



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Huella del carbono corporativa: una herramienta de gestión empresarial contra el cambio climático

Autor: Juan Luis Doménech Quesada

Institución: Autoridad Portuaria de Gijón
E-mail: jdomenech@puertogijon.es

Otros autores: Mónica González Arenales (Autoridad Portuaria de Gijón)



RESUMEN:

Resumen La huella ecológica aplicada a las empresas y a las organizaciones, apareció en el año 2003, como una adaptación de la idea original, comúnmente aplicada a territorios. Una de sus principales funciones es la conversión de todos los impactos físicos de la organización (más de 100 entradas), tanto a hectáreas de superficie productiva (huella ecológica), como a emisiones equivalentes de CO₂ (huella del carbono). En este trabajo se describen los resultados de cuatro años de seguimiento de la huella del carbono aplicados al puerto de Gijón, la cual ascendió a 30.486 toneladas de CO₂ en el año 2004, y a 32.097 toneladas en el año 2005. La herramienta permitió detectar que el principal impacto ambiental en puertos era el consumo de materiales procedente de las obras de infraestructuras, seguido del consumo eléctrico, materiales genéricos, consumo de servicios, consumo de combustibles, recursos forestales-agua, recursos agropecuarios y el tratamiento de desechos. Esto permitió establecer planes de ecoeficiencia y reducir la huella del carbono a 30.194 toneladas de CO₂ en el año 2006 y a 29.845 toneladas en el año 2007. Se aprecia, sin embargo, una dificultad para mantener ese objetivo de reducción debido a la dificultad de eliminar la huella de las obras acumulada durante años. Por eso, se concluye que las empresas constructoras y las administraciones responsables de las infraestructuras deberán buscar soluciones ecológicas desde este mismo momento, si no quieren ver hipotecada su futura sostenibilidad ambiental. Los resultados obtenidos a lo largo de estos años dejan en evidencia que la emisión de carbono no solo es cosa de fábricas y grandes industrias sino también de pequeñas empresas y empresas u organizaciones de servicios, sean del tamaño que sean. Un mejor reparto de la responsabilidad por la emisión de gases de efecto invernadero, permitiría establecer un mercado de eco-productos y eco-servicios bajos en huella, y, por lo tanto, combatir mejor los futuros efectos del cambio climático. La huella del carbono corporativa se presenta como una potente herramienta de gestión empresarial y se propone la creación de una nueva eco-etiqueta que distinga todo tipo de productos y servicios.



INTRODUCCIÓN

La huella ecológica de Rees y Wackernagel apareció en el año 1996 como uno de los indicadores más prometedores para medir el impacto ambiental de un determinado territorio con un simple número de muy fácil comprensión y de gran significado: el número de hectáreas que precisa un territorio para satisfacer todos sus consumos y para absorber todos sus desechos.

A partir del año 2000 comenzamos a adaptar esta metodología (denominada *método de Wackernagel* o *compuesto*) a las empresas y a cualquier tipo de organización que dispusiera de cuentas contables, a partir de las cuales se puede extraer todos los consumos de energía, materiales y servicios (Doménech, 2004a, 2006b, 2007b). Denominada entonces *huella ecológica corporativa* o huella de las empresas, desde el año 2004 se comenzó a aplicar a la Autoridad Portuaria de Gijón, con el fin de medir su nivel de sostenibilidad y poder establecer así adecuados planes de ahorro y ecoeficiencia, de reducción de desechos y de compensaciones en forma de capital natural. La adaptación realizada permite, además, expresar el resultado en toneladas de CO₂ emitidas (huella del carbono) añadiendo así una herramienta muy eficaz a las medidas que las empresas tendrán que adoptar para hacer frente a los futuros retos del cambio climático.

Posterior o paralelamente han ido apareciendo otros métodos de cálculo de la huella ecológica aplicada a los negocios, como la *aproximación de los componentes* o el *análisis input-output* cuya descripción resumida se puede consultar en Carballo *et al.* (en prensa). La “huella ecológica corporativa” pasó a ser, por tanto, una denominación genérica por lo que, tal y como se señala en esa misma referencia, pasamos a denominar al método, como *método compuesto de las cuentas contables* (resumido como MC3). “Compuesto” porque parte de la metodología original de Wackernagel y Rees, y “de las cuentas contables” porque casi todos los datos salen de las cuentas de la organización, aspecto que mejor caracteriza a este método y lo que mejor le diferencia de las restantes metodologías. Tal característica –el empleo de las cuentas contables como fuente principal de información- le confiere al método un elevado grado de objetividad.

El método MC3 ofrece todos sus resultados tanto en hectáreas como en emisiones de CO₂, por lo que se puede denominar también *huella del carbono*. Es por esto, sobre todo, por lo que permite convertir todos los impactos de una organización en CO₂, convirtiéndose así en una herramienta muy completa para el cálculo de la huella de carbono, como veremos en este artículo. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos de la huella del carbono en la Autoridad Portuaria de Gijón, entre los años 2004 y 2007, y se analizan las principales causas de la evolución observada.

METODOLOGÍA

La metodología empleada para el cálculo de la *huella ecológica corporativa MC3* ya ha sido detallada en los trabajos citados más arriba, por lo que hacemos aquí un breve resumen de la misma. La base fundamental para el cálculo de la huella ecológica es la división entre el consumo y la productividad, la cual se obtiene de forma prácticamente directa en el caso de los recursos bióticos, como la madera, vegetales, carnes, tejidos naturales, etc. A modo de ejemplo, si la productividad media de los bosques del mundo es de 2 m³/ha y nuestro consumo anual de madera es de 2 m³, tendríamos una huella



anual de 1 hectárea. Si la productividad media de los mares del mundo es de 29 kg/ha, y nuestro consumo anual de pescado fuera de 58 kilogramos, nuestra huella anual por ese concepto sería de 2 hectáreas. Si la productividad media de los cereales es de 2.744 kg/ha y nuestro consumo anual es de la mitad de esa cantidad, tendríamos que añadir media hectárea más a nuestra huella total. Y así sucesivamente.

Hay que dejar claro que el método de cálculo, al igual que en el caso de la huella de los territorios, considera la productividad media mundial y no la local. Aunque parezca que la mayor parte de los productos consumidos pudieran proceder del entorno local, conviene aplicar la productividad global, sobre todo en el caso de las empresas, tanto por el desconocimiento del origen de los productos (cada vez más dispersos en un mundo globalizado), como para facilitar la uniformidad y coherencia a efectos comparativos. Esto es así, sobre todo en las empresas, donde los alimentos consumidos (comidas de empresa) provienen de las múltiples y diversas regiones o países a los que viaja el personal.

La huella ecológica de la energía eléctrica se calcula convirtiendo los kWh consumidos a GJ/año y dividiendo este por la "productividad energética", medida en GJ/ha/año. Este ratio resume la conversión del consumo de energía en gigajulios a toneladas de CO₂, la cual se realiza a través del factor de emisión, y de CO₂ a hectáreas, la cual se realiza a través del factor de absorción de los bosques.

El factor de emisión varía según la fuente de combustible utilizado: carbón, petróleo o gas. El carbón es el que mayor factor de emisión presenta, con 26 toneladas de carbono por terajulio, seguido de los derivados líquidos del petróleo, con un factor de emisión de carbono de 20 tC/Tj, y del gas con 15,3 tC/Tj

Por otro lado, utilizando las estimaciones del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Rees and Wackernagel (1996) asumieron una media de absorción de carbono de 1,42 tC/ha/año ó 5,21 tCO₂/ha/año. Parece una estimación prudente y adecuada, teniendo en cuenta que algunos estudios realizados con eucaliptos, por la Universidad de Vigo, arrojan una tasa de absorción de hasta 25 tCO₂/ha/año (Oliveros, *et al.*, 2004).

La "productividad energética" resultante, en base a esos valores resulta ser de 55 GJ/ha/año, ($1,42/0,026 = 54,6$) cuando utilizamos el carbón como combustible, de 71 GJ/ha/año ($1,42/0,020 = 71$), para los derivados del petróleo, y de 93 GJ/ha/año ($1,42/0,0153 = 92,8$) para el gas.

Finalmente, la huella ecológica de los combustibles se calcula dividiendo el consumo anual en GJ/año por la productividad de los combustibles líquidos (71 GJ/ha/año). La conversión de litros a GJ/año se realiza a partir del precio del combustible (para pasar a toneladas) y de su poder calorífico (43,75 GJ/t para derivados del petróleo y 18,54 GJ/t para el biodiesel).

La huella ecológica de los materiales también se calcula dividiendo el consumo anual de cada partida en GJ/año por la productividad energética de los derivados del petróleo que es el combustible normalmente utilizado en los procesos de fabricación. Como casi ninguna empresa posee aun una "contabilidad de los materiales en toneladas" es preciso pasar el gasto de cada partida a toneladas, a partir de las cuentas contables y de los 99 capítulos arancelarios de comercio exterior (en este caso se emplearon los datos



estadísticos de la base de datos de las Cámaras de Comercio: <http://aduanas.camaras.org/>). A continuación se convierten las toneladas a Gj/año a partir de la intensidad energética del producto considerado. Las intensidades energéticas utilizadas en este trabajo se extraen fundamentalmente de la hoja de cálculo de Chile elaborada por Wackernagel (1998).

Para el caso específico de los materiales de construcción, el desglose de la inversión en los diferentes componentes de la obra (energía, cemento, siderúrgicos, bituminosos, cerámica, madera y cobre) se realiza a partir de las fórmulas polinómicas de revisión de precios de los contratos de obras del Estado y Organismos Autónomos (Decreto 3650/1970, de 19 de diciembre, y siguientes modificaciones).

La huella de los residuos se calcula mediante fórmulas específicas para cada tipo de residuo y según metodología de Wackernagel y estimaciones propias. Así por ejemplo, para una producción de desechos de papel de 4 t/año, y a una intensidad energética de 30 Gj/t, se obtienen 120 Gj/año, los cuales, a una productividad de 71 Gj/ha/año, supone una huella de 1,7 hectáreas. Esta se multiplica por la energía recuperada a través del reciclaje ($1 - n / 100 * 0,5$ donde n es el porcentaje de reciclado real, 50% en el caso del puerto de Gijón, y 0,5 es el porcentaje estimado de energía que puede ser salvada por reciclaje). Esa sería la huella atribuida a la "energía fósil", pero, además, en el caso del papel, hay una huella atribuida a "bosque" la cual se calcula dividiendo la producción en toneladas por la productividad forestal (4 t / 1,01 t/ha/año) y multiplicando el resultado por una fórmula parecida a la anterior.

La huella por ocupación de espacio se obtiene directamente y la huella de los recursos naturales, a partir de la productividad natural, como ya se ha dicho más arriba. La huella se ofrece desglosada en "energía fósil", "tierra cultivable", "pastos", "bosque", "terreno construido" y "mar". Cada una de estas huellas parciales se multiplica por un factor de equivalencia, con el fin de unificar los diferentes tipos de superficies, el cual viene a representar la capacidad relativa para producir biomasa; así, por ejemplo, un factor 2,8 significa que esa categoría de tierra es 2,8 veces más productiva que la tierra bioproductiva media mundial. Por eso se expresa en hectáreas globales por hectárea (gha/ha). Los factores de equivalencia considerados en los cálculos que se ofrecen se toman de Rees y Wackernagel (1996) y se muestran en la Tabla 1. Hay que decir que estos factores cambian periódicamente y así en el año 2003, el factor de equivalencia de la tierra cultivable y de la tierra urbanizada era de 2,21, el de los pastos, 0,49, el de los bosques y la absorción de CO₂ procedente de los combustibles fósiles, 1,34 y el de las aguas marinas y continentales, 0,36 gha/ha (Kitzes *et al.*, 2007).

Tabla 1. Factores de equivalencia y de rendimiento utilizados		
Categoría de superficie	Factor equivalencia	Factor rendimiento
Energía fósil	1,13868813	-
Tierra cultivable	2,82187458	1,0
Pastos	0,54109723	1,0
Bosques	1,13868813	3,0
Terreno construido	2,82187458	1,0
Mar	0,21719207	1,26

Fuente: Rees y Wackernagel (1996)



Finalmente, se denomina "contra-huella" a lo que en los trabajos habituales de huella ecológica de territorios se denomina "capacidad de carga", la cual equivale a las hectáreas de superficie productiva de las que disponemos realmente (el "haber"). La huella que no podemos eliminar reduciendo el debe (por ahorro energético, por compra de materiales eficientes, por reciclaje, etc.), hay que eliminarla aumentando el haber. Este se incrementa invirtiendo en "capital natural", es decir, adquiriendo superficies productivas. Por ejemplo, muchas empresas de fabricación de pasta de papel, se han encontrado con un importante activo, ya que las grandes superficies forestales disponibles les permiten absorber el CO₂ emitido.

La contra-huella se obtiene multiplicando el terreno disponible, por el factor de equivalencia y por el *factor de rendimiento* (Tabla 1), que es el factor de productividad local de nuestros terrenos con respecto a la productividad global. En este caso no hay posibilidad de equívocos porque nos referimos a nuestros propios terrenos, al contrario de lo que sucede con el origen, más incierto, de los productos consumidos. Así, por ejemplo, si la productividad de nuestros bosques es similar a la productividad global de los bosques, el factor de rendimiento será 1, mientras que si es el doble, será 2, y así sucesivamente.

En el caso de la Autoridad Portuaria de Gijón se poseen parcelas de frutales y bosque autóctono de Encina en algunos de los terrenos de los faros de su competencia; así como aguas de servicio propias, donde se permite la pesca a los pescadores locales. En estudios previos (Armas *et al.*, 2002) calculamos que, debido al "efecto arrecife" de las escolleras portuarias, una parte de la producción natural de estas aguas era algo más del doble de la productividad media mundial, mientras que la del resto era cerca de la mitad de la media mundial, lo que supone un factor de rendimiento medio de 1,26.

Debido a la posibilidad de invertir en capital natural, una entidad o corporación no solamente podría llegar a tener una huella ecológica "neta" de cero hectáreas, sino que podría incluso llegar a tener más contra-huella que huella (más hectáreas en el *haber* que en el *debe*), es decir, un *superávit*, al igual que sucede con la huella de los territorios.

Cabe señalar finalmente, que tanto los factores de equivalencia mostrados más arriba, como los factores de absorción cambian periódicamente, mostrando aquí los utilizados en el momento de calcular los resultados que se exponen.

Como mejora al método original de Wackernagel, también añadimos la conversión de todas las entradas señaladas (más de 100 categorías de consumos) a emisiones de CO₂. Es lo que se llama entonces huella del carbono corporativa, siendo equivalente a la huella ecológica pues la conversión de hectáreas a carbono se realiza a partir de la tasa de absorción del ecosistema considerado. Por el momento, solo se considera la tasa de absorción de carbono de los bosques, si bien ya se está trabajando en una próxima versión que considera también la conversión de los cultivos, los pastos y el mar. La actual conversión de bosques a carbono se considera suficiente ya que la principal huella ecológica de las empresas se debe a la energía consumida y al uso de materiales (cuya fabricación también consume energía y por tanto desprende CO₂ el cual es absorbido básicamente por los bosques), mientras que la huella debida al consumo de alimentos, madera y otros productos orgánicos es mucho más reducida que en el caso de la huella de los territorios.



Cabe señalar por último que mientras que otros autores han considerado menos inputs a su concepto de huella de carbono (Wiedmann *et al.*, 2007), insistimos en que nosotros consideramos todos los consumos posibles, es decir, prácticamente los mismos que para calcular la huella ecológica. E insistimos en ello porque se trata de obtener un indicador integrado, completo, fiable y que etiquete convenientemente la actividad de una organización. En sentido estricto, es claro que una emisión de metano no es una emisión de CO₂, pero es perfectamente convertible a este último a través de su potencial de calentamiento global (21, según el IPCC, 1997).

RESULTADOS

La evolución del indicador en la Autoridad Portuaria de Gijón se muestra en la tabla 2 y en las figuras 1 y 2, donde se observa que la huella ecológica neta (huella ecológica menos contra-huella) aumenta considerablemente del año 2004 al 2005 (un 21,5%), y disminuye un 6,5 % en el año 2006 y un 0,23% en el año 2007.

La huella del carbono neta sigue una pauta parecida: aumenta un 5,5% del año 2004 al 2005 y luego disminuye un 5,9% en 2006 y un 1,2% en 2007. La diferencia entre la huella ecológica y la huella del carbono se debe a que, como ya dijimos en la metodología, el cálculo solo incorpora, por el momento, el factor de absorción de carbono de los bosques, pero no el de los cultivos, los pastos y el mar.

Tabla 2. Evolución de la sostenibilidad ambiental de la APG (años 2004 a 2006)		
Año	Huella ecológica neta (ha/año)	Huella del carbono neta (tCO₂/año)
Año 2004	5.298	30.426
Año 2005	6.693	32.097
Año 2006	6.182	30.194
Año 2007	6.167	29.845

Fuente: elaboración propia

Huella Ecológica Neta (ha/año)

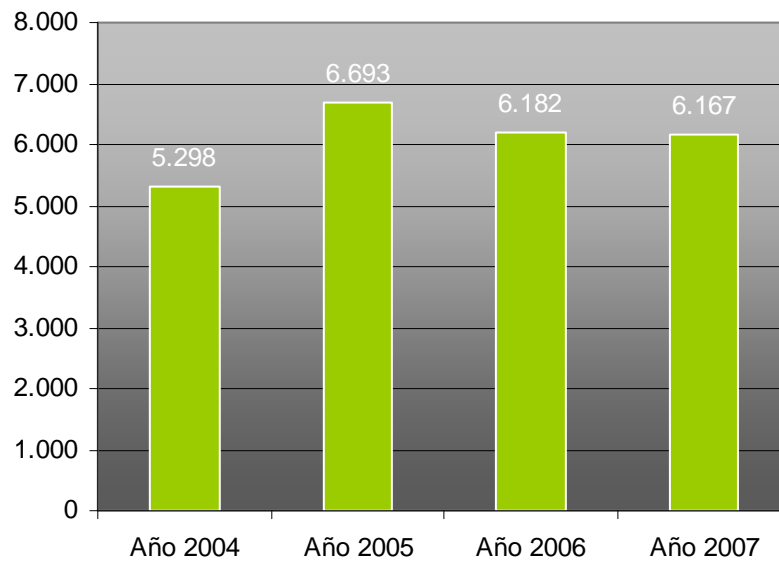


Figura 1. Huella ecológica neta

Huella de Carbono neta (tCo2/año)

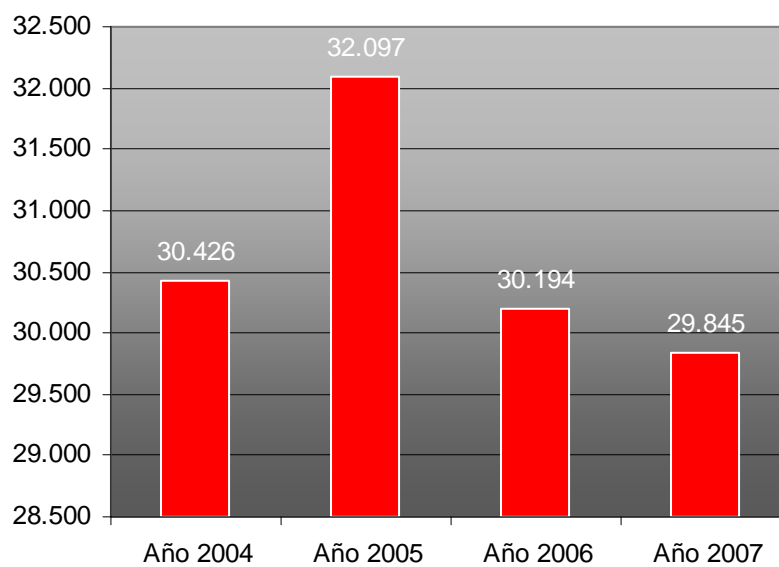


Figura 2. Huella neta del carbono

La proporción de consumos es similar en todos los años analizados (tabla 3), si bien se aprecia una tendencia al descenso, en algunas categorías de consumos, así como una tendencia al aumento en el consumo de materiales de construcción, con un 57,7% del total (el principal impacto y el único, además, que crece de forma sostenida).

Tabla 3. Evolución de la huella ecológica de la APG desglosada por categorías (ha/año)				
Categoría	2004	2005	2006	2007
Electricidad	968 (14,9%)	855 (10,9%)	851 (11,6%)	834 (11,3%)
Combustibles	130 (2,0%)	154 (2,0%)	184 (2,5%)	126 (1,7%)
Materiales	775 (12%)	856 (10,9%)	830 (11,3%)	815 (11,1%)
Mat. de constr.	3.127 (48,2%)	4.155 (52,8%)	4.180 (56,7%)	4.245 (57,7%)
Servicios	151 (2,3%)	317 (4,0%)	262 (3,6%)	273 (3,7%)
Desechos	220 (3,4%)	273 (2,8%)	2 (0,03%)	13 (0,2%)
Uso de suelo	70 (1,1%)	70 (0,9%)	71 (1%)	71 (1%)
Rec. agropec.	636 (9,8%)	891 (11,3%)	778 (10,6%)	848 (11,5%)
Rec. forest.+agua	406 (6,3%)	306 (3,9%)	208 (2,8%)	125 (1,7%)
Huella bruta	6.483	7.878	7.366	7.351
Contra-huella	1.185	1.185	1.184	1.184
Huella neta	5.298	6.693	6.182	6.167

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la huella del carbono, la proporción es la siguiente: el principal impacto corresponde también al consumo de materiales de construcción (64,9%), seguido del consumo eléctrico (12,8%), el consumo de materiales genéricos (12,5%), el consumo de servicios (4,2%), el consumo de combustibles (1,9%), el consumo de recursos forestales y agua (1,9%), el consumo de recursos agropecuarios (1,6%) y la producción de desechos (0,2%) (tabla 4).

Tabla 4. Evolución de la huella del carbono de la APG desglosada por categorías (tCO₂/año)				
Categoría	2004	2005	2006	2007
Electricidad	5.040	3.909	3.893	3.815
Combustibles	676	705	839	578
Materiales	4.036	3.916	3.795	3.728

Mat. de constr.	16.281	19.000	19.113	19.411
Servicios	786	1.447	1.197	1.247
Desechos	1.143	1.250	10	59
Uso de suelo	-	-	-	-
Rec. agropec.	410	521	449	490
Rec. forest.	2.113	1.401	950	569
Huella bruta	30.485	32.148	30.245	29.896
Contra-huella	59	51	51	51
Huella neta	30.426	32.097	30.194	29.845

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la ecoeficiencia, la huella dependerá mucho del tamaño de la organización que la calcula y de la cantidad de productos o servicios que genera, motivo por el cual, para efectuar comparaciones, resulta mejor utilizar la ecoeficiencia que es la relación entre la actividad empresarial y el impacto ambiental. La primera se puede medir en términos de importe neto de la cifra de negocio o movimiento de mercancía, mientras que la segunda se mide en términos de huella ecológica o huella de carbono (tabla 5).

indicador	2004	2005	2006	2007
Ingresos (€) *	35.948.895	40.970.804	38.752.272	39.914.840
Mercancías movidas (t)	20.060.466	21.790.871	20.488.293	20.782.000
ingresos/huella ecológica neta (€/ha)	6.785	6.121	6.269	6.472
mercancías/huella ecológica neta (t/ha)	3.786	3.256	3.314	3.370
ingresos/huella carbono neta (€/t CO ₂)	1.181	1.276	1.283	1.337
Mercancía/huella carbono neta (t/t CO ₂)	659	679	679	696

* Importe neto cifra negocio

Fuente: elaboración propia

La ecoeficiencia sigue la misma pauta, tanto con respecto a los ingresos generados por hectárea de huella ecológica generada, como a la mercancía movida por hectárea de huella: la ecoeficiencia baja en 2005 con respecto a 2004, sube en 2006 y de nuevo se incrementa en 2007 (figuras 3 y 4).

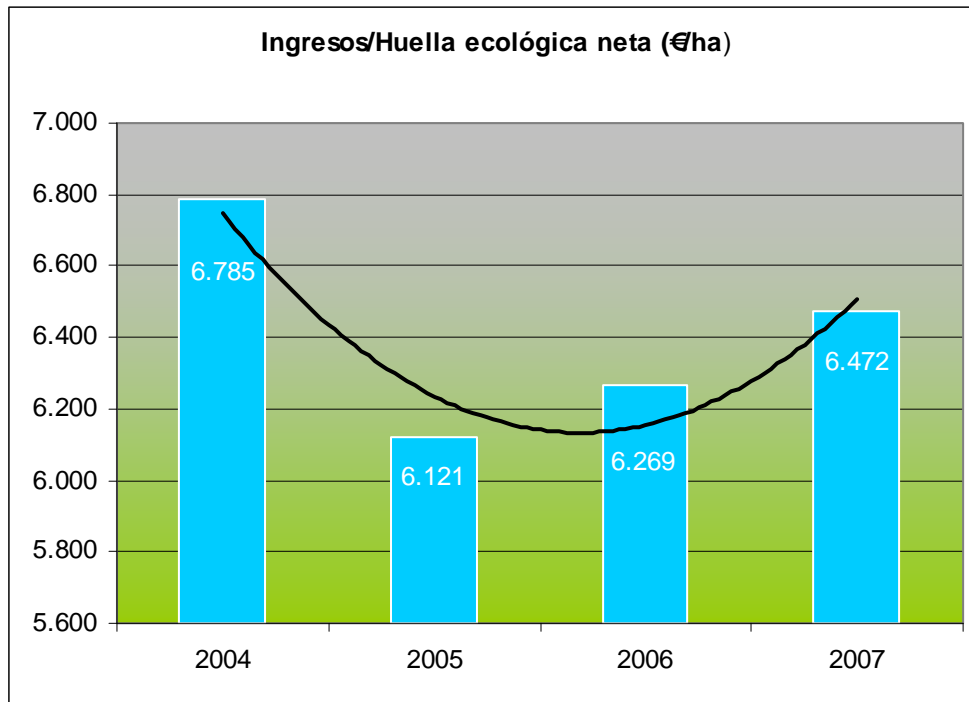


Figura 3. Ecoeficiencia medida en ingresos anuales por hectárea de superficie utilizada.

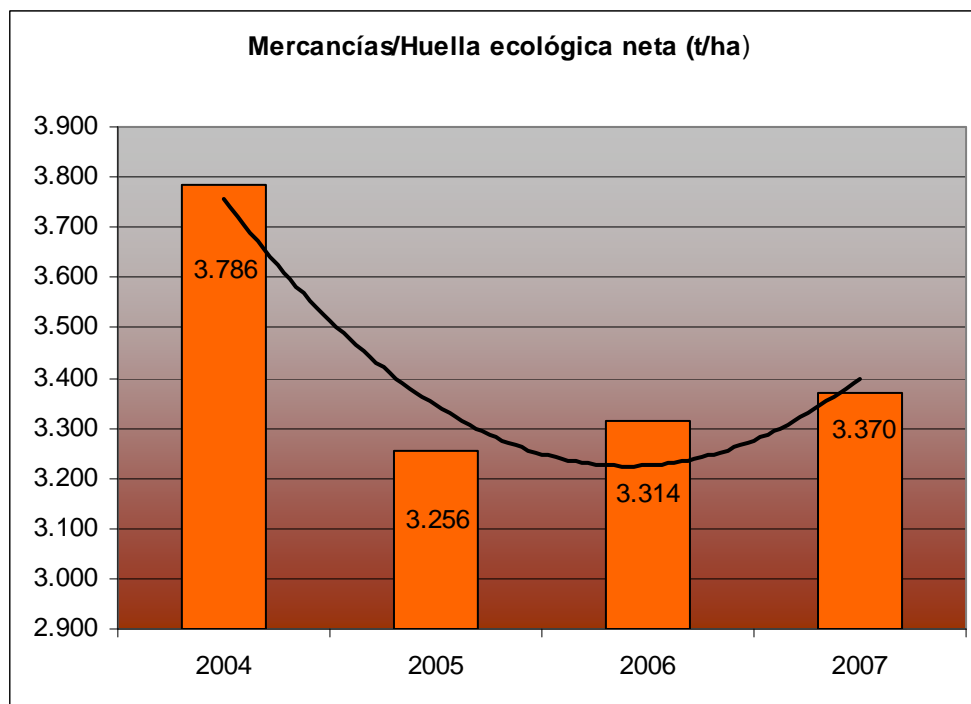


Figura 4. Ecoeficiencia medida en cantidad de mercancía anual movida por hectárea de superficie utilizada.

Utilizando la huella del carbono como indicador del impacto ambiental, la ecoeficiencia sube de forma progresiva, debido a que el incremento de huella del carbono en 2005 es menor que en el caso de la huella ecológica, al no considerar, como ya se dijo, las emisiones de pastos, cultivos y mar (figuras 5 y 6). Por el momento, y hasta que no se incorpore a la metodología la conversión de estos últimos ecosistemas, parece más conveniente utilizar como indicador de ecoeficiencia la huella ecológica en vez de la huella del carbono.

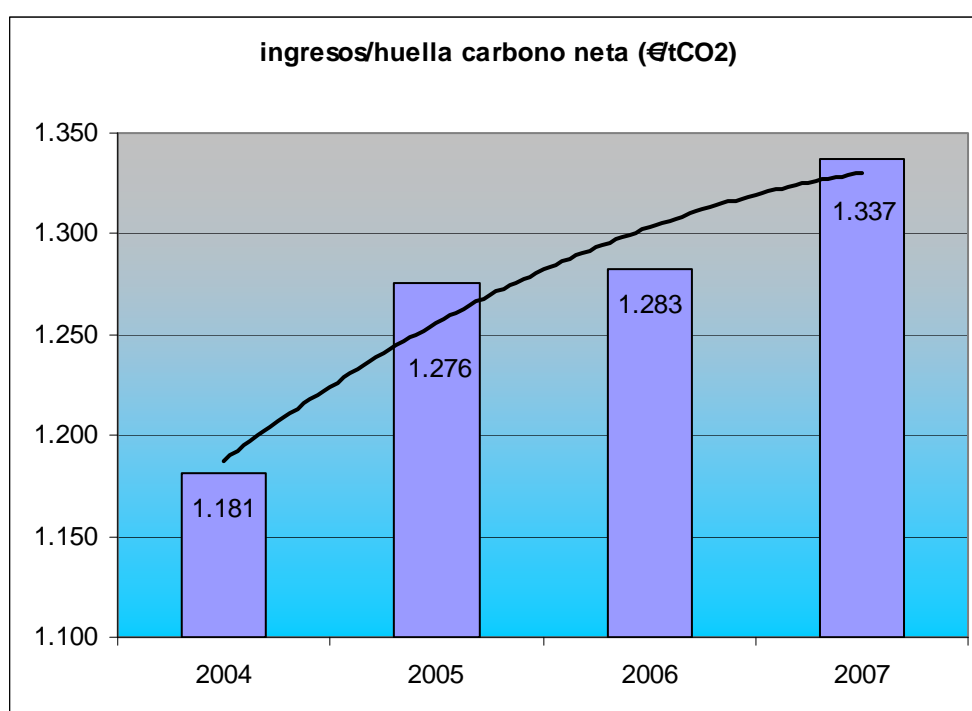


Figura 5. Ecoeficiencia medida en ingresos anuales por tonelada de CO₂ emitida

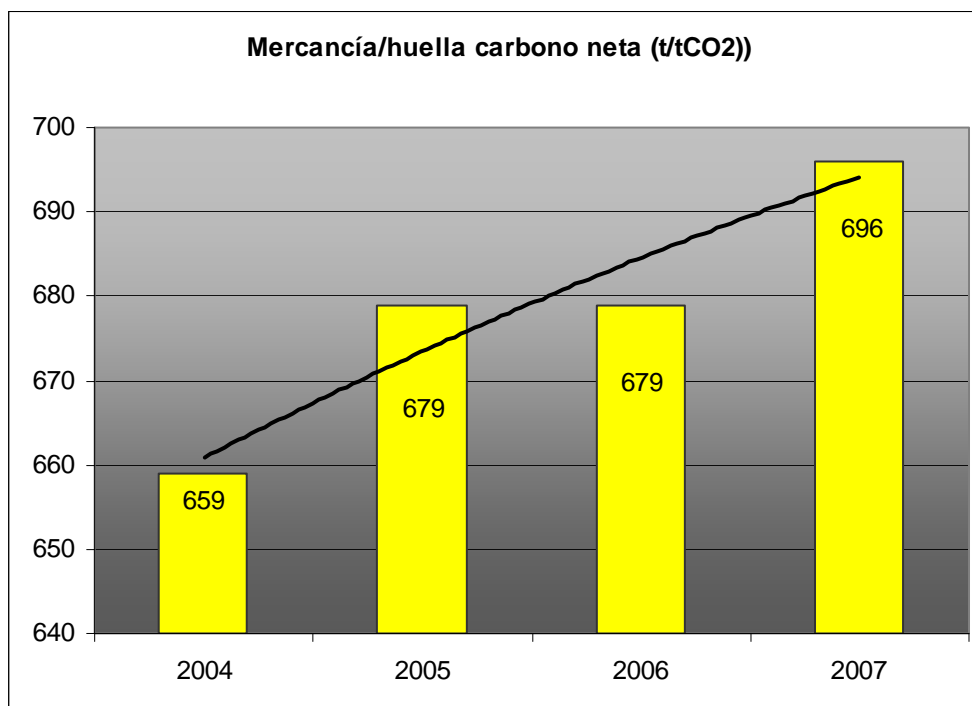


Figura 6. Ecoeficiencia medida en mercancías movidas anualmente por tonelada de CO₂ emitida

DISCUSIÓN

El aumento de huella del año 2005 se debe al importante aumento de la actividad portuaria en dicho año y al consiguiente incremento del consumo de recursos. En ese año se alcanzó la cifra record de movimiento de mercancías (21,8 millones de toneladas), y se inició la nueva ampliación portuaria (la obra pública de mayor inversión realizada en Asturias hasta la fecha).

Sin embargo, en el año 2006 la actividad portuaria vuelve a situarse en torno a los 20 millones de toneladas de mercancías alcanzadas en años previos, lo cual contribuye, entre otros, a que la huella disminuya ligeramente. Debido a eso, en dicho año se registra un descenso de huella en varios tipos de consumos y también se redujo considerablemente la producción de residuos sólidos, al separar los de los buques y otros usuarios del puerto, que antes se contabilizaban como propios.

En el año 2007 el descenso de huella se debe a la contención en casi todos los tipos de consumo que apenas aumentan, así como al descenso del consumo de electricidad y agua, debido a diversos tipos de reordenación y reparto de las pérdidas de distribución en la red, entre los diferentes usuarios. También hay que destacar que se han puesto en marcha algunos sistemas de ecoeficiencia que comenzarán a dar su fruto, sobre todo, en un futuro próximo: instalación de placas solares para ACS en la zona logística; detectores de presencia en edificio de servicios múltiples, regulación de la climatización, sustitución de luminarias, regulación de la iluminación en muelles, cambio de transformadores antiguos, detección de fugas de agua en la red, inversiones para evitar pérdidas en la red

de aguas, sistema de gestión ambiental certificado (ISO 14001), el cual permite reducir residuos, compra de dos coches eléctricos, etc. Se estudian nuevas actuaciones como la adquisición de energía “verde” o la compensación de los viajes en avión, mediante la compra de bonos de CO₂.

Por lo que respecta a la huella de la construcción, ya hemos visto que es la más importante, con diferencia, con respecto al resto de categorías. Sobre todo las infraestructuras son muy intensivas en cemento y hormigón debido a la construcción de muelles, diques y bloques de protección. Merece la pena analizar pues, de qué modo este sector puede reducir su huella.

Las cementeras españolas se enfrentan al importante reto de incorporar sistemas ecoeficientes a sus procesos productivos, incluyendo los combustibles alternativos y las energías renovables. España aun se encuentra muy alejado de los países más avanzados en esta práctica (tabla 6), aun cuando se producen 24 millones de toneladas de residuos urbanos y cada persona puede generar una media de 540 kilogramos de basura por año (de los cuales un 60% llega a los vertederos).

Tabla 6. Porcentaje de energía procedente de residuos en países europeos	
País	% energía de residuos
Holanda	80
Suiza	50
Austria	46
Noruega	35
Francia	34
Bélgica	30
Alemania	30
Suecia	29
Unión Europea (media)	14
Reino Unido	6
España	5
Dinamarca	4
Italia	4

Fuente: Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (CEMA). Jornadas sobre valorización de residuos en la industria cementera (Oviedo, 8 de mayo de 2008)

Existen muchos tipos de combustibles alternativos a los habituales (fundamentalmente coque de petróleo) derivados de los residuos, como los mostrados en la tabla 7. Este proceso se conoce como revalorización energética y es preferible, siempre y cuando se contemple como alternativa a la eliminación en vertederos

Tabla 7. Algunos tipos de combustibles alternativos, procedentes de residuos, utilizados en cementeras españolas	
Combustible	toneladas
Harinas y grasas animales	68.839
Neumáticos usados	48.447
Disolventes y similares	32.730
Aceites usados y similares	29.853
Serrines	23.228
Lodos de depuradora	21.531
Residuos vegetales	18.241
Otros	13.126

Fuente: Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente (CEMA). Jornadas sobre valorización de residuos en la industria cementera (Oviedo, 8 de mayo de 2008)

Por ejemplo, la cementera Tudela Veguín, en Aboño (Asturias), quema del orden de 120.000 toneladas de coque de petróleo al año en sus hornos rotatorios, para calentar las calizas y materias primas que dan lugar al clinker, el principal componente del cemento. Si llega a utilizar el 100% de los combustibles alternativos autorizados en 2008 (5.000 toneladas de madera, 12.000 de glicerina y el 30% de los neumáticos usados producidos en Asturias), podría llegar a ahorrar hasta 9.000 toneladas de coque de petróleo al año, un 7,5% del total.

Existen tecnologías más avanzadas para transformar los residuos en energía como la gasificación por plasma, la cual da lugar a un gas sintético de alto poder calorífico, aproximadamente un tercio del gas natural (ya se utiliza en Canadá y se va a emplear en una cementera de Palencia). Otra tecnología es el reciclado químico de plásticos, que consiste en invertir el proceso de fabricación para convertir el residuo en las materias primas originales. Tampoco hay que descuidar cementos más “ecológicos”, a base de cenizas volantes y escorias, como los investigados desde hace años en el Instituto Torroja de Madrid o de empresas, como la americana *Freight Pipeline*, que utiliza cenizas de carbón, plásticos usados, cáñamo o paja para fabricar sus “ladrillos ecológicos” que ya se extienden por todo el mundo. El proyecto *Sandplast*, financiado por el programa Eureka de la Unión Europea, ha reunido a varias empresas y centros tecnológicos de España, Letonia y Lituania para producir materiales de construcción de hormigón sin cemento a partir de residuos poliméricos (plásticos) y rellenos inertes. El Centro Experimental de la Vivienda Económica de Argentina usa también plástico usado y residuos orgánicos, mezclados con cemento, para fabricar ladrillos y paneles (http://www.ambientum.com/revista/2008/septiembre/ladrillos_ecologicos.asp). En 10 años, los residuos podrían aportar hasta el 8% de toda la energía consumida en España.

En definitiva, si las empresas constructoras y grandes consumidores de cemento presionan, demandando cementos más ecológicos, el proceso se acelerará, pudiendo llegar a la sustitución total de los combustibles fósiles en pocos años. Es un ejemplo de lo que puede suceder con el resto de productos y de cómo la huella ecológica-huella del carbono puede acelerar el proceso de fabricación de productos con baja intensidad energética.



CONCLUSIONES

Hemos visto pues cómo el empleo de la huella ecológica y huella del carbono en las empresas puede activar el efecto dominó y actuar como acelerador del cambio de los hábitos de consumo que ya estamos experimentando. Es una herramienta que, en cualquiera de sus modalidades, está experimentando un espectacular interés y un incremento constante tanto en cuanto a volumen de estudios publicados como de velocidad de difusión. Pensamos pues que se le debe dar una importancia especial como herramienta clave para prepararse ante los retos del cambio climático.

Tal y como describen Kitzes *et al.* (2007), los autores del método original de huella ecológica calculan la huella necesaria para absorber el CO₂ generado por las actividades humanas, usando el potencial de absorción de los bosques, si bien describen que *“un método alternativo, no usado en las cuentas actuales, sería calcular el secuestro basado en el potencial de absorción de carbono del terreno bioproductivo medio mundial, mejor que solo el de los bosques. Como los bosques son más eficientes que otros tipos de superficies en cuanto a secuestro de carbono, un método usando la tierra media mundial daría lugar a una mayor huella del carbono total”*.

Para Wiedmann *et al.* (2007) *la huella del carbono es una medida de la cantidad total de emisiones de CO₂, que es directa o indirectamente causada por una actividad o es acumulada en el ciclo de vida de un producto*. Excluyen expresamente otros gases de efecto invernadero, como el metano, que realmente forman parte de otros indicadores y que en su conjunto podrían denominarse de otro modo (por ejemplo, la “huella del clima”). Sin embargo, otros autores incluyen expresamente los gases de efecto invernadero, como la Parliamentary Office of Science and Technology: “la huella del carbono es la cantidad total de CO₂ y otros GEI, emitidos durante el ciclo completo de vida de un proceso o producto” (POST, 2006), al igual que hace Carbon Trust (2007) o ETAP (2007). Para la British Sky Broadcasting “la huella del carbono se calcula midiendo las emisiones equivalentes de CO₂ de los locales, servicios, viajes de negocio o residuos” (Patel, 2006).

Pensamos que la filosofía de los autores que estudian la huella del carbono, es incorporar la mayor parte de los impactos producidos por el ser humano (Grubb *et al.*, 2007; Energetics, 2007; BP, 2007), lo que aun está lejos de suceder en la mayor parte de los actuales métodos de cálculo. Por eso, somos partidarios de que la *huella del carbono* incluya todo impacto que pueda ser convertible a carbono de una forma coherente, y, concretamente, todos los input considerados en la huella ecológica corporativa.

El método aquí presentado, denominado *método compuesto de las cuentas contables*, está preparado para contemplar incluso el CO₂ que se dejaría de absorber por el uso de los ecosistemas bioproductivos, no solo los bosques, sino también praderas, zonas agrícolas o sistemas acuáticos. En esta primera versión del método solo se convierte la huella ecológica de los bosques, ya que en su momento no existía consenso sobre la tasa de absorción de carbono del resto de ecosistemas. Tanto el resto de categorías de superficie, como el resto de gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kioto, se incorporarán en una próxima versión (Doménech, en preparación). Consideramos que el principal impacto del CO₂ es el calentamiento global, por lo que no tiene ningún sentido excluir otros gases de efecto invernadero, que, como el metano, son perfectamente convertibles a carbono. Es más, consideramos que se deben buscar



fórmulas para convertir el resto de gases no invernadero a través del consumo de energía que se emplearía en los métodos de depuración o tratamiento, utilizando la mejor tecnología disponible. De hecho, es lo que ya se hizo para el cálculo de la huella ecológica de los vertidos a redes de saneamiento (Marañón *et al.*, en prensa) y también será incorporado a la herramienta en una posterior actualización.

Es por esto que la metodología de la huella del carbono obtenida a través de la conversión total de la huella ecológica corporativa –tal y como aquí proponemos– (es decir, la *huella del carbono basada en las cuentas contables*), se le puede considerar como uno de los métodos más completos para obtener las emisiones totales de CO₂ equivalente de una organización.

En la Autoridad Portuaria de Gijón se viene empleando este método desde el año 2004, lo que ha obligado a emprender planes de ecoeficiencia, ahorro y reducción de consumos. Ha servido, entre otros, para comprobar la importante huella del carbono de las obras de construcción sobre todo cuando son fuertemente intensivas en hormigones y cementos, y la necesidad que existe de ensayar con nuevos cementos más ecológicos y ecoeficientes. También ha servido para conocer la otra forma de reducir huella (cuando ya no se puede incrementar más el ahorro o la ecoeficiencia): mediante la inversión en capital natural, vital para absorber el exceso de CO₂ y otros desechos. En el puerto de Gijón tan solo tenemos 486 hectáreas de capital natural (aguas marinas de su competencia y espacios naturales en faros), pero la inversión en capital natural se puede incrementar tanto como se proponga en los sucesivos planes estratégicos que se desarrollen. Recomendamos a las empresas fijar estrategias en este sentido, resultando muy conveniente invertir en países en desarrollo (conservación de los bosques tropicales por ejemplo), por el triple beneficio que supone: a) se reduce la huella ecológica-huella del carbono de la corporación, incluso de forma más económica que en el país de origen; b) se contribuye al equilibrio ambiental global, al evitar la deforestación y la destrucción de los ecosistemas; y c) se crea empleo en las áreas receptoras, lo cual permite adquirir "capital social", el tercer pilar del desarrollo sostenible y otro inminente factor de competitividad empresarial (*responsabilidad social corporativa*).

El puerto de Gijón no es el único que ha emprendido esta carrera por la reducción de sus emisiones directas e indirectas de carbono, pues el puerto de Nueva York, por ejemplo, ha calculado las emisiones directas e indirectas de carbono que producen sus actividades y operaciones, ascendiendo a 298.000 toneladas de CO₂ (10 veces más que la Autoridad Portuaria de Gijón). El puerto de Nueva York es uno de los primeros que se ha propuesto el objetivo "carbono neutral" en 2010, así como reducir su huella ambiental a través de un ambicioso plan estratégico y de un agresivo plan de inversiones que supone varios miles de millones de dólares en los próximos años (Anónimo, 2008a).

El puerto de Oslo también ha estimado sus emisiones basándose en el estándar ISO 14064-1 e incluyendo las emisiones directas (456 t), las emisiones energéticas indirectas (49 t) y otras emisiones indirectas relacionadas con las subcontratas, los negocios y los traslados de casa al trabajo (199 t). El total asciende a 704 tCO₂/año. Calculado del mismo modo, el puerto de Róterdam tiene unas emisiones directas de 8.960 toneladas de CO₂ al año, unas emisiones energéticas indirectas de 7.230 tCO₂ y otras indirectas de 20.100 t (total: 36.290 tCO₂/año) (Anónimo, 2008b).



El puerto de Oslo es un puerto pequeño, con unas 6,4 millones de toneladas de mercancías movidas por año, pero no es el caso del puerto de Róterdam, que es uno de los mayores del mundo, con un volumen de 407 millones de toneladas de mercancías movidas. Aun cuando ese volumen supone 20 veces más que el movimiento del puerto de Gijón, las emisiones de CO₂ calculadas son muy próximas, lo que demuestra que el método aquí presentado es más completo¹. No es el caso del puerto de Nueva York y Nueva Jersey que, con unas 150 millones de toneladas de mercancías por año, es decir 3 veces menos que Rotterdam, ha estimado una huella del carbono 8 veces superior.

Y, como prueba de una tendencia clara y de modo similar a lo que ya está ocurriendo en otros sectores, los 40 principales puertos del mundo han firmado en Róterdam, en julio de 2008, la *Declaración del Clima de los Puertos del Mundo*, por la cual se pretende, entre otros, que todos los puertos implementen métodos para calcular su huella del carbono, así como para su posterior reducción en todos los ámbitos portuarios (buques, puerto, operaciones portuarias e industrias portuarias)

Objetivos similares se han aplicado a las Administraciones (SEI *et al.*, 2007), las escuelas (GAP *et al.*, 2006), los productos (Carbon Trust, 2006) y varios tipos de negocios (Trucost, 2006), los cuales comienzan a ofrecer sus balances de carbono, aunque aun obtenidos por diferentes métodos. Varias son ya las empresas que han intuido estos cambios y han comenzado a auto-etiquetarse con la huella del carbono, tal y como nos muestra Blasco (2008):

- 1) Walkers, un productor británico de patatas fritas, de la multinacional Pepsico, fue la primera compañía que ha etiquetado sus productos con la cantidad de CO₂ que se emite en el ciclo de vida de los mismos, desde que la patata es sembrada hasta que llega al consumidor, pasando por el impacto de los tractores, los camiones que distribuyen o la fabricación de los envases; de este modo, una bolsa de 33,5 gramos supone la emisión de 75 gramos de CO₂ y así figura en el etiquetado. Coca-Cola, Cadbury y otros ya están siguiendo los pasos de Walkers y todas ellas han firmado un acuerdo con Carbon Trust, una entidad puesta en marcha por el Gobierno Británico para auditar² la huella del carbono de los alimentos y otros bienes de consumo.
- 2) Tesco, la mayor gran superficie del Reino Unido, ya tiene en las estanterías de sus establecimientos hasta 20 productos con la etiqueta de la huella del carbono, al igual que hace Boots, la mayor cadena británica de elementos de belleza y salud, con varias líneas de productos.

¹ La otra forma de justificar tan escasas emisiones de CO₂ sería esgrimiendo la ejecución de un agresivo plan de ahorro y ecoeficiencia, pero ningún puerto ni organización del mundo ha tenido tiempo aun de ejecutar este tipo de planes cuya duración va a suponer décadas (entre otros, porque, en muchos casos, no depende de uno mismo, sino de muchas otras organizaciones relacionadas, así como de los proveedores, la mayor parte de los cuales aun no ha incorporado los productos “verdes”). De hecho el puerto y ciudad de Rotterdam han emprendido un ambicioso plan para disminuir sus emisiones de CO₂ –La *Rotterdam Climate Initiative*– que les llevará en una primera fase hasta el año 2025 (Anónimo, 2007).

² La metodología de Carbon Trust es la Public Available Specification (PAS) 2050, la cual está siendo desarrollada en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente y Alimentación británico y la oficina British Standards.



Lo mismo ha comenzado a suceder en Japón, donde también se pretende crear una etiqueta para embalajes de alimentos, bebidas, detergentes y accesorios eléctricos. Las encuestas británicas indican que los consumidores están dispuestos a comprar productos (o a contratar servicios o a transportar mercancías) que hayan generado baja emisión de gases contaminantes, predisposición que con toda seguridad irá aumentando conforme más nos adentremos en la Era del Cambio Climático. Esto significa que etiquetas como esta pueden llegar a cambiar, incluso, algunas absurdas pautas de la globalización similares al famoso “caso del yogurt”³. La Comisión Europea, animada por el impulso que está cobrando en el Reino Unido y debido a la propuesta de algunos Comisarios, estudia extender esta etiqueta a toda la Unión Europea, lo que es muy posible que se consiga a no mucho tardar.

Por todo ello, pensamos que la huella del carbono corporativa se convertirá en una de las principales herramientas para los negocios, las instituciones y las organizaciones en la lucha que se avecina contra el cambio climático, y en la que, precisamente por ese motivo, pensamos que urge esforzarse más en establecer un método estandarizado que evite la dispersión de métodos de cálculo que empieza a observarse.

Decir por último que no hay que olvidar que todas las huellas del carbono calculadas, por el método que sea, son una huella de mínimos, es decir que las emisiones estimadas irán aumentando conforme avance el número de inputs convertidos a carbono, conforme avance el estado de nuestros conocimientos sobre el impacto total que causamos en el medio, y conforme vayan mejorando los índices de conversión de los diferentes consumos y desechos producidos.

³ Obviamos describir el famoso “caso del yogurt de fresa”, popularizado por el Instituto Wuppertal de Alemania, porque se pueden encontrar fácilmente a través de una sencilla búsqueda en Internet.



BIBLIOGRAFÍA

Alba J., Díaz E. y Doménech J. L., 2003. *Estudio de indicadores ambientales portuarios: la huella ecológica del puerto de Gijón*. Autoridad Portuaria de Gijón. Gijón. Páginas: 143.

Anónimo, 2002. *La huella ecológica de Navarra*. Gobierno de Navarra. Páginas: 34.

Anónimo, 2007. *The World Capital of CO2-free energy*. Project Group Rotterdam Climate Initiative. Rotterdam. Páginas: 20 (www.rotterdamclimateinitiative.nl).

Anónimo, 2008a. Port Authority of New York and New Jersey Aims to be Carbon Neutral by 2010. *Green Port* (2). Reino Unido. Páginas: 19-19.

Anónimo, 2008b. Developing a carbon footprint. Port of Oslo & Port of Rotterdam. *C40 World Ports Climate Conference*. Rotterdam, Netherlands. July, 2008.

Blasco, E., 2008. Huella del carbono (<http://especiales.eldiariomontanes.es/medio-ambiente/huella-carbono.html>) (último acceso: julio de 2008).

BP, 2007. What is a Carbon Footprint?
([http://www.bp.com/liveassets/bpinternet/globalbp/STAGING/globalassets/downloads/A/ABPADV what on earth is a carbon footprint.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bpinternet/globalbp/STAGING/globalassets/downloads/A/ABPADV%20what%20on%20earth%20is%20a%20carbon%20footprint.pdf))

Calvo, M., 2007. La huella ecológica de Andalucía. Seminario *La Huella Ecológica en España*. Madrid. Páginas: 24.

Carballo, A. y Villasante, C. S., 2008. Applying physical input-output tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain). *Energy Policy*. (36). Páginas: 1148-1163.

Carballo, A., García Negro, M. C., Doménech, J. L., Villasante, C. S., Rodríguez, G. y González Arenales, M. (en prensa). La huella ecológica corporativa: concepto y aplicación a dos empresas pesqueras de Galicia. *Revista Galega de Economía*, Vol. 17, núm. Extraord. (2008).

Carbon Trust, 2006. Carbon footprints in the supply chain: the next step for business. Report Number CTC616, November 2006, The Carbon Trust, London, UK (<http://www.carbontrust.co.uk>).

Carbon Trust, 2007. Carbon Footprints Measurement Methodology, Version 1.1. 27 February 2007, The Carbon Trust, London, UK (<http://www.carbontrust.co.uk>).

Carrera, G., Castanedo, J., Coto, P., Doménech, J. L., Inglada, V. and Pesquera, M. A., 2006. The Ecological Footprint of Ports. A sustainability Indicator. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Washington, D.C.. Nº 1963. Páginas: 71-75.

Caselles, A., Carrasco, M., Martínez, A., Coll, S., Doménech, J. L., González-Arenales, M. (en prensa). La huella ecológica corporativa de los materiales: aplicación al sector comercial. *Revista OI DLES* (2008).



Cazorla, X., 2007. La huella ecológica de Catalunya. *Seminario La Huella Ecológica en España*. Madrid. Páginas: 40.

Coto, P., Mateo, I., Doménech, J. L. y González-Arenales, M. (en prensa). La huella ecológica de las Autoridades Portuarias y los servicios. *Revista OIDLES* (2008).

Doménech, J. L., 2004a. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. *Puertos*. Nº 114. Madrid. Páginas: 26-31.

Doménech, J. L., 2004b. La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón. En *Actas del VII Congreso Nacional de Medio Ambiente*. Madrid, 22-26 de noviembre de 2004 (CD-ROM). Páginas: 8.

Doménech, J. L., 2006a. Huella social y desarrollo sostenible: un nuevo indicador de sostenibilidad. *Segundo Encuentro Internacional sobre Pobreza, desigualdad y convergencia; eumed.net*. Universidad de Málaga.

Doménech, J. L., 2006b. Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. *Terceros Encuentros sobre Desarrollo sostenible y población; eumed.net*. Universidad de Málaga, 6-24 de julio de 2006. Páginas: 46.

Doménech, J. L., 2006c. Ahorro energético. En *Ecoeficiencia en los Recintos Portuarios. IV Foro Ambiental Portuario*. Editado por el Organismo Público Puertos del Estado. Madrid, 30 de noviembre de 2006. Páginas: 6-11.

Doménech, J. L., 2007a. Huella cultural y evolución sostenible. *Terceros Encuentros de Economía, Educación y Cultura; eumed.net*. Universidad de Málaga. 6 a 23 de febrero de 2007. Páginas: 31.

Doménech, J. L., 2007b. *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. AENOR. Madrid. Páginas: 400.

Doménech, J. L. (en preparación). Revisión y ampliación del método de cálculo de la huella ecológica-huella del carbono corporativa: Versión 2.

Doménech, J. L., Matías, A. y Muñoz-Calero, R., 2006. Ecoeficiencia y sostenibilidad en puertos: aplicaciones en el puerto de Gijón. *Comunicaciones Técnicas del VIII Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 8)*. Madrid, 27 de noviembre a 1 de diciembre de 2006. Páginas: 39.

Energetics, 2007. The Reality of Carbon Neutrality. London (www.energetics.com.au/file?nodeid=21228).

ETAP, 2007. The Carbon Trust Help UK Businesses Reduce their Environmental Impact. *Press Release* (http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/jan07_carbon_trust_initiative.pdf)

Fischer-Kowalski, M., 1998. Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part I, 1860-1970. *Journal of Industrial Ecology*. Nº 2. Páginas 61-77.



Fischer-Kowalski, M. y Hüttler, W., 1999. Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part II, 1970-1998. *Journal of Industrial Ecology*. Nº 2. Páginas 107-129.

García-Negro, M.C., 2003. *Táboas input output pesca-conserva galegas 1999*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos.

GAP, SEI and Eco-Logica, 2006. UK Schools Carbon Footprint Scoping Study. *Report by Global Action Plan*. Stockholm Environment Institute and Ecologica Ltd for the Sustainable Development Commission, London, March 2006 (<http://www.sd-commission.org.uk/publications.php?id=389>)

Grubb and Ellis, 2007. *Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners, Users and Managers*. Chicago.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories reporting Instructions, 1997. (<http://www.ipcc.ch/>)

Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S. and Wackernagel, M., 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment & Sustainable Society*. Vol. 4 Nº 1. Páginas: 1-9.

Lehni M., 1999. El medio ambiente como factor clave de competitividad. En *Eco-eficiencia, los negocios en el próximo milenio*. Fundación Entorno. Madrid. Páginas: 23-28.

Marañón, E., Iregui, G., Doménech, J. L., Fernández Nava, I. y González-Arenales, M. (en prensa). Propuesta de índices de conversión para la obtención de la huella de los residuos y los vertidos. *Revista OI DLES* (2008).

Monfreda, C., Wackernagel, M. y Deumling, D., 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy*. Nº 21. Páginas: 231-246.

Patel, J., 2006. Green sky thinking. *Environment Business*, nº 122. Página 32.

POST, 2006. Carbon footprint of electricity generation. *POSTnote 268*, October, 2006, Parliamentary Office of Science and Technology, London, UK (<http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn268.pdf>).

SEI and WWF, 2007. *The Carbon Footprints of Local Authorities in England, forthcoming*.

Trucost, 2006. *Carbon Counts: The Trucost Carbon Footprint Ranking of UK Investment Funds*. London.

Pon, D., Calvo, M., Arto, I., Fernández, M., Martínez, S. y Planas, V., 2007. Análisis preliminar de la huella ecológica en España. Informe de Síntesis. *Seminario La Huella Ecológica en España*. Madrid. Páginas: 33.



Rees W y Wackernagel M., 1996. *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*. New Society Publishers. Canadá.

Tortajada, R., 2007. Cálculo de la huella ecológica en la Comunidad Foral de Navarra, 1999-2003-2007. *Seminario La Huella Ecológica en España*. Madrid. Páginas: 30.

Wackernagel, M., 1998. The "Ecological Footprint of Santiago de Chile. *Local Environment*. Vol. 3 (1). Páginas: 7-25; (hoja de cálculo: <http://www.iclei.org/ICLEI/SANTIAGO.XLS>, último acceso, marzo/2005).

Wackernagel, M., Dholakia, R., Deumling, D. y Richardson, D., 2000. Redefining Progress, Assess your Household's Ecological Footprint V 2.0. March, 2000; (http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls; último acceso, noviembre/2005).

Wackernagel, M., Monfreda, Ch., Schulz, B., Erb, K., Haberl, H. y Krausmann, F., 2004. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*. Nº 21. Páginas: 271-278.

Wackernagel, M. (y otros 10 autores), 2005a. *Europe 2005: The Ecological Footprint*. WWF European Policy Office, Brussels, Belgium, Jun. 2005. Páginas: 26.

Wackernagel, M., Monfreda, Ch., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D. and Murray, M., 2005b. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method. *Global Footprint Network*. Páginas: 10. (www.footprintnetwork.org; último acceso, diciembre/2005).

Wiedmann, T. and Lenzen, M., 2006. On the conversión between local and global hectáreas in Ecological Footprint analisis. *Ecological Economics*. Nº 20.

Wiedmann, T. and Minx, J., 2007. A Definition of 'Carbon Footprint'. *ISA Research Report* nº 07-01: 1-9 (www.isa-research.co.uk).

Wiedmann, T., Minx, J., Barret, J. and Wackernagel, M., 2006. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. En *Ecological Economics*. Nº 56. Páginas: 28-48.

Wiedmann, T., Barret, J. y Lenzen, M., 2007. Companies on the Scale: Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses. *International Ecological Footprint Conference*. Cardiff, 8-10 May, 2007. Páginas: 1-20.