

Pautas de consumo, desmaterialización y nueva economía: entre la realidad y el deseo

Óscar Carpintero

A veces uno oye hablar de una sociedad «postindustrial» que utilizará menos materiales porque la economía consistirá en menos industria y más servicios. La idea no tiene en cuenta hasta dónde los servicios dependen de la base material y de los materiales traídos de todo el mundo.

D. L. MEADOWS y J. RANDERS (1992: 111).

Resumen

Aunque se hable de la terciarización de las economías y del deseo de convertirnos en sociedades postindustriales (menos intensivas en el uso de recursos o desmaterializadas), la realidad convierte esta afirmación en un mito. Es sabido que el capitalismo actual (a pesar de su terciarización, o precisamente por ello) ha seguido expandiendo la producción de bienes y servicios a costa de los recursos naturales procedentes de la corteza terrestre, tanto en términos absolutos como relativos. Y esta tendencia se está recrudeciendo con algunos países en desarrollo que, imitando el modelo euro-norteamericano, se postula como solución para el propio Tercer Mundo (por ejemplo, el sudeste asiático). Como consecuencia de lo anterior, conviene sacar a la luz los cimientos ambientales ocultos tras la tantas veces mencionada sociedad de la información y la nueva economía, pues, a pesar de su declarado carácter «inmaterial», los datos confirman (si se hacen correctamente las cuentas) que la expansión de las nuevas tecnologías no ha venido acompañada de un menor consumo de recursos. Las cifras, con apoyo en análisis del ciclo de vida de los productos, avalan la creciente intensidad energética y material y, por lo tanto, el impacto ambiental, de determinados consumos tecnológicos como ordenadores, móviles, etc., que se proponen acriticamente como bienes de consumo generalizado, sin ninguna consideración adicional. Así se pone de relieve el carácter ambivalente de la tecnología como elemento que, aunque puede reducir algunos impactos ambientales del consumo, también incentiva otros (y no sólo por el efecto rebote) abriendo nuevas posibilidades al aprovechamiento de recursos naturales. Por último, exploraremos las posibilidades de una reducción en el consumo como paso previo a la generalización de un «consumo sostenible» que, no en vano, se presenta tan necesario como deseable.

Introducción

Desde hace al menos dos décadas asistimos al último episodio del viejo debate sobre las restricciones ambientales a la expansión del sistema económico dentro de la biosfera que, con variantes, cambios de tono y nuevos argumentos se ha desarrollado desde hace casi dos siglos.¹ De nuevo hoy, aparecen también dos de los rasgos que han llegado a convertirse en habituales de esta larga discusión. Por un lado se sigue apelando, sin demasiada convicción, a la necesidad de perseguir un desarrollo económico al que ahora se califica de sostenible, pero que tiene difícil encaje práctico si tenemos en cuenta que nació como una propuesta de compromiso entre el enfoque económico convencional y los nuevos problemas ambientales. Por otra parte, el progreso tecnológico y el avance en la terciarización de las sociedades industrializadas han alimentado un discurso desmaterializador que intenta demostrar que el crecimiento económico, tal y como lo conocemos, sigue siendo posible porque se reduce la utilización de recursos naturales. El predominio del sector servicios –menos intensivo en la utilización de energía y materiales– abriría así la posibilidad de seguir manteniendo el modo de producción y consumo vigente, sin atender a los costes ambientales que provoca.

¹ Véase, por ejemplo J. MARTÍNEZ ALIER y K. SCHLÜPMANN (1991), o también O. CARPINTERO (1999).

Ahora bien, el sistema económico, a fin de no entrar en crisis, requiere de otro elemento para mantener el equilibrio que complementa la expansión de la producción. Y es aquí donde aparece la exacerbación del consumo como forma de absorber la fabricación de bienes y servicios en constante crecimiento. Pero, habida cuenta que los problemas ambientales no sólo recaen sobre la esfera productiva, sino que muchos de ellos están relacionados con la vertiente del consumo (residuos, utilización de energía y materiales por parte de los hogares, etc.), el anterior argumento de la desmaterialización se traslada también al ámbito del consumo, haciendo ver que el avance técnico —a través de la proliferación de las tecnologías de la información y la telecomunicación— dará paso a una nueva era de consumo inmaterial (o inmaterialización del consumo). En las páginas que siguen trataremos de enjuiciar la calidad de estos argumentos, discutiendo críticamente las dos tendencias apuntadas y evitando, en la medida de lo posible, no confundir el deseo de minimizar nuestro impacto ambiental sobre este frágil planeta con la realidad de un sistema económico que avanza en su deterioro, precisamente, por la senda contraria.

De la controversia sobre la desmaterialización y el debate sobre la sostenibilidad...

Entre principios de la década de los setenta, que vio la publicación en 1972 del informe del Club de Roma sobre *Los límites del crecimiento* (MEADOWS *et al.*), y la ulterior propuesta de desarrollo sostenible, manejada a partir de la publicación del Informe Brundtland en 1987, los economistas partidarios acrílicos del crecimiento económico, que negaban las restricciones físicas a la expansión de las economías nacionales, encontraron un asidero teórico y empírico al que agarrarse en pleno temporal. Al calor de la crisis energética, la reducción en algunos países de la utilización de energía por unidad de PNB (producto nacional bruto) hacía presagiar una progresiva independencia del crecimiento económico respecto del consumo de energía y recursos naturales; todo ello en un proceso que fue bautizado más tarde como «desmaterialización de la economía».² En la explicación de esta tendencia se suele aludir tres elementos. En primer lugar, el creciente proceso de terciarización de las economías industriales —donde el sector servicios significa entre un 60% y un 70% del PNB— supuso la hegemonía de un tipo de actividad que, en principio, parecía demandar menos energía y materiales que la industria o la agricultura, y dado que gran parte del crecimiento económico se debía al aumento de estas actividades, podría incrementarse el PNB utilizando a la vez menos recursos naturales.³ En segundo lugar, dentro de la propia industria se quiso ver una masiva sustitución de materias primas tradicionales (hierro, cobre, plomo, madera, vidrio...), cuya extracción y fabricación requería, a su vez, el consumo de abundante energía y materiales, por otras nuevas sustancias (sintéticas, fibras, plásticos...) que parecían exigir menor intensidad de recursos.⁴ Además, los procesos de reconversión de la industria básica en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), así como la incipiente aparición de nuevas actividades industriales ligadas al ámbito de la investigación y el desarrollo (I+D) tecnológicos, llevaron a pensar que los recursos naturales dejarían de ser un problema para el aumento del producto nacional bruto (PNB). Por último, debido a la creencia en una menor entrada de recursos naturales por unidad de producto interior bruto (PIB) en el sistema económico, no pareció muy difícil derivar de aquí la hipótesis de una reducción simultánea en la

² El texto que inició la posterior polémica fue el de W. MALENBAUM (1978), donde se mostraba la reducción en la intensidad de uso de diferentes materias primas por unidad de PIB. Una continuación de los esfuerzos de Malenbaum es la encabezada por J.E. TILTON (1990). Además, pueden consultarse, entre la creciente bibliografía, los siguientes trabajos: R. HERMAN, S. ARDEKANI y J.H. AUSUBEL (1989); O. BERNARDINI y R. GALLI (1993); I.K. WERNICK *et al.* (1996). El artículo de C. CLEVELAND y M. RUTH (1999) es una documentada síntesis de la polémica, que abarca la mayoría de los planos sobre los que se ha desarrollado la discusión. Aunque las definiciones sobre la desmaterialización varían de unos autores a otros, Cleveland y Ruth zanján el asunto afirmando que ésta «[...] se refiere a la reducción relativa o absoluta en la cantidad de materiales utilizados o en la cantidad de residuos generados en la producción de una unidad de producto» (ibidem: 16).

³ Para la cuestión de los servicios, una razonable panorámica de la controversia desmaterializadora, así como de las posibilidades mostradas por los denominados «servicios eco-eficientes», puede encontrarse en E. HEISKANEN y M. JALAS (2000). Más críticamente, aunque con menor grado de detalle, resulta de interés I. RØPKE (2001a).

⁴ Véase, por ejemplo: E.D. LARSON *et al.* (1986). Desde un punto de vista geográfico, para Estados Unidos: W.C. LABYS y L.M. WADDELL (1989) y, para Gran Bretaña: D. HUMPHREYS y S. BRIGGS (1983). Una reseña crítica de éstas y otras contribuciones, así como de los aspectos adyacentes, puede consultarse en: S. BUNKER (1996).

emisión de residuos y contaminación consecuencia de la actividad económica. Desde entonces, la bibliografía en torno a esta cuestión no ha dejado de aumentar basculando, de un lado, entre los análisis referidos a la reducción del consumo relativo de ciertos recursos naturales por la industria y, de otro, la posibilidad de extrapolar a nivel nacional e internacional estas tendencias. En todo caso, conviene precisar el sentido que le damos a este proceso desmaterializador para intentar evitar equívocos no sólo conceptuales. Para esta labor conviene fijarse en una distinción que en los últimos años ha ayudado a aclarar los términos del debate. Se trata de diferenciar entre «desmaterialización relativa o débil» y «desmaterialización absoluta o fuerte». La primera sería aquella que apunta a un descenso en los requerimientos de energía y materiales por unidad de PNB, mientras que la segunda supone una reducción en la cantidad absoluta de recursos naturales utilizados por la economía correspondiente (DE BRUYN y OPSCHOOR 1997: 258).

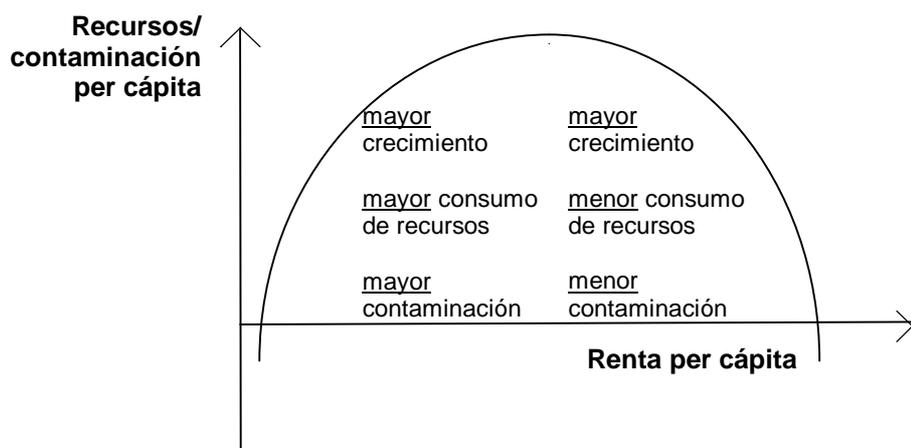
Si tenemos en cuenta la primera de las acepciones, parece cierto que, en el caso de la energía, la utilización por unidad de PNB ha descendido en muchos países ricos desde comienzos de la década de los setenta hasta la actualidad. Así, por ejemplo, el número de toneladas equivalentes de petróleo (tep) por unidad de PNB en los países de la OCDE ha pasado de ser 0,33 tep en 1972 a 0,24 tep en 1998 (OCDE/IEA, 2000).⁵ A finales de los ochenta, se despolvaron los análisis de Malembaum y comenzaron a proliferar los estudios que indicaban que la presión ejercida por las economías industriales estaba declinando, lo que dio paso a que se hablara de desconexión (*delinking*) entre crecimiento económico y recursos naturales. Un desacoplamiento que parecían revelar algunos análisis económicos y que se concretó en una reducción de la intensidad de energía y materiales en gran parte de los países de la OCDE desde 1970. Para verificarlo, se realizaron diferentes aproximaciones con el objetivo de integrar en un sólo índice el consumo de recursos, siendo uno de esos intentos el llevado a cabo por M. Jänicke y sus colaboradores. A partir de un indicador que agregaba el consumo de energía, acero, cemento y el peso de las mercancías transportadas por carretera y tren, se llegaba a la conclusión de que, entre 1970 y 1985, se había producido, simultáneamente, un aumento del PIB y una reducción en la utilización de aquellos flujos de recursos naturales en varios países como Francia, Suecia, Alemania o Gran Bretaña. Todo como consecuencia, se decía, de un cambio estructural de sus economías (JANICKÉ *et al.* 1989).

La repercusión de estos análisis fue mucho mayor desde el momento en que el debate sobre el cambio estructural y la desmaterialización coincidió, a partir de 1987, con la discusión en torno a la posibilidad del desarrollo sostenible. Es evidente que los resultados relatados eran un buen argumento para que, desde el enfoque económico convencional, se recuperase, en el plano teórico, algo que nunca se había perdido desde el punto de vista de la política económica, esto es, la mitología del crecimiento económico como solución a todos los problemas. Pues aunque existían sólidas razones que avalaban la estrecha relación entre crecimiento económico y deterioro ecológico —mostrando en este punto la debilidad analítica del enfoque ortodoxo— pronto se modelizó el hallazgo desmaterializador para ayudar a cambiar las tornas. En efecto, al regazo de estos y otros resultados similares se afirmó que en los países ricos, a pesar de que en las fases iniciales del desarrollo económico éstos dependían directamente del consumo de recursos naturales, existía un determinado nivel de renta per cápita (*turning point*) a partir del cual mayor crecimiento económico implicaba una reducción del consumo de recursos y de la contaminación (gráfico 1). La conjunción de ambas circunstancias llevó a sugerir que la mayoría de las economías de la OCDE presentaban una relación entre crecimiento económico y deterioro ambiental (emisiones de CO₂, SO_x, etc.) en forma de U invertida.⁶ Y dado que aquello se parecía mucho a la relación propuesta cuarenta años antes por Kuznets, entre el crecimiento económico y el aumento de la desigualdad, se decidió bautizar el «descubrimiento» como la curva ambiental de Kuznets.

⁵ Aunque el caso de España no se ajusta a este perfil ya que pasa de una intensidad energética de 1,61 tep/millón de PIB en 1973, a 1,68 tep/millón en 1997. Para un análisis detallado del caso español, véase lo dicho por J. RAMOS-MARTÍN (1999).

⁶ Así lo recuerdan G. GROSSMAN y A.B. KRUEGER (1991: 2): «[Los análisis] encuentran que la degradación ambiental y la renta siguen una relación de U invertida, con una contaminación creciente cuando la renta se encuentra en niveles bajos y decreciente cuando la renta se acerca a los niveles superiores».

Gráfico 1. Curva ambiental de Kuznets



Cabe, sin embargo, subrayar que las conclusiones de este análisis son todo menos inocentes. Pues muy lejos de la inocencia se está al afirmar que el crecimiento económico, en vez de ser una amenaza para el medio ambiente, se convierte así en la salvación del planeta, porque genera los recursos necesarios para realizar los gastos en descontaminación y protección ambiental que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos.⁷ Uno de los más fervientes partidarios de este argumento lo advertía claramente: «Cuando se alcanza un cierto nivel de renta, el crecimiento económico deja de ser un enemigo del medio ambiente para convertirse en un amigo [...] Si el crecimiento económico es bueno para el medio ambiente, entonces las políticas que estimulan el crecimiento como, por ejemplo, las de liberalización comercial o las de reestructuración y de precios deben ser también buenas para el medio ambiente [...] Los recursos pueden ser orientados de la mejor manera para la consecución de un rápido crecimiento económico y lograr un movimiento desde la parte de la curva ambiental de Kuznets que se corresponde con la etapa de desarrollo desfavorable al medio ambiente, hacia aquella que es ambientalmente beneficiosa» (PANAYOTOU citado en EKINS 1997: 806).

No hace falta ser demasiado perspicaz para entrever que, además de la pobreza, se pretende descargar también sobre los países más desfavorecidos –y con menor crecimiento económico– la carga del deterioro ambiental. Para rematar el asunto, hubo investigadores que presentaron un indicador monetario de sostenibilidad débil que calificaba como sostenible aquella economía que fuera capaz de generar el ahorro suficiente para, por medio de la inversión, reparar la depreciación del capital natural y manufacturado producido por la actividad económica. Se llegó así al sorprendente resultado de que las principales economías industriales eran las más sostenibles (Estados Unidos, Alemania, Japón, etc.), acusando a la mayoría de los países pobres (Burkina Faso, Etiopía, Indonesia o Madagascar) de insostenibilidad ambiental manifiesta (PEARCE y ATKINSON 1993). Así, mientras los países ricos presentaban problemas con la depreciación de su capital manufacturado debido a su grado de industrialización, en el caso de los países pobres el escollo procedía de la creciente extracción de recursos naturales que merman su capital natural. El problema estriba en que, una parte importante de esa extracción es consumida finalmente más allá de sus propias fronteras –en los países ricos–, de modo que, cuando se incorporan los efectos del comercio internacional y se analiza la sostenibilidad desde una perspectiva fuerte (es decir, como una cuestión del tamaño que ocupa el sistema económico dentro de la biosfera, medido en términos físicos), el panorama ya no resulta tan halagüeño para las economías industrializadas.⁸ La dimensión fuerte, a través de indicadores como la huella ecológica (REES y WACKERNAGEL 1996), mostraría la otra cara del deterioro ecológico provocado por el consumo

⁷ Un razonamiento que se complica al comprobar que, precisamente, los sectores que más contribuyen al crecimiento económico son los que proporcionalmente generan mayor contaminación y, por otra parte, que la estrategia propugnada choca ya con una situación de punto muerto en la que los beneficios del crecimiento ni siquiera cubrirían los gastos derivados de reparar (allí donde se pudiera) el deterioro ecológico (CARPINTERO 1999: 240 y ss.).

⁸ Los autores del indicador débil eran perfectamente conscientes de este hecho años antes de su trabajo de 1993: «Es perfectamente posible –escribían David Pearce y sus colaboradores– que una nación en concreto pueda asegurarse un patrón de desarrollo sostenible [...] pero a costa de la no sostenibilidad de otro país. [...] Podría decirse que la sostenibilidad es en parte algo que puede conseguirse “importándola” a través de la no sostenibilidad de otras naciones». D. PEARCE *et al.* (1989: 45).

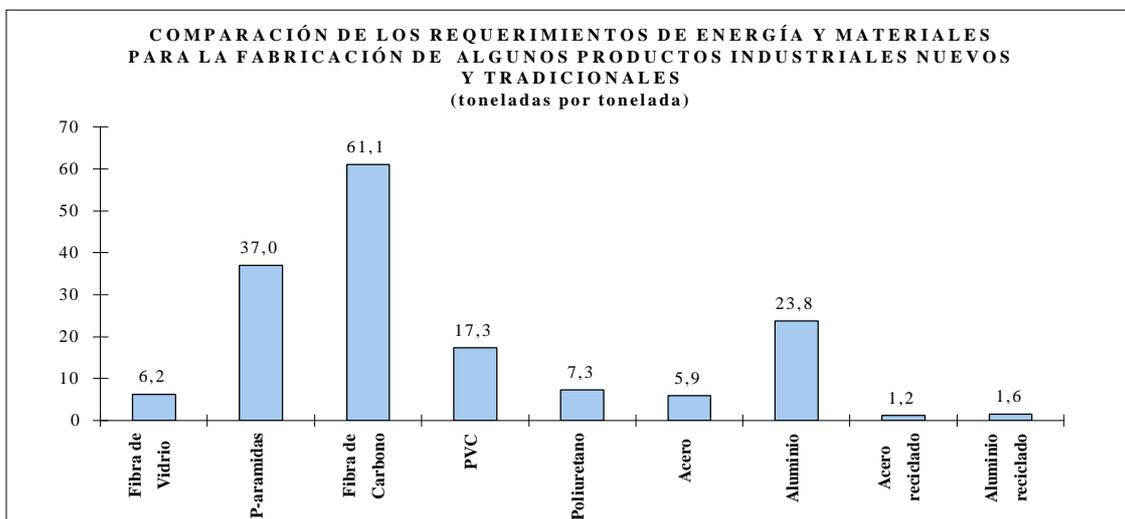
de los países ricos que, desde el punto de vista débil, aparecían como más o menos sostenibles; constatando así que la sostenibilidad monetaria se apoya sobre unos recursos y una capacidad de absorción de residuos muy superior a la que ofrecen sus límites fronterizos. En efecto, países como Estados Unidos, Alemania y Japón evidencian un déficit ecológico per cápita que dobla en extensión a la capacidad ecológica de sus países, mientras que la selección de países pobres insostenibles realizada por Pearce y Atkinson ofrece ahora un cierto equilibrio entre capacidad y huella, siendo en algunos casos excedentarios. De hecho, si abrimos el abanico a otros territorios veremos cómo existen economías fuertemente extractivas que al estar al servicio del consumo de la Unión Europea y los países de la OCDE presentan unos superávits ecológicos de gran envergadura: es el caso de Gabón con 31 hectáreas por habitante, Papúa Nueva Guinea con 30 o el Congo con 18. (WWF 2000).

La realidad es que, a pesar de los estudios y contrastes empíricos promovidos desde instancias oficiales, la mayoría de los análisis que pretenden demostrar el fenómeno desmaterializador y afirmar la sostenibilidad ambiental de los países ricos con la existencia de una curva ambiental de Kuznets no superan una revisión pormenorizada. De hecho, ha sido Paul Ekins quien, repasando críticamente todas las investigaciones existentes, ha subrayado, por ejemplo, contradicciones entre diferentes análisis que utilizaban los mismos datos; y, así, si la evidencia para un único contaminante estaba lejos de ser concluyente, la extensión a la calidad ambiental como un todo resultaba imposible. A esto habría que añadir el hecho de que muchos de los modelos de regresión que apoyarían la existencia de la curva ambiental frecuentemente están mal especificados y omiten importantes variables como el consumo, el comercio internacional o la densidad de la actividad económica. Además, la mayor parte de las mejoras se deben a políticas ambientales específicas, sólo relacionadas indirectamente con la renta (CLEVELAND y RUTH 1999: 40-41). Cabe entonces concluir con Ekins que «ni los datos de la OCDE ni los de la Comisión Europea ofrecen un apoyo sólido para la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets» (EKINS 1997: 807).

Siguiendo con el resto de argumentos, cuando se dice que el sector servicios genera menor impacto ambiental que otros sectores como la industria o la agricultura intensiva, tal afirmación olvida que los servicios también poseen y necesitan de una importante base material para su funcionamiento. Habrá que recordar que una actividad tan exigente en recursos como el transporte, que absorbe, según los casos, entre el 40% y el 50% de la energía de los países industrializados, se encuentra clasificada bajo esta rúbrica; o que negocios como el turismo, con sus exigencias derivadas de la construcción de hoteles y apartamentos en varios países, también aparece incluido en este apartado. Efectivamente, existen cálculos que demuestran que, globalmente, los servicios no son tan inocentes en las cuestiones de consumo de energía y materiales como parece. A través del análisis de las tablas *input-output* para la economía en su conjunto, el economista danés Jesper Jespersen exploró la intensidad energética de más de cien sectores económicos, entre los que se encontraban tanto aquellos pertenecientes a la industria pesada como los relacionados con el sector servicios, llegando a la siguiente conclusión: un millón de ecus de PNB procedentes del sector servicios privado, incluido hoteles, comercios y transporte, demandaba casi la misma intensidad energética que el sector industrial (6,9 TJ frente a 8,4 TJ de este último). Además, se daba la circunstancia de que eran precisamente aquellos servicios tradicionalmente ofrecidos por el sector público (educación, sanidad, etc.) los que menos intensidad energética por millón de ecus necesitaban: únicamente 3,1 TJ (terajulios) (Jesper Jespersen 1994 citado por NORGARD 1995: 279). A la vista de los datos, se comprende la dificultad para definir los servicios como actividades inmateriales o intangibles tanto en sus requerimientos como en sus efectos. Pues, como afirmaba con cierta ironía Anders Henten en un pasaje recordado recientemente por Inge Røpke: «pocas personas estarían dispuestas a pagar por un corte de pelo que no tuviera efectos materiales» (RØPKE 2001a: 39).

Pero cabe recordar también que los defensores de la desmaterialización adujeron la aparición de nuevos materiales industriales como elemento que reducía los requerimientos de recursos naturales fruto de la innovación tecnológica. Lo cierto es que cuando se realizan los correspondientes análisis del ciclo de vida de los productos se observa que, en muchos casos, las exigencias de energía y materiales de estos nuevos productos (fibras de vidrio, PVC, fibras de carbono...) son muy superiores a las necesidades de fabricación ofrecidas por las viejas materias primas como el aluminio, el hierro o el acero. Los gráficos 2 y 3 ponen de relieve cómo, desde el punto de vista de los recursos no renovables o abióticos, la fibra de carbono con una exigencia de 61 toneladas de recursos por tonelada de producto, o las p-aramidas con 37 toneladas de recursos por tonelada de producto, se encuentran muy por encima de los requisitos de fabricación de materiales como el acero o el aluminio.

.....
Gráfico 2
Comparación de los requerimientos de energía y materiales para la fabricación de algunos productos industriales nuevos y tradicionales
(toneladas por tonelada)



Fuente: H. STILLER (1999: 9 y ss.).

.....

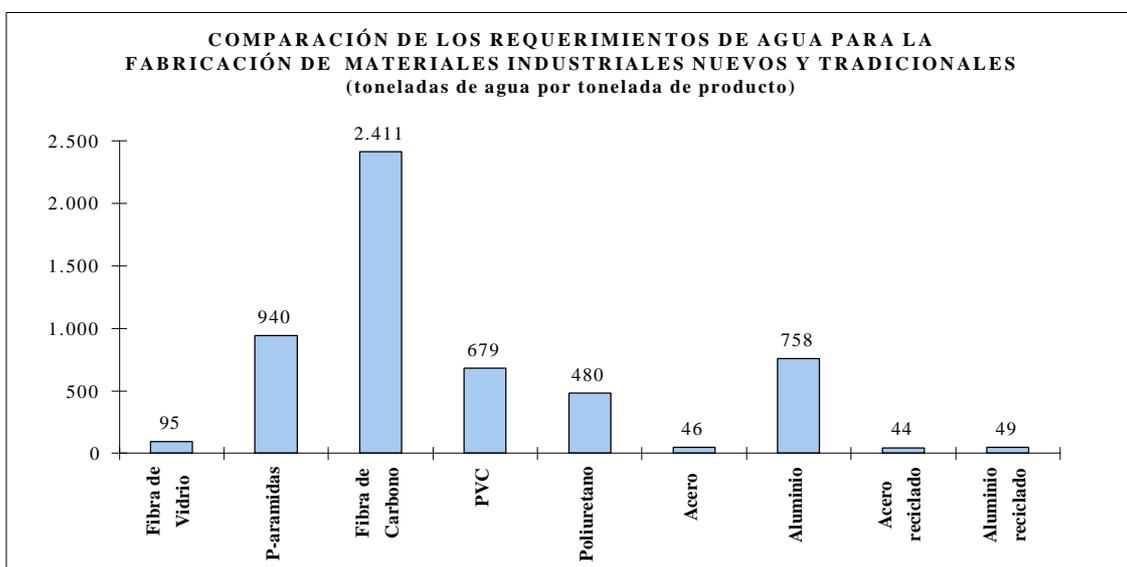
No en vano, por ejemplo, la fabricación de la fibra de vidrio comienza con la extracción de productos de cantera y minerales no metálicos como sulfatos, piedra caliza, arenas y gravas. Además, en el caso de considerar como materia prima los metales reciclados, tanto el acero como el aluminio presentan, con mucha diferencia, las mejores ratios superando incluso a materiales plásticos como el PVC o el poliuretano. Y tampoco mejoran demasiado las cifras para los nuevos materiales cuando tenemos en cuenta las necesidades de agua en la fabricación. Aquí, el acero sin reciclar supera a todos los demás materiales, acompañado de nuevo del aluminio cuando se parte de materias primas secundarias (STILLER 1999: 9-23). A pesar de ello, la fabricación de estos nuevos productos se ha incrementado considerablemente en los últimos años operando, en ocasiones, en mercados fuertemente oligopolizados:⁹ la fibra de vidrio es uno de los materiales más comunes para el reforzamiento de los plásticos, así como para otras aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones o el aislamiento de materiales; o el PVC para todo tipo de envases y acondicionamiento de edificios.

.....

⁹ Por ejemplo, en el caso de las p-aramidas o poliamidas aromáticas –compuestos orgánicos que se pueden transformar en fibras con diferentes aplicaciones, de mayor densidad y firmeza que las fibras de carbono o vidrio–, la producción mundial está dominada únicamente por dos compañías: Dupont y Kevlar que se reparten al 60/40 la fabricación de 30.000 toneladas al año (STILLER 1999: 11).

Gráfico 3
Comparación de los requerimientos de agua para la fabricación de materiales industriales nuevos y ~~tradicionales~~ tradicionales

(toneladas de agua por tonelada de producto)



Fuente: H. STILLER (1999: 9 y ss.).

Cabe, de todas formas, realizar alguna matización. Es cierto que a la hora de fabricar un producto, la intensidad en el uso de los recursos es un buen criterio de elección, pero frecuentemente existen más. Puede interesar, por ejemplo, obtener un material de menor peso, con mayor durabilidad, sencillo de reparar y mantener, o con capacidad de reciclaje para aprovecharlo en forma secundaria. En este sentido, es posible que para algunos criterios (peso, resistencia, flexibilidad, etc.) los viejos materiales como el acero o el aluminio no sean siempre la mejor opción. Pero está claro que, al menos desde dos perspectivas, sí poseen una clara ventaja, a saber: respecto de la intensidad de recursos utilizados y en relación con la capacidad de reciclaje. Pues no hay que olvidar que uno de los problemas principales que aflora al analizar la industria de fabricación de materiales sintéticos (plásticos y otros) es la escasa posibilidad de reutilizarlos o recidarlos una vez se ha agotado su periodo de aprovechamiento. A lo que cabría añadir que su gestión como residuos es, en muchos casos, poco afortunada, considerando la socorrida práctica de quemarlos en plantas incineradoras, favoreciendo así la contaminación atmosférica con peligrosas dioxinas y furanos.

Para finalizar este apartado, conviene precisar que, incluso si hubiera descendido el uso de materiales por unidad de PNB, no hay que olvidar que «[...] lo ecológicamente significativo es el volumen material absoluto de materias primas consumidas y no el volumen en relación al PNB» (BUNKER 1996: 81). Y éste, como ahora veremos, no ha cesado de incrementarse en lo relativo a los materiales demandados por las principales economías industriales. Así las

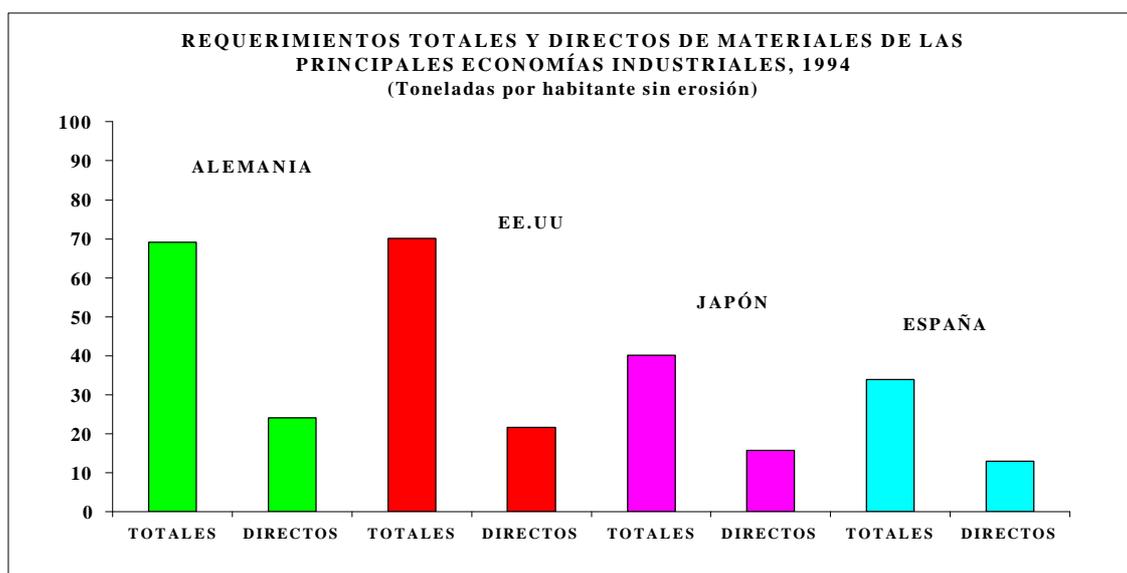
cosas, más que una sustitución a nivel global de los viejos materiales (acero, cemento, papel, etc.) por otros nuevos (plásticos, aluminio, cloro o etileno), es un efecto de complementariedad entre las viejas y las nuevas sustancias.

... a la realidad de la rematerialización y la insostenibilidad ambiental

Si existen algunas dudas sobre la desmaterialización en términos relativos, éstas desaparecen cuando abordamos el fenómeno desde el ángulo absoluto. En efecto, lejos de reducirse la presión del sistema económico sobre los recursos de la biosfera, en los últimos años se ha producido un incremento importante de los flujos de energía y materiales que recorren el metabolismo de las principales economías industrializadas, como lo han demostrado varios estudios, tanto por el lado de la extracción de recursos (ADRIAANSE *et al.* 1997), como por el de la producción de bienes y la generación de residuos (MATTHEWS *et al.* 2000).

Servirá de muestra decir que los requerimientos totales de energía y materiales (RTM)¹⁰ per cápita se incrementaron en Alemania desde las 64 toneladas en 1975 a las 76 toneladas en 1994. Japón y Holanda siguieron la misma tónica pasando el primero de ellos de 37 toneladas en la primera de las fechas a 45 toneladas al final del período, y el segundo de las 56 toneladas a mediados de la década de los setenta a las 67 toneladas con que despuntaba a la mitad de los noventa. Así las cosas, si dejamos al margen los flujos ocultos asociados a la erosión del suelo derivada de las labores agrícolas, el gráfico 4 muestra cómo, a mediados de los noventa, para alimentar el modo de producción y consumo de cada ciudadano alemán eran necesarias 69 toneladas de energía y materiales, 23 toneladas de las cuales pasaban directamente al sistema económico obteniendo un valor de mercado, aunque el grueso, esto es, 46 toneladas por habitante, eran simplemente flujos ocultos (residuos) que era necesario remover para acceder y obtener los minerales, combustibles o biomasa utilizada.

Gráfico 4
Requerimientos totales y directos de materiales de las principales economías industriales (1994)
(toneladas por habitantes sin erosión)



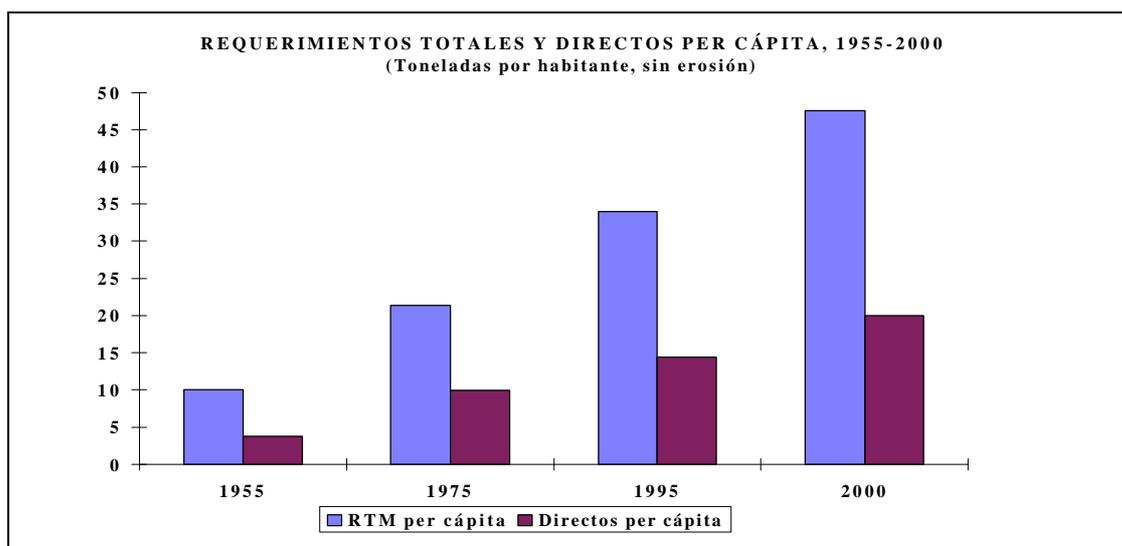
Fuente: A. ADRIAANSE *et al.* (1997) y O. CARPINTERO (2002a).

¹⁰ Los RTM son la suma de los recursos o *inputs* directos, esto es, los flujos de energía, materiales y biomasa que se incorporan a la cadena del valor económico por compraventa (metales, combustibles fósiles, productos agropecuarios, etc.), más los flujos ocultos, es decir, aquellos que se generan en la extracción de los flujos directos, que no forman parte de la mercancía finalmente vendida pero que es necesario remover para su obtención (estériles mineros que recubren el metal, movimiento de tierras para la construcción de infraestructuras, biomasa no aprovechada como restos de cosecha y poda, etc.). La suma de ambas fracciones, por tanto, es lo que se denomina requerimiento total de materiales (RTM) (ADRIAANSE *et al.* 1997).

En el caso de Estados Unidos, los requerimientos totales de materiales ascendían, a mediados de los noventa, a 70 toneladas por habitante (excluida la erosión), de las cuales 22 eran flujos directos, etc. En definitiva, son precisamente estos datos de recursos—que, agregados, conforman las cantidades proporcionadas por el gráfico 4— los que echan por la borda las pretensiones desmaterializadoras de algunos autores, colocando en sus justos términos cuantitativos el debate.¹¹ Además, estas mismas cifras sobre las bases materiales de las economías industriales dejan también lugar a pocas dudas sobre la inexistencia de una curva ambiental de Kuznets cuando se incorporan todos los flujos físicos al análisis; como se puso de manifiesto recientemente al comparar los *inputs* directos de materiales y el crecimiento per cápita en Alemania, Holanda, Japón y Estados Unidos, no encontrándose rastro alguno de relación semejante (SEPPALÁ *et al.* 2000). Y tampoco nosotros la hemos encontrado para el caso de España (CARPINTERO 2002a: 114-120).

Se da la circunstancia de que, por las mismas fechas, España presentaba una intensidad material per cápita muy similar a Japón, tercera potencia mundial, situándose en unos requerimientos totales de 34 toneladas por habitante, de las que 14 eran flujos directos, que se habían triplicado desde mediados de siglo (CARPINTERO 2002a). En este sentido, la economía española ha multiplicado casi por cinco sus RTM per cápita, desde las 10 toneladas por habitante en 1955 hasta las 34 de 1995 o las casi 47 estimadas para el año 2000 (gráfico 5).¹²

Gráfico 5
Requerimientos totales y directos per cápita (1955-2000)
(toneladas por habitante sin erosión)



Fuente: O. CARPINTERO (2002a) y las fuentes allí recogidas. El año 2000 es una estimación.

Además, en los últimos cinco años de fuerte crecimiento económico en nuestro país—con tasas del 3,8% anual— se ha incrementado el consumo de energía primaria a un ritmo incluso superior (4,5%), dejando a un lado la imagen de un supuesto crecimiento desmaterializado que cada vez recurre menos a la utilización de recursos naturales (CARPINTERO 2002a). Así, los requerimientos de energía primaria por habitante en España aumentaron un 21% desde 1995, llegando a alcanzar en el 2000 un consumo de 3,12 tep (toneladas equivalentes de petróleo) por cada individuo, cuando sólo cinco años antes los niveles eran de 2,57 tep por habitante y año. Lo que permite concluir que la pérdida de peso de la agricultura, la minería y la industria, unida a la creciente terciarización de nuestra economía, no ha originado en España ninguna desmaterialización de la misma sino que, por el contrario, ha dado lugar a una rematerialización continuada desde los años setenta.

¹¹ Hay que subrayar que, al fijarnos sólo en las cantidades, estamos dejando al margen el carácter nocivo de muchos residuos que cualitativamente ejercen un impacto ambiental mucho más destructivo.

¹² Los cálculos y un mayor desglose pueden consultarse en (CARPINTERO 2002a).

No hay que perder de vista que, en todos los casos, la parte de estos flujos de recursos naturales que proceden del resto del mundo son cada vez una fracción más significativa. Por ejemplo, en el caso de Alemania, al igual que en España, aproximadamente un 35% del tonelaje tiene su origen en terceros países, llegando esta proporción en Japón al 63% o, incluso en lugares como Holanda, al 70% de los requerimientos totales. En este sentido, el comercio internacional, medido en tonelaje, revela cómo el desarrollo económico de estos países, lejos de haberse desmaterializado al declinar sus respectivos sectores industriales, se ha rematerializado con cargo al resto del mundo, al importar, limpios de polvo y paja, recursos naturales de las principales economías extractivas del planeta como son los países del Tercer Mundo. Por ejemplo, en el año 2000, los países ricos recibían una entrada neta de energía y materiales que ascendía a 1.400 millones de toneladas en forma de combustibles fósiles y minerales diversos procedentes de territorios empobrecidos (CARPINTERO 2002b; CARPINTERO, ECHEVARRÍA y NAREDO 1999). Si elegimos, como botón de muestra, recursos estratégicos a nivel mundial como son el petróleo y algunas sustancias minerales como la bauxita, el hierro o el cobre, veremos que las principales economías ejercen como centros de atracción de unos recursos que el resto del planeta pone a su disposición a través de un intercambio comercial ecológicamente desigual. En algunos casos como el petróleo, se revela también hasta qué punto la estrategia de desarrollo adoptada por los países del sudeste asiático y pregonada como modelo extensible a todas las naciones empobrecidas, resulta imposible de generalizar. Pues al margen de los argumentos que apelan al carácter abnegado y sacrificado de la población asiática, o al hecho de haber sido una región privilegiada por parte de la política exterior y tecnológica estadounidense en la época de la guerra fría, lo que casi nunca se dice es que estos países se han convertido, a nivel mundial, en la tercera región importadora neta de petróleo para sufragar un proceso industrializador muy intensivo en el uso de recursos naturales. Basta recordar que, a finales de los años noventa, dicha región acumulaba casi el 20% del total de las importaciones mundiales (303 millones de toneladas) (BP 2001). No en vano, países como Corea con 3,8 tep per cápita presentaban ya en 1997 un consumo energético por habitante un 40% superior a España (2,7 tep/hab.), o naciones como Singapur, con 7,8 tep/hab. igualaban en consumo a la primera potencia mundial, Estados Unidos.

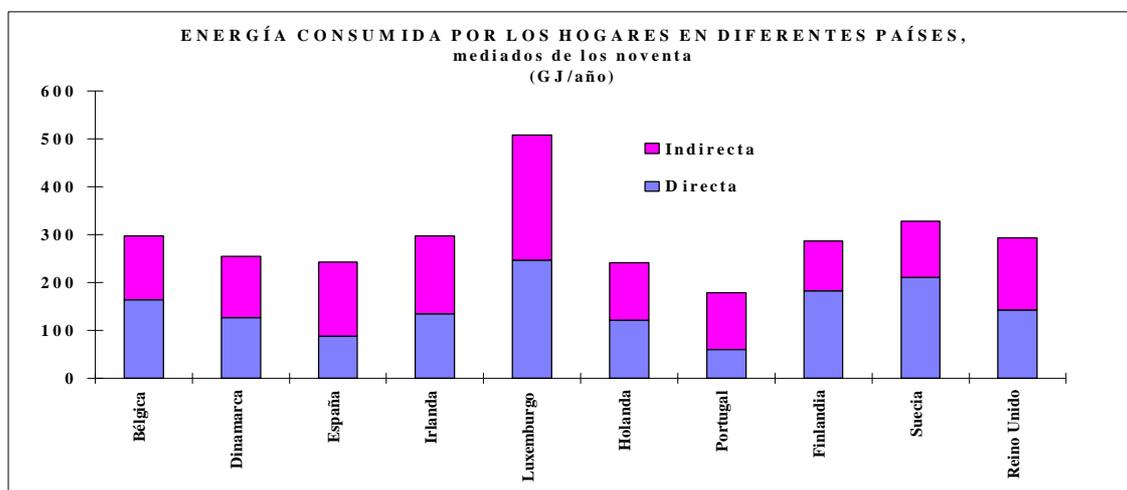
El metabolismo de hogares, el impacto ambiental del consumo y la importancia del efecto rebote

Una parte considerable de los flujos de energía y materiales que atraviesan las economías nacionales y que componen su particular metabolismo económico¹³ tienen casi siempre su reflejo en las actividades de consumo final que realizan los hogares, las empresas y las administraciones públicas. En el debate sobre la desmaterialización de la producción nos hemos referido en cierto modo al consumo de las empresas, de manera que nos fijaremos ahora en el eslabón dominante del resto de la cadena del consumo, esto es, los hogares. Considerando la importancia del consumo de las familias en el total nacional, se ha intentado rastrear, desde hace años, el impacto ambiental de los bienes y servicios utilizados por éstas así como las posibilidades abiertas para mermar los efectos negativos sobre el medio ambiente con pautas de consumo más sostenibles (OCDE 1997, HINTERBERGER *et al.* 1999, LOREK y SPANGENBERG 2001, RØPKE 2001b). La conexión existente entre producción y consumo hace que podamos aproximarnos al impacto ambiental de la demanda específica de un bien o servicio a través del consumo de recursos que son necesarios para proporcionarlos. Esto, por tanto, es lo mismo que profundizar en el particular metabolismo de los hogares y su utilización de energía y materiales directos, que tiene lugar tanto dentro de la vivienda (comida, agua, calefacción, electricidad...), como fuera de ella. También hay que prestar atención a aquellos recursos naturales indirectos incorporados en los propios bienes y servicios y que han sido necesarios para su fabricación (NOORMAN y UITERKAMP 1998: 26). En este sentido intentaremos centrarnos en tres elementos asociados al consumo de los hogares que tienen especial trascendencia ambiental: la intensidad energética de los consumos, su intensidad material y, por último, la huella ecológica territorial de algunos de ellos.

¹³ Sobre los orígenes y lo que ha dado de sí esta analogía biológica en ciencias sociales puede consultarse con provecho: M. FISCHER-KOWALSKY (1998), M. FISCHER-KOWALSKY y W. HUTLER (1999).

Aunque existen algunos estudios que han estimado la energía directa consumida por los hogares,¹⁴ la mayoría presentan una laguna importante en relación con la estimación de la energía indirecta incorporada a los bienes y servicios, que viene siendo paliada desde mediados de la década de los noventa por los trabajos de varios investigadores.¹⁵ Llenar este vacío es especialmente importante pues, según las estimaciones disponibles, la energía indirecta supone en muchos casos más de la mitad de la energía total consumida por los hogares de los países ricos (NOORMAN y UITERKAMP 1998: cap. 3, REINDERS *et al.* 2002). Tal y como recoge el gráfico 6, la Europa comunitaria presenta importantes diferencias en el consumo energético de los hogares por países, pues si excluimos Luxemburgo por su singularidad, la media para la Unión Europea en 1994 estaba en los 274 GJ/año (gigajulios por año) y los extremos iban desde los 108 GJ/año de Portugal a los 328 GJ/año de Suecia, pasando por los 242 GJ/año de España. El caso de nuestro país es precisamente revelador de la importancia que supone incorporar la energía indirecta.

Gráfico 6
Energía consumida por los hogares en diferentes países (mediados de los años noventa)
(GJ/año)



Fuente: A.H.M.E. REINDERS *et al.* (2002).

Aunque por razones fundamentalmente climáticas los hogares españoles demandan una menor energía directa (88 GJ), quedando así un 36% por debajo de la media de la Unión Europea; esto no ha significado un menor consumo, pues los requerimientos de energía indirecta de nuestras familias presentan el mayor valor de todos los países considerados (154 GJ), superando en un 12% a la media comunitaria.

La tabla 1 revela la distribución media para el conjunto de países según capítulos de gasto de los hogares donde vemos que el grueso se localiza precisamente en el consumo de energía dentro del propio hogar (calefacción, etc.). El estudio de REINDERS *et al.* (2002) pone también de manifiesto una curiosa separación geográfica norte-sur en lo que se refiere a la utilización de energía vinculada a dos categorías de gasto: alimentación y bebidas, y educación, ocio y cultura. Mientras en los hogares de países meridionales como Italia y España ofrecen una intensidad energética en la alimentación mayor que el resto –explicable porque una fracción

¹⁴ Por ejemplo, para el caso de la Unión Europea EUROSTAT (1993), aunque los resultados son del año 1988. En el caso de España se dispone de un estudio del IDAE (1998) con datos de 1995.

¹⁵ Aquí resulta imprescindible destacar la labor realizada por el Center for Energy and Environmental Studies (IVEM) perteneciente a la universidad holandesa de Groningen y a su programa de investigación HOMES. Fruto de esta labor, y aplicando una metodología híbrida con datos físicos y monetarios del gasto de los hogares, se han llevado a cabo estimaciones del metabolismo total de las familias para el caso de Holanda (NOORMAN y UITERKAMP 1998), así como para la energía total (directa e indirecta) de los hogares de la Unión Europea (REINDERS *et al.* 2002), y para países pobres como la India (PACHAURI y SPRENG 2002).

relevante de su gasto se destina a esta categoría—, son los países septentrionales como Suecia, Finlandia y Reino Unido los que desprenden unos requerimientos energéticos mayores en el apartado de ocio y cultura. De todos modos, conviene utilizar estos datos con cautela, pues para su obtención en términos físicos se ha partido de cifras monetarias de gasto por hogar que —a pesar de los ajustes metodológicos— pueden dar lugar a incorrecciones, no sólo dentro de cada país, sino desde el punto de vista de las comparaciones internacionales.

Tabla 1. Energía consumida por los hogares de los países de la Unión Europea -11 según categorías de bienes y servicios (1994)

Categoría de consumo	MJ/ECU	GJ/hogar	Porcentaje
Alimentación y bebidas	11,1	43,8	16
Ropa y vestido	6,0	8,2	3
Alquiler, reparaciones y agua	5,0	24,7	9
Electricidad, gas y otros combustibles para el hogar	81,1	95,9	35
Equipamiento del hogar	9,9	13,7	5
Transporte y comunicación (excluido combustible)	10,4	16,4	6
Combustible para transporte	45,2	35,6	13
Educación, ocio y cultura	9,0	30,1	11
Otros bienes y servicios	4,6	5,5	2
Total	182,3	273,9	100

Fuente: Elaborado a partir de A.H.M.E. REINDERS *et al.* (2002).

Pasemos ahora a revisar algunos datos que nos informan de la segunda dimensión del metabolismo de los hogares, es decir, la relativa a los flujos de materiales asociados al consumo de bienes y servicios. Como se recordará, páginas atrás hicimos mención a los requerimientos totales de materiales que las economías industriales movilizaban anualmente en la esfera de la producción, muchos de los cuales tienen luego su reflejo en el ámbito del consumo. Para el caso de los hogares, tal vez el siguiente ejemplo extraído de la vida cotidiana ilustre bien las conexiones entre la extracción de los recursos naturales y su utilización final:

Imagine que cada mañana un camión le entrega en su casa todos los materiales que utiliza en un día, salvo la comida y el combustible. Apilados frente a la puerta están la madera de su periódico, los productos químicos de su champú y el plástico de las bolsas con las que lleva la compra a casa. También se incluye el metal de sus aparatos y electrodomésticos y de su automóvil —sólo la parte que usa en un día de la vida total de dichos objetos—, al igual que su fracción diaria de materiales compartidos, como la piedra y la grava de las paredes de su oficina y de las calles por las que camina. En la parte de debajo del montón están los materiales que usted nunca ve, como el nitrógeno y la potasa empleados para cultivar sus alimentos, y la tierra y las rocas bajo las que estuvieron enterrados sus metales y minerales. Si es usted un estadounidense medio, esta entrega será pesada: 101 kg, el peso aproximado de un varón de talla grande. Pero la cuenta de sus materiales sólo acaba de empezar. Mañana llegarán otros 101 kg, y al día siguiente, otros tantos. A final de mes, usted habrá utilizado tres toneladas de material, y al cabo de un año 37 toneladas. Y si sus 270 millones de compatriotas hacen lo mismo, día si y día también; todos juntos devoran casi 10.000 millones de toneladas de material en un año (GARDNER y SAMPAT 1999: 91).

Cifras que si, tal y como debe hacerse, incluyeran el resto de flujos directos como la alimentación y los combustibles, además de otros flujos ocultos, demostrarían con detalle que el peso que llevamos a costas supera con mucho la anterior cantidad. La dimensión de estos flujos ocultos ha favorecido que algunos autores afirmen la existencia de auténticas mochilas de deterioro ecológico (*ecological rucksacks*) asociadas a la extracción, producción

y uso de cualquier mercancía.¹⁶ Por ejemplo, los movimientos de materiales que forman la mochila de deterioro ecológico que acompaña a la fabricación de un anillo de oro de 10 g suman una cantidad de 3,5 toneladas tan sólo en la fase minera. Para algunos productos tan usuales como puede ser un zumo de naranja se ha visto que la fabricación industrial de 1 L de esta bebida exige, por término medio, 22 L de agua, 0,4 L de combustible y aproximadamente 1 m² de tierra (HINTERBERGER *et al.* 1994: 7). En la misma línea, y como un ejemplo de carácter más global, la producción de energía de 3.000 millones de toneladas de carbón, lleva asociada una mochila de 15.000 millones de toneladas en forma de agua y escombros, a los que hay que sumar 10.000 millones de toneladas en forma de emisión de CO₂ a la atmósfera (WEIZSÄCKER y LOVINS 1997: 321-322).

A diferencia del caso energético no han proliferado aún las estimaciones de intensidad material de los hogares a nivel agregado. Cuando se ha llevado a cabo un desglose por categorías de gasto en el consumo privado (hogares e inversión de empresas) y público, incluidos los flujos ocultos, se han llegado a cifras de 47 toneladas por habitante y año para el primer tipo y 10 toneladas por habitante y año para el caso del consumo público en lugares como Alemania. Y también aquí, al igual que en el caso de la intensidad energética de los servicios, es el consumo público el que muestra menores requerimientos materiales por unidad de renta (1,4 kg/DM), mientras que el consumo privado muestra mayor intensidad relativa (2,4 kg/DM) (RØPKE 2001b: 137-139, a partir de datos del Wuppertal Institut).

Por último, merece la pena detenernos un poco en estimar el espacio ambiental (huella ecológica) asociado a ciertas pautas de consumo de los hogares. Pues existen ya varios cálculos que ponen de manifiesto la intensidad territorial (hectáreas por habitante) de ciertos consumos de bienes y servicios; sean estos tradicionales como la dieta, o de cualquier otro tipo. En el caso de la alimentación la cosa ha sido más sencilla considerando la mayor dependencia de esta actividad de la propia agricultura, con un importante soporte territorial.

Dado que los animales cuya carne ingerimos se alimentan cada vez menos de pasto y cada vez más de grano y cultivos forrajeros, una de las primeras conclusiones que revelaron la mayoría de estos trabajos era que las dietas ricas en carne vienen requiriendo aproximadamente tres veces más territorio cultivado que las dietas vegetarianas (BOUMA *et al.* 1998: 113). Las exigencias, no sólo territoriales, sino también de energía, agua y otros recursos serían tan desproporcionadas que evidencian claramente la imposibilidad de generalizar una dieta rica en proteínas y grasas animales a todos los habitantes del planeta; poniendo de nuevo sobre el tapete la cuestión distributiva frente al ideal del crecimiento: «Si toda la población come algo de carne –afirma Robert Goodland– sólo 2.500 millones de personas podrán alimentarse. Esto excluye casi a dos tercios de la población actual. Y es la razón por la cual es tan importante para el mundo permanecer en los primeros eslabones de la cadena alimentaria: aquellos que están arriba deberán descender, y la población desfavorecida avanzar» (GOODLAND 1997: 191).¹⁷ La expresión territorial de esa mala distribución aparece al comprobar que mientras la huella ecológica provocada por el consumo de vegetales es relativamente parecida entre diferentes territorios, existe una gran disparidad en lo concerniente a la huella asociada al consumo de productos animales (WHITE 2000: 150-151): los ciudadanos de América del Norte presentan una huella ecológica asociada al consumo de carne 7,4 veces mayor que los habitantes africanos o casi 5 veces respecto de los asiáticos, triplicando a su vez la media asignada a la población mundial. Proporciones similares encontramos también en los habitantes de Oceanía y Europa donde las distancias presentan órdenes de magnitud semejantes. Si a los datos anteriores unimos las dosis de calorías tanto vegetales como animales ingeridas por las diferentes poblaciones veremos, por ejemplo, que aunque un norteamericano consume aproximadamente sólo un 50% más de calorías que un habitante del continente africano, el creciente origen cárnico de las mismas hace que el impacto ambiental producido finalmente sea un 175% superior. Circunstancia que se expresa en la alta proporción representada por la huella animal en el total en los países ricos donde alcanza valores en torno al 50-60%, casi doblando la

¹⁶ El concepto se debe a F. Schmidt-Bleek que, durante los años noventa, estuvo vinculado hasta su jubilación al Wuppertal Institut.

¹⁷ En este sentido la propia FAO ha reconocido que más del 50% del grano a nivel mundial sirve para alimentar al ganado. Incremento que también ha afectado a los países pobres pero, como recuerda Goodland, han sido sólo las minorías pudientes las que se han permitido avanzar por la cadena trófica hacia niveles más altos.

media mundial del 35% y triplicando la misma huella de los habitantes africanos y asiáticos (ibídem).

A partir de aquí, cabe la posibilidad de precisar qué parte de los requerimientos territoriales o huella ecológica está asociada a la satisfacción de las necesidades fisiológicas de la población, y qué parte aparece entrelazada con la vertiente cultural y social de la propia alimentación. Y es precisamente al incorporar este último elemento cuando autores como Winnie Gerbens-Leenes (2002) dan un paso adelante respecto a estudios y trabajos anteriores: pues mientras aquéllos solían únicamente comparar la dieta vegetariana respecto a una rica en carne, en este último caso se va más allá incorporando elementos como las bebidas, mostrando así que el consumo de té o café ocupa mayor espacio ambiental que alimentos tradicionales como la carne de cerdo o de pollo. Estos elevados requerimientos territoriales permanecían en gran parte inestudiados en los análisis anteriores.¹⁸ Cruzando entonces las cifras obtenidas con los datos de consumo de los hogares holandeses en 1990 se concluyó que cada hogar de este país (2,41 personas de media) ocupaba 3.490 m² de los que el 43% se debía al consumo de sólo seis alimentos: margarina (439 m²), carne picada (258 m²), embutidos (181 m²), queso (177 m²), manteca (171 m²) y café (139 m²). En conjunto, el apartado destinado al consumo total de carne (vaca, cerdo y pollo) se lleva la palma con el 29% de los requerimientos de tierra totales (GERBENS-LEENES *et al.* 2002: 53). Las bebidas, dejadas de lado en otros estudios, han ido escalando puestos en el *ranking* de impacto con 368 m²/hogar (11%), de los que 203 m², es decir, más de la mitad, recaían únicamente sobre dos bebidas: el café y el té.¹⁹ No debe sorprendernos, por tanto, que «[...] el área de terreno necesaria para estas dos bebidas fuera incluso mayor que los requerimientos territoriales de alimentos básicos como el pan, las patatas, las frutas o las verduras» (GERBENS-LEENES *et al.* 2002: 54).

¹⁸ Cabe recordar, por ejemplo, que la producción de 100 L de cerveza requiere de 28 kg de cebada, y no es el peor caso. Véase W. GERBENS-LEENES y S. NONHEBEL (2002: 197).

¹⁹ En el caso del café, la cosa es especialmente grave pues se trata de una bebida muy despilfarradora desde el punto de vista energético si comparamos la energía necesaria para producir un kilogramo con la que nos aporta su ingesta. Para el caso de Inglaterra, D.A. Coley *et al.* demostraron que esta bebida era la más ineficiente de los 2.197 alimentos considerados con una ratio de 176,85 (megajulios por megajulio), muy alejada del té, con un coeficiente de 31,81 (COLEY *et al.* 1998: 458).

.....
Tabla 2. Requerimientos territoriales por clases de alimentos en Holanda (años noventa)

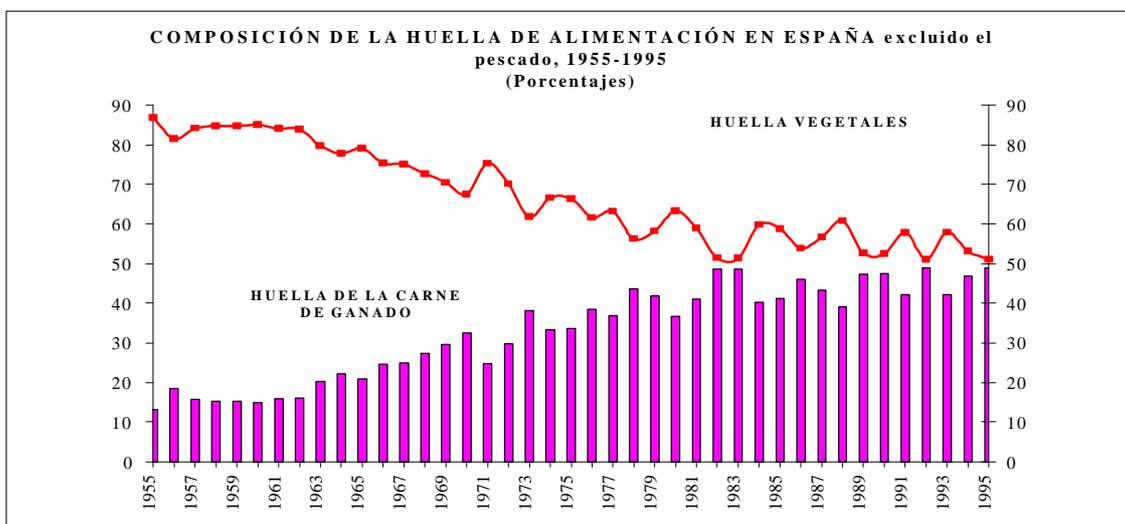
Clase de alimento	Requerimientos de tierra (m²/kg)
Bebidas	
Cerveza	0,5
Vino	1,5
Café	15,8
Té	35,2
Grasas	
Aceite	20,7
Margarina	21,5
Otras	10,3
Carnes	
Vaca	20,9
Cerdo	8,9
Pollo	7,3
Productos lácteos y huevos	
Leche entera	1,2
Leche semidesnatada	0,9
Mantequilla	13,8
Queso	10,2
Huevos	3,5
Cereales, verduras y frutas	
Cereales	1,4
Azúcar	1,2
Patatas	0,2
Verduras (media)	0,3
Frutas (media)	0,5

Fuente: W. GERBENS-LEENES *et al.* (2002: 53).

Según nuestros cálculos preliminares, para el caso de España, también aquí, a pesar de las ganancias en eficiencia de la producción agrícola, un kilo de carne de bovino exige casi 20 m² para el cultivo de grano y forraje, que la misma cantidad de cerdo necesita 15 m² de territorio cultivado para pienso, y que esta cifra asciende a 11 m² en el caso del pollo o 16 m² en el del conejo. Como media, cada kilogramo de carne demandaba a mediados de la década de los noventa 14 m² de territorio para el cultivo de la alimentación del ganado, mientras que la misma cantidad procedente de alimentos vegetales exigía casi siete veces menos territorio, es decir, 2,2 m² por kilo. Tendencias todas que al confrontarlas con el tonelaje total consumido per cápita se vuelven más preocupantes si cabe. Tal es así, que la carne ganadera representa sólo el 14% de los kilogramos ingeridos en 1995 pero supone casi el 50% de la huella terrestre alimentaria (excluido el pescado). Sumando, entonces, los requerimientos de tierra asociados tanto al consumo de productos vegetales de utilización directa por parte de la población, como al propio consumo de carne, en nuestro país, hemos pasado de requerir 2.307 m²/hab. en 1955 a exigir 3.078 m²/hab. en 1995, es decir, un crecimiento del 33%.

Gráfico 7

Composición de la huella de alimentación en España, excluido el pescado (1955-1995) (%)



Fuente: Elaboración propia con datos de MAPA (varios años).

Expansión que alcanza mayores cotas cuando lo traducimos a hectáreas totales pues la cifra de los años cincuenta, que alcanza los 6,6 millones de hectáreas, se transforma en 12 millones a mediados de los noventa, mostrando un incremento del casi el 100%. Sin embargo, la tendencia general al alza esconde comportamientos particulares muy diferentes. Contrastando con la expansión global, han sido los productos vegetales la única gama que, en conjunto, presentan una huella por habitante en progresivo declive desde los años cincuenta, pues la ganancia de rendimientos por hectárea consecuencia de la modernización agraria ha sido muy superior al incremento en el consumo de este tipo de productos. Este descenso de la huella vegetal ha provocado un cambio importante en la estructura interna de la huella ecológica terrestre, pues de representar el 87% de los requerimientos territoriales en 1955, ha pasado al 50% al acabar el siglo xx, tal y como refleja el gráfico 7.

Pero si en todo este tiempo la tecnología a disposición de los hogares ha progresado tan rápidamente ¿por qué los importantes incrementos de la eficiencia en el uso de los recursos no se han traducido en disminuciones del impacto ambiental? ¿Por qué en un escenario de escaso crecimiento demográfico en los países ricos y de progreso tecnológico importante se ha acentuado el deterioro ecológico del planeta a nivel global y de las economías nacionales en particular? En efecto, en la medida en que las mejoras en la eficiencia consecuencia del desarrollo tecnológico no derivan en un menor consumo global de energía y recursos, sino al contrario, en un incremento importante de los mismos, se puede hablar de la existencia de un efecto rebote.²⁰ Y se puede hablar de este asunto ya desde mucho antes, tal y como supo ver William Stanley Jevons para el caso del carbón en Gran Bretaña a mediados del siglo xix:²¹ lo que explica que, con la recuperación de este lúcido precedente, se haya podido hablar simultáneamente de «efecto rebote» o «paradoja de Jevons».

²⁰ Recientemente, el volumen 28 (números 6-7) de *Energy Policy* se ha dedicado monográficamente al efecto rebote.

²¹ «En menos de 100 años –relataba el economista inglés– la eficiencia de la máquina ha aumentado al menos 10 veces; y apenas es necesario decir que es la baratura de la energía lo que nos permite sacar ríos de nuestras minas, trabajar nuestros pozos de carbón a pesar de las inundaciones y las arenas movedizas, desaguar nuestras ciudades y tierras bajas, y llevar agua a los más altos lugares [...] Ulteriores mejoras de la máquina sólo pueden tener el mismo resultado de extender el uso de un agente tan poderoso.» (JEVONS 1865 [2000]: 165-166). A lo que añade: «es completamente una confusión de ideas suponer que el uso económico del carburante equivale a un consumo disminuido. La verdad es todo lo contrario [...]. Es la misma economía de su utilización la que lleva a su consumo extensivo. Ha sido así en el pasado y será así en el futuro. Ni siquiera es difícil ver cómo surge esta paradoja» (ibidem: 161).

A comienzos de la década de los ochenta, fue Daniel J. Khazzoom quien, después de unos años de aumentos importantes en los precios del petróleo, puso de nuevo sobre el tapete el asunto en el caso del consumo de los hogares (KHAZZOOM 1980). Este trabajo estimuló una serie de estudios que trataron de dilucidar no sólo la existencia del efecto rebote y su correcta definición, sino su tamaño y localización. Desde una perspectiva microeconómica, se analizó la influencia sobre el consumo de los hogares en su vertiente relativa al uso de energía para calefacción, refrigeración y transporte, así como el efecto de la eficiencia tecnológica sobre la demanda de servicios energéticos por parte de las empresas. La mayoría de estos análisis se centraron en el comportamiento de las familias estadounidenses, ya fuera a través del seguimiento de la demanda eléctrica para calefacción –donde, según los estudios, las ganancias en eficiencia se saldaban con aumentos en el consumo (efecto rebote) que iban, según los casos, desde el 8% hasta el 65%– o que el importante ahorro en el combustible utilizado por los automóviles por cada 100 km se compensara globalmente con aumentos en el número de kilómetros recorridos y el carburante consumido a largo plazo, que iban desde el 30% en el caso de Estados Unidos, hasta el 32% en Alemania o el 51% en Italia (éstas y otras referencias se recogen en BINSWANGER 2001: 124). La tabla 3 trae a colación algunos otros ejemplos de productos singulares (plásticos, teléfonos móviles, latas...) donde también se ha producido este efecto.

Tabla 3. Ejemplos de efecto rebote que reducen las ganancias de eficiencia en algunos productos seleccionados

Producto	Ganancias en eficiencia	Factores que reducen las ganancias en eficiencia
Plásticos en automóviles	El uso de plásticos en automóviles de Estados Unidos aumentó un 26% entre 1980 y 1994, sustituyendo al acero en muchos usos y reduciendo el peso del automóvil en un 6%.	Los automóviles contienen 25 plásticos químicamente incompatibles que, a diferencia del acero, no pueden ser reciclados fácilmente. Por tanto, la mayoría de los plásticos de los vehículos acaban en los vertederos.
Botellas y latas	Las latas de aluminio pesan actualmente un 30% menos que hace 20 años.	Las latas sustituyeron a un producto ambientalmente superior: las botellas rellenables; el 95% de los envases de soda en Estados Unidos eran rellenables en 1960.
Baterías de plomo	Una batería de automóvil típica usaba 12 kg de plomo en 1974, pero sólo 8 kg en 1994, con mejor rendimiento.	Las ventas interiores de baterías en Estados Unidos aumentaron un 76% en el mismo período contrarrestando con creces las ganancias en eficiencia.
Neumáticos radiales	Los neumáticos radiales son un 25% más ligeros que los neumáticos de pliegue sesgado, y duran el doble.	Los neumáticos radiales son más difíciles de recauchutar. Las ventas de neumáticos recauchutados para automóviles de pasajeros descendieron un 52% en Estados Unidos entre 1977 y 1997.
Teléfonos móviles	El peso de los teléfonos móviles se redujo en un 1.000% entre 1991 y 1996.	Los abonados del servicio de telefonía celular se multiplicaron por más de ocho en el mismo período, casi contrarrestando las ganancias derivadas de un menor peso. Además los teléfonos móviles no sustituyeron típicamente a los viejos teléfonos, sino que se añadieron al inventario telefónico de una familia.

Fuente: G. GARDNER y P. SAMPAT (1999: 109).

Por otro lado, a nivel macroeconómico, también se discutió e intentó explicar el aumento en el consumo global de energía producido por las reducciones en la intensidad energética (toneladas equivalentes de petróleo por PIB) de algunos países.²² No en vano, entre 1973 y 1990, con un aumento de la eficiencia energética global a nivel mundial en torno al 2% anual, el resultado ha sido un incremento neto del consumo de combustibles (efecto rebote) del 0,7% al año (Sun citado por JOKINEN *et al.* 1998: 494). La explicación más general de este hecho descansa en que la eficiencia tecnológica reduce los costes de producción, lo que se traduce a su vez en un descenso del precio y, por tanto, si nada se modifica, en un aumento de la demanda y el consumo.²³

En todo caso, y dejando al margen algunos detalles, la mayoría de los trabajos empíricos avalan el hecho de que el efecto rebote existe y que su valor, en términos generales, se encuentra entre el 5% y el 50% (BINSWANGER 2001: 123), dependiendo de los datos de base y el método elegido para el cálculo. Una revisión exhaustiva de 78 trabajos empíricos realizada recientemente permite afirmar que, con incrementos de eficiencia energética del 100% en el uso de los productos, y un 10% en el consumo de carburante, el efecto rebote

²² Para un repaso en perspectiva, véase L. SCHIPPER y M. GRUBB (2000).

²³ Este sería sólo el efecto precio puro causante del efecto rebote, pero la literatura ha diferenciado una variedad mayor de efectos desencadenantes (renta, secundarios, globales, de transformación...). Una correcta sistematización de los mismos se puede hallar en L.A. GREENING *et al.* (2000: 390-392).

potencial para el uso de la calefacción en el hogar se encuentra entre el 10% y el 30%, en el alumbrado residencial de un 5-12%, en el agua caliente sanitaria 10-40%, o en caso del uso del automóvil 10-30% (GREENING *et al.* 2000: 398). Por lo tanto, aunque pueda parecer paradójico, este resultado relativiza las posibilidades ofrecidas por la tecnología para acabar con el deterioro ambiental y la utilización masiva de recursos naturales, situándola más en el terreno de condición necesaria, pero apenas suficiente, para resolver el problema. Pues, como lo expresa Stephen Bunker (1996: 83): «[...] la mayor eficiencia en el uso de las materias primas contribuye a lograr una mayor capacidad social de consumo de materias primas». Esto no significa, sin embargo, que caigan en saco roto los propósitos de reducir en un «factor 10» (Declaración de Carnoules) o, más comedidamente, en un «factor 4» (WEIZSÄCKER y LOVINS 1996), los flujos de energía y materiales en la producción de bienes y servicios en términos absolutos. Sabemos que tecnológicamente es posible. La cuestión es evitar, en este caso, que por aumentos en el consumo, el saldo de la operación sea finalmente negativo para el medio ambiente. Y en esto, como veremos al final, las actitudes y el marco institucional pueden favorecer otro tipo de resultados.

¿Hacia la inmaterialización del consumo? Los costes ambientales ocultos de la nueva economía y la sociedad de la información

Para vencer el efecto rebote que deja en magro resultado los esfuerzos por aumentar la eficiencia tecnológica de los procesos, en los últimos años se han venido redoblando aún más los esfuerzos por complementar el proceso desmaterializador de la producción con un proceso paralelo de inmaterialización del consumo. Sin embargo, lo cierto es que no ha sido hasta entrados los años noventa cuando han proliferado con mayor fuerza los ejemplos de ese supuesto consumo inmaterial. En efecto, las nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC), incipientes en los años setenta y ochenta, se han hecho ahora fuertes en la vida de las sociedades industrializadas como una extensión de un tipo de sector servicios con componentes tecnológicos avanzados, tanto por el lado de la fabricación como por el del consumo final. Todo lo cual llevó a acuñar una fórmula en los noventa—nueva economía— que alcanzó cierto éxito mediático hasta hace apenas unos meses pero que, en la actualidad, no pasa por sus mejores momentos.²⁴ Y es que esta nueva economía ha pretendido de una vez por todas romper las ligaduras que vienen uniando y restringiendo el funcionamiento del sistema económico a los cimientos físicos y ambientales que le dan vida. No en vano era también conocida como *weightless economy*, esto es, economía sin peso, ligera, sin soporte material, que no atiende a restricciones en términos de recursos naturales porque no se apoyaría en ellos para su funcionamiento. Un anhelo que ya apuntaba E. Parker en los albores de la revolución informática: «[...] en la era de la información, el crecimiento económico ilimitado será teóricamente posible, al conseguirse un crecimiento cero del consumo de energía y materiales» (E. Parker citado en MARVIN 1997: 50). Tesis reafirmada años más tarde por Manuel Castells en un celebrado libro en el que se nos recuerda que estamos «[...] en el comienzo de una nueva existencia y, en efecto, de una nueva era, la de la información, marcada por la autonomía de la cultura frente a las bases materiales de nuestra existencia» (CASTELLS 1997: 514).²⁵ Éstas y otras consideraciones han alimentado una visión acrítica de las nuevas tecnologías y de las telecomunicaciones en general, que se presentaban como un refinamiento del viejo argumento de que el sector servicios era menos intensivo en recursos naturales que la industria tradicional. Al igual que en aquella ocasión, también aquí se quiere destacar que, desde el punto de vista ambiental, no sólo se generará menor impacto con un consumo generalizado, sino que, en muchos casos, las nuevas tecnologías abanderarán la solución al deterioro ecológico. La realidad, sin embargo, se presenta algo más compleja que los deseos de los optimistas tecnológicos, lo que obliga a adoptar ciertas cautelas, sobre todo desde dos puntos de vista: en relación al aumento del consumo global (efecto rebote) que también se produce en el caso de las nuevas tecnologías, y respecto a los costes ambientales asociados a la fabricación, uso y vertido de bienes informáticos. Pero vayamos por partes.

Una buena forma de ver la distancia entre lo prometido por la nueva economía-sociedad de la información y lo realmente sucedido es hacer un seguimiento de las pautas de consumo en

²⁴ Como así lo demuestra la evolución del valor bursátil de las «compañías.com» en la mayoría de los mercados. No se trata sólo de que el índice Nasdaq de Wall Street se haya desplomado, sino que en algunas bolsas como la de Frankfurt el índice que recogía los valores tecnológicos ha desaparecido por completo.

²⁵ Una crítica bien fundamentada a estos anhelos puede encontrarse en E. GARCIA (2001).

este período en el que ha aflorado el uso de las nuevas tecnologías. Prestar atención a este proceso nos debería llevar a adoptar una postura de cierta cautela. Como es sabido, una de las propuestas que más ríos de tinta ha dejado por el camino ha sido la creencia de que las TIC iban a promover el advenimiento de la oficina sin papeles, esto es, la aspiración a que la utilización de tecnologías de la información y las telecomunicaciones permitiría el funcionamiento normal de la economía sin soporte escrito. En contra de lo esperado, éste es uno de los mitos que más temprano se han revelado como falsos habida cuenta que tras la expansión acelerada de las TIC el consumo de papel se ha incrementado también espectacularmente, multiplicándose, en algunos países como Estados Unidos, por cinco veces entre 1960 y 1997 (PLEPYS 2002: 518). En el mismo sentido, tampoco la proliferación de medios de información digital ha conllevado un declive de la prensa escrita y por lo tanto del consumo de papel asociado a la misma. Estos efectos inducidos de las nuevas tecnologías sobre el consumo de otros productos como el papel a veces suelen considerarse como indicadores del aumento de la riqueza de un país. Pero como subrayan Lorenz M. Hilty y sus colaboradores: «Los periódicos han celebrado el hecho de que un habitante suizo consume ahora, en promedio, 240 kg de papel al año y la tendencia está aumentando. ¿Es esto lo que podemos esperar de la sociedad de la información?» (HILTY 2000b: 11). Ecológicamente, la cosa, sin embargo, no mejoraría demasiado en el caso de llegar a una sustitución total de medios escritos por medios electrónicos: el impacto ambiental de recibir un mismo número de noticias por internet o televisión, en términos de recursos, es equivalente al de un periódico a los 20 minutos de uso para el primero de los casos y a 85 minutos para el segundo (PLEPYS 2002: 518); aunque hay que precisar que el impacto cuando se trata de internet es mayor si se imprime la noticia, como se puso de manifiesto en septiembre de 1998 cuando el fiscal Starr volcó en la red el informe relativo al caso Lewinsky, del que se imprimieron millones de copias (HEINONEN *et al.* 2001: 320).²⁶ Y cabe recordar con la Tabla 1, que, desde el punto de vista del consumo, tampoco hemos asistido siempre a una sustitución de aparatos antiguos por otros tecnológicamente más avanzados y con mayores prestaciones tal y como revela el crecimiento en el uso de los teléfonos móviles sin por ello mermar la compra y uso de teléfonos fijos.

Desde el ángulo de la producción, es cierto que la supuesta oficina sin papeles y la proliferación de algunos avances como internet llevaron a pensar más en serio las posibilidades del teletrabajo, esto es, del trabajo en casa. Aunque a primera vista se plantean ventajas evidentes (reduce los desplazamientos, el consumo de energía, la contaminación, etc.), para hacer una valoración equilibrada conviene, también aquí, hacer bien las cuentas y tener presentes otros efectos colaterales generalmente no deseados. Por ejemplo, mientras en el caso de Estados Unidos la adopción del teletrabajo como política ambiental podría generar un ahorro energético potencial de entre el 1% y el 3% (MARVIN 1997: 53), hay otros lugares como Suiza donde se detectó en 1997 un aumento del 30% en el consumo de energía de aquellos hogares en los cuales uno de los miembros trabajaba en casa, habida cuenta que, si bien se gasta menos energía en el transporte y en la oficina, una parte importante de ésta se consume por la actividad desarrollada en el propio hogar (PLEPYS 2002: 520).²⁷ Ahora bien, la gran esperanza despertada por la nueva economía tuvo mucho que ver con las posibilidades abiertas a través del llamado comercio electrónico o *one click shopping*. A pesar de que las ventajas en este caso afectan tanto a la esfera de la producción como a la del consumo, cabe recordar que este tipo de comercio, si bien simplifica los desplazamientos relacionados con la obtención de información y la compra efectiva, no evita el transporte de los productos a domicilio y el coste o impacto ambiental asociado (*Digital Europe* 2002: 49). De hecho, se ha comprobado empíricamente que con esta modalidad se tiende a multiplicar los servicios de correo *express* para pequeñas cantidades, incrementando así los costes energéticos de embalaje y empaquetado por unidad de producto. Como en otras ocasiones, tampoco aquí valen los apriorismos respecto a los ahorros energéticos y conviene hacer bien las cuentas. Así, por ejemplo, en Suecia se ha estimado que el comercio electrónico aporta beneficios ambientales en la medida en que: por un lado, es capaz de reemplazar al menos 3,5 viajes para realizar compras tradicionales y, por otro, si más del 25% de las ventas se realizan al mismo tiempo y la distancia a recorrer para la entrega es

²⁶ Lo que cada vez tiene más sentido habida cuenta que la compra de la impresora se ha convertido en un accesorio muy ligado al propio ordenador. Se estima que, entre un 66% y un 80% de las compras de ordenadores se realizan conjuntamente con la impresora (HILTY *et al.* 2000a: 3), aumentando así la intensidad material del servicio prestado por el aparato informático.

²⁷ Además a la hora de cuantificar los ahorros es preciso tener en cuenta el sistema de desplazamiento (automóvil privado, transporte público, bicicleta o caminando), pues los costes energéticos difieren considerablemente.

menor a 50 km. Cuando, por ejemplo, se trata de la venta de libros, en muchas ocasiones el impacto ambiental del comercio electrónico es muy similar al arrojado con la venta tradicional: cada millón de dólares de *best sellers* vendidos en una ciudad metropolitana estadounidense exigen, por término medio, entre 28 TJ y 33 TJ, mientras que si el negocio se realiza a través de la red, el coste energético asciende a 30 TJ (PLEPYS 2002: 519). Lo que no debe sorprender habida cuenta que el servidor de la mayor librería virtual a nivel planetario, esto es, Amazon Books, tiene una potencia de un millón de vatios por hora, es decir, el equivalente al consumo de electricidad de mil hogares españoles medios (VALERO 2002: 31).²⁸

Más relevancia adquieren estas cifras relativas a la capacidad del efecto rebote en el campo de la informática y la electrónica, cuando sabemos que, desde hace dos décadas, la producción de dichos aparatos se ha venido desmaterializando aproximadamente por un factor de cuatro cada tres años –al duplicarse cada dieciocho meses el número de transistores en un chip y confirmando así la predicción que Gordon Moore realizara en los años setenta–,²⁹ lo que no ha redundado en un menor consumo de energía y materiales, considerando la expansión de las compras de ordenadores personales que, en el caso de Estados Unidos, se multiplicaron por 4,5 entre 1991 y 1999 (KAWAMOTO *et al.* 2001: 16); o en España donde los usuarios de ordenador se han duplicado en apenas cinco años, pasando de algo más de seis millones en 1996 a los 11,4 millones del 2001; es decir, el 33% de la población mayor de 14 años (AIMC, 2001: 4).

Pero entremos ahora en los costes ambientales asociados a la fabricación, uso y vertido de aquellos productos vinculados a la generalización de las nuevas tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Para relativizar, siquiera un poco, la idea comúnmente aceptada de la menor intensidad energética y material de este tipo de aparatos, conviene traer a colación las palabras de Armory B. Lovins quien, en 1973, escribía de forma ejemplificadora respecto al más inmediato precedente de los ordenadores personales:

La máquina de escribir que estoy utilizando ahora probablemente contiene aluminio de Jamaica o de Surinam, hierro sueco, magnesio checo, manganeso de Gabón, cromo de Rodhesia, vanadio soviético, zinc peruano, níquel de Nueva Caledonia, cobre de Chile, estaño malayo, columbio nigeriano, cobalto de Zaire, plomo yugoslavo, molibdeno canadiense, arsénico francés, tantalio de Brasil, antimonio de Suráfrica, plata mejicana, y restos de otros metales igualmente peregrinos (Armory B Lovins citado en MEADOWS y RANDERS 1992: 111).

Valga lo anterior, también, para los modernos servicios informáticos y de telecomunicaciones. Pues cabe señalar que la fabricación de semiconductores y circuitos integrados viene exigiendo usualmente la extracción masiva de sustancias como el germanio, el arsénico o el tántalo, y que, sólo en la fase de fabricación, los chips de un ordenador Pentium, requieren 11,4 m³ de agua, 12 kg de productos químicos y 120,8 m³ de oxígeno; generándose como residuos 14 m³ de agua, 4 kg de residuos peligrosos y 0,82 m³ de gases nocivos (Steven Anzovin citado por PLEPYS 2002: 515). A lo que habría que añadir que, en un país como Estados Unidos, hay unas 300 fábricas que se dedican a la producción de estos componentes, consumiendo al año 25 TWh (teravatios hora), es decir, el equivalente al 1% de toda la potencia instalada en ese país (VALERO 2002: 31). No debe sorprender por tanto que, aplicando un análisis completo de ciclo de vida, los requerimientos en recursos naturales de un ordenador personal se encuentren –según el modelo de que se trate– más de 700 sustancias diferentes que suman conjuntamente entre 16 y 19 toneladas de materiales, esto es, varios miles de veces el peso del propio ordenador (MALLEY 1998).³⁰ De hecho, si nos centramos sólo en uno de los componentes principales de un PC de mesa, como es el monitor (modelo CRT), los últimos análisis de ciclo de vida realizados por la encuesta de

²⁸ Esta circunstancia debería también hacernos pensar sobre los costes ambientales asociados a la expansión indiscriminada de la formación y educación en red o virtual. De hecho, cuando se comparan tres sistemas de docencia universitaria alternativos como el presencial (campus), a distancia con soporte de papel, y a distancia con soporte electrónico, se llega a la conclusión de que es preferible el segundo sistema, habida cuenta el importante coste ambiental incorporado en los ordenadores (HERRING y ROY 2002: 529 y ss.).

²⁹ No obstante, parece que las tendencias a la reducción del peso y consumo de recursos, así como a la duplicación de la capacidad de los chips encontrará un tope, tal y como lo conocemos, en el 2010, debido a que la materia se comporta de forma diferente por debajo de los 100 nanómetros (HILTY *et al.* 2000a: 4).

³⁰ Este cálculo se hizo aplicando la metodología MIPS (*input material por unidad de servicio*) desarrollada en el Wuppertal Institut alemán, llegando a la conclusión de que sólo el 0,1% de los materiales que intervienen en la fabricación llegan a formar parte del ordenador. IBM, con procesos propios, elevó esta cifra hasta el 1,4% lo que tampoco revela demasiada eficiencia ambiental en la producción.

la población activa (EPA) estadounidense (tabla 4) arrojan una intensidad material muy elevada tanto en uso de recursos renovables (básicamente agua) como no renovables, que sumados ascienden a casi 14 toneladas; y una generación de residuos, especialmente radiactivos y peligrosos, que no sólo resalta los impactos cuantitativos sobre el medio ambiente, sino también aquellos de carácter cualitativo, más peligrosos aún.

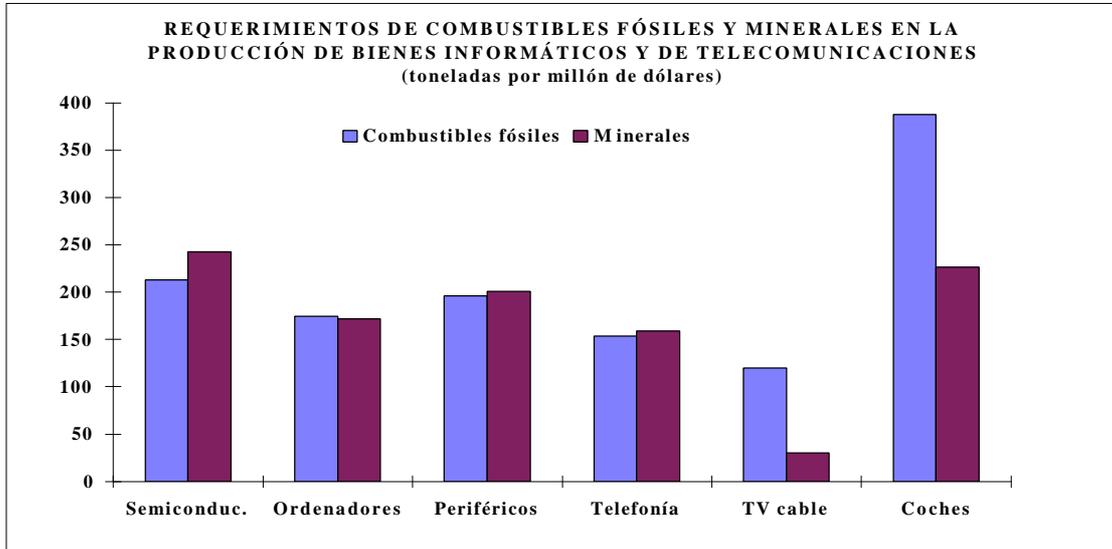
Tabla 4. Impacto derivado de la puesta en circulación de un monitor de ordenador (modelo CRT) según el análisis de ciclo de vida del producto

Categoría de impacto	Unidades por monitor	Cantidad
Uso de recursos renovables	kg	13.100
Uso de recursos no renovables	kg	668
Uso de energía	MJ	20.800
Residuos sólidos	m ³	16,7
Residuos peligrosos	m ³	168
Residuos radiactivos	m ³	18.100
Emisiones de gases efecto invernadero	kg equivalentes de CO ₂	695

Fuente: EPA (2001: 19).

Esta intensidad energética y material por tipo de producto se puede complementar si, a través de las tablas *input-output*, confrontamos estas cantidades con el valor añadido generado en la producción de estos bienes obteniéndose así las intensidades materiales por unidad monetaria. En el caso de Estados Unidos se puede comprobar que, desde el punto de vista de los minerales involucrados en el proceso, la fabricación de semiconductores es incluso más intensiva por millón de dólares que la producción de coches, al requerir 242 toneladas frente a las 226 toneladas de los automóviles (gráfico 8); máxime cuando este último proceso industrial es uno de los que más energía y materiales demanda en la actualidad.

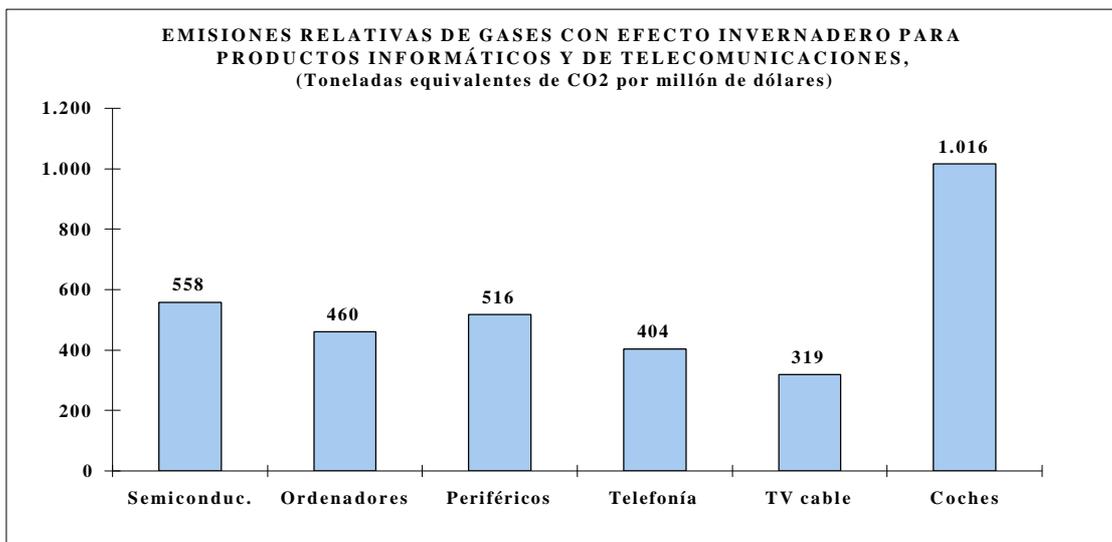
Gráfico 8
Requerimientos de combustibles fósiles y minerales en la producción de bienes informáticos y de telecomunicaciones
(toneladas por millón de dólares)



Fuente: Green Design Initiative (2000).

Dado que los requerimientos energéticos son considerables, conviene recordar (tabla 4) que sólo el monitor de un ordenador de mesa convencional supone la emisión de casi 700 kg de CO₂ a la atmósfera; cifra que si la ponemos en relación con el valor añadido generado por la producción de un ordenador completo, se acerca a la mitad del impacto ambiental sobre el cambio climático que ejerce la fabricación de un automóvil (gráfico 9).

Gráfico 9
Emisiones relativas de gases con efecto invernadero para productos informáticos y de telecomunicaciones
(toneladas equivalentes de CO₂ por millón de dólares)



Fuente: Green Design Initiative (2000).

Aunque todavía no son muy abundantes los datos procedentes del análisis de ciclo de vida que cuantifiquen el coste energético total –en términos de energía primaria– asociado a la fabricación de un ordenador personal, hay algunas aproximaciones razonables que lo cifran entre 10 GJ y 12 GJ por unidad; un valor casi cuatro veces superior al estimado para un televisor en color (2,8 GJ) y muy similar a la de un frigorífico (13 GJ). Desde el punto de vista energético la fase de producción de un ordenador es la más intensiva acaparando aproximadamente el 90% del ciclo de vida completo (extracción de materiales, fabricación, uso y vertido). De esta cantidad, 0,8 GJ (cerca del 10% de consumo en la fase de fabricación) se invierten en transportar desde largas distancias los materiales que intervienen en el proceso productivo (HILTY *et al.* 2000a: 2).³¹

Si bien en muchos de estos casos el impacto de la fase de producción es fundamental, cabe subrayar que, desde el punto de vista del deterioro ecológico en términos absolutos, la fase de utilización también aporta un coste ambiental relevante. Fundamentalmente, debido al uso generalizado de electricidad que soporta el funcionamiento de los ordenadores, internet y otros equipos de oficina. No en balde, cuando se ha querido transformar los requerimientos de energía y materiales en espacio ambiental, se ha estimado que la huella ecológica de un ordenador personal se sitúa en torno a los 1.800 m², siendo la fracción derivada del uso de energía mil veces mayor que la de cualquiera del resto de componentes (Frey y Harrison citados por PLEPYS 2002: 516). En algunos casos como el estadounidense, la energía directa utilizada en estos aparatos se encuentra en el 2% del uso eléctrico total (siendo el sector comercial y de oficinas el responsable del 70%) –llegando al 3% si se incluye la energía incorporada en la fabricación de los propios productos (KAWAMOTO *et al.* 2001: 1)–. Cabe señalar también que para todos los productos electrónicos de consumo, el progreso tecnológico se ha convertido en motivo de despilfarro al fomentar pérdidas eléctricas asociadas al funcionamiento de posibilidades como el *stand-by* o modos *off*, que facilitan el encendido automático, o por mando a distancia, de muchos aparatos informáticos, televisores, videos, equipos de música, etc. En algunos casos estas pérdidas pueden alcanzar el 5% del consumo eléctrico de los hogares como en Estados Unidos o llegar a los 10 TWh para el caso del continente europeo.³²

Profundizando aún más en la cuestión de los costes ambientales de la nueva economía, en los últimos tres años se ha generado una rica polémica en torno a las primeras estimaciones de lo que acarrea, energéticamente hablando, el crecimiento explosivo en el uso de internet. No es sencillo realizar estos cálculos pues los resultados dependen en buena medida de las horas de uso del ordenador en conexión a la red, la potencia de los aparatos, etc. El asunto, sin embargo, saltó a la palestra pública en 1999 cuando Mark M. Mills publicó un controvertido informe donde, entre otras cosas, se recordaba que el origen material de internet había que buscarlo en el carbón quemado en las centrales térmicas para producir electricidad, siendo la red responsable en 1998 del 8% del consumo de energía eléctrica en Estados Unidos, cifra que alcanzaba el 13% en el caso de incluir todos los consumos informáticos (MILLS 1999). En un ejemplo que ha resultado muy revelador, señalaba Mills: «por cada 2.000 kilobytes que circulan por la red se consume la energía contenida en una libra de carbón (aproximadamente medio kilogramo) destinada a obtener los kilovatios por hora de electricidad que hacen posible su difusión por internet». El revuelo fue tal que los cálculos de Mills se vieron sometidos a fuerte crítica rebajándose substancialmente por parte

³¹ Las discrepancias a este respecto son fuertes. Por ejemplo, la estimación de M. MILLS (1999) de 1,5 millones de vatios (5,4 GJ) es inferior a la citada en el texto, al igual que la de M. VALERO (2002), que aporta un valor medio de 1 millón de vatios (3,6 GJ). En todo caso, ambas superiores a la ofrecida por Tekawa (300 kWh = 1,08 GJ) (Tekawa citado por KOOMEY *et al.* 1999: 8). Aparte de las diferencias metodológicas, en los dos primeros casos se mezcla el consumo de energía eléctrica final (sin estar claro si se refieren sólo a la etapa de fabricación o a todo el ciclo de vida), lo que transformada a energía primaria con una eficiencia de un tercio, nos aproximaría algo más a la cifra de energía primaria manejada en el texto. Cabe señalar que, a pesar de todo, la estimación de 10-12 GJ estaría todavía muy por debajo de la de 20,8 GJ de la energía incorporada al ciclo de vida (extracción, fabricación, uso y deposición) de un monitor (CRT) de ordenador de mesa –si hemos de hacer caso al estudio realizado al efecto por la EPA estadounidense (EPA 2001: 9)–. De esta forma se acabaría dando la razón a Andreas Grote cuando estimaba el consumo de energía para un PC, en todas sus fases, en 37,5 GJ (Andreas Grote citado por HILTY *et al.* 2000a: 2).

³² Las dos referencias se recogen en D.B. FLOYD y C. WEBBER (1999: 1), donde se analizan 600 productos diferentes (vídeos, televisores, ordenadores, frigoríficos...) llegándose a la conclusión de que el consumo medio del modo *stand-by* es de 4 vatios por aparato, aunque en 38 productos llega a ser mayor a 10 W (ibidem: 11).

de investigadores del Berkeley National Laboratory (KOOMEY *et al.* 1999).³³ Como consecuencia de ello se redujo la estimación desde los 295 hasta los 36 TWh, esto es, un 88% menos, dejando la cantidad en el 1% del consumo eléctrico. Sin embargo, aunque parezca lo contrario, las nuevas cifras no dan tampoco demasiadas alas a la esperanza, habida cuenta que el tráfico en internet se está duplicando cada seis meses aproximadamente (Lawrence G. Roberts y Cindy Crump citados en PLEPYS 2002: 517).³⁴ Y es previsible que este crecimiento exponencial vaya a demandar mayores y más veloces redes, así como ordenadores más rápidos y, por ende, mayor consumo de energía y materiales. Crecimiento, todo hay que decirlo, que se ve espoleado por la escasa vida media de los equipos al estar las compañías informáticas embarcadas en una veloz carrera de obsolescencia planificada que lleva, por ejemplo, a vidas medias de cuatro años para ordenadores personales, ya sean de mesa o portátiles (KAWAMOTO *et al.* 2001: 15).

Las reflexiones anteriores no deben entenderse como una declaración contraria, así sin más, al uso de las nuevas tecnologías y a la proliferación de determinados aparatos técnicos en nuestras vidas. Entre otras cosas, porque la transformación del actual sistema de producción y consumo hacia pautas que resulten más compatibles con la biosfera, no podrá renunciar a «[...] objetos tales como bicicletas robustas y ligeras, buenos anticonceptivos para ambos sexos, bombillas de bajo consumo, células fotovoltaicas, aislantes eficientes y baratos, ordenadores: es decir, muchos productos industriales de alta tecnología» (RIECHMANN 1991: 427). Sin embargo, es preciso denunciar la pretensión de creer que esta opción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación será la panacea ambiental capaz de romper los límites impuestos por el consumo de recursos naturales. Entre otras cosas porque, como hemos querido mostrar, la mayoría de ellas, a pesar de su mayor eficiencia relativa, necesitan de un importante soporte material que no desaparece fácilmente, y que se agrava al querer generalizar su consumo como pone de manifiesto el propio efecto rebote.

Para finalizar: sobre las actitudes personales y la importancia del marco institucional

A estas alturas, parece claro que la biosfera, a efectos de deterioro ambiental y presión sobre los recursos, sólo entiende de cantidades absolutas, de modo que todas las estrategias encaminadas al logro de una mayor sostenibilidad de nuestra producción y consumo deben pasar por una reducción del tonelaje movilizado por los principales protagonistas, esto es, los países ricos. Como es sabido, la puesta en circulación de alternativas al actual estado de deterioro ambiental debe superar, al menos, dos etapas. Por un lado, las propuestas tienen que demostrar su viabilidad técnica, esto es, su factibilidad desde el punto de vista material; y por otra parte, es preciso que cuenten con un consenso social y político que haga posible su generalización a escala nacional e internacional. Las tres últimas décadas han supuesto un avance importante desde el primer punto de vista. Pocas son las personas bien informadas que dudan de las posibilidades tecnológicas para modificar nuestras pautas de producción y consumo, en términos de utilización de energía y materiales, pues en muchas esferas de la vida cotidiana existen alternativas de consumo que suponen una reducción importante de la presión sobre los recursos naturales por unidad de producto y servicio (aparatos de larga duración y bajo consumo, energías renovables, etc.). Además, a la vez que se ha producido un avance importante en la demostración de la viabilidad técnica de las alternativas, el discurso teórico de crítica al sistema vigente, y la fundamentación necesaria para el nuevo modelo de economía han ganado posiciones y respetabilidad (economía ecológica). Sin embargo, paralelamente al aumento en el conocimiento sobre el deterioro ambiental global y a la maduración teórica de las alternativas, apenas se han modificado los comportamientos individuales y políticos frente al problema. Para vencer esta contradicción existen dos opciones que, lejos de ser incompatibles, resultan complementarias. Por un lado estaría lo que, con Jorge Riechmann, podemos denominar «el poder de los buenos ejemplos», esto es, la capacidad que todos los individuos poseemos para modificar voluntariamente nuestros hábitos de consumo. Ciertas decisiones relacionadas, por ejemplo, con la reducción del

³³ Entre otras cosas, se vio que M. P. Mills había confundido los servidores con el número de páginas web, además de adoptar otras hipótesis algo arriesgadas en relación al consumo de las centrales telefónicas, de las horas de utilización de los ordenadores, etc.

³⁴ En España hemos pasado de 242 mil usuarios de Internet en 1996 a 7 millones en 2001, lo que supone que en apenas cinco años se ha multiplicado por 28 veces el volumen de utilización en cuanto a personas se refiere (AIMC 2001: 5).

consumo de carne en la dieta, o la elección de los modos de transporte, tienen importantes consecuencias medioambientales; y los individuos poseemos aquí un margen de maniobra no despreciable para reducir el impacto negativo (véase, a modo de ejemplo, ARAUJO 2000). Las buenas prácticas, lejos de quedarse en meros actos individuales, demuestran que existen otras formas de consumir, y refuerzan actitudes colectivas proclives al cambio. Que el sacrificio de estas personas sea mayor respecto al comportamiento considerado normal se debe a la existencia de un marco institucional (reglas del juego) que favorece precisamente las soluciones antiecológicas, penalizando las beneficiosas para el medio ambiente. Ejemplos de esta negativa influencia se pueden encontrar en casi todos los ámbitos, desde la jornada de trabajo que casi todo lo condiciona, hasta los consumos en el hogar (que favorecen la generación de residuos, aparatos ineficientes y de corta duración...), o el modo de transporte y la política de apoyo al automóvil privado frente al transporte público (con medidas sobre el urbanismo de las ciudades, las infraestructuras...). En definitiva, no hay que extrañarse del carácter antiecológico de la mayoría de los comportamientos considerando la existencia de un marco institucional y de funcionamiento social que los favorece y apoya. Por tanto, sabiendo que en los seres humanos habita en dosis variables el egoísmo y el altruismo, la única forma de ayudar precisamente a aquellas personas que, por sí solas, no son capaces o no pueden modificar sus pautas de consumo, pasa por cambiar colectivamente ese marco institucional por otro que arroje los resultados contrarios.³⁵ A este respecto existen numerosas experiencias, tanto a nivel colectivo, municipal, regional o nacional, que muestran el potencial de esta estrategia de consumo sostenible. Pero nada se nos va a conceder gratuitamente. Tendremos que construirlo y, aunque con dificultades, ya lo estamos haciendo.

³⁵ Lo que implica regular con incentivos y penalizaciones en todos los ámbitos (agua, residuos, política energética, política de vivienda, construcción...) precisamente de la forma contraria a como se está realizando en la actualidad. De este modo, los comportamientos beneficiosos ambientalmente no serán un sacrificio, sino que, por el contrario, saldrán a cuenta.

Bibliografía

- ADRIANSE, Albert *et al.*, *Resource Flows: The material basis of industrial economies*, World Resources Institute, Wuppertal Institut, Netherland Ministry of Housing Spatial Planning and Environment, National Institute for Environmental Studies, 1997.
- AIMC, *Navegantes en la red*, <http://www.aimc.es>.
- ARAUJO, Joaquín, *La ecología en tu vida cotidiana*, Espasa, Madrid 2000.
- BERNARDINI, Oliviero y GALLI, Riccardo, «Dematerialization: Long-Term Trends in the Intensity of Use of Materials and Energy», en *Futures*, mayo, 1993, p. 431-448.
- BINSWANGER, Mathias, «Technical progress and sustainable development: what about the rebound effect?», en *Ecological Economics*, 36, 2001, p. 119-132.
- BOUMA, Johannes *et al.*, «Principal land use changes anticipated in Europe», en *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 67, 1998, p. 103-119.
- BUNKER, S., «Materias primas y la economía global: olvidos y distorsiones de la ecología industrial», en *Ecología Política*, 13, 1996, p. 81-89.
- CARPINTERO, Óscar, ECHEVARRÍA, S. y NAREDO, José Manuel, «Flujos físicos y valoración monetaria en el comercio mundial», en NAREDO, José Manuel y VALERO, Antonio (dirs.), *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Fundación Argentaria-Visor Distribuciones, Madrid 1999, p. 325-348.
- CARPINTERO, Óscar, *Entre la economía y la naturaleza*, Los Libros de la Catarata, Madrid 1999.
- «La economía española: el "dragón europeo" en flujos de energía, materiales y huella ecológica, 1955-1995», en *Ecología Política*, 23, 2002a, p. 85-125.
- «El papel del comercio internacional y el mito de la desmaterialización económica», en: RIECHMANN, Jorge y NIETO, Joaquín (eds.), *Ecología y globalización*, Germania (en prensa), Valencia 2002b.
- CASTELLS, Manuel, *La era de la información*, vol. 1, Alianza, Madrid 1997.
- CLEVELAND, Cutler J. y RUTH, Mathias, «Indicators of Dematerialization and the Materials Intensity of Use», en *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, núm. 3, 1999, p. 15-50.
- CMMAD, *Nuestro Futuro Común*, Alianza, Madrid 1988, p. 262.
- COLEY, David A., GOODLIFFE, Emma y MACDIARMID Jennie, «The embodied energy of food: the role of diet», en *Energy Policy*, 26 (6), 1998, p. 455-459.
- DE BRUYN, Sander M. y OPSCHOOR, Johannes B., «Developments in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations», en *Ecological Economics*, 20, 1997, p. 258.
- DIGITAL EUROPE, *Virtual dematerialization: ebusiness and factor X* Interim Report, Information Society Technologies, 2002.
- EKINS, Paul, «The Kuznets Curve for the environment and economic growth: examining the evidence», en *Environment and Planning*, 29, 1997, p. 805-830.
- EPA, *Desktop Computer Displays: A Life Cycle Assessment, Executive Summary*, www.epa.gov, 2001.
- EUROSTAT, *Energy consumption in households*, Luxembourg 1993.
- FISCHER-KOWALSKY, Marina, «Society's metabolism. The intellectual history of material flows analysis. Part I, 1860-1970», en *Journal of Industrial Society*, 2, 1998, p. 61-78.
- FISCHER-KOWALSKY, Marina y HÜTTLER, Walter, «Society's metabolism. The intellectual history of material flows analysis. Part II, 1970-1998», en *Journal of Industrial Society*, 2 (4), 1999, p. 107-136.
- FLOYD, David B. y WEBER, Carrie, «Leaking Electricity: Individual Field Measurement of Consumer Electronics», <http://www.enduse.lbl.gov>, 1999.
- GARCIA, Ernest, «Entre la información y el petróleo: Luces y sombras de la promesa de una "modernización ecológica" y un "desarrollo sustentable"», *Sistema*, vol. 162-163, 2001, p. 167.
- GARDNER, Gary y SAMPAT, Payal, «Hacia una economía de materiales sostenible», en BROWN, Lester R. *et al.*, *La situación del mundo*, Anuario del Woldwatch Institute, Icaria-FUHEM, Madrid 1999.
- GERBENS-LEENES, Winnie *et al.*, «A method to determine land requirements relating to food consumption patterns», en *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90, 2002, p. 47-58.
- GERBENS-LEENES, Winnie y NONHEBEL, Sanderine, «Consumption patterns and their effects on land required for food», en *Ecological Economics*, 42, 2002, p. 185-199.
- GOODLAND, Robert, «Environmental sustainability in agriculture: diet matters», en *Ecological Economics*, 23, 1997, p. 189-200.
- GREEN DESIGN INITIATIVE, *Economic Input-Output Life Cycle Assessment Model*, Carnegie Mellon University, <http://www.eiolca.net>, 2000.
- GREENING, Lorna A., GREENE, David L. y DIFIGLIO, Carmen, «Energy efficiency and consumption –the rebound effect– a survey», en *Energy Policy*, 28, 2000, p. 389-401.

- GROSSMAN, Gene y KRUEGER, Alan B., «Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement», WP-3914, National Bureau of Economic Research, 1991, p. 35-36.
- HEINONEN, Sirkka, JOKINEN, Pekka y KAIVO-OJA, Jari, «The ecological transparency of the information society», en *Futures*, 33, 2001, p. 319-337.
- HEISKANEN, Eva y JALAS, Mikko, *Dematerialization Through Services. A Review and Evaluation of the Debate*, The Finish Environment, 436, 2000.
- HERMAN, Robert, ARDEKANI, Siamak A. y AUSUBEL, Jesse H., «Dematerialization», en *Technology and Environment*, National Academy of Engineering, The National Academies Press, Washington 1989, p. 50-69.
- HERRING, Horace y ROY, Robin, «Sustainable services, electronic education and the rebound effect», en *Environmental Impact Assessment Review*, 22, 2002, p. 525-542.
- HILTY, Lorenz M., RUDDY, Thomas y SCHULTHNESS Daniel, «Resource Intensity and Dematerialization Potential of Information Society Technologies», en *Solothurn University of Applied Sciences Northwestern Switzerland. Discussion Paper 2000-2001* (www.fhso.ch/pdf/publikationen/), 2000a.
- HILTY, Lorenz M. y RUDDY, Thomas, «The information Society and Sustainable Development», en *Solothurn University of Applied Sciences Northwestern Switzerland. Discussion Paper 2000-2003* (www.fhso.ch/pdf/publikationen/), 2000b.
- HINTERBERGER, Friedrich et al., «Increasing resource productivity through eco-efficient services», en *Wuppertal Papers*, 13, Wuppertal Institut, 1994.
- HINTERBERGER, Friedrich et al., «Sustainable Consumption: a Research Agenda», en KÖHN, Jörg et al. (eds.), *Sustainability in Question*, Edward Elgar, Chentelhan 1999, p. 267-280.
- HUMPHREYS, D. y BRIGGS, S., «Mineral Consumption in the U.K. 1945-1980: A Statistical Analysis», en *Resources Policy*, 9, 1983, p. 4-22.
- IDEA, *Consumo de energía de los hogares, 1995*, Madrid 1998.
- JÄNICKE, Martin et al., «Economic structure and environmental impacts: East-West comparisons», en *Environmentalist*, 9, 1989, p. 171-182.
- JESPERSEN, Jesper, «Reconciling environment and employment. Switching from goods to services?», *Paper presentado en el Eco-Efficient Services Seminar*, Wuppertal Institut, 1994.
- JEVONS, William Stanley, *El problema del carbón*, Pirámide, Madrid, 2000 (or. 1865).
- JOKINEN, Pekka, MALASKA, Pentti y KAIVO-OJA, Jari, «The environment in a "information society"», en *Futures*, 30, 1998, p. 485-498.
- KAWAMOTO, Kaoru et al., «Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S.: Detailed Report and Appendices», en <http://enduse.lbl.gov/Info/LBNL-45917b.pdf>, 2001.
- KHAZZOOM, J. Daniel, «Economic implications of mandated standards for household appliances», en *Energy Journal*, 1, 1980, p. 21-40.
- KOOMEY, Jonathan, KAWAMOTO, Kaoru, NORDMAN, Bruce, PIETTE, Mary Ann y BROWN, Richard E., «Initial comments on "The Internet begins with coal"», en *Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory*, www.enduse.lbl.gov, 1999.
- LABYS, Walter C. y WADDELL, Lorna M., «Commodity lifecycles in U.S. materials demand», en *Resources Policy*, 15, 1989, p. 238-252.
- LARSON, Erik D. et al., «Beyond the Era of Materials», en *Scientific American*, 254, 1986, p. 34-41.
- LOREK, Sylvia y SPANGENBERG, Joachim H., «Environmentally Sustainable Household Consumption», *Wuppertal Papers*, 117, Wuppertal Institut, 2001.
- MALENBAUM, Wilfred, *World Demand for Raw Materials in 1985 and 2000* MacGraw-Hill, Nueva York 1978.
- MALLEY, Jürgen, «Ein einfacher PC mit Bildschirm verbraucht 19 Tonnen Ressourcen», *Telepolis aktuell*, <http://www.heise.de/tp/deutsch/inhalt/te/1367/1.html>, 1998.
- MARTÍNEZ ALIER, Joan y SCHLÜPMANN, Klaus, *La ecología y la economía*, FCE, Madrid 1991.
- MARVIN, Simon, «Environmental flows. Telecommunications and the dematerialization of cities?», en *Futures*, 29, 1997, p. 47-65.
- MATTHEWS, Emily et al., *The weight of nations. Material outflows from industrial economies*, World Resources Institute, Washington D.C. 2000.
- MEADOWS, Dennis L. y RANDERS, Jorgen, *Más allá de los límites del crecimiento*, El País-Aguilar, Madrid 1992.
- MILLS, Mark P., *The Internet Begins with Coal: a preliminary exploration of the impact of Internet on electricity consumption*, The Greening Earth Society, Arlington 1999.
- NAREDO, José Manuel y VALERO, Antonio (dirs.), *Desarrollo económico y deterioro ecológico*, Fundación Angelaria-Visor Distribuciones, Madrid 1999.
- NOORMAN, Klaas Jan y UITERKAMP, Ton Schoot (eds.), *Green Households? Domestic Consumers, Environment and Sustainability*, Earthscan, London 1998.

- NØRGAARD, Jørgen, «Declining Efficiency in the economy», en *Gaia*, 5-6, 1995.
- OCDE, *Sustainable consumption and production*, París 1997.
- OCDE/IEA, *Energy Balances of OECD Countries, 1997-1998*, París 2000.
- PACHAURI, Shonali y SPRENG, Daniel, «Direct and indirect energy requirements of household in India», en *Energy Policy*, 30, 2002, p. 511-523.
- PEARCE, David et al., *Blueprint for a green economy*, Earthscan, London 1989.
- PEARCE, David W. y ATKINSON, Giles D., «Capital Theory and the measurement of sustainable development», en *Ecological Economics*, 8, 1993, p. 103-108.
- PLEPYS, Andrius, «The grey side of ICT», en *Environmental Impact Assessment Review*, 22, 2002, p. 509-523.
- RAMOS-MARTÍN, Jesús, «Breve comentario sobre la desmaterialización en el estado español», en *Ecología Política*, 18, 1999, p. 61-64.
- REES, William E. y WACKERNAGEL, Mathis, *Our Ecological Footprint: reducing human*, The New Catalyst bioregional series, 9, New Society Publishers, Gabriola Island (Canadá) 1996.
- REINDERS, A.H.M.E, VRINGER, K. y BOLK, K., «The direct and indirect energy requirement of households in the European Union», en *Energy Policy* (in press), 2002.
- RIECHMANN, Jorge, *¿Problemas con los frenos de emergencia?*, Ed. Revolución, Madrid 1991.
- RØPKE, Inge, «Is consumption becoming less material? The case of services», en *International Journal of Sustainable Development*, 4 (1), 2001b, p. 33-47.
- I.,— «The environmental impact of consumption patterns: a survey», en *International Journal of Environment and Pollution*, 15 (2), 2001b, p. 127-145.
- SCHIPPER, Lee y GRUBB, Michael, «On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries», en *Energy Policy*, 28, 2000, p. 367-388.
- SEPPÄLÄ, Tomi, HAUKIOJA, Teemu y KAIVO-OJA, Jari, «The EKC Hypothesis does not hold for Material Flows! Environmental Kuznets Curve Hypothesis of Direct Material Flows in Some Industrial Countries», en *Population and Environment*, 23, 2, 2000, p. 217-238.
- STILLER, Hartmut, «Material Intensity of Advanced Composite Materials», *Wuppertal Papers*, 90, Wuppertal Institut, 1999.
- TILTON, John E. (ed.), *World Metal Demand, Resources for the Future*, Washington D.C. 1990.
- VALERO, Mateo, «Costo energético de la revolución informática», en *Revista de Libros*, mayo, 2002, p. 30-31.
- WEIZSÄCKER, Ernst Ulrich, LOVINS, Armory B. y LOVINS, L. Hunter, *Factor 4. Duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales* Círculo de Lectores-Galaxia Gutemberg, Barcelona 1997.
- WERNICK, Iddo K. et al., «Materialization and dematerialization», *Daedalus*, 125, 1996, p. 171-198.