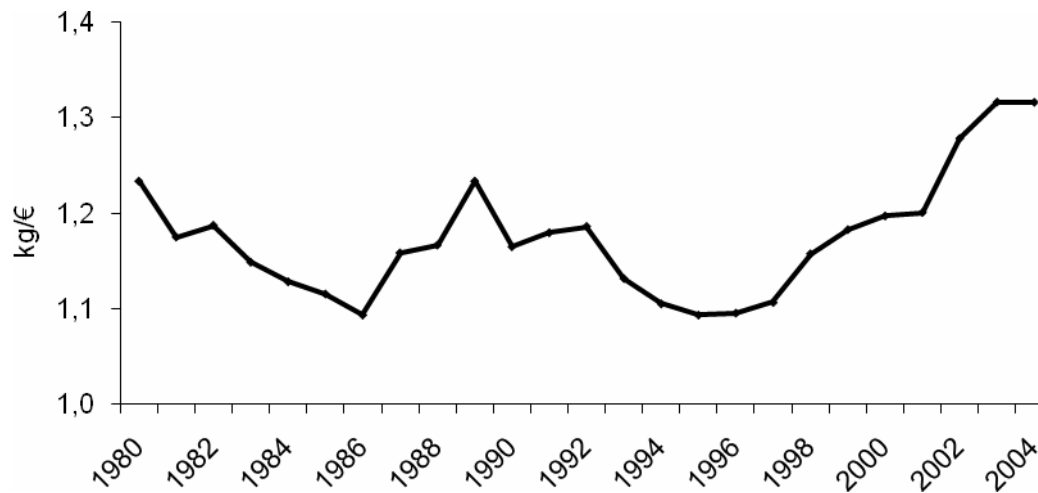
Lo anterior confirma que España ha seguido el comportamiento de otros países europeos con niveles comparativamente bajos de ingreso como Grecia, Irlanda y Portugal, de acuerdo con las curvas de Kuznets ambientales obtenidas para esos países en un análisis publicado por Eurostat en 2002. En este mismo documento se ha probado que en algunos países industrializados ha ocurrido un *desacoplamiento* entre el PIB y el uso de materiales a pesar del aumento de los flujos materiales en términos absolutos como es el caso de Dinamarca, Holanda y el Reino Unido. Incluso, el Reino Unido llegó a la

⁹ Sin embargo, construyendo un modelo exponencial o logarítmico ($R^2=0,91$) o polinómico de grado dos ($R^2=0,97$) también se obtienen buenos ajustes por lo que han de tomarse con cautela estos resultados. Ver Figuras 8, 9 y 10 del anexo. Otros estudios anteriores como Andreoni & Sastre (2007) ensayaron varios modelos para España con datos hasta el año 2000 y obtuvieron también buenos ajustes, de ahí que llaman la atención sobre la necesidad de una revisión crítica de la aplicación de estos modelos a la política ambiental y económica.



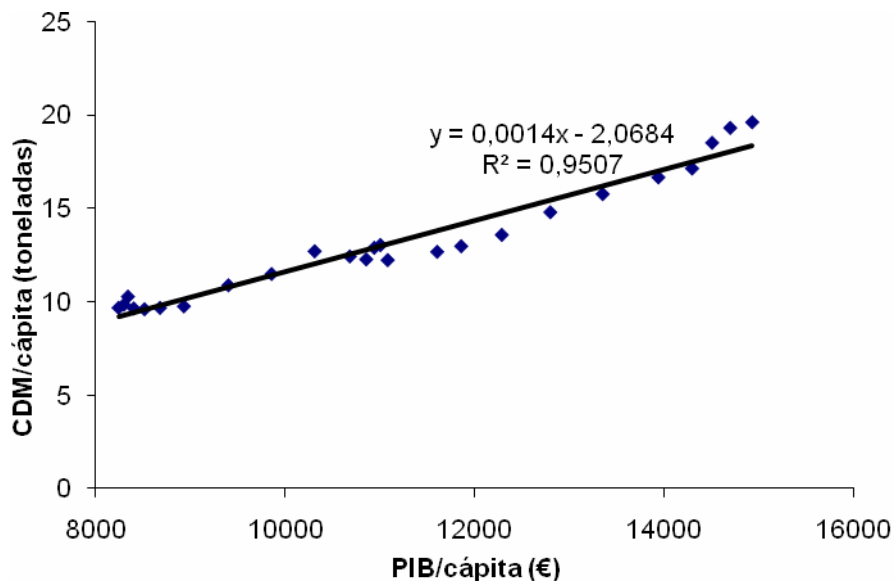
cresta de la curva con un nivel de ingreso per cápita por debajo de los 15.000 euros.

Figura 3. Evolución de la intensidad material en España (kg/€)



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Relación entre uso de materiales y nivel de ingreso en España



Fuente: Elaboración propia



Por otra parte estos resultados contradicen lo hallado por De Bruyn & Opschoor (1997) para España en el periodo 1966-1990 ya que observan un crecimiento relativamente constante hasta 1983 y una reducción absoluta de consumo de materiales en el último subperiodo (1984-1990) por lo que se forma claramente una U invertida, no mostrando signos de "reacoplamiento" como sucede en otros países ricos.

3.4. Balance físico del comercio

En cuanto a los flujos de materiales entre España y el resto del mundo, se observa un crecimiento importante. Las exportaciones crecieron 2,8 veces (al pasar de 38 millones a casi 109 millones de toneladas entre 1980 y 2004) mientras que las importaciones aumentaron 2,6 veces, al pasar de 97 millones a 258 millones de toneladas. Sin embargo, se observa que, en peso, las importaciones han sido considerablemente mayores que las exportaciones, concretamente más del doble durante todo el periodo. Así, las importaciones netas (E-I) crecieron 2,2 veces durante todo el periodo de estudio, hecho que evidencia que la economía española se ha hecho más dependiente del comercio internacional. En un primer análisis general de la composición de las importaciones, los datos sugieren que España importa una gran cantidad de recursos naturales primarios, que se caracterizan por un peso elevado, bajos precios y poco valor añadido. Como ya ha sido analizado por algunos autores (p.e. Muradian et al. 2002), este tipo de importaciones generalmente implican altos niveles de contaminación y degradación ambiental en los países de los que se extraen.

4. Perfil metabólico

En este apartado se analiza la composición de los flujos materiales por categorías: *biomasa, energéticos fósiles y recursos minerales*.

4.1. Energéticos fósiles

Los energéticos fósiles han ocupado un papel importante como fuente de energía en España, a pesar de no contar con grandes reservas. A principio de los años ochenta, el 90% de la energía primaria consumida se obtenía del petróleo y el carbón. Aún cuando en el periodo estudiado se observa un cambio en la estructura de la producción de electricidad en España con el aumento de la participación de otras fuentes energéticas, los energéticos fósiles han predominado. Por ejemplo, a partir de 1984, la producción de electricidad con energía nuclear aumentó mientras que el gas natural aumentó su participación a finales de la década de los ochenta. En el año 2004, los energéticos fósiles representaron el 82,1% de la energía primaria consumida (en miles de toneladas equivalentes de petróleo), mientras que las fuentes de energía renovables, incluyendo la hidroeléctrica, representaron el 6,4%. La energía nuclear representó el 11,7% (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio 2005).

Dado que el artículo analiza los flujos materiales, no se contabilizan las energías renovables ni la energía nuclear: las primeras porque no implican una transformación de materiales; la nuclear debido a que requiere una cantidad de masa relativamente pequeña para producir energía¹⁰.

Así, el análisis se centra en el consumo y extracción de energéticos fósiles y los clasifica en tres categorías principales: carbón, petróleo y gas natural.

El carbón representa la mayor fracción de la extracción doméstica de recursos energéticos en España debido a que existen pocas reservas de petróleo y de gas. De hecho, en 1980 el carbón representaba el 95% del total de los combustibles fósiles extraídos domésticamente, mientras que en 2004 aumentó al 98%. Sin embargo, la extracción de energéticos fósiles representó una mínima parte de la extracción total de materiales en este país como se puede observar en la

¹⁰ Para contabilizar todas las fuentes energéticas es necesario elaborar el Análisis de Flujo de Energía del país, con metodología similar a la del presente trabajo (Haberl 2001).



Figura 6. Asimismo, observamos una disminución de la cantidad de extracción doméstica del total de materiales energéticos en España, desde principios de los años 1980. Esto pudo haber sido motivado por la combinación de los siguientes factores:

- deslocalización geográfica de la producción de energía a otros países, como sugieren algunos autores (Muradian & Martínez-Alier 2001; Giljum & Eisenmenger 2004).
- agotamiento de las explotaciones de petróleo y gas, y cierre de las minas de carbón, debido a sus altos costes de explotación.

España históricamente ha sido un importador neto de energía dadas sus bajas reservas de petróleo y gas natural. La importancia de este tipo de recursos en su comercio internacional y en particular, en sus importaciones es evidente. Por ejemplo, en el año 2004 el 52% de las importaciones totales en términos de peso lo constituyeron los recursos energéticos. La Figura 5 muestra la evolución del consumo de energéticos fósiles.

El consumo de recursos fósiles en España per cápita se ha situado en torno a la media europea. Por ejemplo, en el año 2000 en España se consumían 3,01 toneladas per cápita de recursos fósiles mientras que en

EU-15 el consumo fue de 3,7 toneladas por habitante (Eurostat 2002).

4.2. Biomasa

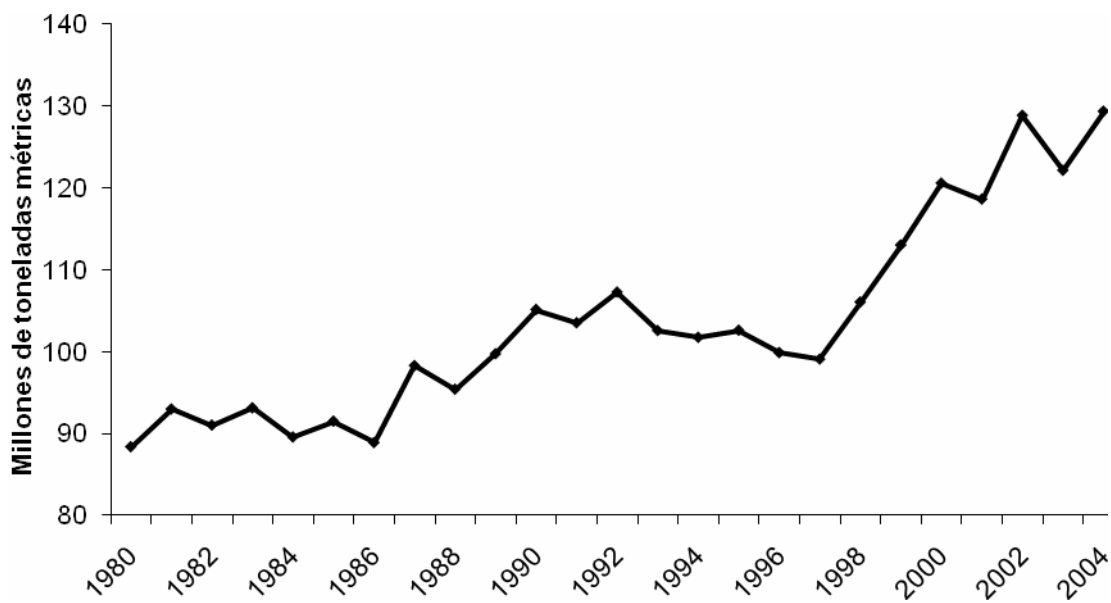
La categoría biomasa se compone de las siguientes subcategorías:

- a) los cultivos para la alimentación humana,
- b) los cultivos y pastos para producir pienso,
- c) la silvicultura y
- d) la pesca.

Los cultivos para la alimentación humana significan la mayor parte de la extracción de biomasa a lo largo del período analizado, el 57% en el 2004, seguido por la extracción de pienso que representó el 32% del total de biomasa en el 2004. El pienso está conformado por los pastos (naturales y cultivados) y por subproductos de la agricultura como la paja. En total, estos dos flujos suman el 89% de la extracción total de biomasa, de la cual destaca que el 20% corresponde a cereales para alimentación humana.

La extracción doméstica de biomasa permaneció casi estable durante el periodo, pasó de 111 millones a 127 millones de toneladas anuales, en contraste con la evolución de la extracción de energéticos

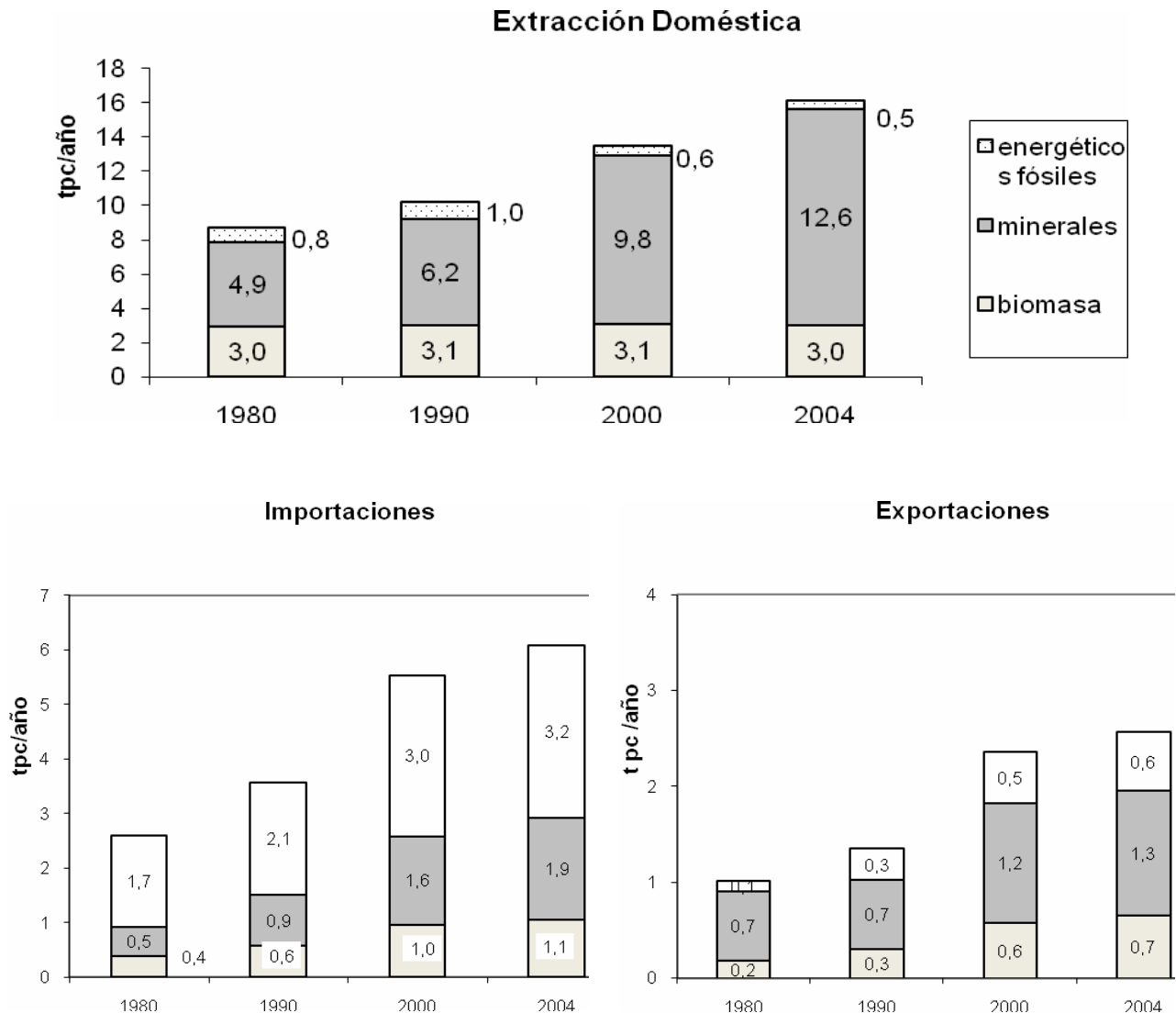
Figura 5. Evolución del consumo de energéticos fósiles en España



Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Extracción doméstica, importaciones y exportaciones per cápita en España por categoría de materiales



Fuente: Elaboración propia

fósiles y de minerales, como se puede observar en la Figura 6. Sin embargo, la entrada directa de materiales (EDM) de biomasa aumentó debido a las importaciones, que también aumentaron regularmente entre 1980 y 2004. El consumo doméstico de biomasa (CMD) aumentó en términos absolutos y ligeramente per cápita (de 3,2 a 3,4 toneladas per cápita) a lo largo del período analizado, pero evidentemente, los cambios en el consumo en este sector fueron más pequeños que los cambios experimentados en las categorías de materiales energéticos fósiles y minerales. Esto indica que el crecimiento en el consumo de materiales en España no estuvo

relacionado esencialmente con un crecimiento importante en la utilización de biomasa en este período.

4.3. Recursos minerales

De acuerdo con la metodología MFA (Eurostat 2001) los recursos minerales se dividen en tres categorías principales: metales, minerales industriales y recursos minerales para la construcción.

Históricamente, los recursos minerales han constituido la mayor parte de la extracción doméstica y del consumo en España en términos de peso. En 1980, dichos materiales representaban el 56% del total extraído mientras que en el 2004 habían aumentado



su participación hasta el 78%. Entre todas las categorías de materiales, los recursos minerales presentan la tasa de crecimiento más alta en todo el periodo. De hecho, en el periodo estudiado, la extracción doméstica de recursos minerales aproximadamente se duplicó y su consumo se triplicó. Con unas tasas de crecimiento anual promedio del 4,7% para la ED y del 5,1% para el CMD.

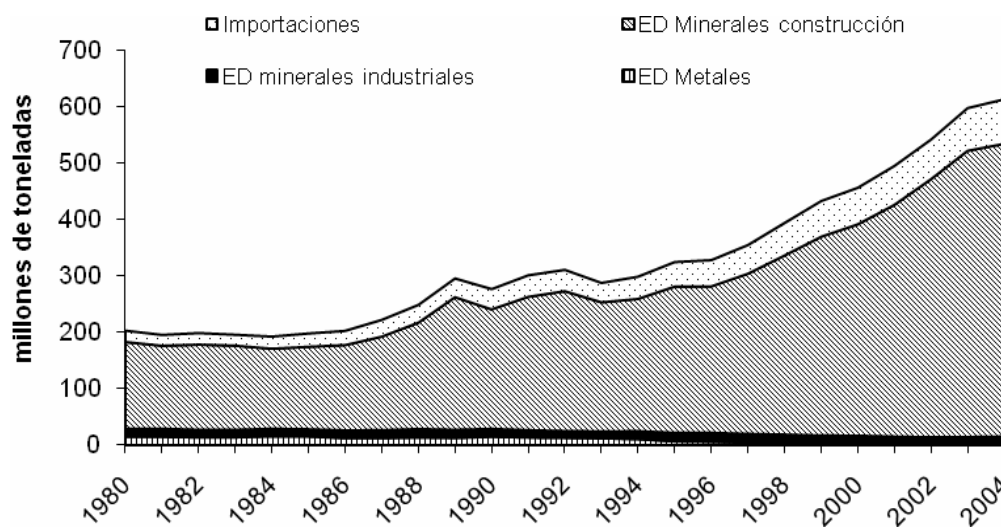
Este crecimiento se debió principalmente a la importancia económica del sector de la construcción y a su fuerte dinamismo. Durante el periodo 1980-2004, la producción de este sector registró una tasa de crecimiento real anual promedio de 3,7%, nivel por encima del crecimiento real del PIB. Durante este periodo, la construcción logró tasas de crecimiento históricas, llegando en 1989 hasta 13,7% (INE 1988, 1998, 2000, 2005). Incluso en periodos de descenso económico generalizado como a principios de la década de los noventa, el sector de la construcción no dejó de experimentar un fuerte dinamismo. Esto se refleja claramente en la extracción y uso de minerales como se aprecia en la Figura 7.

La importancia del sector de construcción en los flujos materiales también se refleja en otros indicadores, como el número de viviendas con visados de obra que se duplicó (pasó de 368 mil viviendas a 740 mil) entre 1997 y el 2004 (INE 2010).

Entre el 85 y 90% de los recursos minerales que se usaron en España se extraen domésticamente. El peso de las importaciones es relativamente bajo en comparación con la extracción doméstica (ED), por lo que el indicador EMD no difiere mucho de la extracción doméstica. Este desproporcionado uso de los materiales de construcción en España se constata cuando se comparan los datos obtenidos con la media europea para el año 2000: mientras que en EU-15 fue 6,8 t/cápita en España fue aproximadamente 10 t/cápita.

Por otra parte, los minerales industriales y los metales siguieron una tendencia muy diferente. Mientras los minerales industriales permanecieron aproximadamente estables a lo largo del período, los metales experimentaron una drástica caída pasando su extracción de 14,6 millones de toneladas en 1980 a sólo 17 mil toneladas en el año 2004. Esta disminución no está relacionada con ninguna crisis económica, sino con el cambio estructural del sector metálico en España que comenzó en la década de los ochenta, y que está estrechamente vinculado con el proceso de reconversión industrial de los años ochenta y más en concreto con el cierre y sustitución de parte de la siderurgia integral (basado en el uso del carbón como combustible y el mineral de hierro como

Figura 7. Recursos minerales: extracción doméstica e importaciones (1980-2004)



Fuente: Elaboración propia



materia prima en alto horno) por siderurgia no integral (que utiliza como materia prima chatarra y electricidad en vez de combustible, en horno de arco eléctrico).

El análisis del comercio exterior de recursos minerales en el período 1980 a 2004 muestra que España pasó de ser un exportador neto a ser un importador neto. A diferencia de los materiales de construcción, en los que domina la extracción doméstica. Los minerales industriales y los metales constituyen la mayor parte de las importaciones de este sector. Metales como el hierro y el acero (ya sea como materias primas o como bienes procesados) ocuparon la mayor proporción de las importaciones y su peso se duplicó entre 1980 y 2004. Esta tendencia es coherente con la disminución de su extracción doméstica. Varios autores (Muradian & Martínez-Alier 2001; Muradian et al. 2002; Giljum & Eisenmenger 2004) ejemplifican cómo sustituyendo metales extraídos en el territorio nacional por metales importados, los países industrializados desplazan la carga ambiental a otros países, dejando de producir este tipo de materiales y sustituyéndolos por minerales importados. Por esa razón no se puede afirmar que la reducción de la extracción doméstica de minerales industriales y de metales constituye una mejora ambiental a nivel global.

5. Conclusiones

Algunas conclusiones acerca de la relación entre la economía española y su entorno natural pueden desprenderse de este análisis. En primer lugar, a pesar del cambio estructural de la economía y de un aumento considerable del ingreso per cápita en el periodo analizado, la economía española no mostró signos de desmaterialización absoluta. Todo lo contrario, la cantidad total de material movido por la economía española creció a una tasa por encima de la tasa de crecimiento del PIB y de la población. Esto significa que la tendencia de España hacia la convergencia de ingreso per cápita dentro de la Unión europea se acompañó por un creciente consumo de materiales. La relación entre uso de materiales y PIB muestra

claramente que España aumentó no sólo el consumo de materiales en términos absolutos, sino también el consumo de materiales por unidad de riqueza producida, sin dar visos de llegar a un punto de inflexión. En este sentido, la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental no se confirma para el caso de España en el periodo analizado. Cabe señalar que otros países de la Unión Europea habían llegado al punto de inflexión a niveles más bajos de consumo de materiales que el que registró España en 2004. Asimismo, la intensidad material (CMD/PIB) se incrementó.

Los tres indicadores de materiales analizados, la extracción doméstica (ED), el consumo (CMD) y las entradas de materiales en la economía (EDM) estuvieron fuertemente ligados a los ciclos económicos, y por esa razón, España tampoco se desmaterializó en términos relativos.

Por otra parte, la economía española se ha hecho cada vez más dependiente del comercio internacional. Tanto importaciones como exportaciones aumentan más del doble a lo largo del periodo. Además, las importaciones son dos veces más grandes que las exportaciones en términos de peso. En otras palabras, España usó recursos y materias primas de otros sistemas económicos para aumentar su bienestar. Estos recursos se componen principalmente por energéticos fósiles.

El crecimiento de las importaciones de materiales podría significar un desplazamiento de la extracción de materiales y de producciones con alto impacto ambiental hacia otros países, principalmente países con un bajo nivel de ingreso, como ya ha sido sugerido por algunos autores.

Como ya se ha mencionado, el análisis cuantitativo realizado deja de lado los aspectos cualitativos de los flujos de materiales como la toxicidad. En este sentido, el MFA no debería ser visto como una evaluación completa del impacto ambiental de una economía. Sin embargo, el aumento de flujos materiales puede ser indirectamente relacionado con un aumento del impacto



ambiental durante la extracción, el transporte, su consumo y su posterior disposición final.

Otros indicadores muestran la misma tendencia que los indicadores del MFA. Por ejemplo, las emisiones de CO₂ se elevaron de 5,43 toneladas por persona en 1980 (datos del WRI (2008) a 8,29 en 2004 (según datos del PNUMA¹¹), constituyendo un aumento de casi el 72%.

Considerando la situación actual de crisis económica y la disminución drástica de las actividades de construcción en España seguramente la tendencia de crecimiento de la utilización de materiales en este país, analizada en el presente documento, ha cambiado.

REFERENCIAS

Adriaanse, A., Brigenzu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D. & H. Schütz., 1997. Resource flows: The Material Basis of Industrial Economies. Washington D. C.: World Resource Institute.

Almenar R., Bono, E. & E. García. 1998. La sostenibilidad del desarrollo: el caso valenciano. Valencia: Fundació Bancaixa.

Alonso, F. & L. Bailón. 2003. Balance y cuentas de flujos de materiales. Documentos de Trabajo 3/03. INE, Madrid.

Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M. & C. Grünbühel. 2002. Material flow accounting in Amazonia. A tool for sustainable development. Amazonia 21.

Andreoni, V. & S. Sastre. 2007. La curva de Kuznets ambiental (CKA): un estudio de caso para el Estado Español. Máster en Estudios Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona.

Arto, I. 2003. Requerimientos totales de materiales en el País Vasco. Economía Industrial No. 351: 115-128.

Bringezu, S. & H. Schütz. 2001. Total material requirement of the European Union. In: European Environmental Agency (ed): Technical Report No 55, EEA, Copenhagen.

Bringezu, S., Schütz, H. & S. Moll. 2003. Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators. Journal of Industrial Ecology Vol. 7, No. 2: 43-64.

Cañellas, S., González, A. C., Puig, I., Russi, D. Sendra C. & A. Sojo. 2004. Material flow accounting of Spain. International Journal of Global Environmental Issues Vol. 4, No. 4: 229-239.

Carpintero, O. 2005. El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000). Lanzarote: Fundación César Manrique.

De Bruyn, S. M. & J. B. Opschoor. 1997. Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. Ecological Economics Vol. 20, No. 3: 255-268.

Doldán, X. 2003. Energía, materiales y agua en la industria manufacturera gallega. Economía Industrial No. 352: 25-45.

Eisenmenger, N., Ramos, J. & H. Schandl. 2007. Análisis del metabolismo energético y de materiales de Brasil, Venezuela y Chile. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 6:17-39.

Eurostat. 2001. Economy-Wide Material Flow Accounts and Derived Indicators – a Methodological Guide. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Eurostat. 2002. Material use in the European Union 1980-2000: Indicators and analysis. Luxemburg: European Commission.

Eurostat. 2007a. Structural Indicators. Disponible en: www.eurostat.org (consultado 06/2010).

Eurostat. 2007b. Economy and Finance. Annual National Accounts. www.eurostat.org (consultado 06/2010).

Fischer-Kowalski, M. 1998. Society's Metabolism. The intellectual history of Materials Flow Analysis, Part I, 1860-1970. Journal of Industrial Ecology Vol. 2, No. 1: 61-78.

Fischer-Kowalski, M. & W. Hüttler. 1998. Society's metabolism. The intellectual history of material flow analysis Part II, 1970-1998. Journal of Industrial Ecology Vol. 2, No. 4: 107-136.

Georgescu-Roegen, N. 1976. La ley de la entropía y el problema económico. Ciencia y Desarrollo 18: 64-70. CONACYT, México. Traducción de la versión original: 'The Law of entropy and the economic process'. 1971. Massachusetts: Harvard University Press, Cambridge.

Giljum, S. 2004. Trade, material flows and economic development in the South: The example of Chile. Journal of Industrial Ecology Vol. 8: 241-261.

Giljum, S. & N. Eisenmenger. 2004. North-South trade and the distribution of environmental goods and burdens: a biophysical perspective. The Journal of Environment & Development Vol. 13, No. 1: 73-100.

González-Martínez, A. C. 2007. La extracción y consumo de biomasa en México (1970-2003): integrando la leña en la contabilidad de flujos de materiales. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica Vol. 6: 55-70.

¹¹ GEO Data Portal, del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a partir de datos de los inventarios nacionales del Convenio de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC).



- González-Martínez, A. C. & H. Schandl. 2008. The biophysical perspective of a middle income economy: Material flows in Mexico. *Ecological Economics* Vol. 68, No.1-2: 317-327.
- Grossman, G. M. & A. B. Krueger. 1991. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement, BER Working Paper, 3914.
- Haberl, H. 2001. 'The energetic metabolism of societies, Part I: Accounting concepts'. *Journal of Industrial Ecology* Vol.5, No. 1: 11-33.
- Hercowitz, M. 2003. *Metabolismo social y turístico de Lanzarote*. Cabildo de Lanzarote. Lanzarote.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2005, 2000, 1998, 1988. Anuario estadístico de España. Disponible en: http://www.ine.es/prodyser/pubweb/anuarios_mnu.htm (consultado 06/2010).
- Instituto Nacional de Estadística (INE). 2010. Estadísticas de la Construcción. Disponible en: http://www.ine.es/inebmenu/mnu_construc.htm (consultado 06/2010).
- Jänicke, M., Mönch, H., Ranneberg, T. & U. E. Simonis. 1989. Economic Structure and Environmental Impacts: East-West Comparisons. *The Environmentalist* Vol. 9: 171-182.
- Madrid, C. & E. Velázquez. 2008. El metabolismo hídrico y los flujos de agua virtual. Una aplicación al sector hortofrutícola de Andalucía (España). *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 8: 29-47.
- Malenbaum, W. 1978. *World demand for raw materials in 1985 and 2000*. New York: McGraw-Hill.
- Matthews, E., Amann, C., Brigenzu, S., Fischer-Kowalski, M., Hütler, W., Kleijn, R., Moriguchi, Y., Ottke, C., Rodenburg, E., Schandl, H., Schütz, H., van den Voet, E. & H. Weisz. 2000. *The weight of nations, Material Outflows from Industrial Economies*. Washington D. C.: World Resource Institute.
- Mielnik, O. & J. Goldemberg. 1999. The evolution of the "carbonization index" in developing countries. *Energy Policy* Vol. 27, No. 5: 307-308.
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2005. *La energía en España, 2005*. Disponible en: <http://www.mityc.es/energia/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx> (consultado 06/2010).
- Muradian, R. & J. Martínez-Alier. 2001. Trade and the environment from a 'Southern' perspective. *Ecological Economics* Vol. 36, No. 2:281-297.
- Muradian, R., O'Connor, M. & J. Martínez-Alier. 2002. Embodied pollution in trade: estimating the 'environmental load displacement' of industrialised countries. *Ecological Economics* Vol. 41, No. 1: 51-67.
- Naredo J. M. & J. Frías. 1988. Los flujos de materiales, los flujos de energía y los residuos. Comunidad de Madrid, Consejería de Economía, Documento de trabajo.
- Naredo J. M. & J. Frías. 2003. El metabolismo económico de la conurbación madrileña. 1984-2001. *Economía Industrial* No. 351: 87-114.
- OCDE. 2007. *OECD Factbook 2007: Economic, Environmental and Social Statistics*.
- Pérez-Rincón, M. A. 2006. Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological 'Prebisch thesis'. *Ecological Economics* Vol. 59, No. 4: 519-529.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). GEO Data Portal. Convenio de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). Disponible en: <http://geodata.grid.unep.ch> (consultado 06/2010).
- Ramos-Martin, J. 1999. Breve comentario sobre la desmaterialización en el estado español. *Ecología Política* No. 18: 61-64.
- Ramos-Martin, J. 2003. Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada. *Revista de Economía Industrial* No. 351: 59-72.
- Roca, J., Padilla, E., Farré, M. & V. Galleto. 2001. Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics* Vol. 39, No. 1: 85-99.
- Russi, D., Gonzalez-Martinez, A. C., Silva-Macher, J. C., Giljum, S., Vallejo, M. C. & J. Martínez Alier. 2008. Material Flows in Latin America: A comparative Analysis of Chile, Ecuador, Mexico and Peru (1980-2000). *Journal of Industrial Ecology* Vol. 12, No. (5-6): 704-720.
- Sastre, S. 2007. *Material flow accounting of Spain. A regional perspective*. Tesis de Máster en Ciencias Ambientales-Economía Ecológica. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Schandl, H., Grünbühel, C., Haberl, H. & H. Weisz. 2002. *Handbook of physical accounting. Measuring biophysical dimensions of socio-economic activities MFA-EFA- HANPP*. Vienna: Federal Ministry of Agricultural and Forestry, Environment and Water Management of Austria, IFF.
- Sendra, C., Gabarrell, X. & T. Vicent. 2008. Análisis de los flujos de materiales a diferentes escalas. Estudio del metabolismo material de sistemas. Tesis Doctoral en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Silva-Macher, J. C. 2007. *El peso de la economía peruana. Contabilidad de flujos de materiales de Perú. 1980-2004*. Tesis de Máster en Ciencias Ambientales-Economía Ecológica. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Stern, D. I. 2001. 'Progress on the environmental Kuznets curve?'. *Environment and Development Economics* Vol. 3: 173-196.
- Suri, V. & D. Chapman. 1998. Economic growth, trade and energy: Implications for the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics* Vol. 25, No. 2: 195-208.



Unruh, G. C. & W. R. Moomaw. 1998. An alternative analysis of apparent EKC-type transitions. *Ecological Economics* Vol. 25, No. 2: 221-229.

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.

World Bank. 1992. *Development and the Environment. World Development Report 1992*. Oxford, New York: Oxford University Press.

World Resource Institute 2008. Disponible en: http://earthtrends.wri.org/searchable_db/index.php?action=select_variable&theme=3 (consultado 06/2010).

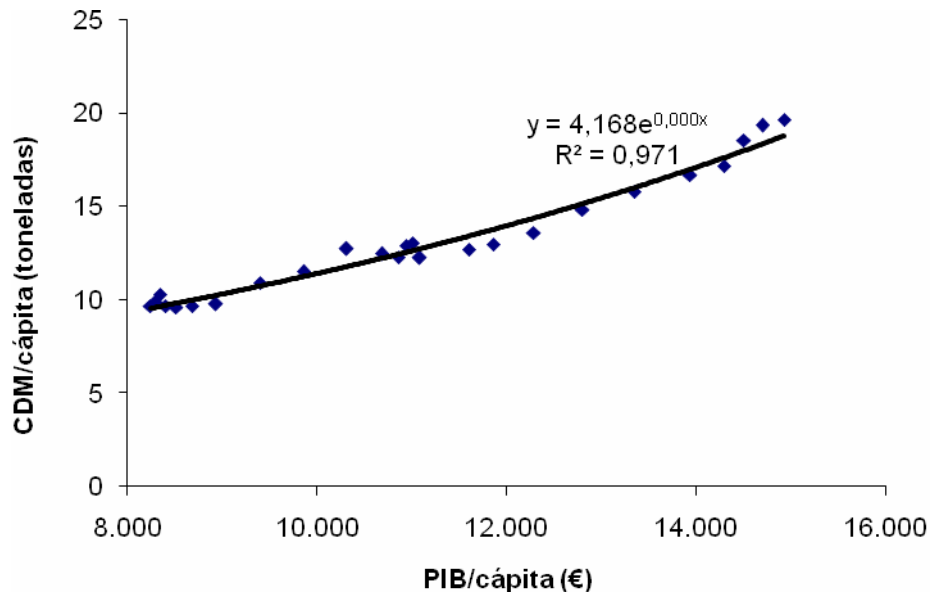
Weisz, H., Krausmann, F., Amann, C., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Hubacek, K. & M. Fischer-Kowalski. 2006. The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. *Ecological Economics* Vol. 58, No. 4: 676-698.

ANEXO

Fuentes de Datos y Estimaciones	
Datos	Fuente
Biomasa agricultura: 1980-2004	FAO, 2007. FAOSTAT- Statistical database. Disponible en: http://faostat.fao.org FAO, Roma.
Biomasa forraje 1980-2004	FAOSTAT _ LAND USE.
Biomasa pasturas permanentes: 1980-2004	Estimación propia a partir de la superficie de pastura permanente extraída de FAOSTAT y del coeficiente de productividad media (t/ha). Como coeficiente de productividad media para el Centro de Europa se recomienda entre 1 y 5 t/h (Comunicación personal, IFF).
Biomasa subproducto de las cosecha (cereales y remolacha)	Estimación propia según el método recomendado por Eurostat (2002). Productividad de cereales excepto maíz. La relación cultivo-subproducto es 1:0,5. La relación cultivo-subproducto de la remolacha es 1:0,2. (Comunicación personal, IFF).
Biomasa: Pesca 1980-2004	FAO, 2007. FISHSTAT - Statistical database.
Biomasa: Forestal 1980-2004	FAO, 2007. FORESTAT - Statistical database.
Combustibles fósiles 1980-2004	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2005). La energía en España, 2005. Disponible en: www.mityc.es/NR/rdonlyres/9F6691BB-CE80-48DF-AD91-A90FACEA8E71/0/Energia2005.pdf
Comercio exterior 1980-1985	Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Aduanas. Estadística del comercio exterior de España. Vol I. Comercio por Países y productos.
Comercio exterior 1986, 1989, 1991, 1992, 1993	Eurostat. Disco COMEXT.
Comercio exterior 1987, 1988, 1990	Estimación propia con base en la tasa interanual.
Comercio exterior 1994-2004	Instituto Nacional de Estadística. Economía. Comercio Exterior. Disponible en: www.ine.es/inebase/cgi/axi?AXIS_PATH=/inebase/temas/t41/a121/a1998/10/&FILE_AXIS=x10031.px&CGI_DEFAULT=/inebase/temas/cgi.opt&COMANDO=S_ELECCION&CGI_URL=/inebase/cgi/
Minerales, 1980-1998	Estadística Minera de España. Ministerio Industria y Energía.
Minerales, 1999-2000	Estadística Minera de España. Ministerio de Economía.
Minerales, 2001-2004	Estadística Minera de España. (Comunicación Personal del Ministerio de Economía).
PIB	EUROSTAT. Economy and Finance. Annual National Accounts. GDP and main aggregates.
PIB sector de la construcción	INE (2005, 2000, 1998, 1988) Anuario estadístico de España. Disponible en: www.ine.es/prodyser/pubweb/anuarios_mnu.htm
Población	EUROSTAT. Population and Social Conditions.

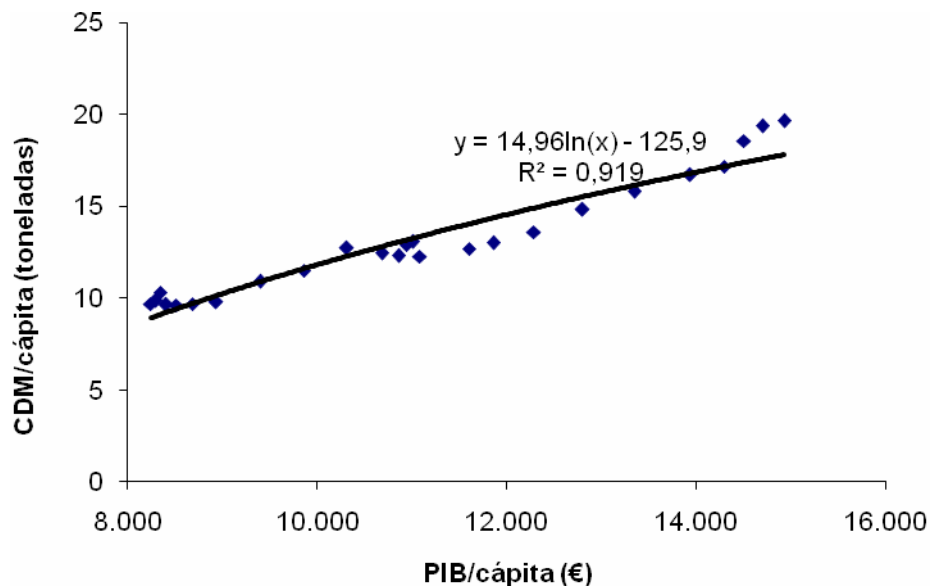


Figura 8. Relación entre uso de materiales y nivel de ingreso en España. Ajuste exponencial



Fuente: Elaboración propia

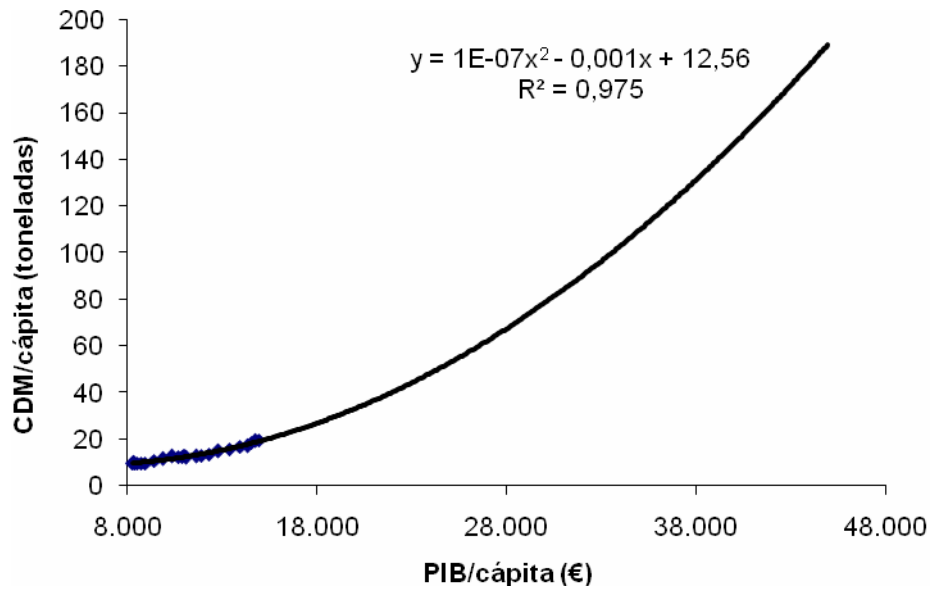
Figura 9. Relación entre uso de materiales y nivel de ingreso en España. Ajuste logarítmico



Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Relación entre uso de materiales y nivel de ingreso en España. Ajuste polinómico grado dos y extrapolación



Fuente: Elaboración propia