

La necesidad de cambiar de atractores*

Etapas de desmaterialización y rematerialización como un desafío a la eco-eficiencia

Sander de Bruyn**

La relación entre el PIB y el transflujo de energía y materiales a lo largo del tiempo ha sido explicada básicamente por la hipótesis de la intensidad de uso, que la define como en forma de U invertida, dando lugar al concepto de desmaterialización. Esto ha conseguido explicar la relación de algunos materiales para algunas economías, sin embargo no ha podido explicar por qué algunas economías experimentan una posterior etapa de rematerialización. Esto es precisamente lo que se hace en este artículo.

El consumo de energía y materiales refleja la importante relación entre la economía y el medio ambiente. Para describir el

desarrollo en el que el uso material por unidad de ingreso (o de un cierto servicio o producto) disminuye se utiliza el concepto de desmaterialización. Se trata de una idea importante para el desarrollo sostenible porque (i) alivia la restricción al desarrollo económico que supone la escasez de recursos y por tanto asegura que el agotamiento de los recursos naturales se puede posponer o prevenir, y (ii) reduce la contaminación, ya que todo recurso, más tarde o más temprano, se convierte en emisión o en residuo debido a las leyes de la termodinámica.

Algunas investigaciones históricas muestran que, de hecho, ha habido desmaterialización a lo largo del tiempo. Se ha sugerido que en el proceso de desarrollo económico la economía se desligaría de su base de recursos de tal forma que los ingresos crecientes pueden asociarse con niveles decrecientes de insumos y contaminación asociada.¹ Varios estudios informan sobre un gran potencial para la desmaterialización, como que las intensidades de energía y materiales se pueden reducir por un factor 4 en las economías desarrolladas.² La cuestión es, no obstante, si evoluciones pasadas de desmaterialización se pueden extrapolar fácilmente hacia el futuro.

Hasta finales de los años sesenta se pensaba que el crecimiento en el consumo de materiales, energía y recursos naturales se producía a la misma tasa del crecimiento económico. Esto hizo surgir una preocupación creciente sobre la disponibilidad de recursos naturales de la Tierra, que fue firmemente expuesta en *Los Límites al Crecimiento* del Club de Roma.³ Los «límites al crecimiento» no han sido debatidos sólo desde la teoría económica. El trabajo empírico ha encontrado pruebas crecientes de una «disminución» de la demanda mundial de materiales desde los años setenta. Malenbaum, en un esbozo teórico que se ha conocido posteriormente como la «hipótesis de la intensidad de uso», fue el primero que adelantó unas explicaciones para esta disminución de la demanda mundial de

* Originalmente publicado en inglés en *Ökologisches Wirtschaften* 3/1999. Traducción de Jesús Ramos.

** Investigador en la Universidad Libre de Amsterdam. Contacto: Institute of Environmental Studies/Department of Spatial Economics, Email: Sander.de.Bruyn@ivm.vu.nl.

¹ *World Bank: Development and the Environment. World Development Report 1992. Oxford University Press, Oxford/New York 1992.*

² *Von Weizsäcker, E.U., A.B. Lovins, L.H. Lovins: Factor Four. Doubling wealth, halving resource use. Earthscan, London 1997.*

³ *Meadows, D.: The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Earth Island, London 1972.*

materiales.⁴ De acuerdo con él, el ingreso es el factor explicativo en el consumo de materiales. Así, los países en desarrollo con una estructura económica que depende de la agricultura de subsistencia suelen tener un bajo nivel de consumo de energía y materiales. Pero cuando se consolida la industrialización, los países se especializan primero en industrias pesadas para satisfacer la demanda de los consumidores de bienes durables, como casas e infraestructuras, y por lo tanto el consumo de materiales aumenta a una tasa mayor a la que lo hace el ingreso. El posterior cambio inducido hacia el sector servicios resultará en una disminución asociada en la demanda de materiales. Por lo tanto Malenbaum representa la relación entre demanda de materiales e ingreso como una curva en forma de U invertida, a menudo conocida en la actualidad como la curva de Kuznets ambiental. El cambio tecnológico tiene el efecto de desplazar la relación entre la demanda de materiales y el ingreso hacia abajo (ver figura 1).

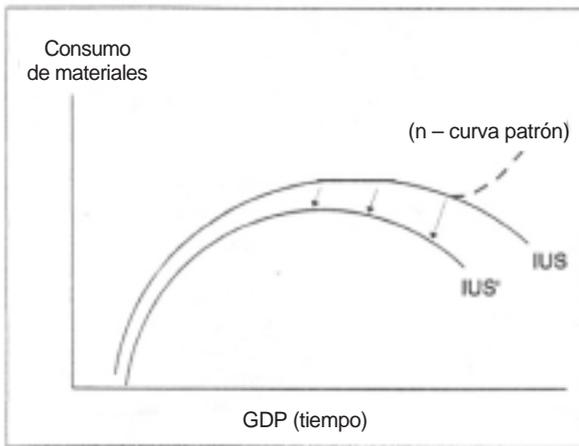


Figura 1

La hipótesis de la «intensidad de uso» y la influencia del cambio tecnológico.

¿CONTINÚA LA DESMATERIALIZACIÓN?

La hipótesis de la «intensidad de uso» se ha probado en un número de casos de estudio para determinados materiales y energía.⁵ Pero Labys y Wandell han sugerido que puede ser un error concluir que se produce la desmaterialización. La demanda de materiales suele seguir un ciclo de vida schumpeteriano

desde la introducción, a través del crecimiento y la madurez, hasta la saturación y el retroceso. Como la toma de datos para estudiar el consumo de nuevos materiales suele hacerse tras las fases de introducción y crecimiento, los estudios que usan datos estadísticos a menudo observan las fases de saturación y retroceso en la demanda de materiales, lo que puede no reflejar desmaterialización sino sustitución de materiales, o «*transmaterialización*».⁶

El consumo de recursos tiene consecuencias sobre el medio ambiente en virtud del principio de conservación de la materia. Por tanto, no habría ningún motivo para suponer que la presión ambiental disminuye debido a la desmaterialización si sólo la *composición* de la energía y materiales consumidos cambiase pero no lo hiciese su nivel absoluto. Además, debido a la transmaterialización pueden entrar nuevas sustancias al medio ambiente con importantes impactos negativos.

Por tanto, los economistas ambientales han estado investigando formas de construir indicadores que representen una mejor imagen general de la presión que ejerce el consumo de energía y materiales sobre el medio ambiente. Estos indicadores pueden ser indicativos del transflujo (*throughput*) de la economía, definido por Daly como el flujo físico (entrópico) de materia y energía de fuentes naturales, a través de la economía humana y de vuelta a los sumideros naturales.⁷ Un tema crucial en la construcción de un indicador de transflujo es cómo añadir los distintos tipos de energía y materiales en un único indicador. Se han propuesto distintos métodos, todos ellos con la posibilidad de influir mucho en los resultados de las aplicacio-

⁴ Malenbaum, W.: *World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000*. McGrawHill, New York 1978.

⁵ E.g. Larson, E.D., M.H. Ross, R.H. Williams: «Beyond the Era of Materials». *Scientific American*, Vol. 254 (1986), p.34-41;

Herman, R., S.A. Ardekani, J.H. Ausubel: «Dematerialization», in J.H. Ausubel & H.E. Sladovich (eds): *Technology and Environment*. National Academy Press, Washington, D.C. 1989, p. 50-69.

For a recent study e.g. Nilsson, L.J.: «Energy intensity trends in 31 industrial and developing countries 1950-1988». *Energy*, Vol. 18 (1993), 4, p. 309-322.

⁶ Labys, W.C., L.M. Wandell: «Commodity lifecycles in US materials demand». *Resources Policy*, Vol. 15 (1989), p. 238-252.

⁷ Daly, H.E.: *Steady State Economics, Second Edition with New Essays*. Island Press, Washington, DC 1991.

nes empíricas. Sólo unos cuantos estudios empíricos han formulado y analizado el transflujo total usando indicadores agregados en el tiempo. Mientras, por ejemplo Ayres, basado en datos sobre materia para los Estados Unidos niega la posibilidad de que la desmaterialización sea un fenómeno persistente y de ese modo rechaza la hipótesis de la desmaterialización, esto contrasta con las conclusiones de un estudio de Jänicke y otros.⁸ Ellos definen el transflujo como el total igualmente ponderado de consumo energético, consumo de acero, producción de cemento y peso del transporte de mercancías en ferrocarril y carretera (como una medida general del volumen de una economía). Los resultados de su análisis mostraron que el transflujo había aumentado en las economías menos desarrolladas y disminuido en las desarrolladas en 1985 comparado con 1970, dando lugar a un resultado similar a la hipótesis de la intensidad de uso. En un trabajo posterior, Jänicke y otros han reexaminado sus resultados anteriores aumentando el número de sustancias y el horizonte temporal, y han concluido que la desmaterialización no se mantiene para un número importante de sustancias.⁹ También la re-examinación de los resultados específicos del primer estudio de Jänicke por De Bruyn y Opschoor con un horizonte temporal extendido y algunas mejoras en el cálculo del indicador sugiere que desde 1985 ha habido un aumento en los niveles de transflujo para algunas

economías desarrolladas. El transflujo agregado creció de nuevo a una tasa cercana a la tasa de crecimiento económico.¹⁰ Concluyen, por tanto, que la actual evolución del transflujo en el tiempo se puede describir mejor como una curva en forma de N, similar a la curva en forma de U invertida pero con una subsiguiente fase de «rematerialización» que puede continuar hasta que nuevas innovaciones tecnológicas permitan otra fase de disociación.

UNA PERSPECTIVA EVOLUTIVA

¿Cómo se puede explicar esta evolución en el uso de recursos en forma de N a lo largo del tiempo? Ni el cambio tecnológico ni el estructural, como explicaciones principales, se han podido confirmar de forma convincente en el trabajo empírico. No conocemos las fuerzas motrices de la relación entre consumo de energía/materiales y el ingreso. Eso hace difícil prever la futura demanda material. Labson y Crompton han indicado que esto se debe a que los shocks sobre la relación entre la demanda de materiales y el ingreso no tienden a desvanecerse con el tiempo sino que introducen cambios permanentes en la relación.¹¹ En ausencia de una relación estable entre la demanda de materiales y el ingreso, no se pueden hacer predicciones si no se entiende la naturaleza y el origen de los shocks.

Los efectos de los shocks en un sistema económico se han debatido en la literatura teórica de la economía evolutiva, presentando dos enfoques diferentes. El primer enfoque se origina de una versión adaptada del modelo neoclásico en el que el cambio tecnológico depende de las inversiones en «capital humano», que resulta en innovaciones y cambio tecnológico. Los correspondientes cambios marginales y graduales en el uso de los recursos debido a los cambios tecnológicos son, por tanto, similares a aquellos discutidos en las teorías económicas neoclásicas modernas. Este enfoque parece poder explicar la curva de U invertida en la que los cambios estructurales y tecnológicos disminuyen las intensidades de uso a lo largo del tiempo en las economías desarrolladas. No obstante, no consigue explicar de forma satisfactoria la curva con forma de N.

El segundo enfoque sugiere que el proceso de cambio tecnológico no se da de forma suave a lo largo de una senda de

⁸ Ayres, A.U.: «Industrial Metabolism». In: J.H. Ausubel & H.E. Sladovich (eds): Technology and Environment. National Academy Press, Washington, D.C. 1989, p. 23-50; Jänicke, M., H. Mönch, T. Ranneberg, U.E. Simonis: «Economic Structure and Environmental Impacts: East-West Comparisons». The Environmentalist, Vol. 9 (1989), p. 171-182.

⁹ Jänicke, M., H. Mönch, M. Binder: Umweltentlastung durch industriellen Strukturwandel? Eine explorative Studie über 32 Industrieländer. Edition Sigma, Berlin 1992.

Jänicke, M. Et al.: «Dirty Industries»: Patterns of Change in Industrial Countries», Environmental and Resource Economics, Vol. 9 (1997), p. 467-491.

¹⁰ De Bruyn, S.M., J.B. Opschoor: «Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations». Ecological Economics, Vol. 20 (1997), p. 255-268.

¹¹ Labson, B.S., P.L. Crompton: «Common Trends in Economic Activity and Metals Demand: Cointegration and the Intensity of Use Debate». Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 25 (1993), p. 147-161.

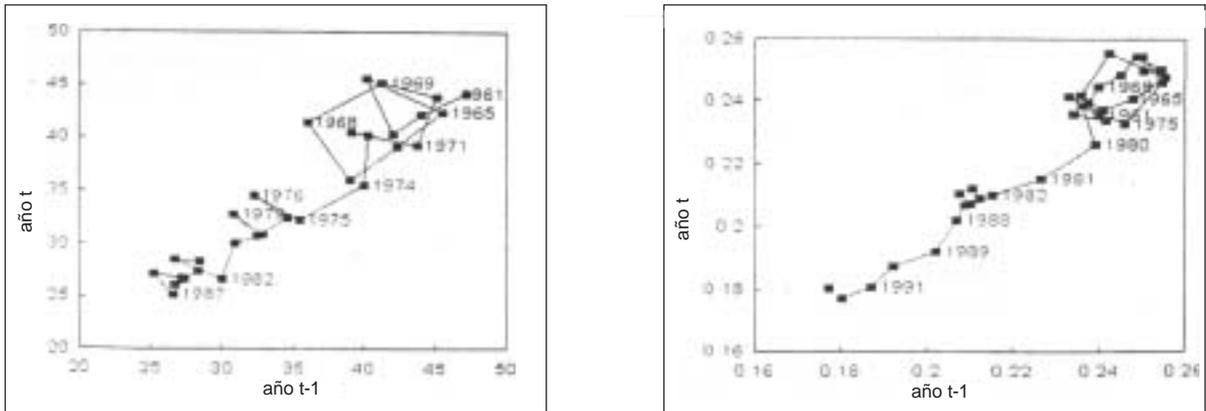


Figura 2

Evolución en el *throughput* agregado. Cada punto indica la media móvil anual entre 1960-1990.

Izquierda: Intensidades del acero en Alemania Occidental, en Kg/1000 US\$ (1990).

Derecha: Intensidades energéticas en Alemania Occidental, en tep/100 US\$ (1990).

equilibrio, sino que está caracterizado por el desequilibrio y una senda evolutiva de aprendizaje y selección.¹² Las innovaciones a lo largo del tiempo pueden darse en varios grupos como resultado de un proceso de destrucción creativa, concepto introducido por primera vez por Schumpeter. Gowdy aplica a la economía la visión, originada en la paleontología, de la evolución como un *equilibrio interrumpido*.¹³ Los sistemas económicos pueden ser relativamente estables y estar en equilibrio durante un cierto período de tiempo al que seguirá un cambio drástico en los paradigmas tecnológicos y en las estructuras institucionales y organizacionales. La curva en forma de N puede evidenciar el equivalente económico de la teoría del equilibrio interrumpido, con la relación positiva entre el transflujo y el ingreso correspondiente a la fase de equilibrio.

Por lo tanto es interesante investigar el carácter de los shocks en la evolución del uso de recursos. Una forma fácil de presentar la evolución del uso de recursos en el tiempo es usar diagramas de fase en los que una variable se representa en dos dimensiones: el valor que toma en el año actual y el valor en el año anterior. Los distintos valores de la variable en el tiempo se unen entonces mediante una línea.¹⁴ La desmaterialización, explicada por cambios graduales, se debería mostrar en el diagrama de fases como una línea recta negativa, implicando menores intensidades de uso a lo largo del tiempo. Por otra parte, la

desmaterialización como resultado de un *equilibrio interrumpido* debería mostrar varios puntos atractores donde la intensidad de uso permaneciese invariable durante un período de tiempo, seguido por un drástico cambio en la intensidad de uso. Una aplicación para la evolución del consumo de energía y acero por unidad de PIB en Holanda, el Reino Unido, Estados Unidos y Alemania Occidental, con datos del período 1960-1995 ofrece pruebas claras de puntos atractores, y por tanto apoya la teoría del *equilibrio interrumpido*.¹⁵ La figura 2 muestra el caso de Alemania Occidental.

Las intensidades del acero en Alemania Occidental fluctuaron alrededor de unos 40 Kg/1000 US\$ de 1960 a 1973. Más tarde las intensidades empezaron a caer hasta que en 1983 se alcanzó un nuevo punto atractor. También para el caso de

¹² Dosi, G., L. Orsenigo: «Coordination and transformation: an overview of structure, behaviours and change in evolutionary environments». In Dosi, G., C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (Eds): Technical change and economic theory, Pinter Publishers Ltd., London 1988.

¹³ Gowdy, John M.: Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers 1994.

¹⁴ Ver la metodología, aplicada a temas de empleo, en Ormerod, P.: The Death of Economics. Faber and Faber. London 1994.

¹⁵ De Bruyn, S.M. Economic Growth and the Environment: An empirical assessment. Próxima publicación, Thesis Publishers, Amsterdam, North-Holland 1999.

las intensidades energéticas se pueden encontrar dos puntos atractores. El primero duró desde 1960 a 1979 y el segundo se puede encontrar entre 1982-1987. Después de 1988 las intensidades energéticas siguieron disminuyendo.

Por lo tanto el estado de equilibrio de la economía implica que el consumo de materiales y el crecimiento económico están perfectamente unidos. No obstante, durante tiempos de cambio (radical) en los paradigmas tecnológicos e institucionales, las intensidades empiezan a caer rápidamente y el transflujo disminuye, al menos hasta que la economía se estabiliza de nuevo alrededor de un punto atractor. Entonces la relación positiva entre el crecimiento económico y el consumo de materiales se restablece y el transflujo crece de nuevo aproximadamente a la misma tasa que lo hace el crecimiento en el ingreso. El resultado es una relación entre ingreso y transflujo que tiene forma de N, similar a la curva en forma de U invertida pero con una subsiguiente fase de rematerialización. Esta rematerialización puede continuar hasta que un shock, definido más arriba como un cambio en el paradigma tecnológico o en las estructuras institucionales, cambie la relación de nuevo en la otra dirección. Cuáles serán los efectos sobre el transflujo total a largo plazo no pueden saberse de antemano ya que depende, entre otras cosas, de la duración de las fases de rematerialización y desmaterialización. No obstante, con respecto a los ejemplos presentados más arriba, se debe indicar que tanto los niveles de consumo energético como de acero en todos los países fueron en términos absolutos considerablemente superiores en los años noventa comparados con los primeros sesenta. Está por tanto indicado sugerir que también en el futuro el crecimiento económico tendrá una influencia mayor sobre la demanda de materiales que sobre la reducción en la intensidad de uso.

IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La desmaterialización y rematerialización pueden por lo tanto ser dos fenómenos sucesivos en la trayectoria del transflujo de las economías desarrolladas. La implicación es que el argumento de que el crecimiento económico puede ser beneficioso para la calidad ambiental es probablemente inválido. Si la figura en forma de N se mantiene para los insumos materiales agregados, entonces se podría trazar una evolución similar para los outputs agregados de relevancia ambiental (emisiones y residuos) en virtud del principio de conservación de la materia. Para el político, este resultado implica que no nos podemos escudar en que el proceso de crecimiento económico resolverá nuestros problemas ambientales. En cambio, se necesitan avances institucionales y tecnológicos para revertir la tendencia actual de rematerialización hacia otra más benigna desde un punto de vista ambiental. Uno de esos cambios radicales pudo ocurrir en el pasado en los años siguientes a la primera crisis del petróleo cuando los precios de la energía y las materias primas crecieron hasta niveles sin precedentes y la concienciación ambiental fue aumentando. Esto pudo haber provocado que los gobiernos y las empresas reconsiderasen su uso de recursos y los impactos ambientales asociados y que empezasen un proceso de racionalización, o reestructuración. Se puede necesitar, pues, una nueva etapa de eco-reestructuración para prevenir trastornos ambientales que resulten en impactos irreversibles y para cambiar la relación positiva entre crecimiento del ingreso y del transflujo en una dirección distinta.

