

LA DESMATERIALIZACIÓN DE LA ECONOMÍA MUNDIAL A DEBATE. CONSUMO DE RECURSOS Y CRECIMIENTO ECONÓMICO (1980-2008)

Juan Infante Amate¹

Universidad Pablo de Olavide (Sevilla), España

Fecha de recepción del original: junio de 2014

Fecha de aceptación en su versión final: noviembre de 2014

Resumen

En el debate de los límites del crecimiento, la idea de desmaterialización ha ocupado un lugar cada vez más importante. Este trabajo ofrece una revisión del concepto así como de sus principales aportaciones. Tomando la base de datos de SERI (2008) que ofrece información del consumo de recursos, se analizan diferentes indicadores de desmaterialización entre 1980 y 2008 para una muestra de 149 países. Los principales resultados apuntan que el mundo dibuja un proceso de caída en la intensidad material, agudizado en los países más ricos. Sin embargo, el crecimiento absoluto en el consumo de recursos sigue aumentando y, los que se han estabilizado, lo han hecho unas tasas muy elevadas. Proponemos una revisión crítica de las causas de tal proceso.

Palabras clave: *desmaterialización, consumo de recursos, crecimiento económico, metabolismo social, contabilidad del flujo de materiales.*

Abstract

In the limits of the growth debate, the idea of dematerialization is playing a key role. This paper try to provide a review of this concept as well as its major contributions. Following the database of SERI (2008), the paper builds several indicators of dematerialization between 1980 and 2008 for a sample of 149 countries. The main findings point out that the world is drawing a clear pattern of "weak dematerialization", sharpened in richer countries. However, the absolute growth of resources consumption keep growing and, the countries that has stabilized his consumption have made it in very high rates. We propose a critical review of the causes of such process.

Keywords: *dematerialization, resources consumption, economic growth, social metabolism, material flow accounting.*

¹ jinfama@upo.es

INTRODUCCIÓN²

La toma de conciencia, principalmente desde la década de 1970, de los límites materiales sobre los que se ha sostenido el crecimiento económico moderno, abrió uno de los debates más importantes de las últimas décadas y que alcanza hasta nuestros días: el de los límites del crecimiento o, dicho más ampliamente, el de si es posible sostener el crecimiento económico sobre la base de un consumo de recursos cada vez más escaso. Aunque esta preocupación estaba muy presente en las obras de algunos economistas clásicos como Ricardo o Malthus, lo cierto es que la industrialización económica y su creciente dependencia de recursos agotables ubicaron esta problemática en un lugar más destacado de las discusiones académicas y políticas en la segunda mitad del siglo XX (v.gr. NRC 2008; Bardi 2011; EC 2011; Wiedmann et al. 2013)³.

De aquel tiempo a esta parte el debate está lejos de haberse cerrado. Algunos autores siguen alertando de que este problema condicionará la expansión económica mundial en el futuro, generando nuevos conflictos, escasez de recursos y un inevitable proceso de decrecimiento (Schneider et al. 2010; Hsiang et al. 2013; Krausmann et al. 2008b). Otros, recuerdan que la economía mundial está creciendo más rápidamente que el consumo de materiales, lo que se interpreta como evidencia de que es posible crecer más consumiendo menos (Malenbaum 1978; Reddy y Goldemberg 1990; Fischer-Kowalski y Swilling 2011; Voigt et al. 2014). A su vez, sostienen que este proceso puede continuar por la vía de nuevas salidas tecnológicas, mejoras de eficiencia o por el desarrollo de sectores económicos menos extractivos (v.gr. Bardi 2011).

La noción de *desmaterialización* constituye una de las ideas más recurrentes para abordar este problema. Para algunos autores la *desmaterialización* supone una caída en la intensidad material o energética de una economía, lo que dicho de otra forma implica que el crecimiento económico sea superior al crecimiento del consumo de recursos. Según esta aproximación el desacople entre ambas magnitudes indicará que una sociedad disocia su crecimiento del impacto ambiental. De hecho, la mayor parte de la literatura sobre el asunto revela que tal tendencia está teniendo lugar a nivel global (Fischer-Kowalski y Swilling 2011; Goldemberg y Siqueira 2011; Wiedenfoher et al. 2013; Voigt et al. 2014). Sin embargo, aunque esto pueda ser un hecho, hay sobradas razones para creer que la caída en la intensidad material o energética no implica necesariamente una mejor salud ecológica: aunque el PIB se expanda más rápidamente que el impacto ambiental éste último puede estar creciendo en términos absolutos y, por otro lado, asociar el impacto ambiental al PIB implica, de alguna forma, darle carta de naturaleza como indicador de progreso social, tratando de justificar la presión sobre los recursos en base a una expansión del crecimiento económico. Hoy en día hay sobradas evidencias de que la citada macromagnitud está lejos de ser el mejor indicador de bienestar (v.gr. Wilkinson 2002; Stiglitz et al. 2010; Costanza et al. 2014).

Por todo ello, para otros autores, la *desmaterialización* debe implicar una caída en términos absolutos en el consumo de recursos pues, a fin de cuentas, el problema de su agotamiento es ajeno al mundo crematístico (De Bruyn y Opschoor 1997; Cleveland y Ruth 1998; Martínez-Alier 2006). Ambas medidas, por tanto, dan respuesta a dos preguntas diferentes. La primera, responde a si es posible crecer económicamente con un consumo relativo cada vez menor de recursos. Aunque como señalamos ofrece una visión sesgada del impacto ambiental, no podemos obviar que es un indicador altamente utilizado por buena parte de las instituciones internacionales (OECD 2011; UNEP 2011; Eurostat 2012). La segunda, responde a la pregunta de si las economías están reduciendo su consumo de materiales en términos absolutos y en consecuencia están aliviando la presión ambiental.

² El autor quiere agradecer las sugerencias de Manuel González de Molina y David Soto y, en especial, los comentarios de los dos revisores anónimos que han ayudado a mejorar sustancialmente la versión inicial del trabajo. La investigación ha contado con el apoyo de los proyectos HAR2012-35572 del Ministerio de Innovación, Ciencia y Tecnología y 895-2011-1020 de la Canadian Social Sciences and Humanities Research Council.

³ Aunque en un primer momento la industrialización, y más concretamente la transición energética, provocó justo lo contrario: expandió la creencia del fin del estado estacionario y del crecimiento ilimitado (Wrigley 1990).

El principal problema para abordar con evidencia empírica mediante tales debates es que hasta hace relativamente pocos años no teníamos una medida cabal del consumo de recursos a escala mundial. Es más, hasta finales de los 90 ni siquiera existía una metodología específica para su contabilización. Lo que dicho en otros términos significa que todas las alusiones que se hacían a la *desmaterialización* –del tipo que fuera- estaban basadas en estudios territoriales muy concretos o sobre productos específicos. Hoy estamos en condiciones de hablar de *desmaterialización* con mucho más fundamento que antes de 1997, cuando apareció el primer trabajo EW-MFA para varios países utilizando una metodología estándar (Adriaanse et al. 1997).

El principal objetivo de este trabajo es el de ofrecer una síntesis sobre la evolución de la *desmaterialización* –en sus diferentes formas- de la economía mundial desde 1980 hasta nuestros días. Aprovechando la publicación de bases de datos de consumo de recursos para diferentes países del mundo, así como otras existentes sobre crecimiento económico, podemos hacer una evaluación general de la *desmaterialización* mundial, a escala de país, en las últimas tres décadas. En la primera parte de este trabajo debatimos sobre el concepto de la *desmaterialización*. En la segunda, detallamos las fuentes utilizadas para nuestra estimación así como la metodología de estudio. Después presentamos los resultados: una perspectiva de largo plazo de los indicadores de *desmaterialización* en el mundo para todos los países, desde 1980 hasta la actualidad, reconstruyendo los indicadores tradicionalmente asociados a tal debate. Finalmente, dejamos lugar para una revisión crítica de los resultados obtenidos que pasa por evidenciar los problemas metodológicos de las estimaciones así como por atisbar las causas de un proceso que buena parte de la literatura lee como exitoso.

¿QUÉ ES LA DESMATERIALIZACIÓN?

En 1990 apareció un influyente trabajo en *Scientific American* (Reddy y Goldemberg 1990) que, retomando algunas ideas ya expuestas en los años 70 por Malenbaum (1978), hacía notar que los países con mayores tasas de crecimiento económico estaban protagonizando un descenso en su intensidad energética, esto es, el uso de energía por unidad de PIB estaba cayendo. Apuntaban la existencia de un patrón análogo al descrito por Simon Kuznets en 1959 para el caso de las desigualdades económicas pero, ahora, adaptado a la cuestión ambiental: en una primera fase las economías tienden a mostrar una intensidad energética creciente pero, llegado un nivel de renta, aparece un punto de inflexión tras el cual la intensidad decrece. Dicho de otra forma: las economías podrían seguir creciendo haciendo un menor uso relativo de recursos. Era una respuesta directa a los influyentes trabajos que venían alertando sobre los límites del crecimiento (v.gr. Meadows et al. 1972).

La relación entre crecimiento económico y presión ambiental aparece hoy en día centenares de trabajos. Numerosas investigaciones han relacionado expansión económica con niveles de contaminación específica, emisiones de CO₂, uso de energía, consumo de materiales, etc. ¿Qué ha quedado de todo ello? De entrada, estamos lejos del consenso. En 1995 el premio Nobel de Economía Kenneth J. Arrow, junto con otros destacados investigadores de diferentes disciplinas, apuntaba que el crecimiento económico no sería la solución a los problemas ambientales: tras una exhaustiva actualización bibliográfica apuntaban que la *Curva Ambiental de Kuznets*, esto es, la U invertida que habría de dibujarse al relacionar expansión económica y degradación ambiental, a veces se cumplía pero, en la mayoría de los casos, no (Arrow et al. 1995). Dependería del tipo de variable ambiental analizada, del tipo de país o del período histórico. De hecho, desde la aparición de aquel artículo, hasta la fecha, la evidencia expuesta no parece quitar la razón a Arrow y colegas. No dejan de aparecer trabajos que muestran la existencia de la U invertida en tanto que otros evidencian lo contrario: depende del ámbito del estudio y la variable estudiada (Dinda 2004).

Una derivada de la *Curva Ambiental de Kuznets* ha sido la relación entre crecimiento económico y consumo de recursos, también conocida como intensidad material de una economía. Cuando esta

relación aparece como decreciente la literatura habla de *desmaterialización* (De Bruyn y Opschoor 1997) o *decoupling* (Bringezu et al. 2004; Fisher-Kowalski y Swilling 2011). Es importante, por tanto, recordar que cuando hablamos de *desmaterialización* no estamos hablando de un indicador, sino del comportamiento decreciente de un indicador, en este caso la intensidad energética o material. Como señalábamos más arriba, la literatura ofrece un alto grado de consenso a la hora de apuntar que, en efecto, se está produciendo una *desmaterialización*, entendida como una caída en la intensidad energética y material de la economía mundial, principalmente en la segunda mitad del siglo XX (Malenabaum 1978; Reddy y Goldemberg 1990; Fischer-Kowalski y Swilling 2011; Voigt et al. 2014). Sin embargo, existen crecientes evidencias para matizar tales afirmaciones. Recientemente se ha puesto de manifiesto que aunque la intensidad energética decrece si se mide en términos absolutos pero no en relación al consumo por habitante (Bithas y Kalimeris 2013). Por otro lado se recuerda que buena parte de los trabajos que muestran la existencia de tal pauta *desmaterializadora* a nivel de país solo identifican el consumo aparente de recursos, sin incluir la huella total del consumo, esto es, los recursos consumidos por terceros países para producir bienes que exportan (Wiedmann et al. 2013). Finalmente cabe añadir que aunque exista tal caída global en la intensidad energética o material, no podemos decir que exista ninguna U invertida pues los estudios realizados a nivel de país revelan que en la mayoría de los casos se observan pautas inconexas de *desmaterialización* y *rematerialización* intermitentes (de Bruyn y Opschoor 1997; Ramos 2003). Dicho de otra forma, afirmar que llegados a un punto determinado en el nivel de renta, la intensidad energética caerá, es una afirmación incierta.

Sin embargo, la principal impugnación a tal indicador no es relativa al análisis de sus resultados sino que pone en cuestión directamente su utilidad. Supongamos que un país A crece a una tasa del 1% anual y que el consumo de recursos lo hace al 2%. Supongamos que un país B crece a una tasa del 6% y su consumo de recursos lo hace al 5%. El segundo logra el ansiado objetivo de la *desmaterialización*, la U invertida, la *Curva Ambiental de Kuznets* o una decreciente intensidad energética o material. El primero, no. Sin embargo, el consumo absoluto de recursos en el segundo es mucho mayor que en el primero. Es de suponer que afrontará mayores problemas ambientales (o los trasladará fuera de sus fronteras). Joan Martínez-Alier (2006) medió en este debate afirmando que:

"Al medio ambiente el PIB le importa poco, por así decir, y lo relevante es la medida absoluta. Lo mismo ocurre con indicadores sociales o de salud pública. Si la criminalidad aumenta, ¿podemos decir que la situación mejora porque el número de crímenes dividido por el PIB disminuye? Y si aumentan los enfermos de sida, ¿dividimos los aumentos de PIB para mejorar el resultado?"

Este razonamiento ya había llevado a algunos autores a distinguir entre *desmaterialización fuerte* o *absoluta* y *desmaterialización débil* o *relativa* (De Bruyn y Opschoor 1997; Cleveland y Ruth 1998). La primera se centra en los aspectos más ecológicos de la dinámica económica, habiendo sido elemento central en disciplinas como la Economía Ecológica, en tanto que la segunda centra el análisis ambiental en metodologías económicas convencionales, siendo más propio de la denominada Economía Ambiental. El primero entiende que la *desmaterialización* solo ocurre con una reducción efectiva del consumo de recursos. El segundo que la *desmaterialización* ocurre cuando el consumo de recursos crece a un ritmo menor que el PIB. Cuando ocurre lo contrario, en ambos casos, hablamos de *rematerialización* (tanto *débil* o *relativa* como *fuerte* o *absoluta*). En cualquier caso, como apuntábamos en la introducción, ambos indicadores responden a dos preguntas diferentes.

METODOLOGÍA Y FUENTES

La principal aportación de este trabajo consiste en el estudio del consumo de materiales y de la intensidad material para un conjunto de 149 países entre 1980 y 2008. En términos de PIB utilizamos la base de datos de Maddison (2014), ajustada PPA y con dólares de 1990. Para el consumo de recursos la de SERI

(2008), basada en las nuevas metodologías EW-MFA. Estas últimas, debido a su novedad, requieren una explicación más detallada.

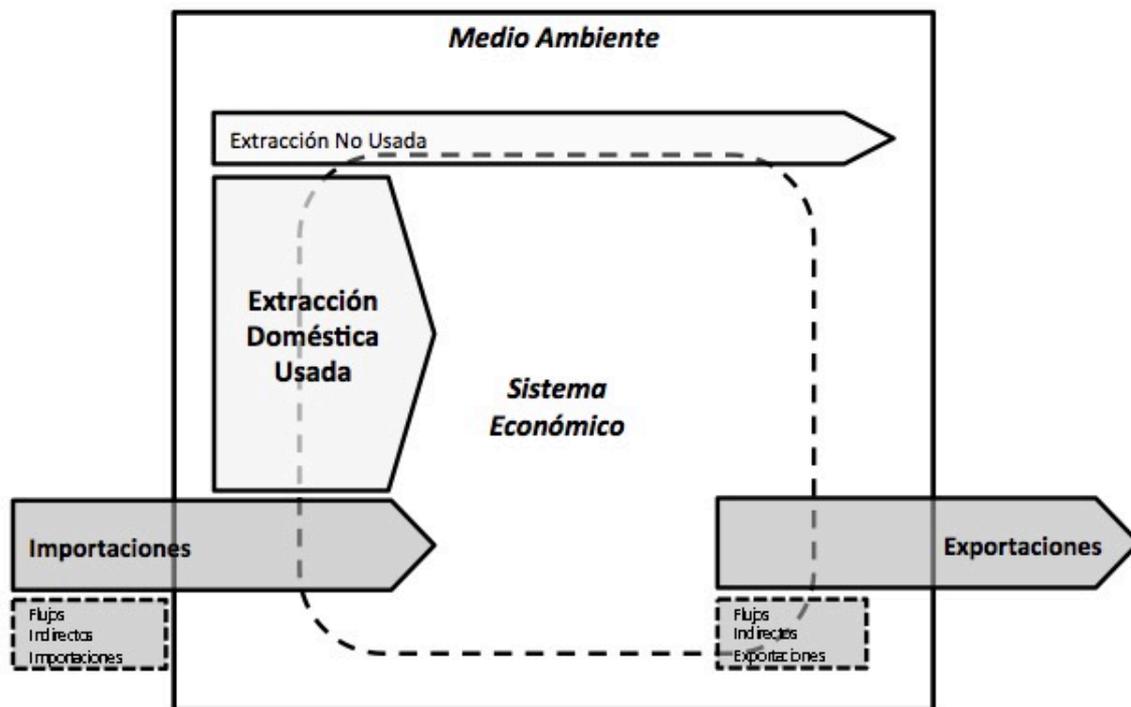
Desde los años 90 se desarrolló el concepto de "metabolismo social". Varios autores trasladaron la metáfora del metabolismo biológico al plano social subrayando que la sociedad es un agregado que para su funcionamiento y reproducción requiere flujos de energía y materiales (Fischer-Kowalski 1998). Nacieron así conceptos como los de metabolismo de las ciudades (Wolman 1965), metabolismo industrial (Ayres 1989) o, más ampliamente, metabolismo social (Fischer-Kowalski 1998). En todos los casos la propuesta era análoga: el hombre requería crecientes cantidades de energía y materiales, empezaba a ser un importante agente de transformación de la biosfera y urgía, pues, la vía de estudiar sus relaciones de intercambio de materiales y energía. De esta forma, tras la consolidación de tales conceptos se fueron proponiendo varias metodologías para el análisis de los flujos de energía y materiales de las sociedades (MEFA, desde aquí). La perspectiva MEFA, en rigor, alberga una gran cantidad de indicadores desde la escala de producto (LCA, MIPS...) hasta una dimensión global (Bringezu et al. 2003). Sin duda, el más interesante para cuantificar el transumo de recursos en un territorio ha sido el denominado Economy-Wide MFA (EW-MFA).

La metodología EW-MFA permite estimar los recursos extraídos en un territorio dado tomando en consideración también los flujos indirectos o "mochilas ecológicas" para su obtención (Schmidt-Bleek 1993). En la propuesta se estiman las importaciones así como las exportaciones. Todo lo cual permite obtener algunos indicadores comparables entre territorios⁴. En la figura 1 se sintetizan los principales flujos estudiados, de los cuales, han destacado (aunque hay otros más) los siguientes indicadores: Extracción Doméstica (ED), que es la extracción de recursos usados dentro del territorio. Consumo Doméstico de Materiales (CDM), que es el consumo de materiales por parte de la economía y se deriva de: $CDM = ED + Importaciones - Exportaciones$. Balance Comercial Físico (BCF), esto es, la diferencia entre las importaciones y las exportaciones, o lo que es igual: $BCF = Importaciones - Exportaciones$ o, de otra forma: $BCF = CDM - ED$.

En muchas ocasiones estos indicadores llevan asociados los flujos de materiales necesarios para su procesamiento o extracción. Derivado de la idea de "mochila ecológica" que avisaba que para el consumo final de un bien se han movilizad otros muchos más recursos (Schmidt-Bleek 1993), algunos autores han hecho estimaciones al respecto. En la metodología EW-MFA se suele aludir a los mismos como "flujos ocultos" o "flujos indirectos". Sin embargo, aunque existen bases de datos creadas *ex profeso* que estiman tales flujos para la extracción de la mayoría de recursos, lo cierto es que la incertidumbre de tales estimaciones así como la imposibilidad de discriminarlas en tiempo y espacio, ha hecho que muchos investigadores y agencias estadísticas solo tomen en consideración la extracción directa.

⁴ Existen varios estados de la cuestión sobre este indicador que resumen y detallan más profundamente la propuesta. Vid. Daniels y Moore (2002a,b), Bringezu et al. (2003, 2011) o Fischer-Kowalski et al. (2011).

FIGURA 1. Modelo estandarizado Economy-Wide MEFA para el análisis de los flujos de energía o materiales.



Fuente: adaptado de Eurostat (2001).

Desde la consolidación de esta metodología a finales de los 90 (Adriaanse et al. 1997; Mathews et al. 2000; Eurostat 2001), han proliferado decenas de investigaciones a diferentes escalas temporales y territoriales que han calculado los EW-MFA para un gran número de estudios de caso⁵. En la actualidad contamos con información para todos los países del mundo en la base de datos desarrollada por el Sustainable Europe Research Institute (SERI 2008). En ella se pueden consultar los principales indicadores de esta metodología para todos los países entre los años de 1980 y la actualidad⁶.

Numerosas investigaciones habían propuesto estimaciones EW-MEFA para diferentes regiones del mundo que ahora están incluidas en la base de datos citada y que por su número resulta imposible compilar en este trabajo. En la tabla 1, a modo de revisión, ofrecemos una selección de los principales trabajos que añaden alguna información adicional a la base de datos del SERI: principalmente aquellos que añaden una variable temporal más amplia, esto es, que proporcionan datos anteriores a 1980. Encontramos estudios monográficos de varios países americanos, europeos y de la región Asia-Pacífico que empiezan su estudio en 1970. En algún caso la evidencia se extiende hasta mediados del siglo XX. Para cinco países (EEUU, Japón, Inglaterra, Checoslovaquia, España y Austria) contamos con datos desde el siglo XIX.

⁵ Por cierto, uno de los pioneros fue un estudio realizado para el caso de España (Carpintero 2005). Cabe destacar la relevancia de este trabajo por su profundidad temporal –cubre la segunda mitad del siglo XX– y por las completas estimaciones de todos los flujos –directo e indirectos–.

⁶ Aunque no están todos los datos listos para años recientes. Por eso en este trabajo estudiaremos hasta 2008 y por ello citamos la versión SERI (2008), aunque ha habido una actualización más reciente.

TABLA 1. Revisión de los principales trabajos EW-MFA publicados con una perspectiva temporal anterior a 1980, período a partir del cual SERI (2008) ofrece datos para todos los países del mundo.

América		
EEUU	1870-2005	Gierlinger y Krausmann (2012)
Argentina	1970-2009	Manrique et al. (2013)
Cuba	1970-2003	Eisenhut (2009)
Ecuador	1970-2006	Vallejo (2010)
México	1970-2003	González Martínez (2007)
Chile	1973-2000	Giljum (2004)
Colombia	1975-2007	Vallejo et al. (2011)
Asia-Pacífico		
Australia	1970-2005	Schandl et al. (2008)
India	1961-2008	Singh et al. (2012)
Japón	1878-2005	Krausmann et al. (2011)
Europa		
Austria	1830-2000	Krausmann et al. (2008a)
Checoslovaquia	1830-2000	Kuskova et al. (2008)
Checoslovaquia	1855-2007	Kovanda y Hak (2011)
Reino Unido	1855-1997	Schandl y Schulz (2002)
España	1860-2010	Infante-Amate et al. (2015)
España	1955-2000	Carpintero (2005)
Finlandia	1970-1997	Mäenpää y Juutinen (2001)
Reino Unido	1970-2000	Sheerin y Branch (2002)
Multinacional		
Asia-Pacífico (46 países)	1970-2005	Schandl and West (2010)
Australia-China-Japón	1970-2005	Schandl and West (2012)
Austria, Alemania, Japón, Holanda y Estados Unidos	1970-1994	Adriaanse et al. (1997) y Matthews et al. (2000)
Unión Europea - 15	1970-2001	Weisz et al. (2006)
Latinoamérica y Caribe (22 países)	1970-2008	West and Schandl (2013)
Total mundial	1900-2009	Krausmann et al. (2009)

Fuente: elaboración propia.

En resumen, hoy en día es posible contar con información precisa y estandarizada sobre el consumo de recursos a escala global para todos los países del mundo desde 1980 y en una dimensión temporal más amplia para otros estudios de caso.

En el siguiente apartado ofrecemos una breve síntesis de los indicadores de consumo de materiales e intensidad material a escala global para todo el siglo XX así como algunas evidencias a escala de estado basadas en las fuentes citadas en la tabla 1. Sin embargo, la principal aportación de este trabajo es el estudio de tales indicadores para todos los países del mundo entre 1980 y 2008.

Para ello hemos tomado los datos de consumo de materiales del SERI (2008) y de población y PIB de Maddison (2014). Ambas bases de datos presentan divergencias en el número total de países para los que ofrecen información. En ocasiones agrupan los de menor tamaño y en otras no siguen el mismo criterio sobre aquéllos que se han integrado en otros y viceversa. De hecho, entre 1980 y 2008 los datos de Maddison recogen un total de 161 países (agrupa países pequeños) y los del SERI, 187 países, siguiendo la distribución actual de los mismos. Esto hace que haya problemas con los desaparecidos en las fechas

de estudios (por ejemplo la URSS o Yugoslavia). Hemos realizado interpolaciones para dividir el consumo o PIB en estos casos atendiendo a los porcentajes de consumo de los que teníamos datos en las fechas más próximas. En total hemos podido cruzar un total de 149 países del mundo que, en cualquier caso, representan un 99,62% y 99,73% del consumo de recursos mundiales en 1980 y 2008 respectivamente y, en el caso del PIB, un 98,18% y un 97,82% respectivamente.

Además de ofrecer datos sobre el consumo de recursos e intensidad material, hemos trabajado nuestra base de datos siguiendo la propuesta de Bringezu et al. (2004). En tal trabajo, para un total de 23 países, en su mayoría europeos, y con una perspectiva histórica de corto plazo, los autores propusieron un modelo simple pero eficaz para analizar la evolución del consumo de recursos y la intensidad material. A saber: estableciendo una regresión lineal de la evolución del Consumo Directo de Materiales (y) y el Producto Interior Bruto (x), la pendiente obtenida (b), nos informa de la evolución del consumo de recursos y la intensidad material. En nuestro caso, hemos tomado solo los dos años extremos, 1980 y 2008, sin analizar la serie completa para facilitar el cálculo. De esta manera realizamos un ajuste entre ambos años en el que entendemos Y como la variación del consumo de materiales y X como la variación del PIB, entendiendo 1980=100. La pendiente de la recta que une los valores inicial y final para cada país durante el período sería:

$$b = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{x_t - x_0}{y_t - y_0} \quad [1]$$

El parámetro b , esto es, la pendiente, nos informa de la relación entre consumo de recursos y crecimiento económico, de forma que:

Si $b > 1$, el crecimiento del consumo de recursos ha sido durante el período estudiado mayor que el crecimiento económico. Asistimos a un proceso de *rematerialización débil y fuerte*, en el sentido en el que los recursos crecen y lo hacen a una tasa superior que el crecimiento económico. Cuanto mayor sea el valor de b , mayor será el grado de *rematerialización*.

Si $b = 1$, el crecimiento del consumo de recursos es exactamente igual que el crecimiento económico.

Si $0 < b < 1$, esto es, si el parámetro b está entre 0 y 1, nos informa de que hay un crecimiento en el consumo de recursos (*rematerialización fuerte*) pero a una tasa menor que el crecimiento económico (*desmaterialización débil*).

Si $b = 0$, el consumo de recursos se ha mantenido constante a lo largo del período estudiado y la economía ha crecido.

Si $b < 0$, esto es, una pendiente negativa, hay un decrecimiento total del consumo de recursos.

Este procedimiento nos permitirá analizar la evolución de los indicadores estudiados para todos los países del mundo entre 1980 y 2008, pudiendo comprobar qué países han seguido la senda de la *desmaterialización* –en sus diferentes formas– y, por tanto, proporcionar una perspectiva regional.

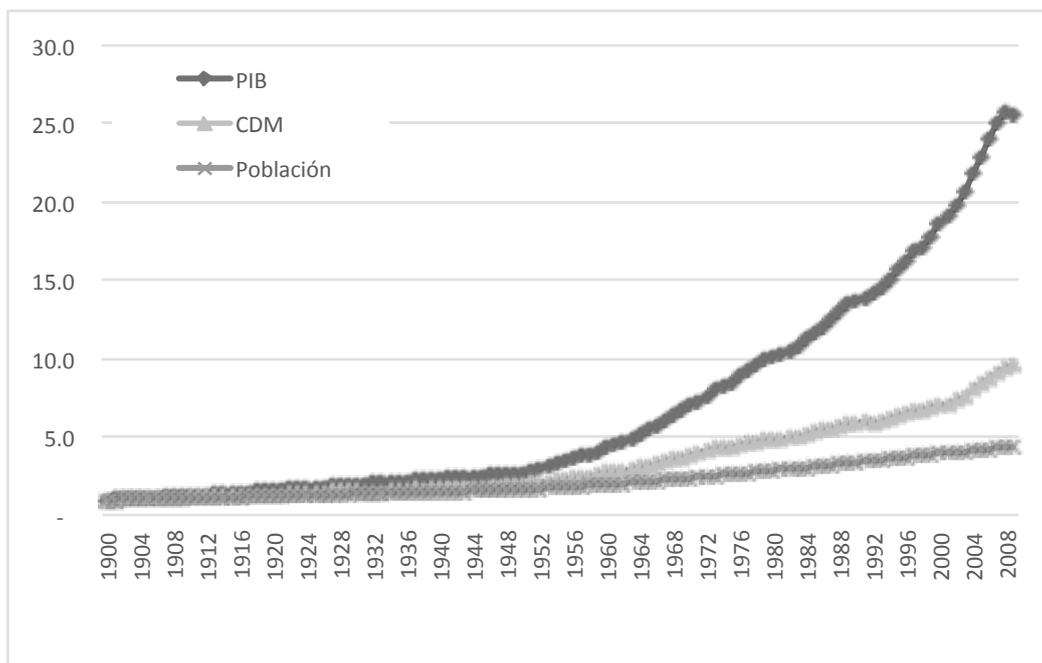
LOS CAMINOS DE LA DESMATERIALIZACIÓN

En los últimos años, y con la proliferación de análisis EW-MFA, se han multiplicado los estudios sobre *desmaterialización*. Esto es, trabajos que se han centrado en la evolución del consumo de recursos (para *desmaterialización fuerte*) o la intensidad material (para la *desmaterialización débil*).

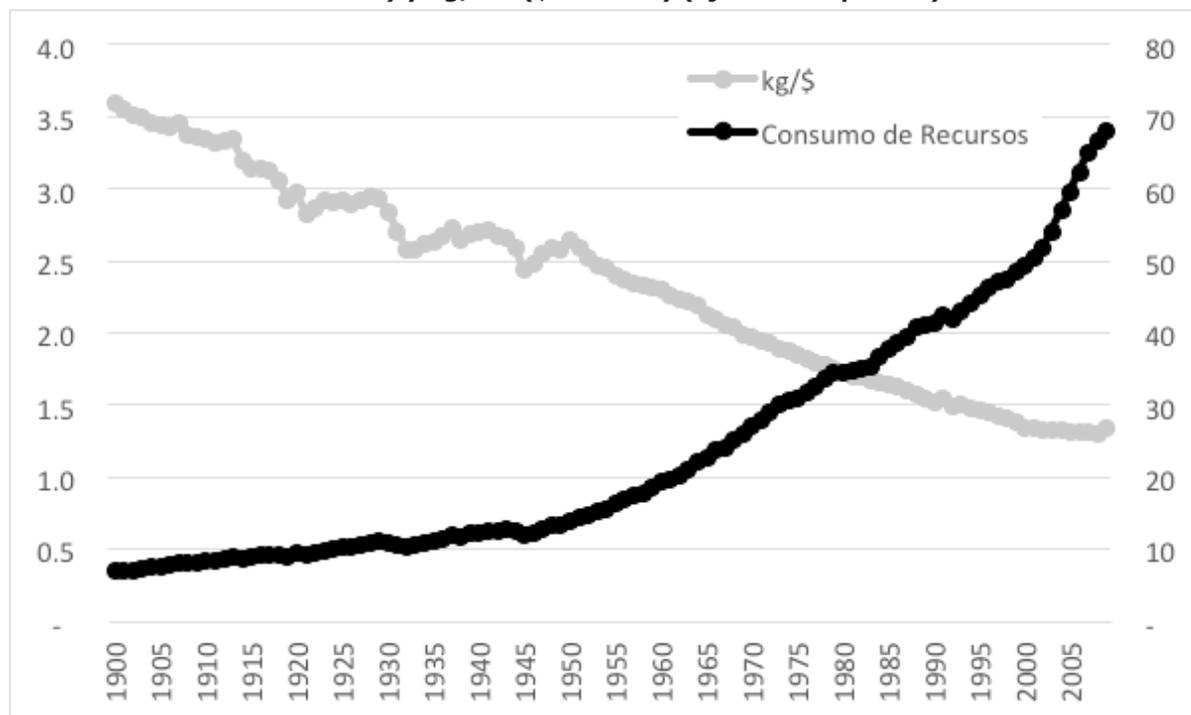
Parece haber evidencia de un proceso de *desmaterialización débil* generalizado a escala global a lo largo de todo el siglo XX. A fin de cuentas la economía mundial se ha multiplicado por 25,7 entre 1900 y 2009 mientras que el consumo de recursos lo ha hecho por 9,6 (Krausmann et al. 2009). Sin embargo, sigue habiendo un proceso global de aumento en el consumo de recursos, cuya tasa anual de crecimiento sigue aumentando en las últimas décadas del siglo XX (Figura 2). Dicho de otra forma, la economía mundial en el siglo XX ha presenciado un proceso de *desmaterialización débil* o *relativa* pero ha mantenido un proceso de *rematerialización fuerte* o *absoluta*. Esto es, el crecimiento del PIB ha sido superior al consumo de recursos pero el consumo de recursos ha seguido creciendo en términos absolutos.

En la figura 3 mostramos la evolución total del consumo de recursos (en miles de millones de toneladas) en contraste con la intensidad material (kg por dólar de PIB de 1990). Hoy en día se consumen 1,3 kg/\$ mientras que hace un siglo eran 3,6 kg/\$. Se revela pues una línea decreciente de la intensidad material. Sin embargo, el consumo total de materiales ha pasado de 7 mil millones a 68 mil millones de toneladas. Cabe destacar el formidable aumento y, por tanto, creciente dependencia de los recursos abióticos. A lo largo del siglo XX el consumo de bióticos se ha multiplicado por 3,8 mientras que los abióticos lo han hecho por 25,9. De esta forma el consumo de biomasa por habitante se ha mantenido relativamente estable entre 3-3,4 tons/hab mientras que el de abióticos ha pasado de 1,2 tons/hab a 7 tons/hab (Krausmann et al. 2009).

FIGURA 2. Evolución del PIB (\$ de 1990), el CDM (Consumo Directo de Materiales) y la población (1900=1).



Fuente: Krausmann et al. (2009).

FIGURA 3. Consumo mundial de recursos en miles de millones de toneladas (eje de la derecha) y kg/PIB(\$ de 1990) (eje de la izquierda).

Fuente: Krausmann et al. (2009).

Que las bases de datos sobre consumo de recursos se hayan publicado muy recientemente hace que aún estemos en una fase preliminar del análisis de los resultados. Ello afecta al debate de la *desmaterialización*. Aunque se han publicado varios trabajos, todos ellos son muy recientes. ¿Qué han evidenciado? En relación al consumo de recursos *stricto sensu* –que nos ayuda a conocer mejor las pautas de *desmaterialización fuerte*–, más allá del crecimiento mostrado en las figuras 2 y 3, sabemos que han existido tendencias territoriales dispares. Contamos con escasas evidencias a nivel de país en el largo plazo (ver Tabla 1), sin embargo, gracias a tales trabajos y a otros que han estudiado la transición energética en perspectiva histórica (Kander et al. 2013), sabemos que los países industrializados iniciaron en el siglo XIX un fuerte proceso expansivo en el consumo de recursos. En 1890 el CDM/hab en EEUU ya era de 13 t/hab, una cifra superior al consumo medio mundial en la actualidad. Tal pauta se reprodujo en nuevos países industriales como Inglaterra o Austria (Sieferle et al., 2008). En la segunda mitad del siglo XX buena parte de estos países han mostrado un crecimiento más moderado e, incluso, un decrecimiento en el consumo por habitante. De hecho, parecen haber dibujado en su consumo per cápita una curva en forma de S caracterizada por un apalancamiento en la era preindustrial, auge en la primera industrialización que continuó en la postguerra y, después, una nueva estabilización desde los años 70 del siglo XX (Wiedenhofer et al. 2013).

Un segundo grupo de países, entre los que se incluiría España o Japón, iniciaron un proceso de transición socio-metabólica más acelerado en las décadas de 1950/60. España duplicó su consumo por habitante entre 1960 y 1980 (Carpintero 2005; Infante-Amate et al. 2015) y Japón lo triplicó entre 1950 y 1964 (Singh et al. 2012). Los países emergentes iniciaron su proceso de crecimiento en el consumo de recursos justamente en el período de estabilización del consumo en los países más ricos, principalmente en Latinoamérica (Scahnd y West 2013) así como el este de Asia (Singh et al. 2012; Schandl y West 2010). Esto explica que en términos globales el crecimiento total siga siendo una realidad e incluso se esté acelerando, aunque la mayor parte de los consumos siguen correspondiendo a países ricos. Dicho de

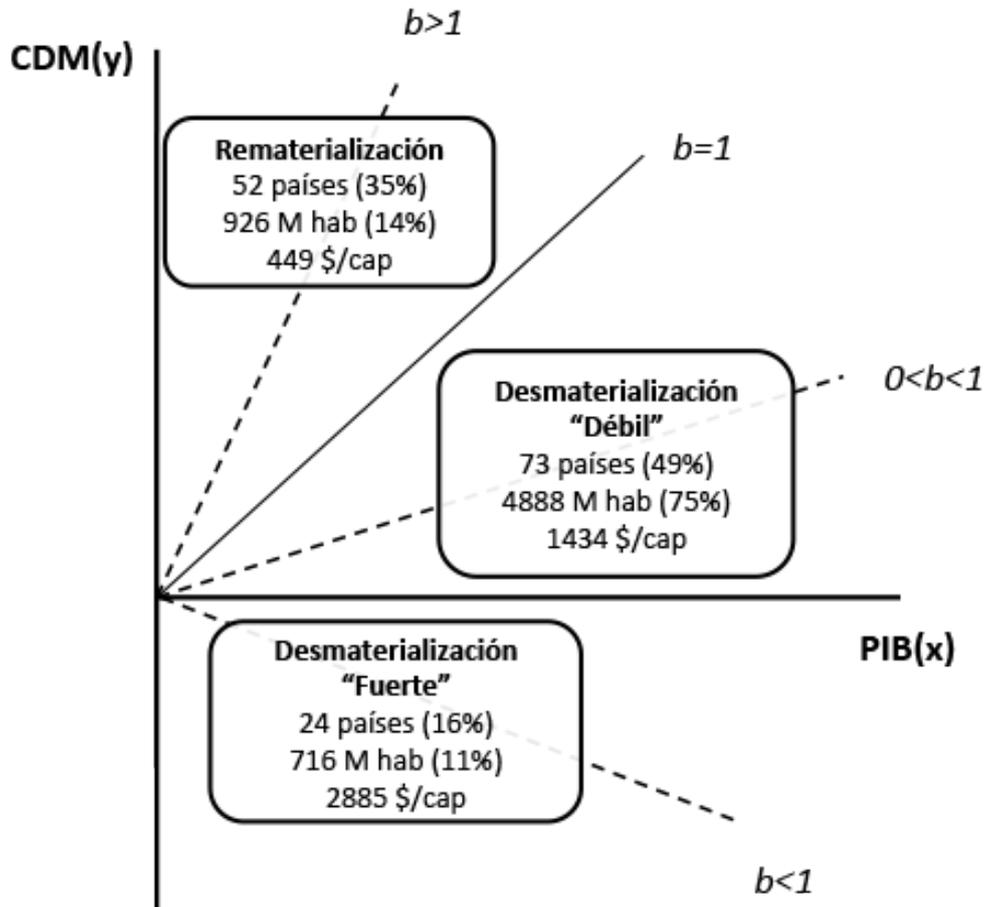
otra forma, no existe ninguna evidencia de que la *desmaterialización fuerte* o *absoluta* sea una realidad a escala global. Todo lo contrario. Aunque el consumo de materiales haya decrecido en términos relativos (a población o GPD), en términos absolutos sigue creciendo (Steinberger et al. 2013). Es más, los *late-comers* de la industrialización revelan tasas de crecimiento anual en el consumo de recursos muy superiores a la de los *first-comers* (Krausmann et al. 2008b). Este hecho subraya que la tendencia de *rematerialización fuerte* seguirá teniendo lugar en los próximos años.

En relación a la *desmaterialización débil*, decíamos, existe un consenso generalizado a la hora de señalar una caída en la intensidad energética y material de la economía mundial (Fischer-Kowalski y Swilling 2011; Goldemberg y Siqueira 2011; Wiedenfoher et al. 2013; Voigt et al. 2014). Sobre los ritmos de tal proceso se apunta una tendencia global relativamente lineal en términos de intensidad material, tal y como muestra la figura 3, sin embargo, en términos de energía, entre el inicio de la Primera Guerra Mundial y el final de la Segunda se observa un aumento de la intensidad energética, que luego siguió una trayectoria decreciente (Bithas y Kalimeris 2013). En este caso, también se percibe un descenso más prematuro en los *first-comers* de la industrialización que han sido seguidos por la mayoría de países en la segunda mitad del siglo XX para acelerar el citado proceso de *desmaterialización débil*. Sin embargo, estos argumentos, como señalábamos más arriba, merecen ser asumidos con cautela, aunque la mayor parte de organismos internacionales los asumen acríticamente. Por un lado, en términos energéticos, si se normalizan en consumo por habitante, no se observa un proceso de caída continuada sino más bien de estabilidad antes de la Segunda Guerra Mundial, aumento tras esta y hasta la crisis del petróleo, y nueva estabilización desde entonces, pero nunca un decrecimiento continuado (Bithas y Kalimeris 2013). Por otro lado, a nivel regional, aunque el fenómeno es más persistente en países ricos, insistimos en el punto antedicho, tales estimaciones no consideran la energía total incorporada de los bienes consumidos en otros países. Finalmente, según se deriva de los datos de Krausmann et al. (2009), si del consumo de recursos mundial no tomamos en cuenta la biomasa, esto es, solo contabilizamos los minerales y los combustibles fósiles, y los relacionamos con la evolución del PIB mundial, se observa una pauta de crecimiento análoga en ambas variables. Dicho de otra forma, la economía mundial es claramente dependiente del consumo de materiales inorgánicos: no hay *desmaterialización débil* en la relación del consumo de abióticos y del PIB.

Estas evidencias fragmentarias animaron la principal aportación de este trabajo y al que dedicamos las siguientes líneas: el estudio para todos los países del mundo de las tendencias de *desmaterialización fuerte* y *débil* entre 1980 y 2008. En la figura 4 representamos gráficamente los principales resultados. Durante las tres últimas décadas 24 países, con 716 millones de habitantes (un 11% de la población mundial), muestran una *desmaterialización fuerte*, esto es, independientemente de su tasa de crecimiento económico, su consumo de materiales ha decrecido. Por su parte, 73 países revelan una *desmaterialización débil*: su consumo de recursos aumenta pero a una tasa menor que el crecimiento económico. Representan la mayor parte de la población mundial (4888 millones de habitantes que suponen un 75% del total). Finalmente, encontramos 52 países que en las tres últimas décadas han aumentado su consumo de recursos a un ritmo superior que al que han crecido sus economías. Concentran 926 millones de habitantes, un 14%.

Parece haber una relación entre nivel de *desmaterialización* y nivel de renta: el grupo de países que se desmaterializan en términos absolutos tienen una renta media de 2888 \$/hab/año; la renta de aquellos que presentan *desmaterialización débil* pero no *fuerte*, es de 1434 \$/hab/año; la renta de los que se rematerializan en términos absolutos y relativos es de apenas 449 \$/hab/año.

FIGURA 4. Análisis de la desmaterialización por países. Relación del Consumo Directo de Materiales y el PIB entre 1980 y 2008.



Fuente: basado en la ecuación 1 explicada en el apartado metodológico.

Nota: hay nueve países en los que el PIB ha decrecido y, en consecuencia, deberían estar a la izquierda del eje de ordenadas. Como estadísticamente su peso es residual hemos decidido eliminarlos de la representación gráfica pues complejizarían la misma sin añadir mucha información adicional.

Parece haber una clara tendencia mediante la cual los países más ricos han presentado una tasa de crecimiento de recursos mucho menor que aquellos en vías de desarrollo.

Este indicador nos permite alumbrar otros muchos aspectos del cambio ambiental y económico a escala regional (Tabla 2). En las tres últimas décadas, el PIB mundial ha crecido en 154 puntos en tanto que el consumo de materiales ha crecido en 88. Esto es, el mundo, entre 1980 y 2008, presenta una *desmaterialización débil* (el parámetro b a escala global es de 0,57). Si analizamos estos datos por continentes observamos que, todos ellos, también han mantenido una pauta de *desmaterialización débil*, sin embargo, con evidentes divergencias. En Europa, el consumo de recursos se ha mantenido estable ($b=0$). En Norteamérica y Oceanía, ha crecido, pero mucho menos que el PIB (b positiva pero próxima a 0). En Latinoamérica, Asia y África, aun habiendo crecido la economía más que los recursos consumidos, lo cierto es ambas variables muestran valores similares (b cercana a la unidad).

TABLA 2. PIB, CDM (Consumo Directo de Materiales) y porcentaje del crecimiento del PIB explicado por el CDM (b).

	PIB (miles de millones \$)			CDM (miles de millones de toneladas)			b	PIB/cap	% Población Mundial	% PIB Mundial	% CDM Mundial
	1980	2008	[1980=100]	1980	2008	[1980=100]					
Brasil	639	1.262	197,5	1.182	2.444	207	1,10	6.429	2,9	2,5	3,8
China	1.135	9.389	827,4	2.409	18.117	752	0,90	6.966	20,1	18,4	28,5
España	345	7.98	231,3	364	711	195	0,72	19.706	0,6	1,6	1,1
India	637	3.415	536	1.401	4.127	295	0,45	2.975	17,1	6,7	6,5
Estados Unidos	4.231	9.485	224,2	6.353	8.385	132	0,26	31.178	4,5	18,6	13,2
Reino Unido	728	1.447	198,7	713	645	91	-0,10	23.742	0,9	2,8	1,0
Alemania	1.105	1.713	155	1.708	1.242	73	-0,50	20.801	1,2	3,4	2,0
África	633	1.594	251,7	1766	3.950	224	0,82	1.884	12,6	3,1	6,2
Asia	6.187	23.091	373,2	10.958	33.238	303	0,74	5.656	61,0	45,3	52,3
Europa	6.105	10.756	176,2	8.940	8.936	100	0,00	16.247	9,9	21,1	14,1
Latinoamérica	1.904	3.930	206,4	3.672	6.994	190	0,85	6.874	8,5	7,7	11,0
Norteamérica	4.628	10.324	223,1	7.299	9.207	126	0,21	30.596	5,0	20,3	14,5
Oceanía	250	609	243,9	694	1.008	145	0,31	24.199	0,4	1,2	1,6
Total Mundial	20.030	50.974	254,5	33.745	63.598	188	0,57	7.614	100	100	100

Fuente: elaboración propia.

La tabla 2, junto con estos datos, recoge una muestra de países representativos de la variabilidad a escala global. Brasil, por ejemplo, aumentó su PIB en 97,5 puntos, pero su consumo de recursos creció en 107 ($b=1,1$). Se rematerializó. El consumo de recursos en China se ha multiplicado por 7,52 pero su crecimiento económico lo ha hecho por 8,27. Esto es, las tasas han sido muy similares. En India, el crecimiento económico ha sido el doble que el de su consumo de recursos. Los EEUU han expandido su PIB 2,24 veces mientras que su consumo recursos ha crecido solo un 32%. En ciertos países europeos como Reino Unido y Alemania, aun habiendo crecido económicamente, su consumo de materiales ha decrecido (b menor que 0).

Los datos apuntan que los países más prósperos han frenado el crecimiento en su consumo de recursos en relación al PIB, incluso hay casos en los que lo han hecho en términos absolutos. En cierto modo, resulta tentador hablar de la U invertida o la *Curva Ambiental de Kuznets*: a más crecimiento económico, menos crecimiento en el consumo de recursos. De hecho, la evidencia actual apunta que los países más desarrollados económicamente han estabilizado su consumo de recursos por habitante desde los años 70 mostrando la citada curva en forma de S, mediante la cual hubo una estabilización en el consumo/habitante a principios del siglo XX, un gran auge desde mediados y la citada estabilización desde los 70 (Wiedenhofer et al. 2013).

En la tabla 3 dividimos los países estudiados por su niveles de renta por habitante en 2008. Parece haber una clara relación entre PIB por habitante y evolución en el consumo de recursos. Aquellos que tienen rentas inferiores a los 5.000 dólares al año por habitante revelan un consumo de materiales a una tasa similar, aunque menor, que el crecimiento económico. Los países con rentas medias superiores a los 10.000 dólares por habitante y año evidencian un crecimiento en el consumo de recursos menor que el

crecimiento económico pero, a fin de cuentas, siguen consumiendo más recursos. De hecho, el parámetro b es tanto mayor cuanto menor es la renta por habitante.

Una lectura aséptica de los datos expuestos debería apuntar algo así: en las tres últimas décadas la economía ha crecido más que el consumo de recursos (*desmaterialización débil*). Este hecho es más acusado en los países más ricos. Aún con todo, la inmensa mayoría de países del mundo siguen consumiendo más recursos en términos absolutos, independientemente de su evolución económica. De hecho, el consumo total ha crecido en todo el mundo un 88% entre 1980 y 2008. Estamos, por tanto, lejos de una *desmaterialización fuerte* a nivel global. Estos resultados no hacen sino repetir el discurso dominante en buena parte de la literatura académica que ha tratado este asunto. La cuestión clave, llegados a este punto, pasa por cómo analizar la evidencia expuesta. ¿Solo se trata de que los países más ricos son más eficientes en su uso de materiales y el crecimiento económico garantiza la ayorpresión sobre los recursos? En el siguiente apartado discutimos los resultados.

TABLA 3. Análisis de la desmaterialización por países según su nivel de renta por habitante. Relación del Consumo Directo de Materiales y el PIB (1990) entre 1980 y 2008.

PIB/hab	Países	Porcentaje países	Población	% Población	b media	b ponderada
<20.000	18	12,1	770.358	11,9	0,16	0,04
<10.000	25	16,8	338.941	5,2	0,73 (*)	0,04
<5.000	26	17,4	2.240.720	34,6	0,85	0,81
<1.000	61	40,9	2.829.334	43,7	1,35	0,74
>1.000	19	12,8	301.950	4,7	1,31	0,78
Total muestra	149	100	6.481.303	100,0	0,57	0,57

(*sin Qatar)

Fuente: basado en la ecuación 1 explicada en el texto. Ver también apartado metodológico.

UN ANÁLISIS (CRÍTICO) SOBRE LA EVIDENCIA DE LA INTENSIDAD MATERIAL DECRECIENTE

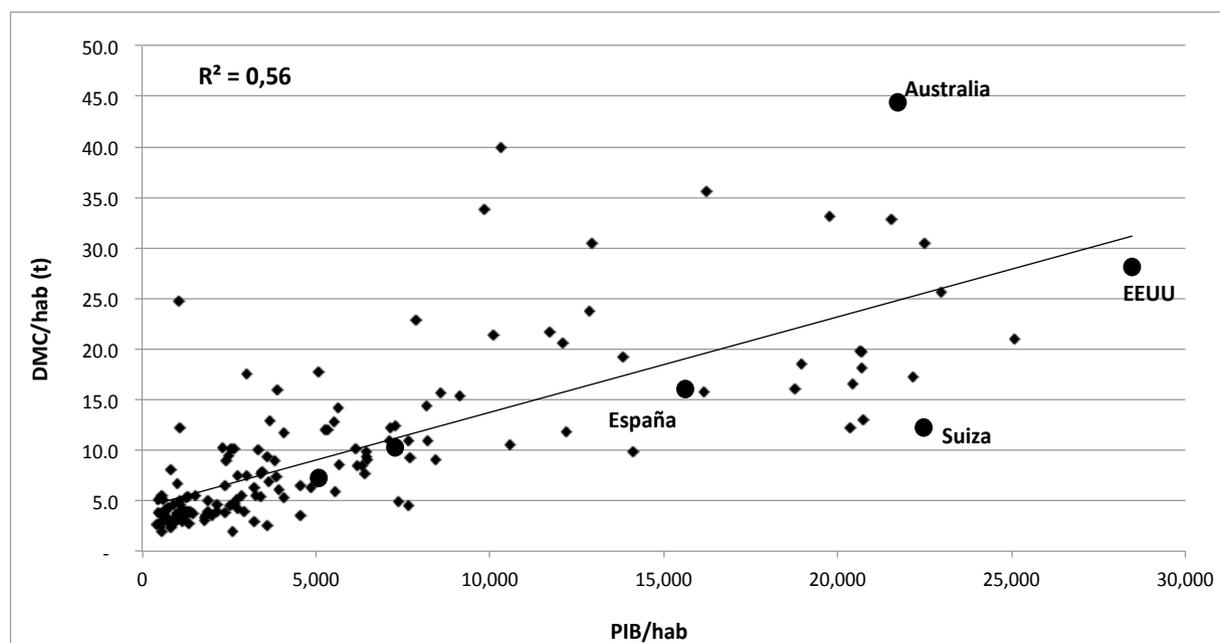
¿Por qué los países más ricos siguen creciendo económicamente más y su consumo de recursos se estabiliza e incluso decrece? ¿Por qué en los países menos ricos ocurre lo contrario? Una respuesta repetida en la literatura alude a mejoras en la eficiencia, a políticas de sustentabilidad que incentivan la reducción en el consumo de recursos, a la *tercialización* de sus economías o a la modernización de las instituciones (v.gr. Goldman 2001; Mol and Buttel 2002; Voigt et al. 2014). Puede haber algo de ello, sin embargo, la explicación de este proceso parece ser mucho más compleja. En lo que sigue tratamos de analizar el discurso, basado en la evidencia antedicha, de por qué los países ricos muestran un consumo de recursos estabilizado e incluso decreciente y una caída en la intensidad material.

En primera lugar, los datos aquí presentados y generalmente utilizados en los trabajos que defienden la caída de la intensidad material de las economías se refieren a la evolución del consumo de recursos o del PIB, no a su consumo absoluto. Dicho de otra forma: los países más ricos han frenado su consumo e incluso lo han reducido pero este sigue siendo mucho más elevado que el de los países menos ricos. En la figura 5 relacionamos CDM/hab y PIB/hab para todos los países del mundo. Observamos una fuerte correlación, lo que implica que los países más ricos están consumiendo muchos más recursos, hecho también contrastado para otros indicadores de presión ambiental (Jorgenson y Clark 2011). Que su crecimiento se haya ralentizado no significa que ahora sea bajo, significa que se mantiene a unas tasas muy elevadas. Un ciudadano de EEUU ha frenado su consumo (b próxima a 0) pero su CDM/hab es de casi 30 tons/hab/año. Un ciudadano de Marruecos ha acelerado su consumo ($b > 1$) e incluso ha rematerializado su economía, pero su consumo medio sigue siendo de 6 tons/hab/año. Aunque los países ricos hayan moderado el crecimiento de su consumo y ofrezcan evidentes muestras de *desmaterialización débil* (e incluso *fuerte*), siguen siendo los responsables de la mayor parte de la apropiación de recursos mundial.

En segundo lugar, es preciso volver a los problemas metodológicos en la construcción de estos indicadores, sobre todo a uno específicamente que puede condicionar los resultados ofrecidos. Desde hace tiempo se ha hecho notar que el consumo aparente de recursos en un país obvia el realizado en otros países con fines de exportación. Dicho de otra forma: el petróleo que consume China para fabricar productos que exporta se contabilizaba como consumo chino, lo que de alguna manera reduce el consumo real del país importador. Este asunto se había abordado para el estudio del agua, la tierra o las emisiones (v.gr. Steel-Olsen et al. 2012), sin embargo, no se contaba con evidencia para el caso de los flujos de energía y materiales. Recientemente Wiedmann et al. (2013) han lanzado una primera estimación de la Huella Material en la que se revela que en los países ricos aunque el CDM se ha estabilizado o ha caído, su Huella Material sigue creciendo. Vaya por delante que las bases de datos EW-MFA en las que por cierto hemos basado los principales resultados de este trabajo, han supuesto un avance descomunal para la reconstrucción cuantitativa y el mejor conocimiento de las relaciones hombre-naturaleza, espoleando muy interesantes debates (una revisión en: Infante-Amate 2014). Empero, sus resultados han de ser tomados con cautela, sobre todo, los relativos al CDM.

Estos dos primeros puntos, el de los problemas metodológicos que obvian un consumo en principio mayor de los países ricos y, por otro lado, el del hecho de que aunque su evolución sea estable, su consumo absoluto se ha detenido a tasas muy altas, nos conduce a un debate muy presente en los estudios sobre flujos de materiales y relaciones socio-ecológicas: el del intercambio ecológico desigual (IED). Las teorías del IED retomaron las propuestas de los teóricos de la dependencia para releerlas en clave ambiental (v.gr. Bunker 1985; Hornborg 1998). Se sostiene que el crecimiento económico, llegado a un punto, reduce los impactos ambientales, pero solo los internos. El resto, que sigue creciendo, se externaliza a otros países (York et al. 2003). La Contabilidad del Flujo de Materiales ha mediado en tal asunto para evidenciar que, en efecto, los países más ricos son importadores netos de recursos y viceversa, una relación generalmente opuesta cuando se analiza en términos económicos (Giljum y Eisemenger 2004; Dittrich y Bringezu 2010). Lo que en otras palabras implica que la reducción en CDM de las economías desarrolladas se debería explicar en buena medida por el desplazamiento de la carga ambiental a otros territorios del mundo, no solo por mejoras en la eficiencia o políticas más adecuadas.

FIGURA 5. Correlación entre Consumo Directo de Materiales (CDM)/hab y el PIB/hab en 149 países del mundo.



Fuente: ver apartado metodológico.

Hay un tercer elemento que nos empuja a enjuiciar críticamente los resultados ofrecidos. Parece que no hay duda de que los países más ricos están mostrando una pauta de *desmaterialización débil* mucho más acusada que la de los países más empobrecidos y, sobre todo, que la de los países en vías de desarrollo. Sería tentador justificar este proceso por los factores antes aludidos (eficiencia, sustentabilidad, terciarización...). Sin embargo, tal interpretación solo se centra en el consumo de recursos como flujo, no como stock. Cuando un país se industrializa, además de los flujos de recursos necesarios para su funcionamiento requiere dotarse de infraestructuras y capital (industrias, carreteras, edificios, maquinaria...) que añaden un consumo adicional mayor al de los flujos anuales requeridos por los diferentes sectores económicos. Esto explicaría que los países en vías de desarrollo requieran en términos relativos cada vez más recursos. También podría explicar la estabilización del alto consumo de los países ricos: una vez que han realizado sus inversiones en capital solo requieren un alto flujo anual de consumo que puede permanecer estable. Hasta la fecha solo contamos con un trabajo que ha estudiado los stock de materiales para dos países, sin poder llegar a conclusiones de utilidad para nuestros propósitos (Fishman et al. 2014).

Los dos primeros puntos –países ricos que se apropian de recursos de zonas empobrecidas– así como este tercero, que apunta a la acumulación material de los países desarrollados, nos conduce, esta vez, a otro debate recurrente en los análisis socio-metabólicos: el *metabolic rift*, o dicho de otra forma, el papel del sistema capitalista como fuerza motora de la degradación ambiental y de la desigualdad tanto en el acceso a los recursos como en la asunción de las externalidades negativas asociadas. John B. Foster (1999) y sus colegas de la *Escuela de Oregón* llevan tiempo apuntando, no solo teóricamente, sino añadiendo evidencia empírica (York et al. 2003; Jorgenson y Burns 2007; Jorgenson y Clark 2011), que el desarrollo capitalista es el fenómeno que mejor explica las pautas antedichas. Yendo más lejos, Jason W. Moore (2011) sostiene que la "brecha metabólica" no genera un régimen ecológico determinado sino que es, en sí mismo, un régimen ecológico caracterizado por la depredación ambiental y la desigualdad, llegando incluso a hablar de Capitaloceno (Moore 2014). Estas teorías tienen mucho que ver con las propuestas de Alf Hornborg (2006) y su vinculación del intercambio desigual no solo al capitalismo sino, más ampliamente, al imperialismo colonial.

Un cuarto, y último apunte, reside en el hecho de que aun siendo cierto que la economía se desmaterializa fruto de mejoras en la eficiencia –hecho, por cierto, como estamos viendo, no contrastado–, no todas las mejoras en la eficiencia derivan en una reducción del consumo de recursos. Este hecho ha sido ampliamente estudiado y la evidencia disponible, sostenida en base a la recurrente *paradoja de Jevons* o el *efecto rebote*, así lo sugiere (v.gr. Sorrell 2009). No es de extrañar, como hemos apuntado más arriba, que muchos países muestren intermitentemente tendencias de *desmaterialización* y *rematerialización*, sin seguir una curva en forma de U invertida.

Todo esto nos sirve para contextualizar las evidencias que apuntan hacia la posible *desmaterialización* de las economías más prósperas y que muchas veces se lee en clave de éxito. En nuestra opinión, los datos ofrecidos no son totalmente concluyentes especialmente por dos motivos: en primer lugar, por problemas metodológicos, ya que no se contabiliza la externalización a otros países debidamente y, en segundo lugar, por aunque se repite que el consumo se ha estabilizado, se olvida recordar que lo ha hecho en cifras muy elevadas. En otro orden de cosas, hay que recordar que tal dinámica no es ajena a la contienda política e histórica y puede, de hecho debe, explicarse por un sistema económico que sigue siendo dependiente del consumo de recursos y cuya distribución en el acceso a los mismos tiene sus orígenes en el desarrollo capitalista y colonial. Aunque es cierto que algunas de estas afirmaciones requerirán más investigación para ser contrastadas en el futuro, no es menos cierto que las felices afirmaciones sobre la *desmaterialización* adolecen de problemas aún mayores.

La cuestión, por tanto, es que aunque se trate de lanzar mensajes optimistas sobre la evolución en el consumo de recursos, las tendencias estudiadas revelan un crecimiento continuado y desigual sobre la base

de un stock cada vez más escaso. A diferencia de lo que ocurrió en el pasado no quedan nuevas fronteras que colonizar, los recursos que han sostenido el crecimiento de la segunda mitad del XX se vuelven más escasos, la competencia por su consumo es cada vez mayor, los nuevos países industrializados están aumentando su demanda de recursos abióticos a una tasa mucho mayor de la que lo hicieron los primeros países en industrializarse principalmente a finales del XIX y principios del XX, esto es, el agotamiento previsiblemente se acelerará más en los próximos años (Haberl et al. 2011; Krausmann et al. 2008b; Murray y King 2012). En nuestra opinión, la *desmaterialización relativa* que parece tener lugar en algunos países, tiene un futuro difícil habida cuenta que los países que la han protagonizado lo han hecho sobre un escenario muy favorable y que parece improbable que se replique en los próximos años.

Antes de volver a invocar el fantasma de Malthus conviene mirar al pasado. Entre otras muchas tragedias la historia reciente ha sido la historia del progreso tecnológico y la de la superación de barreras que la naturaleza imponía. El método Haberl-Bosch o el ingenio de vapor cambiaron el devenir de la historia y permitieron romper las rigideces productivas de las sociedades preindustriales. Facilitaron el comercio a gran escala haciendo que zonas deficitarias en unos productos pudieran importarlos de las excedentarias y viceversa. También evitaron la trampa de los rendimientos decrecientes de la agricultura permitiendo sostener un mundo con una población absolutamente inviable de no haberse desarrollado la síntesis de amonio (Smil 2004).

Abogar, por tanto, por el optimismo tecnológico no parece descabellado. Ahora bien, la historia también nos enseña que confiar en él ciegamente puede resultar una necesidad aún mayor. Aunque el mundo ha podido esquivar las trampas maltusianas de la producción de alimentos eso no implica que Malthus estuviera totalmente equivocado. Es más, la historia muestra que tuvo razón en bastantes ocasiones. El pasado es testigo de decenas de casos en los que las sociedades, muchas de ellas poderosas, colapsaron por motivos ambientales (Diamond 2005; Tainter 1990). Colapso no implica necesariamente una desaparición repentina sino emigraciones, conflictos o pérdida de los niveles de vida (Infante-Amate et al. 2014). La erosión, la minería de nutrientes, la extinción de especies animales, la superpoblación... hicieron caer muchas sociedades pasadas. En materia de tragedias socioambientales no hay nada nuevo bajo el sol.

El siglo XX ha sido el período de la historia de mayor alteración de la biosfera por motivos antrópicos (McNeill 2010; Steffen et al. 2007). En los últimos años el debate de la escasez de los recursos ha copado cada vez más los foros académicos y políticos. Los datos aquí expuestos informan que la velocidad con la que estamos agotando recursos escasos y no renovables es cada día mayor. El problema de los recursos naturales, en consecuencia, parece que seguirá estando en el centro del debate en la historia que está por llegar.

CONCLUSIONES

El principal objetivo de este trabajo era el de contextualizar el concepto de *desmaterialización*, ofrecer resultados inéditos sobre su comportamiento mundial en las tres últimas décadas y analizar los resultados. La tendencia muestra una *desmaterialización débil* (caída en la intensidad material) pero no hay evidencias de *desmaterialización fuerte* (caída en el consumo de recursos en términos absolutos). Los países más ricos evidencian una estabilización e incluso un decrecimiento del consumo de recursos totales, en algunos casos incluso por habitante. Tales resultados están en consonancia con otros trabajos que, en base a tal evidencia, terminan sugiriendo la existencia de la *Curva Ambiental de Kuznets*, los efectos positivos de la modernización y la terciarización económica así como la prueba de la creciente eficiencia material de las sociedades ricas. Sin embargo, otros factores obligan a matizar estas felices interpretaciones: el consumo de recursos aparente no cuenta la huella material de cada territorio, que de incluirla mostraría una pauta creciente en el consumo de recursos; la estabilización se ha producido a una tasa muy alta, muy superior

a la de los países pobres y solo ha tenido lugar cuando los países industrializados se han dotado de capital e infraestructuras que ahora solo requieren flujos continuos. Tales dinámicas, hemos apuntado, no ocurren asépticamente sino que están mediadas por la trama política e histórica, en la que el colonialismo o el desarrollo capitalista tienen una influencia manifiesta en la creciente y desigual evolución en el consumo de recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Adriaanse, A., Bringezu, S., Hammond, A., Moriguchi, Y., Rodenburg, E., Rogich, D., Schütz, H. (1997): *Resource flows: the material basis of industrial economies*, Wahington: World Resources Institute.
- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B., Levin, S., Mäler, K., Perrings, C., Pimentel, D. (1995): "Economic growth, carrying capacity, and the environment", *Ecological Economics* Nº 15, 2, pp. 91-95.
- Ayres, R.U. (1989): "Industrial Metabolism" en Ausubel, J.H. y Sladovich, H.E. (eds.) *Technology and the Environment*, Washington, D.C.: National Academy Press, pp. 23-49.
- Bardi, U. (2011): *The limits to growth revisited*, New York: Springer.
- Bithas, K., Kalimeris, P. (2013): "Re-estimating the decoupling effect: Is there an actual transition towards a less energy-intensive economy?", *Energy* Nº 51(1), pp. 78-84.
- Bringezu, S., Schütz, H., Moll, S. (2003): "Rationale for and interpretation of economy-wide materials flow analysis and derived indicators", *Journal of Industrial Ecology* Nº 7(2), pp. 43-64.
- Bringezu, S., Schütz, H., Steger, S., Baudisch, J. (2004): "International comparison of resource use and its relation to economic growth: The development of total material requirement, direct material inputs and hidden flows and the structure of TMR", *Ecological Economics* Nº 51(1), pp. 97-124.
- Bringezu, S., Moriguchi, Y., Schütz, H., Schandl, H., Weisz, H. (2011): "Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting. State of the Art and Reliability Across Sources", *Journal of Industrial Ecology* Nº 15(6), pp. 855-876.
- Bunker, S.G. (1985): "Underdeveloping the Amazon: Extraction, Unequal Exchange and the Failure of the Modern State". Chicago: University Chicago Press.
- Carpintero, O. (2005): *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1995-2000)*, Lanzarote: Fundación César Manrique.
- Cleveland, C. J., Ruth, M. (1998): Indicators of dematerialization and the materials intensity of use, *Journal of Industrial Ecology* Nº 2(3), pp. 15-50.
- Costanza, R., Kubiszewski, I., Giovannini, E., Lovins, H., McGlade, J., Pickett, K. E., Kala, D., Roberts, D., De Vogli, R., Wilkinson, R. (2014) "Time to leave GDP behind", *Nature* Nº 505(7483), pp. 283-285.
- Daniels, P. L., Moore, S. (2002a): "Approaches for quantifying the metabolism of physical economies: Part I: Methodological overview", *Journal of Industrial Ecology* Nº 5(4), pp. 69-93.
- Daniels, P. L., Moore, S. (2002b): "Approaches for quantifying the metabolism of physical economies: A comparative survey: Part II: Review of individual approaches", *Journal of Industrial Ecology* Nº 6(1), pp. 65-88.
- De Bruyn, S. M., Opschoor, J. B. (1997): "Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations", *Ecological Economics* Nº 20(3), pp. 255-268.

- Diamond, J. (2005): *Collapse: how societies choose to fail or succeed*, New York: Viking.
- Dinda, S. (2004): "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics* N° 49(4), pp. 431-455.
- Dittrich, M., Bringezu, S. (2010): "The physical dimension of international trade: Part 1: Direct global flows between 1962 and 2005", *Ecological Economics* N1 69(9), pp. 1838-1847.
- Eisenhut, S. (2009): *National Material Flow Analysis: Cuba*. Viena, Master Thesis.
- Eurostat. (2001): *Economy-wide material flow accounts and derived indicators: A methodological guide*, Luxembourg: Eurostat.
- Eurostat (2012): *Sustainable Development Indicators*. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities.
- Fischer-Kowalski, M. (1998): "Society's metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860–1970", *Journal of industrial ecology* N° 2(1), pp. 107-136.
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Giljum, S., Lutter, S., Mayer, A., Bringezu, S., Weisz, H. (2011): "Methodology and Indicators of Economy-wide Material Flow Accounting", *Journal of Industrial Ecology* N° 15(6), pp. 855-876.
- Fischer-Kowalski, M., Swilling, M. (2011): *Decoupling: natural resource use and environmental impacts from economic growth*. United Nations Environment Programme.
- Gierlinger, S., Krausmann, F. (2012): "The Physical Economy of the United States of America", *Journal of Industrial Ecology* N° 16(3), pp. 365-377.
- Giljum, S. (2004): "Trade, materials flows, and economic development in the South: the example of Chile", *Journal of Industrial Ecology* N° 8(1-2), pp. 241-261.
- Goldemberg, J., Siqueira Prado, L. T. (2011): "The decline of the world's energy intensity", *Energy Policy* N° 39(3), pp. 1802-1805.
- Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Martinez-Alier, J., Winiwarter, V. (2011): "A socio-metabolic transition towards sustainability? Challenges for another Great Transformation", *Sustainable Development* N° 19(1), pp. 1-14.
- Hornborg, A. (1998): "Towards an ecological theory of unequal exchange: articulating world system theory and ecological economics", *Ecological Economics* N° 25(1), pp. 127-136.
- Hornborg, A. (2006): "Footprints in the cotton fields: the Industrial Revolution as time-space appropriation and environmental load displacement", *Ecological Economics* N° 59(1), pp. 74-81.
- Hsiang, S. M., Burke, M., Miguel, E. (2013): "Quantifying the influence of climate on human conflict", *Science* N° 341(6151).
- Infante-Amate, J. (2014): "El consumo de recursos en el siglo XX en el mundo. Una revisión", *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña* N° 4(1), pp. 5-32.
- Infante-Amate, J., González de Molina, M., Vanwalleghem, T., Soto, D. y Gómez, J.A. "Reconciling Boserup with Malthus. Agrarian Change and Soil Degradation in Olive Orchards in Spain (1750-2000)", en Fisher-Kowalski, M. (ed.), *Ester Boserup's Legacy on Sustainability: Orientations for Contemporary Research*, New York: Springer.
- Infante-Amate, J., Soto, D., Aguilera, E., García-Ruiz, R., Guzmán, G., Cid, A., González de Molina, M. (2015). "The Spanish Transition to Industrial Metabolism. Long-Term Material Flow Analysis (1860-2010)", *Journal of Industrial Ecology*, en prensa.

- Jorgenson, A. K., Burns, T. J. (2007): "The political-economic causes of change in the ecological footprints of nations, 1991–2001: a quantitative investigation", *Social Science Research* N° 36(2), pp. 834-853.
- Jorgenson, A. K., Clark, B. (2011): "Societies consuming nature: a panel study of the ecological footprints of nations, 1960–2003", *Social Science Research* N° 40(1), pp. 226-244.
- Kander, A., Malanima, P., Warde, P. (2013): *Power to the People: Energy in Europe over the Last Five Centuries*. Princeton: Princeton University Press.
- Kovanda, J., Hak, T. (2011): "Historical perspectives of material use in Czechoslovakia in 1855–2007", *Ecological Indicators* N° 11(5), pp. 1375-1384.
- Krausmann, F., Schandl, H., Siefert, R. P. (2008a): "Socio-ecological regime transitions in Austria and the United Kingdom", *Ecological Economics* N° 65(1), pp. 187-201.
- Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Eisenmenger, N. (2008b): "The global sociometabolic transition", *Journal of Industrial Ecology* N° 12(5-6), pp. 637-656.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K. H., Haberl, H., Fischer-Kowalski, M. (2009): "Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century", *Ecological Economics* N° 68(10), pp. 2696-2705.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Nourbakhch-Sabet, R. (2011): "The Metabolic Transition in Japan", *Journal of Industrial Ecology* N° 15(6), pp. 877-892.
- Kuskova, P., Gingrich, S., & Krausmann, F. (2008). Long term changes in social metabolism and land use in Czechoslovakia, 1830–2000: an energy transition under changing political regimes. *Ecological Economics*, 68(1), 394-407.
- Maddison (2014): *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1-2008 AD*. <http://www.ggdc.net/maddison/oriindex.htm>
- Mäenpää, I., Juutinen, A. (2001): "Materials flows in Finland: Resource use in a small open economy", *Journal of Industrial Ecology* N° 5(3), pp. 33-48.
- Malenbaum, W. (1978): *World demand for raw materials in 1985 and 2000*, New York: McGraw Hill.
- Manrique, P. L. P., Brun, J., González-Martínez, A. C., Walter, M., Martínez-Alier, J. (2013): "The Biophysical Performance of Argentina (1970–2009)", *Journal of Industrial Ecology* N° 17(4), pp. 590-604.
- Martínez-Alier, J. (2006): "Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad", *Polis* N° 13, pp. 1-11.
- Matthews, E., Hutter, C. (eds.) (2000): *The weight of nations*, Washington: World Resources Institute.
- McNeill, J. R. (2010): *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth-Century World*, New York: Norton & Company.
- Meadows, D. H., Meadows, D. H., Randers, J., Behrens III, W. (1972): *The Limits to Growth: A Report to the Club of Rome*, New York: Universe Books.
- Moore, J. W. (2011): "Transcending the metabolic rift: a theory of crises in the capitalist world-ecology", *The Journal of Peasant Studies* N° 38(1), pp. 1-46.
- Moore, J. W. (2014): *The Capitalocene, Part I: On the Nature and Origins of Our Ecological Crisis*. Binghamton University Fernand Braudel Center.
- Murray, J. y King D. (2012): "Climate policy: Oil's tipping point has passed", *Nature*, 481-7382, pp. 433-435.

OECD (2011): *Towards Green Growth: Monitoring Progress (OECD Indicators)*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

Ramos, J. (2003): "Intensidad energética de la economía española: una perspectiva integrada", *Economía industrial* Nº 351, pp. 59-72.

Reddy, A. K., Goldemberg, J. (1990): "Energy for the developing world", *Scientific American* Nº 263(3), pp. 110-18.

Schandl, H., Schulz, N. (2002): "Changes in the United Kingdom's natural relations in terms of society's metabolism and land-use from 1850 to the present day", *Ecological Economics* Nº 41(2), pp. 203-221.

Schandl, H., Poldy, F., Turner, G. M., Measham, T. G., Walker, D. H., Eisenmenger, N. (2008): "Australia's resource use trajectories", *Journal of Industrial Ecology* Nº 12(5-6), pp. 669-685.

Schandl, H., West, J. (2010): "Resource use and resource efficiency in the Asia-Pacific region", *Global Environmental Change* Nº 20(4), pp. 636-647.

Schandl, H., West, J. (2012): "Material flows and material productivity in China, Australia, and Japan", *Journal of Industrial Ecology* Nº 16(3), pp. 352-364.

Schmidt-Bleek, F. (1993): "MIPS. A universal ecological measure?", *Fresenius environmental bulletin* 2(6), pp. 306-311.

Schneider, F., Kallis, G., Martinez-Alier, J. (2010): "Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue", *Journal of Cleaner Production* Nº18(6), pp. 511-518.

SERI (2008): The online portal for material flow data. <http://www.materialflows.net/data/datadownload/>

Sheerin, C., Branch, E. A. (2002): "UK material flow accounting", *Economic Trends* Nº 583, pp. 53-61.

Singh, S. J., Krausmann, F., Gingrich, S., Haberl, H., Erb, K. H., Lanz, P., Temper, L. (2012): "India's biophysical economy, 1961-2008. Sustainability in a national and global context", *Ecological Economics* Nº 76, pp. 60-69.

Smil, V. (2004): *Enriching the earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production*, Massachusetts: The MIT Press.

Sorrell, S. (2009): "Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency", *Energy Policy* Nº 37(4), pp. 1456-1469.

Steen-Olsen, K., Weinzettel, J., Cranston, G., Ercin, A.E., Hertwich, E.G. (2012): "Carbon, land, and water footprint accounts for the European Union: Consumption, production, and displacements through international trade", *Environmental Science & Technology* Nº 46(20), pp. 10883-10891.

Steffen, H., Crutzen, P. y McNeill, J. (2007): "The Anthropocene. Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?", *Ambio* Nº 36, 8, pp. 614-621.

Steinberger, J. K., Krausmann, F., Getzner, M., Schandl, H., West, J. (2013): "Development and Dematerialization: An International Study", *PloS one*, 8(10).

Stiglitz, J. E., Sen, A., Fitoussi, J. P. (2010): *Report by the commission on the measurement of economic performance and social progress*. Paris: Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress.

Tainter, J. (1990): *The collapse of complex societies*, Cambridge: Cambridge University Press.

UNEP (2011): *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. Nairobi: United Nations Environment Programme.

Vallejo, M. C., Pérez Rincón, M. A., Martínez-Alier, J. (2011): "Metabolic profile of the Colombian economy from 1970 to 2007", *Journal of Industrial Ecology* Nº 15(2), pp. 245-267.

Voigt, S., De Cian, E., Schymura, M., Verdolini, E. (2014): "Energy intensity developments in 40 major economies: Structural change or technology improvement?", *Energy Economics* Nº 41, pp. 47-62.

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

West, J., Schandl, H. (2013): "Material use and material efficiency in Latin America and the Caribbean", *Ecological Economics* Nº 94, pp. 19-27.

Wiedenhofer, D., Rovenskaya, E., Haas, W., Krausmann, F., Pallua I., Fischer-Kowalski, M. (2013): "Is there a 1970s Syndrome? Analyzing Structural Breaks in the Metabolism of Industrial Economies", *Energy Procedia* Nº 40, pp. 182-191.

Wilkinson, R. G. (2002): *Unhealthy societies: the afflictions of inequality*. Routledge.

Wolman, A. (1965): "The metabolism of cities", *Scientific American* 213, pp. 178-190.

Wrigley, E. A. (1990): *Continuity, chance and change: The character of the industrial revolution in England*. Cambridge: Cambridge University Press.

York, R., Rosa, E. A., Dietz, T. (2003): "Footprints on the earth: The environmental consequences of modernity", *American Sociological Review* Nº 68(2), pp. 279-300.