



EL LADO OSCURO DE LA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES

PALABRAS CLAVE: Tecnologías de información y comunicaciones, efecto rebote, sostenibilidad, efectos ambientales, economía energética.

KEY WORDS: The information and communication technologies, rebound effects, environmental effects, energy economics.

RESUMEN

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), tienen un profundo impacto en la economía y en el ambiente. La mejora en el desempeño de las TIC lleva a un aumento creciente del consumo de productos y servicios relacionados con TIC, lo cual tiene numerosas implicaciones ambientales en diferentes niveles.

En este artículo, los autores resaltan la analogía entre los efectos rebote en el sector de energía y los efectos del crecimiento en TIC. De la literatura de economía energética se toman diferentes taxonomías de los efectos rebote con el fin de



estructurar la discusión sobre las implicaciones ambientales del crecimiento en el uso de productos y aplicaciones de las TIC. El autor distingue dos niveles de impactos ambientales de las TIC. El primero, tiene que ver con ciclo de vida del hardware de las TIC y el segundo con la forma como se usan las aplicaciones de las TIC. Por medio de ejemplos, el artículo ilustra la complejidad de los impactos ambientales y resalta el rol decisivo del comportamiento humano en determinar su significancia.

Los temas presentados son de gran relevancia para cualquier tomador de decisiones que ha puesto grandes expectativas en las TIC, y que necesita ser advertido sobre sus potenciales implicaciones ambientales en los complejos sistemas socioeconómicos de hoy. Se suelen hacer inversiones cuantiosas en este sector con la expectativa de crecimiento económico y mejoramiento ambiental, pero se ignora que el efecto rebote causa el riesgo de mala asignación de recursos. Disponer de mayor información sobre los efectos y causas de estos, permitirá a los tomadores de decisiones optimizar el desarrollo con un balance entre el crecimiento y la calidad ambiental.

ABSTRACT

The information and communication technologies (ICT) have a profound impact on economy and environment. The performance improvements in ICT leads to increased consumption of ICT products and services, which has numerous environmental implications on different levels.

Trough the paper, the author points to the analogy between the rebound effects in energy sector and the growth effects in ICT. A

multilevel taxonomy of rebound effects is taken from the energy economics literature in order to structure the discussion on the environmental implications of increasing use of ICT products and applications. The author distinguishes two levels of environmental impacts from ICT: first, related to the life cycle of ICT hardware, and second, related to the way the ICT applications are being used. By presenting examples from different literature, the paper illustrates the complexity of the environmental impacts and stresses the decisive role of human behavior in determining their significance.

The issues presented in the paper are highly relevant to any decision makers, who are placing large expectations on ICT and who needs to be aware about its potential environmental implications in the complex socio-economic system of today. Huge investments are being made into the sector with large expectations for economic growth and environmental improvements, but neglecting the issue of rebound effects causes a risk of misallocation of funds. Having more information on effects and causes will allow decision-makers to optimize future development with a balance between economic growth and environmental quality.

¹ PhD. Investigador Asociado en The International Institute of Industrial Environmental Economics en la Lund University, Suecia. Actualmente se desempeña como profesor de Eco-innovación en la Especialización en Sistemas de Gestión Ambiental, de la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad Externado de Colombia. Documento elaborado en desarrollo del Proyecto: Gestión ambiental –Ecoinnovación. Recibido, 27 de enero, aceptado, 15 de marzo de 2005.

² MBA MSc. Actualmente se desempeña como docente e investigador del Centro de Tecnología y Producción, adscrito a la Facultad de Administración de Empresas de la Universidad Externado de Colombia.

INTRODUCCIÓN

En todos los casos el crecimiento económico es continuamente alimentado por las innovaciones en las organizaciones y la tecnología, asegurando mejoras de productividad importantes en el uso de recursos, mano de obra y capital. Por ejemplo, a principios de siglo XX, el uso generalizado de tecnologías como los motores de vapor, electricidad o los telégrafos tuvo gran impacto económico y en el estilo de vida.

Hoy, un papel similar han jugado las tecnologías de la información y las comunicaciones (ICT). Una gran parte de crecimiento económico actual se atribuye a sus aplicaciones innovadoras en la manufactura y sectores de servicios. Se espera que las ICT sean capaces de separar el crecimiento económico de la degradación medioambiental, principalmente debido a su potencial de aumentar la productividad y crear valor-agregado mediante la empleo de ideas e información en lugar de la energía y materiales (ROMM, ROSENFELD et ál., 1999; ROMM, 2000). Sin embargo, es difícil de identificar y medir los efectos medioambientales de las mejoras de productividad que se inducen con el uso de ICT. Es así como el papel de ICT para alcanzar las metas de un desarrollo más sustentable es un tema interesante de discusión.

Las evidencias del sector energético muestran que un uso más eficiente de recursos naturales no siempre reduce su consumo absoluto. Un equipo más eficiente en energía reduce los costos industriales y, por consiguiente, el precio final de una unidad de producto, que a su vez aumenta la demanda. El fenómeno llamado "efecto rebote" se conoce bien entre los economistas estudiosos de la energía (KHAZZOOM, 1980; BROOKES, 1990; BERKHOUT, 2000; BINSWANGER, 2000).

Cuando se piensa que la ICT tiene un efecto profundo en todos los sectores de la economía, es importante discutir sus implicaciones respec-

to de la visión del desarrollo sustentable. En la actualidad, todavía sabemos demasiado poco sobre la relación entre ICT y el medio ambiente. Sin embargo, la tecnología tiene varios riesgos potenciales e incertidumbres que necesitamos entender al poner altas expectativas ambientales en ICT. Hacer un paralelo entre los efectos rebote en el sector de energía e ICT es útil para discutir las implicaciones medioambientales del creciente uso de ICT.

EL MARCO DE LA DISCUSIÓN

Tradicionalmente, el término de efecto rebote se refiere a un aumento efectivo en el consumo de un servicio de energía después de que su precio disminuye debido al aumento en la eficiencia de la producción del servicio. Si el progreso tecnológico hace cierto equipo más eficiente energéticamente, menos energía se necesitaría producir la misma cantidad de productos o servicios, así el costo de producción por unidad baja y aumenta la demanda del producto o el servicio.

El primer análisis comprensivo de los efectos rebote se realizó por economistas de energía a finales de la década de los 70³. La mayoría de estos estudios se enfocaron en el consumo de energía para calefacción y transporte, en un modelo de servicio simple, descuidando principalmente los efectos de la substitución entre varios servicios. La investigación más tarde extendió la definición del efecto rebote, enfocándose en modelos de multi-servicio que permitieron entender bien las implicaciones de los efectos rebote (BINSWANGER, 2000).

GREENING et ál. (2000) realizaron una revisión de la literatura comprensiva sobre los efectos rebote derivados de las mejoras en eficiencia energética e hicieron pensar en una taxonomía de cuarto grado en los efectos rebote. El marco de discusión va más allá de los límites de un modelo de servicio simple y es útil para

³ Un amplio espectro de artículos que discuten los problemas de efectos rebote puede encontrarse en el periódico *The Energy Journal* y la revista *Energy Policy*, sobre todo en los artículos de DANIEL KHAZZOOM y LEONARD BROOKES.





una discusión más integral de los fenómenos del consumo en los sistemas complejos. Como los efectos de ICT son intersectoriales, este marco es útil estructurar la discusión alrededor de la ICT y consumo.

KHAZZOOM estableció una definición de efecto rebote (GREENING et ál., 2000) que primero limitó los efectos rebote a nivel directo en el nivel micro llamándolos los efectos de precio directos o puros. Estos efectos ocurren como consecuencia del aumento en la eficiencia energética que reduce el precio de la energía disminuyendo la cantidad de combustible necesitado para producir un artículo y, por consiguiente, disminuciones en su precio final. La disminución de precio si ningún otro cambio (*ceteris paribus*) aumentará la demanda por tal artículo, sea producto o servicio.

Sin embargo, se podrían descomponerse los efectos directos para los consumidores en los efectos sobre sustitución e ingreso (GREENING, et ál., 2000). Un consumidor no aumentará el uso del artículo en "ganga" indefinidamente, solo hasta los límites de saciedad o dependiendo de intercambios presupuestarios con otros gastos. El nivel del consumo también se limitará por otros factores, tales como la disponibilidad de tiempo del consumidor o restricciones en su

comportamiento (p. ej., las normas sociales, moda o nivel de esfuerzo) (SCHNEIDER, HINTERBERGER et ál., 2001). Este aspecto es importante recordarlo para la discusión posterior sobre ICT y consumo.

A partir del aumento en consumo (atribuible a efectos de precio), éste puede limitarse por varios factores, podría haber espacio para efectos de consumo de segundo orden debidos al aumento real en el ingreso de los consumidores. A medida que las mejoras de eficiencia en energía reducen los costos de producción y consumo de un artículo, puede aumentar la demanda para otros artículos (GREENING et ál., 2000).

El tercer tipo de efectos rebote hace referencia a los efectos económicos amplios de acuerdo con la teoría económica del precio y ajustes en cantidad en una situación no estática. El argumento de los efectos económicos amplios están basados en la relación mutua de precios y rendimientos de bienes y recursos en mercados diferentes que forman un único estado de equilibrio (GREENING, 2000).

En este orden de ideas, los precios de productos tales como la energía afectan el equilibrio de precio de otros artículos en múltiples sectores de la economía. El precio de la energía determina la estructura del costo de

muchos artículos y es, por consiguiente, un importante determinante de equilibrios de oferta y demanda para virtualmente todos los productos y servicios de la economía. Cuando aumentan los efectos secundarios la demanda para otros artículos y sus precios deben aumentar. Sin embargo, las mejoras de eficiencia de energía reducirán el costo de producción y los precios finales de tales artículos. El nuevo equilibrio del mercado dependerá de ambos factores.

El cuarto tipo de efectos del rebote hace referencia a efectos transformacionales de acuerdo con el modelo de GREENING. Este cuarto tipo se relaciona menos con el mecanismo del precio y va más con los cambios en las preferencias del consumidor, alteraciones en las instituciones sociales y la organización de la producción. Este tipo de efectos es el más difuso y abstracto y como GREENING et ál. reconocen la extensión de la definición de efecto rebote para incluir los efectos del transformacionales, afirmando que si bien es "conceptualmente posible" analizar los efectos a este nivel, "no es analíticamente práctica como teoría y carece de datos empíricos" (GREENING et ál., 2000, p. 399).

Las secciones siguientes presentarán un paralelo entre la taxonomía del efecto rebote de GREENING y el sector de ICT. Luego seguiré con una discusión sobre las implicaciones que los cambios en ICT tienen para el medio ambiente.

ICT Y SIMILITUDES CON LOS EFECTOS REBOTE

Durante unas décadas el desempeño de la industria electrónica ha seguido el crecimiento exponencial sugerido por G. MOORE⁴. Los avances fueron de la mano con una reducción en el costo por elemento del circuito, lo cual produjo una reducción rápida en los precios, haciendo del hardware de ICT económico para una am-

plia gama de consumidores. Hoy, los precios se han tornado casi constantes. Sin embargo, el desempeño de los productos de ICT todavía está mejorando exponencialmente, de esta manera se puede comprar más funcionalidad por el mismo precio.

LOS EFECTOS DIRECTOS Y SECUNDARIOS (MICRO-NIVELADO)

La mayor accesibilidad del hardware se combinó con la creciente conectividad de la red y los costos decrecientes de comunicación, aumentando la aplicación de ICT en virtualmente cada sector económico y proporcionando nuevas oportunidades comerciales y medios competencia. Se pusieron las altas expectativas en ICT por los inversionistas y los consumidores privados que durante décadas incitaron las crecientes inversiones en el sector. De esta manera se dio un ciclo de retroalimentación que junto con las expectativas crecientes aseguró más inversiones. Así más fondos se pusieron disponibles para investigación y desarrollo produciendo una innovación tecnológica acelerada, mejorando los productos, generando nuevos servicios y de nuevo más expectativas.

El resultado fue una constante (habitual) demanda de las innovaciones de ICT y los ciclos de vida de la tecnología se fueron acortando. Las crecientes proporciones de depreciación de la electrónica hoy están forzando "jubilación" temprana de muchos productos de ICT y haciendo la inversión en hardware más fuerte. Esto es especialmente evidente en los productos para el consumidor final que son cada vez más dinámicos como las computadoras y los teléfonos móviles.

El fenómeno de recibir más desempeño por el mismo precio tiene una analogía con los efectos rebote directos en el sector de energía. Las mejoras de la actuación de equipo de ICT

⁴ GORDON MOORE, fundador de Intel Corporation en 1964, hizo una predicción aún válida en la cual la eficiencia del microchip por costo unitario se doblaría cada dieciocho meses.



nos permiten recibir más utilidad para usuario sin las inversiones adicionales. El rendimiento creciente redujo el costo por unidad de ICT para usuario y aumentó su demanda.

El desempeño de los computadores es muy dependiente de los parámetros técnicos, como la velocidad del procesador, la capacidad del almacenamiento, multi-funcionalidad, etc., los cuales determinan las posibilidades para las nuevas aplicaciones. Los costos decrecientes por unidad aumentaron en razón inversa del costo y la utilidad, e hizo de los computadores elementos más valiosos para reemplazar otros artículos de la misma forma como aumentaron su uso en nuevas aplicaciones. Como efecto se aumenta de manera total el consumo de energía y materia en el hardware de ICT.

Los efectos rebote secundarios, como aquellos planteados por GREENING et al. (2000), en el desempeño de ICT no son de ocurrencia probable. Precios casi constantes por el equipo y la incompleta saturación del consumo de producto de ICT apenas cambiarán el ingreso del consumidor para inducirlo a gastar en otros artículos. En cambio, los efectos rebote de nivel superior, similares a los efectos económicos amplios y los transformacionales en el sector de energía, parecen tener mayor significancia a nivel macro para ICT.

LOS EFECTOS A NIVEL MACRO

Cualquier tecnología de uso general ha demostrado tener los impactos amplios en la economía, equivalentes a aquellos del sector energético. Las tecnologías de la información y las comunicaciones juegan el papel de tecnologías de uso general debido a su fuerte influencia en la eficiencia de la producción y el costo final de muchos productos y servicios. Si los computadores están volviéndose más productivos, el costo de producir esos productos y servicios decrece y son fuertemente dependientes del

desempeño de ICT, produciendo aumentos en el consumo. En este sentido, por la generación de valor económico, las computadoras tienen una similitud a la energía.

La comparación no es irrazonable. Muchos estudiosos atribuyen una gran parte del reciente crecimiento económico a la aplicación exitosa de ICT. ICT facilita la reorganización de la dirección de la empresa mientras crea nuevos modelos de negocios, mejora la planeación de recursos, facilita el diseño y las operaciones de producción, mercadeo y ventas, y finalmente, cambia nuestro estilo de vida⁵. De esta manera, ICT tiene un papel de "lubricante" económico que aumenta la productividad económica y la producción, reduciendo costos y precios de todos los artículos. El efecto podría verse como un efecto rebote de economía amplio similar al uno del sector energético.

Las estadísticas oficiales en EE. UU., de hecho, indican una separación entre el crecimiento económico PIB y consumo de energía. Por ejemplo, algunos informes predicen que el sector de ICT estadounidense crecerá anualmente por 4.0% (otros sectores sólo el 2.2%), mientras su intensidad de energía se reducirá por 0.92% (EIA 1999). En Estados Unidos, durante 1996 a 1999 la intensidad de energía por unidad de PIB se redujo en 3.4% comparado a la reducción del 2.6% durante la crisis petrolera. Más sorprendente, la reducción en los 90 ocurrió sin el menor signo significativo de precio o iniciativas de política (LAITNER, 2000; USDC 2000).

Algunos investigadores atribuyen la parte mayor de esta tendencia al sector de ICT y a los cambios estructurales causados debido a su uso. Varios estudios indican que mientras el crecimiento económico contribuye al consumo de energía creciente, el sector de ICT de bajo consumo energético puede reducir o invertir esta tendencia (EIA, 1999; ROMM, ROSENFELD et ál., 1999; LAITNER, KOOMEY et ál., 2000). Un argumento es que una gran parte de valor

⁵ De hecho, el papel de ICT en la productividad económica es debatido aún por varios investigadores como GUNNARSSON (2000), OLINER (1994), JORGENSON (1995) y BRYNJOLFSSON (1996,1997). Sin embargo, este debate está más allá del alcance de este documento.

agregado se crea por aplicaciones de ICT que manejan ideas e información en lugar de la energía y material. Otro argumento es que el sector de ICT levantó la productividad en otros sectores de economía mejorando la eficiencia en la fabricación y diseño de producto. Un grupo bastante grande de literatura discute los cambios estructurales inducidos por el crecimiento explosivo de la economía digital (KOVACS, 1999; BRYNJOLFSSON, 2000; KOOMEY, 2000).

Por consiguiente, es pertinente discutir los efectos económicos amplios de ICT en el contexto del marco de Greening. Si las aplicaciones de ICT mejoran la productividad industrial, los precios de los diferentes artículos a lo largo de la economía sufrirán numerosos y complejos ajustes (GREENING et ál. 2000, p. 397) que será difícil atribuir con precisión a ICT. Por consiguiente, medir los efectos económicos amplios de ICT probablemente será muy difícil, pero de esto depende el éxito de establecer la relación causa-efecto que une ICT y otros sectores.

El consumo creciente de productos de ICT y servicios y sus efectos económicos amplios están asociados con impactos medioambientales complejos que pueden ser positivos, negativos o neutrales. Como en el sector de energía, los impactos medioambientales de estos efectos pueden ser considerablemente más grandes que los impactos directos del consumo creciente de productos y servicios de ICT.

La discusión sobre el papel de ICT y, particularmente, Internet en la sostenibilidad todavía tiene mucho que debatir y sacar cualquier conclusión definitiva, como los impactos medioambientales de las nuevas tecnologías, dependerá de cómo se usan. Estimar la magnitud y incluso predecir los efectos económicos amplios de ICT es, al menos, tan difícil como en el sector energético.

Los efectos transformacionales de ICT son especialmente difíciles de analizar, porque, como GREENING et ál. destacan para el sector energético, no existe hoy ninguna teoría comprensiva o suficientes datos empíricos. (GREENING et ál., 2000, p. 399). Es difícil predecir de qué manera ICT influye en el comportamiento del

consumidor, en los cambios organizacionales y de las estructuras institucionales, debido a que los cambios son muy dinámicos y los sistemas son muy complejos. Por consiguiente, es incierto cómo estas alteraciones estructurales se traducirán en costos de producción y modelos de consumo de productos y servicios. Sin embargo, el concepto de efectos transformacionales es útil para el análisis futuro de los efectos menos tangibles de ICT en el comportamiento y estilos de vida que son fuertes determinantes de volúmenes y modelos de consumo.

LOS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES DIRECTOS

Ambos, el volumen creciente de equipos de ICT y el aumento en su uso para las aplicaciones diferentes, tienen implicaciones medioambientales significantes. Una parte de impactos medioambientales deriva directamente del ciclo de vida de productos de ICT. La otra parte se origina en el uso de productos y servicios de ICT, que mejoran o sustituyen los procesos tradicionales o crean nuevos. En consecuencia, cuando se discuten los impactos medioambientales de ICT es útil analizarlos a partir del ciclo de vida y las perspectivas del sistema.

EXTRACCIÓN DE RECURSOS Y FABRICACIÓN

La fabricación de productos electrónicos comienza con la extracción de los recursos, que es sorprendentemente muy intensiva en el uso de materia y energía. Por ejemplo, los avances en las tecnologías semiconductores requieren el uso de nuevos compuestos basados en varios elementos químicos "raros" que son responsables de grandes desplazamientos de materia para su obtención y la generación de cantidades grandes de continuas pérdidas de materia. Es decir, en su fabricación no sólo interviene el plástico del que están hechas las carcasas. Dentro, como parte de las minúsculas tramas de circuitos dorados y placas verdes, se encuentran elementos químicos catalogados como de la más alta toxicidad ambiental como lo son: el plomo, el boro, el cadmio,



el mercurio y el berilio, incluido recientemente en la lista de cancerígenos.

Usando el método de MIPS (Entradas de materia por unidad de servicio) promovido por el Wuppertal Institute (Alemania), se ha demostrado que un anillo de oro tiene un moral ecológico de intensidad de uso de material equivalente a 10 toneladas (GROTE, 1997). Los "morrales" de muchos elementos químicos raros que normalmente se usan en los circuitos electrónicos también son grandes (por ejemplo el germanio, el galio, el arsénico, el indio, el tantalio, etc.). La intensidad total de material a lo largo del ciclo de vida de un computador personal puede ser tan grande como 16 a 19 toneladas métricas, de las cuales sólo 0.1% son la masa del computador (GROTE, 1996; MALLAY, 1998; HILTY et ál., 2000).

La fabricación de semiconductores, la impresión de los circuitos integrados y la manufactura de tubos de rayos de cátodo requieren grandes cantidades de materiales tóxicos. Según los datos de la Silicon Valley Toxics Coalition, 1995, la producción de un disco de seis pulgadas de silicio requiere que 8.6 metros cúbicos de agua desionizada, 9 kg químicos peligrosos y 285 kwh de electricidad (SVTC 2000). La producción de un chip de ocho pulgadas para una CPU Pentium requiere a 11.44 metros cúbicos de agua desionizada, 120.8 m³ de gases, 12 kg de químicos peligrosos y produce 0.82 m³ de gases tóxicos, 14 m³ agua de residuales y 4 kg de desechos sólidos peligrosos (ANZOVIN, 1997).

Un estudio realizado por la Universidad United Nation de Tokio, la Fundación Nacional de Ciencia de Estados Unidos y The European Institute of Business Administration establece la imperiosa necesidad de establecer políticas para el manejo de los residuos de la industria de computadores y la basura electrónica, producida por los miles de aparatos electrónicos que entran en desuso diariamente en el mundo.

FASE DE USO

En el caso de los computadores los efectos no solo están en los circuitos, los impactos se ex-

tienden a su funcionamiento, como por ejemplo la radiación de las pantallas e incluso el ruido de los ventiladores. Un estudio realizado para un computador personal genérico mediante el uso de la metodología de Evaluación de Ciclo de Vida (ECV) encontró que la fase uso tiene los impactos medioambientales más grandes para categorías de impacto que se relacionan fuertemente con el uso de combustibles del fósiles (IPU 1998). Otro estudio que usó la metodología de la huella ecológica para los computadores personales produjo los resultados similares. La huella total del PC analizado estaba cerca de 1,800 m², mientras la huella en el uso energético resultó ser 1,000 veces más grande que la huella de consumo del mismo recurso en el resto del ciclo de vida (FREY, 2000).

Es probable que el desarrollo de líneas de comunicación más rápidas contribuya a la demanda de computadoras más veloces que probablemente aumentarán el consumo de energía (KELLY, 1999). Además, las redes de computadores requieren cada vez más de equipos de mayor consumo energético, como los servidores, amplificadores, enrutadores, filtros, dispositivos del almacenamiento y líneas de comunicación.

La tecnología de fibra de vidrio tiene más alta ecoeficacia que el cable de cobre: una tonelada de cobre puede reemplazarse por 25 kg de cable de fibra óptico que puede producirse con sólo 5% de la energía necesitada para producir el alambre de cobre. Sin embargo, la velocidad a que las fibras ópticas transmiten información por el mundo es más rápida que la velocidad de sonido (National Geographic, 2001), necesitando, por año, 10 millones de kilómetros en fibras, suficientes para rodear la Tierra 250 veces. También se requiere de energía adicional para el sistema de climatización de los centros de control del sistema (HILTY, 2000).

Poner esta nueva infraestructura en marcha involucra actividades de construcción e infraestructura con impactos ambientales significativos. La infraestructura de ICT es compleja y requiere un suministro de energía confiable, debido a que los computadores más rápidos no toleran cortes de energía de incluso

un fragmento de segundo. Esto ha forzado a las compañías "punto-com" para instalar, entre otros, grandes sistemas de baterías, superconductores magnéticos, UPS y generadores de copias de seguridad que aumentan los costos medioambientales de ICT.

Es probable que el consumo de energía por el uso de ICT permanezca a un nivel altamente significativo. Además del crecimiento en el número de equipos está ligado a varios factores de comportamiento como:

- Las funciones de los computadores son subutilizadas, lo que produce que los equipos de la mayoría de los usuarios estén sobre dimensionados para sus necesidades (KAWAMOTO, KOOMEY et ál., 2001);

- El creciente acceso a las redes de banda ancha anima fuertemente a transmitir información audiovisual, por lo que es probable que los usuarios dejen los computadores encendidos durante noches o fines de semana buscando menores tarifas y acceso;

- La aumentada conectividad requiere cada vez más que los computadores se queden operando en línea 24 horas por día, etc.

Entender bien los factores del comportamiento requiere un esfuerzo sustancial de observación y estimar sus impactos es aún una tarea difícil. Conocer las tendencias de consumo energético de la Internet es, sin embargo, un problema muy pertinente para los diseñadores de políticas. Primero, varios países experimentan la escasez de energía y satisfacer los picos marginales de consumo energético contrae un costo económico y ambiental alto. Segundo, el Protocolo de Kyoto exige a una reconsideración de políticas energéticas nacionales para permitir el cumplimiento de los desafiantes compromisos.

Varios intentos por calcular y predecir la "factura de energía" de la Internet ha sido hechos en diferentes países. Sin embargo, los resultados varían substancialmente. Por ejemplo, un estudio suizo encontró que la energía requerida para la conexión de bancos de los datos puede estar entre 20 y 40 MW, y predijo

que para el año 2020 el consumo de energía en las casas suizas aumentará en tres veces debido al uso creciente de equipos digitales (AEBISCHER, 2000).

Otro estudio, debatido fuertemente, estimó que en 1999 los equipos de Internet consumieron aproximadamente 8% de la electricidad total en EE. UU., e hizo predicciones de crecimiento de 50% dentro de una década (MILLS y HUBER, 1999; MILLS, 2000). También se determinó que en EE.UU. se necesita 1 kg de carbón para producir la energía indispensable para enviar 5 MBt de datos en la Internet. El estudio, además concluyó que las mejoras de eficiencia en el mundo de electrónica junto con el aumento en el consumo y la demanda, producirán el aumento absoluto en el consumo de energía.

Los resultados fueron fuertemente criticados por varios pares que sugieren que la estimación debe reducirse por lo menos 88% (KOOMEY, KAWAMOTO et ál., 1999; KOOMEY, 2000). La corrección fue aceptada como válida, ya que Mills y Huber sobrestimaron los requisitos iniciales de energía del hardware de Internet por encima de un factor de 10. Sin embargo, incluso con los números corregidos, no es muy optimista desde el punto ambiental y energético, saber que el tráfico de la Internet dobla cada seis meses (las Redes Caspias Inc. 2001).

En consecuencia, parece que los cálculos aparentemente precisos sobre consumo directo de energía debido al uso de ICT no son fáciles y pueden no ser aun tan concluyentes. Más allá, es difícil considerar el orden más alto de los efectos del consumo de energía y materia de ICT, en que ocurren a través de los cambios inducidos por ICT en la producción y consumo a lo largo de la economía.

FASE DE FIN DE VIDA

Los efectos ambientales negativos de crecimiento en el consumo de hardware electrónico son muy visibles en la fase de fin de vida. Durante los años 90 varios estudios han investigado en



el manejo de los desechos electrónicos, más específicamente en el de computadores. Según algunas estimaciones, hay entre 14 y 20 millones de computadores que se desechan anualmente. A alrededor de 10 a 15% de ellos son re-usados o reciclados, 15% acaban en los basurales y el resto es acumulado por los usuarios (GOLDBERG, 1998). Según modelo desarrollado en Carnegie Mellon University, sólo en el EE.UU. se tiene un 15% de la proporción de crecimiento de mercado y el 30% de las ventas de computadores mundiales, en 2005 se reciclarán casi 150 millones de computadores y 55 millones serán desechados completamente en basurales (MATTHEWS, McMICHAEL et ál., 1997).

Los desechos electrónicos son el problema ambiental más obvio y la infraestructura para manejarlo propiamente todavía se desarrolla de manera muy pobre. El reciclado y re-uso de equipos electrónicos a nivel postconsumo es técnicamente problemático, no es económicamente factible y falta una infraestructura física apropiada que exigirá a las inversiones grandes para su construcción.

A menudo se necesita la intervención política donde el mercado falla y no hace referencia los problemas ambientales. Hoy ya se pueden ver algunas iniciativas de la política interesantes en los niveles nacional e internacional, las cuales apuntan a hacer al productor responsable de la recolección y disposición segura de sus productos en el fin de vida o fase de postconsumo. El decreto sueco sobre equipo electrónico desechados y el proyecto de directiva europea sobre desechos de equipos eléctricos y electrónicos son ejemplos de ello. Si el diseño de estos equipos se hace de manera adecuada y teniendo en cuenta esta "responsabilidad ampliada del productor", en el futuro las políticas afectarán de manera positiva la producción y el producto mismo, y pueden inducir aproximaciones innovadoras de negocio que podrían ser menos intensivas en el uso de materia y energía.

LOS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES ESTRUCTURALES

Para estructurar mejor la discusión alrededor del efecto transformacional de ICT en el ambiente, es necesario examinar las dimensiones ecológicas y sociales. La dimensión ecológica positiva descansa en el potencial de ICT para mejorar la logística de la distribución de productos, perfeccionar las maneras de entrega, mejorar la eficiencia en el consumo a través del desmaterialización, la substitución de productos de mayor impacto por productos electrónicos multifuncionales, la optimización en vida de producto ecológico, etc. (REISCH, 2001).

El potencial ambiental ofrecido por la dimensión ecológica de la electrónica se utilizará totalmente sólo bajo una dimensión social perfeccionada, en la que se traten de los problemas del comportamiento de consumo. Por ejemplo, Internet es una ventana poderosa de mercadeo, que es capaz de alcanzar grupos de consumidor específicos, afectar percepciones y estilos de vida y atraer en una trampa de "ilusión de control" el sobreconsumo a niveles alarmantes de opulencia (REISCH, 2001). Así, ICT puede volverse fácilmente un arma poderosa de consumismo. En el lado positivo, Internet puede facilitar la educación y fortalecimiento del consumidor, además de promover los estilos de vida más sustentables.

Algunos ejemplos de cambios ambientalmente adversos en el comportamiento que comprometen seriamente la dimensión ecológica de ICT se presentan a continuación:

– Papel de la oficina. La experiencia de las últimas décadas demostró que, en contra de la mayoría de las expectativas, el ICT no creó la "oficina sin papel", y el consumo del papel real ha aumentado varias veces con el arribo de la edición electrónica. Por ejemplo, en EE.UU. entre 1960-1997 el consumo de papel se quintuplicó (EIA, 2002). Las predicciones muestran que la demanda del papel mundial crecerá en

un 30% para el año 2010 alcanzando más de 420 millones de toneladas (Jaakko Pöyry Group 2002). Ver figura n.º 1.

– Los medios de comunicación digitales. Los efectos ambientales de la sustitución de los medios de comunicación por versiones digitales depende de la intensidad de su uso. Un estudio suizo comparó tres maneras de entregar la información a través de la televisión, periódico e Internet (REICHART y HISCHEK, 2001). Con la mezcla de fuentes de la electricidad en Suiza, los impactos medioambientales de recibir la misma cantidad de noticias a través de la televisión o de la Internet serían equivalentes a los impactos de un periódico impreso después de 85 y 20 minutos respectivamente. El impacto de Internet es aun más grande si un usuario decide imprimir las noticias (alrededor de 70-80% de todos los computadores personales se venden junto con una impresora, (HILTY et ál., 2000).

– ICT y el mercadeo. El comercio o mercadeo vía electrónica es el área donde ICT está cambiando dramáticamente la manera en que nosotros compramos bienes y servicios. Las compras hechas con sólo oprimir una tecla hacen sumamente fácil encontrar, comparar y comprar productos y servicios. La Internet se vuelve un

mercado perfecto donde la información es abundante y los compradores y vendedores del mundo pueden alcanzar un valor cercano al cero en costos de transacción. Las condiciones de competencia perfecta del mercado estimulan la competencia incluso más allá, reduciendo el precio del artículo y aumentando su demanda. En 2001, las ventas globales del denominado **E-commerce** se estimaron en dos mil millones de dólares y simplemente representaron 6% del total (BAKER, 2000). Sin embargo, se espera que las ventas alcancen en 2005 \$8.5 billón americanos con el auge del **business to business (B2B)** representando entre el 75 al 85% del total del rédito del comercio electrónico del mundo (COHEN, 2001).

El comercio electrónico tiene un gran potencial ambiental para perfeccionar las logísticas de transporte, reducir la superproducción, las pérdidas industriales, el espacio de almacenaje, inventarios, etc. El sistema de entrega de justo a tiempo adoptado por Toyota permitió reducir inventarios materiales y espacio de almacén respectivamente por 28% y 37% (ROMM, ROSENFELD et ál., 1999). Las empresas norteamericanas han bajado a la mitad los gastos de logística mediante la introducción de ICT en sus sistemas de compras, en el periodo de

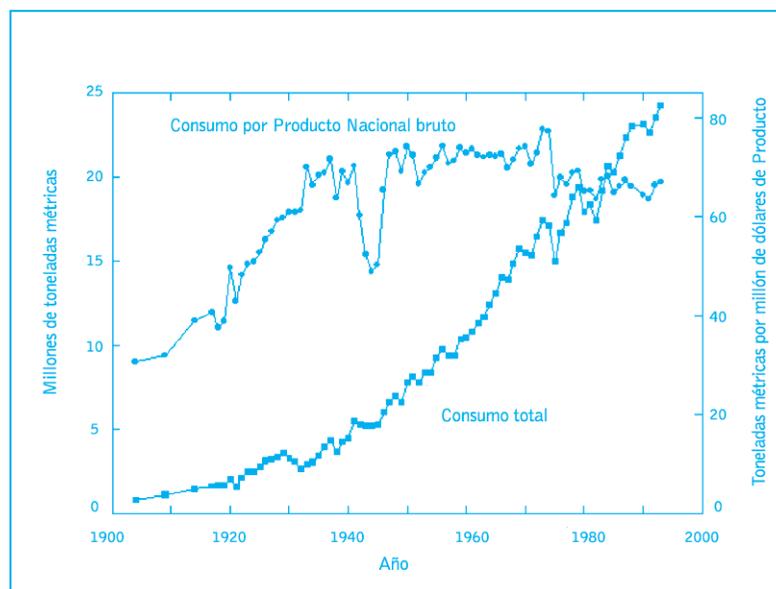


Figura n.º 1. Consumo absoluto de papel y consumo de papel por unidad del PIB. Dólares constantes 1982. (Fuente: WERNICK, IDDO, 1996).



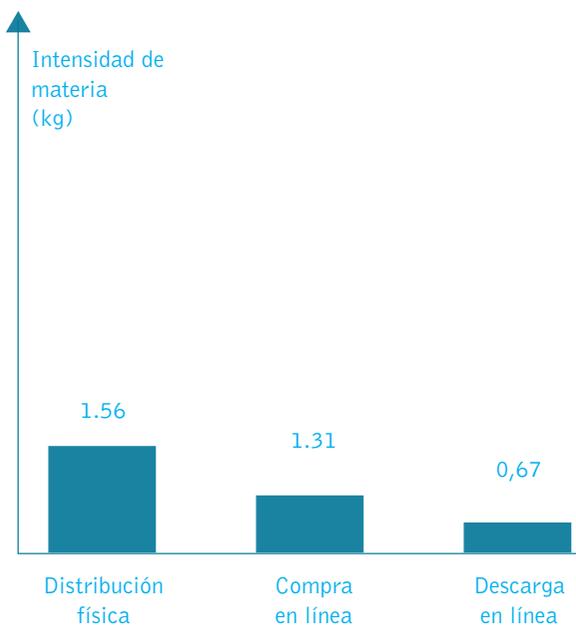


Figura N.º 2. Intensidad de materia para disfrutar 56 minutos de datos (música) Fuente. Wuppertal Institute-Digital Europe (2003).

1960 a 1996 los gastos por este rubro cayeron del 20% al 10.5% del PIB (DOWNEY, 2000).

Al mismo tiempo los órdenes "en línea" tienden a acelerar la entrega de bienes, mientras aumentan los costos de mensajería, envíos expresos y servicios de paquetes. También cambia la estructura de carga enviada hacia las unidades

más pequeñas, aumentando de esta manera los costos de empaques industriales (FICHTER, 2001). Las compras "en línea" pueden ser muy personalizadas lo que requiere un empaque de tamaño no normal, reduciendo la eficacia en el volumen de carga de los vehículos.

La descarga información y datos en líneas supone también grandes ventajas ambientales, y económicas debidas a la desmaterialización de los productos físicos por aquellos virtuales. La figura n.º 2 muestra un estudio que compara los escenarios de compra física, con la compra u órdenes en línea y la descarga línea. Aquí el efecto ambiental positivo es evidente.

Sin embargo, juega un papel importante el tipo de tecnología usada en la descarga de datos y el consumo energético asociado, figura n.º 3. Compara la tecnología de descarga y el impacto asociado en consumo de recursos bióticos y abióticos.

Los efectos ambientales del comercio electrónico dependerán de su optimización para condiciones específicas. Los estudios muestran que los ahorros ambientales dependen de varios parámetros, como la proporción de carga de los vehículos y la distancia de la entrega. Un estudio sueco de compras de los hogares mostró que se obtendrían beneficios ambientales si una entrega

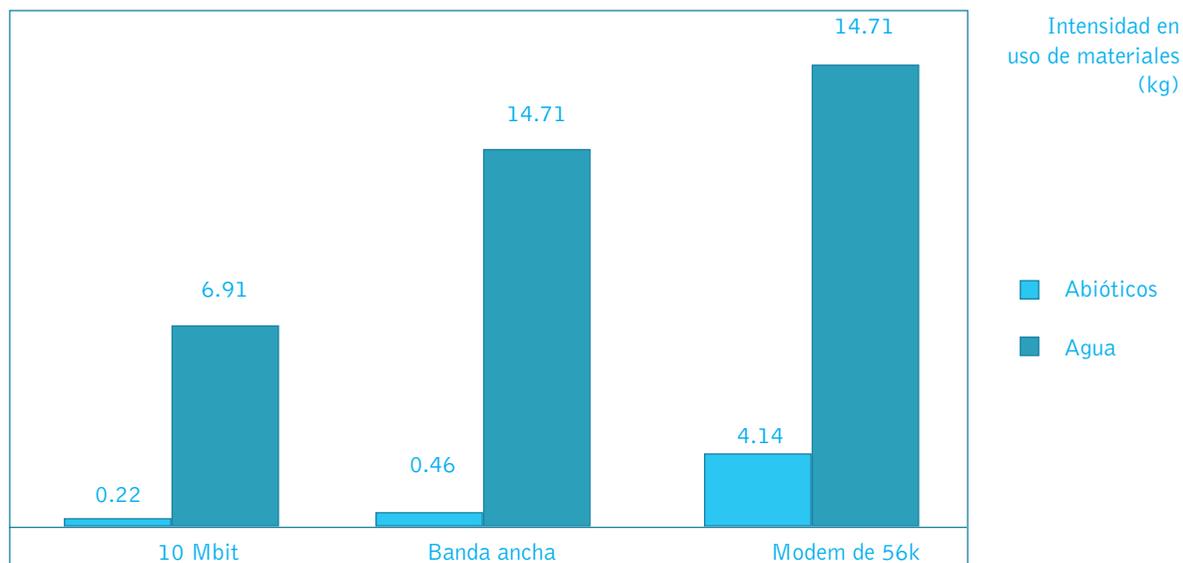


Figura n.º 3. Intensidad de materiales para descargar 56MB de datos. Fuente: Wuppertal Institute-Digital Europe (2003)

del comercio electrónico reemplaza 3.5 viajes a tiendas tradicionales, siempre y cuando se entreguen 25 órdenes más y si la distancia de viaje es superior a 50 km (JÖNSON et ál., 1999).

Los estudios en tiendas electrónicas de libros mostraron que los impactos ambientales del comercio vía Internet pueden ser iguales a aquellos de distribución tradicional. Por ejemplo, vender un millón de dólares en libros "éxito de librería" en las áreas metropolitanas norteamericanas requieren 28-33 TJ de energía en el sistema tradicional, comparados con 30 TJ para el comercio electrónico (MATTHEWS y HENDRICKSON, 2001). Un estudio similar de Japón también concluyó que el sistema tradicional tiene menos impactos ambientales en áreas urbanas densas (WILLIAMS y TAGAMI, 2001). En estos cálculos, cuando la densidad de la población disminuye, el comercio electrónico (sobre todo con órdenes de tamaño de grande) ahorra la energía, porque los servicios de mensajería se vuelven más eficientes, energéticamente hablando, en estas condiciones.

Los estudios indican que algunos parámetros son claves a la hora de determinar impactos ambientales, como la distancia de envío, número de productos devueltos, densidad de población y la distribución de las tiendas. El comportamiento humano tiene un papel muy importante en la determinación de estos parámetros, el consumidor decide el tamaño de la orden, la localización de la entrega, la devolución del producto y el tiempo de la entrega.

De esta forma, el impacto del mercado digital en el ambiente es incierto. El comercio electrónico tiene un gran potencial para reducir los viajes relacionados con desplazar al consumidor a las tiendas, pero las rutinas que llevan a otros efectos ambientales negativos están profundamente arraigadas en el comportamiento del consumidor. Desgraciadamente, los criterios más dominantes para las decisiones adquisitivas son el precio y el tiempo de la entrega, y sólo algunos consumidores consideran las implicaciones ambientales. Los compradores "en línea" impulsivos escogen a menudo entregas puerta-a-puerta,

encima de noche, las cuales tienen intensidades de consumo de combustible grandes.

– La movilidad virtual - ¿Qué tan virtual? El incremento en la conectividad de los computadores ha cambiado la manera en que trabajamos. Un número creciente de las personas y compañías escogen trabajar a distancia por lo menos en un día por una semana. Esto permite reducir la necesidad de espacio de la oficina y los tiempos de viaje, ahorro de energía y la reducción en la congestión en las calles y autopistas.

Sin embargo, junto con las oportunidades ambientales vienen varias amenazas. Por ejemplo, el trabajo de distancia puede inducir a una expansión gradual de las áreas suburbanas, incrementando las distancias de viaje independientemente si son para el trabajo u otras actividades. También las reuniones virtuales facilitan las conexiones comerciales a más larga distancia y lo que puede llevar a un aumento en las reuniones frente a frente.

Trabajar en casa ahorra energía para la oficina, pero se requiere energía adicional en las casas, lo que le transfiere el costo al empleado pero no reduce la energía total consumida. Un estudio realizado en 1997 por la Oficina Federal Suiza de Energía encontró que ocurre un aumento del 30% en consumo de energía en el hogar si un miembro desplazara su lugar de trabajo a su lugar de habitación (AEBISCHER, 2000). Aunque trabajar en casa se considera como menos estresante, hay una amenaza por jornadas de trabajo más largas (debido a, por ejemplo, distracciones o tiempo usado para otras actividades), que en el futuro llevarían a la discusión sobre el verdadero impacto en la calidad de vida del trabajo en casa.

EL CONSUMO Y EL IMPACTO SOBRE EL PRESUPUESTO DE TIEMPO

El presupuesto de tiempo junto con los precios de los artículos, nivel de satisfacción y niveles de ingreso determinan de manera directa el volumen de consumo. Estudios sobre efectos



rebote que el ahorro de tiempo relacionado con los servicios pueden aumentar el consumo de energía (JALAS, 2000).

El problema de tiempo es muy pertinente para discutir los efectos de ICT en el consumo. La introducción de ICT ha aumentado productividad laboral, contribuyendo a aumentar el ingreso personal, pero difícilmente a reducir nuestras horas de trabajo. Ingresos superiores y mayor tiempo libre son efectos del comercio electrónico que están contribuyendo al aumento del consumo.

No obstante, en el sector de los hogares existe un potencial más grande de ahorro de tiempo debido a los servicios de Internet para compras, pagos de servicios, información y transacciones bancarias, entre otros. Es, sin embargo, muy difícil predecir el impacto de efectos rebote en el tiempo, ya que se depende del comportamiento humano y la alta calidad de estadísticas que se necesitan para este propósito.

CONCLUSIÓN

Cuando se discuten las causas de implicaciones ambientales de la introducción de productos y servicios de ICT, es útil usar la analogía con el efecto rebote tiene en el sector energético. Especialmente, es interesante ubicar los efectos de ICT en una estructura multinivel y discutirlos en la perspectiva de economía amplia y de efectos transformacionales.

Claramente, el ICT tiene un potencial al desligar el crecimiento económico de la degradación de medio ambiente, principalmente por desmaterialización. Sin embargo, considerar los potenciales efectos rebote sobre el aumento en el consumo debido al uso creciente de ICT hace que las implicaciones ambientales de esta tecnología la hagan ver perjudicial. Los impactos

ambientales de ICT dependen grandemente de cómo sean las aplicaciones de ICT y dónde el comportamiento humano se vuelve un factor muy importante.

La sociedad no debe ser demasiado optimista sobre el papel positivo de ICT en la economía sin la contabilidad de sus impactos ambientales. Los impactos de orden directo y especialmente los más altos tienen que ser bien entendidos y tomados en consideración al tomar decisiones estratégicas relacionadas con ICT.

Por consiguiente, el problema de potenciales efectos rebote atribuibles a ICT es de especial atención para los diseñadores de la política que busquen la sostenibilidad. Grandes inversiones están siendo hechas en el sector de la electrónica debido a las grandes expectativas de crecimiento económico y las mejoras ambientales, pero descuidar el problema y las causas de los efectos rebote es un riesgo para la asignación de fondos. El tener más información sobre los efectos y causas permitirán a los tomadores de decisiones perfeccionar el desarrollo futuro con un equilibrio entre el crecimiento económico, el bienestar social y la calidad del medio ambiente.

Se necesitan tecnologías fruto de nuevas políticas que no impidan la innovación, pero que a la vez promuevan eficazmente el crecimiento económico sustentable. Las prioridades correctas para protección del ambiente tienen que ser puestas para habilitar una asignación óptima de recursos. La desmaterialización es una de las estrategias más eficaces, y su potencial puede utilizarse particularmente bien en el sector de ICT donde nuevas aproximaciones de negocios, que buscan que el producto o servicio tenga menos materia y energía, tienen más posibilidades de surgir.

BIBLIOGRAFÍA

1. AEBISCHER, B., A. HUSER (2000). **Networking in Private Households: Impacts on electricity consumption**, Swiss Federal Office of Energy, Electricity Research Programme: 55.
2. ANZOVIN, S. (1997). **The Green PC Revisited**, ComputerUser.com, 2000.
3. BAKER, L. (2000). **How Green is E-Commerce?**, Tidepool, 2001.
4. BERKHOUT, P., H. G. MUSKENS, C. JOS, JAN. W. VELTHUIJSEN (2000). "Defining the rebound effect", **Energy Policy** 28(6-7): 425-432.
5. BINSWANGER, M. (2000). **Technological Progress and Sustainable Development: What About the Rebound Effect?** presentado en la ESEE Conference 2000 en Viena.
6. BROOKES, L., G. (1990). "Energy Efficiency and Economic Fallacies", **Energy Policy** (marzo) 783-785.
7. BRYNJOLFSSON, E., L. HITT (2000). **Computing Productivity: Firm-Level Evidence**. an updated version of 1997 article, MIT, Sloan School of Management, Cambridge, MA; University of Pennsylvania, Wharton School, Philadelphia, PA: 46.
8. Caspian Networks Inc. (2001). **US Internet IP Traffic Growth**, Caspian Networks Inc., 2002.
9. COHEN, N. (2001). **The Environmental Impacts of E-commerce. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.
10. DOWNEY, M. (2000). **Workshop on Implications of the New Digital Economy on Transportation: Developing Research and Data Needs**. Washington, DC, National Academy of Sciences, DC: US Department of Transportation, Office of Public Affairs.
11. EIA (2002). **Forecasts: Consumption - the driving force**, Environmental Investigation Agency, 2002.
12. EIA, (1999). **Annual Energy Outlook 2000**, Washington, DC, U.S. Department of Energy.
13. FICHTER, K. (2001). **Sustainable Business Strategies in the Internet Economy. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.
14. FREY, S. D., D. J. HARRISON (2000). **Environmental Assessment of Electronic Products Using LCA and Ecological Footprint**. Joint International Congress and Exhibition. Electronics goes green 2000, Berlin.
15. GOLDBERG, C. (1998). **Where Do Computers Go When They Die?**, **Technology Circuits**, New York Times of the Web, 2000.
16. GREENING, L. A. et ál. (2000). "Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey" **Energy Policy** 28(6/7): 389-401.
17. GROTE, A. (1996). "Punktgenau. Schweizer Studie präzisiert die Ökobilanz des PC", **Computer und Technik** 10: 102-104.
18. GROTE, A. M., J. (1997). "Schwergewicht", **Computer und Technik** 5: 170.
19. HILTY, L. M. et ál. (2000). **Resource Intensity and Dematerialisation Potential of Information Society Technologies**. January 2000, Solothurn University of Applied Sciences North-Western Switzerland and the authors: 12.
20. IPU, A. C. (1998). **LCA Report: EU Ecolabel for Personal Computers**. Lyngby, London, Institute of Product Development, Technical University of Denmark; Atlantic Consulting, USA: 72.
21. Jaakko Pöyry Group (2002), (title not available). On-line (2002-03-12).
22. JALAS, M. (2000). **A Time-Use Approach on the Materials Intensity of Consumption**, Helsinki, Helsinki School of Economics and Business Administration, Department of Management: 29.
23. JÖNSON, G. et ál. (1999). **IT, mat & miljö. En miljökonsekvensanalys av elektronisk handel med dagligvaror**, Stockholm, Naturvårdsverket, Institutionen för Designvetenskaper, Förpackningslogistik/Lunds Tekniska Högskola: 102.
24. KAWAMOTO, K., J. KOOMEY et ál. (2001). **Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in U.S.: Detailed Report and Appendices**, Berkeley, Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory University of California, Berkeley, CA 94720: 50.
25. KELLY, H. (1999). **Information Technology and the Environment: Choices and Opportunities Released**, Digital Divident, iMP Magazine, 2000.
26. KHAZZOOM, J. D. (1980). "Economic Implications of Mandated Efficiency Standards for Household Appliances", **The Energy Journal** 1(4): 21-40.
27. KOOMEY, G., JONATHAN, K. KAWAMOTO, et al. (1999). Memorandum LBNL-44698. Initial comments on "The Internet Begins with Coal", Berkley, Ernest Orlando Lawrens, Berkeley National Laboratory, Energy Analysis Department: 9.



28. KOOMEY, J. G. (2000). **Rebuttal to Testimony on 'Kyoto and the Internet: The Energy Implications of the Digital Economy'**, Berkeley, Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, USA: 27.
29. KOVACS, C. M. (1999). **Environmental Benefits from the Dematerialization of Services Case study: Digital publishing Screening Life Cycle Assessment on two alternative services for scientific information provision**. European Postgraduate Course in Environmental Management 1998/1999. Amsterdam, University of Amsterdam, IVAM Environmental Research: 45.
30. LAITNER, J., A. (2000). **The Information and Communication Technology Revolution: Can It Be Good for Both the Economy and the Climate?** Washington, DC, US EPA Office of Atmospheric Programs. 2000: 7.
31. LAITNER, J. A., J. G. KOOMEY, et ál. (2000). **Re-estimating the Annual Energy Outlook 2000 Forecast Using Updated Assumptions about the Internet Economy**, The Eastern Economics Association Conference, Crystal City, Virginia, US, Lawrence Berkeley National Laboratory: 11.
32. MALLAY, J. (1998). **Ein einfacher PC mit Bildschirm verbraucht 19 Tonnen Ressourcen**, Telepolis aktuell, 2001.
33. MATTHEWS, H. S. y C. HENDRICKSON (2001). **Economic and Environmental Implications of Online Retailing in the United States. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.
34. MATTHEWS, H. S., F. C. McMICHAEL et ál. (1997). **Disposition and End-of-Life Options for Personal Computers**, Pittsburgh, Carnegie Mellon University: 18.
35. MILLS, M. P. (2000). "Forget Oil. It's The Century of the Electron", **The Wallstreet Journal**, 2000.
36. MILLS, M. P. y P. W. HUBER (1999). "Dig more coal- the PCs are coming", **Forbes Magazine**, 2000.
37. REICHART, I. y R. HISCHIER (2001). **Environmental Impact of Electronic and Print Media: television, internet newspaper and printed daily newspaper. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.
38. REISCH, L. A. (2001). "The Internet and Sustainable Consumption: Perspectives on a Janus Face", **Journal of Consumer Policy** 24: 251-286.
39. ROMM, J. (2000). **Statement Before The Subcommittee on National Economic Growth, Natural Resources, And Regulatory Affairs Of The Committee On Government Reform, United States House of Representatives, Centre of Energy and Climatic Solutions**, 2000.
40. ROMM, J. A. ROSENFELD et ál. (1999). **The Internet Economy and Global Warming**, Washington, DC, The Centre for Energy and Climate Solutions/The Global Environment & Technology Foundation.
41. SCHNEIDER, F., F. HINTERBERGER et ál. (2001). **Eco-Info-Society: Strategies for an Ecological Information Society. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.
42. SVTC (2000). **Water Use and other Materials and Wastes Associated with Semiconductor Production**, Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), USA, 2000.
43. USDC (2000). **Digital Economy 2000**, US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration: 71.
44. WERNICK, IDDO K. **Materialization and Dematerialization: Measures and Trends. The Program for the Human Environment**, The Rockefeller University, New York, 1996.
45. WILLIAMS, E. y T. TAGAMI (2001). **Energy Analysis of E-commerce and Conventional Retail Distribution of Books in Japan. Sustainability and the Information Society**, 15th International Symposium Informatics for Environmental Protection, Zurich, Metropolis Verlag, Marburg, 2001.