



- OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DEL DESARROLLO LOCAL Y LA ECONOMÍA SOCIAL
Revista académica, editada y mantenida por el Grupo EUMED.NET de la Universidad de Málaga.
ISSN: 1988-2483
Año 1 – Nro. 4 – Abril, mayo, junio de 2008.

LA HUELLA ECOLÓGICA DE LAS EMPRESAS: 4 AÑOS DE SEGUIMIENTO EN EL PUERTO DE GIJÓN

**The ecological footprint of corporations:
analysis of the Gijón Port authority's footprint in the period 2004-2007**

Juan Luis Doménech
Autoridad Portuaria de Gijón
jdomenech@puertogijon.es

Mónica G. Arenales
Autoridad Portuaria de Gijón
Gijón, Asturias

Resumen

La huella ecológica corporativa es una adaptación de la huella ecológica clásica (aplicada a territorios), que permite a cualquier empresa u organización medir todo su impacto ambiental expresado en hectáreas de superficie productiva o en emisiones equivalentes de carbono.

En este trabajo se presentan los resultados de cuatro años de seguimiento en el puerto de Gijón (Asturias, España), habiendo obtenido una huella ecológica de 5.298 hectáreas en el año 2004, superficie necesaria para proveer de todos los recursos necesarios para la actividad portuaria, así como para absorber sus desechos. Esta superficie ascendió en el año 2005 a 6.693, detectándose, entre muchos otros, el importante impacto de las obras portuarias en el conjunto de la huella, así como del consumo energético. Conocidas las prioridades, se realizó un estudio de ecoeficiencia y una auditoría energética, que, en parte, han permitido adoptar medidas para reducir la huella. Esta descendió a 6.182 hectáreas en 2006 y a 6.167 en 2007.

Entre las principales conclusiones cabe señalar que la huella ecológica corporativa se configura como una importante herramienta para la gestión de la sostenibilidad ambiental de las empresas. En consecuencia, se han planteado diversos proyectos para mejorar la metodología, incorporando todos los residuos, emisiones y vertidos, así como para mejorar los índices de conversión del consumo de energía eléctrica, de los recursos orgánicos, de los servicios y de los materiales.

Palabras clave: huella ecológica corporativa, huella del carbono, desarrollo sostenible, ecoeficiencia

Abstract

The ecological footprint of corporations: analysis of the Gijón Port authority's footprint in the period 2004-2007

The corporate ecological footprint is an adaptation of the classical version of this sustainability indicator, usually applied to countries. Corporate footprint analysis allows to any company or organization to measure its environmental impact, showing both the needed hectares of productive and the equivalent of carbon emissions.

In this work we estimate the ecological footprint of the Port Authority of Gijón (Asturias, Spain) during a period of four years (2004-2007). In the first year, our study shows an ecological footprint of 5.298 hectares. That means that this amount of surface which is necessary to provide all the needed resources for the port activity, as well as to absorb its wastes. In 2005 this surface was increased up to 6.693 hectares, showing the footprint the considerable impact, among other, of port's building activities. Energy consumption was also relevant. Being concerned about this fact, Port Authority carried out an eco-efficiency study and an energy audit, adopting measures to reduce the footprint. These measures have been successful, showing the results a decrease in the footprint of 2006 and 2007 up to 6.182 and 6.167 hectares, respectively.



As a conclusion, it is important to point out that results show the potential of corporative ecological footprint as an important tool for the management of the ecological sustainability in companies. However, the research about it is still beginning. Several projects have been being developed in order to improve the methodology, including all kind of wastes and emissions, as well as to improve conversion factors for electricity, organic resources, services and materials.

Key words: corporative ecological footprint, carbon footprint, sustainability development and eco-efficiency

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 este indicador 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.

En este trabajo se muestran los resultados obtenidos hasta el año 2007.

Metodología

La metodología en sentido amplio 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 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 ($4 \text{ t} / 1,01 \text{ t/ha/año}$) 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. 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.

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 los resultados obtenidos.

Resultados

La evolución del indicador en la APG 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 la metodología de 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

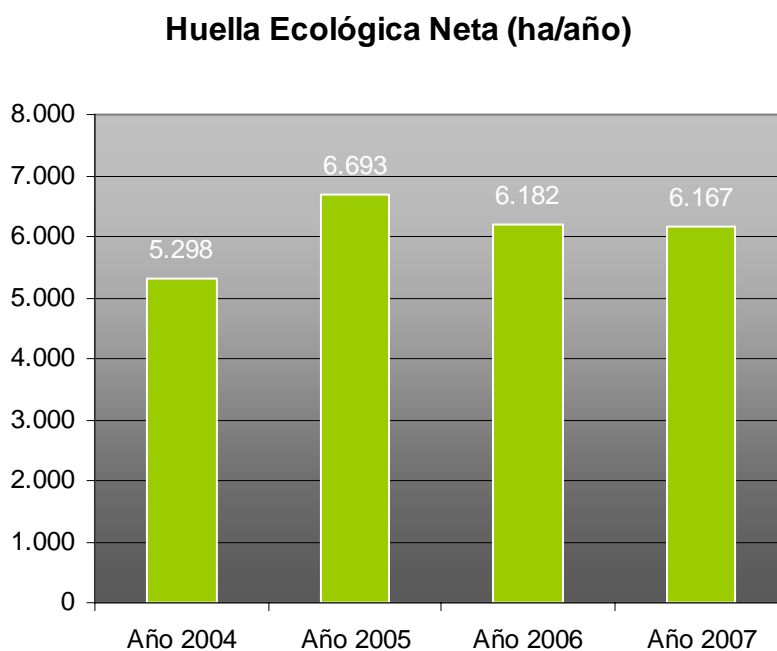


Figura 1. Huella ecológica neta

Huella de Carbono neta (tCo2/año)

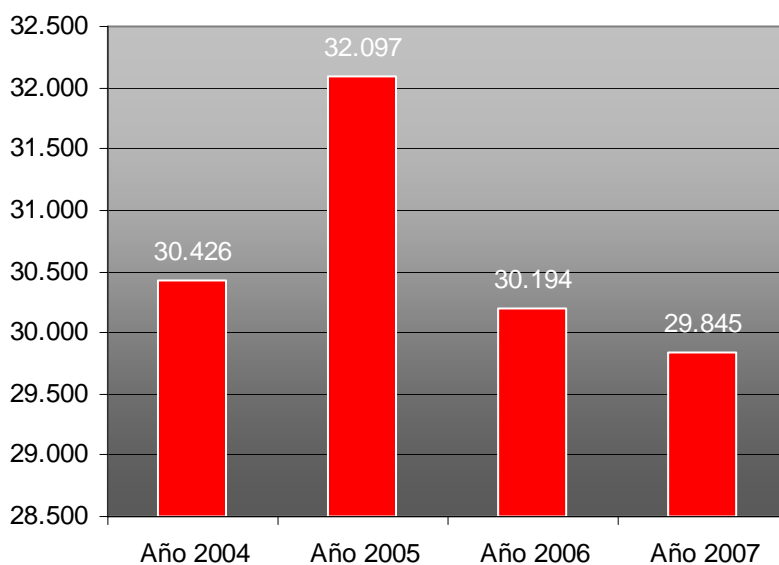


Figura 2. Huella neta del carbono

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).

Tabla 5. Indicadores de ecoeficiencia				
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).

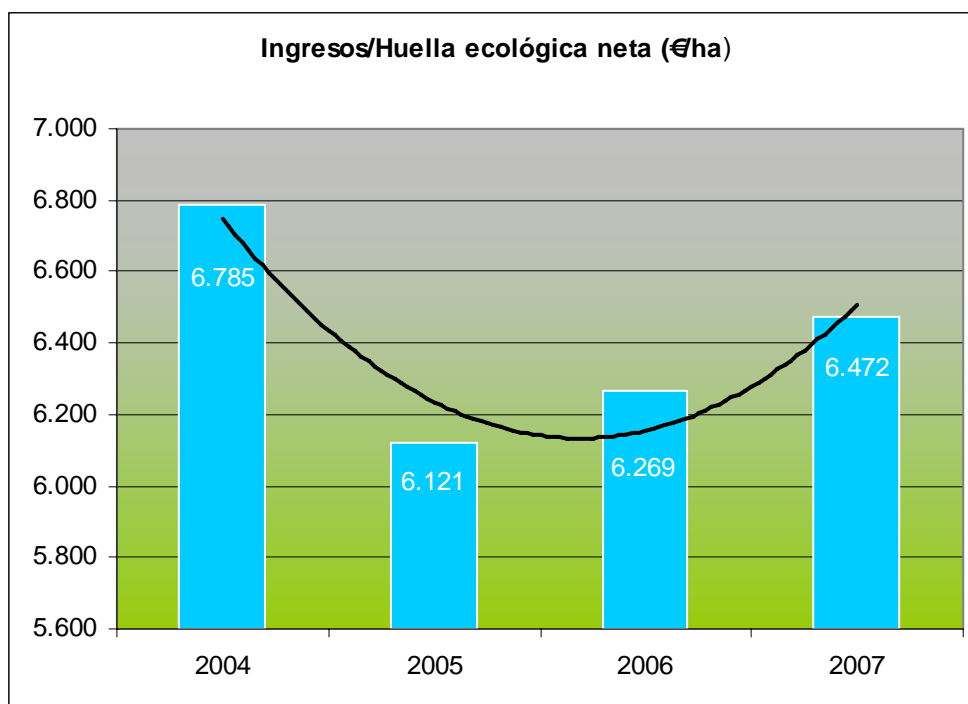


Figura 3. Ecoeficiencia medida en ingresos anuales por hectárea de superficie utilizada.

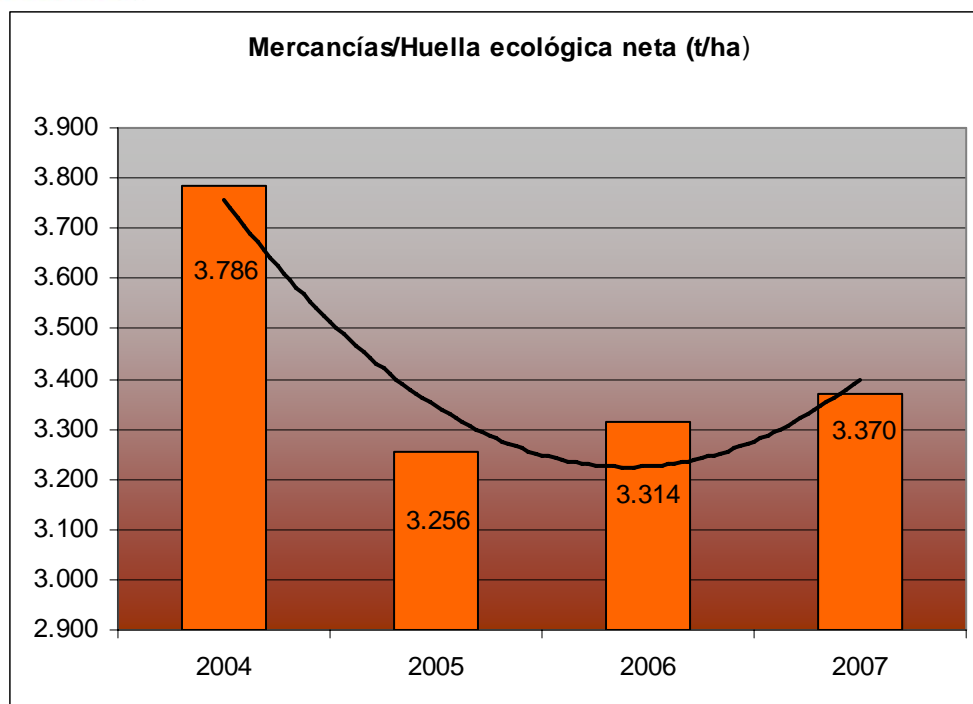


Figura 4. Ecoeficiencia medida en cantidad de mercancía anual movida por hectárea de superficie utilizada.

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.

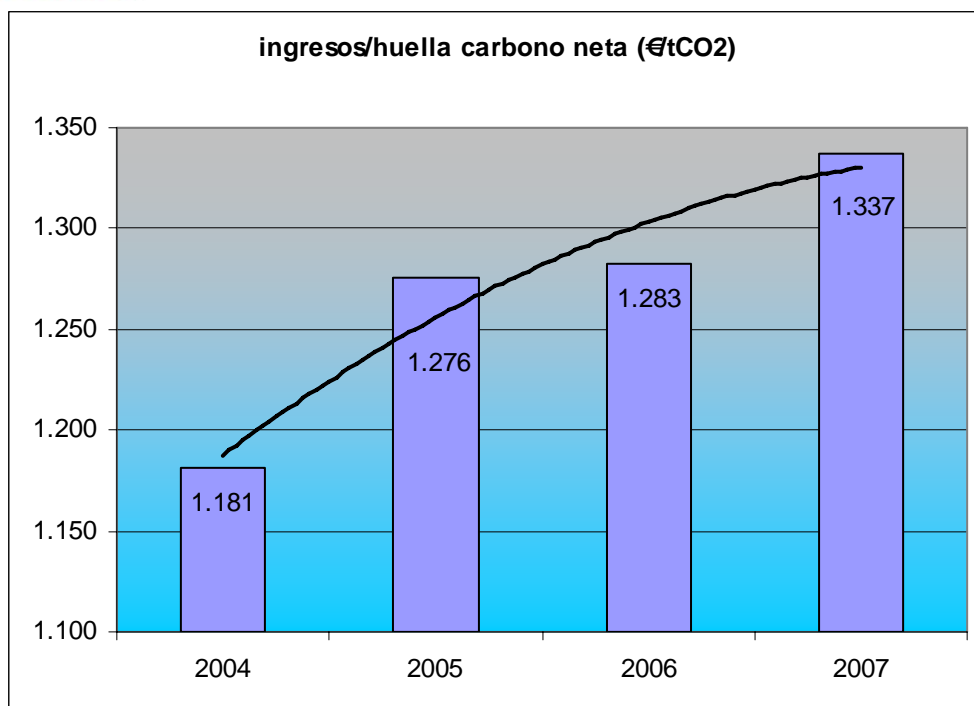


Figura 5. Ecoeficiencia medida en ingresos anuales por tonelada de CO₂ emitida

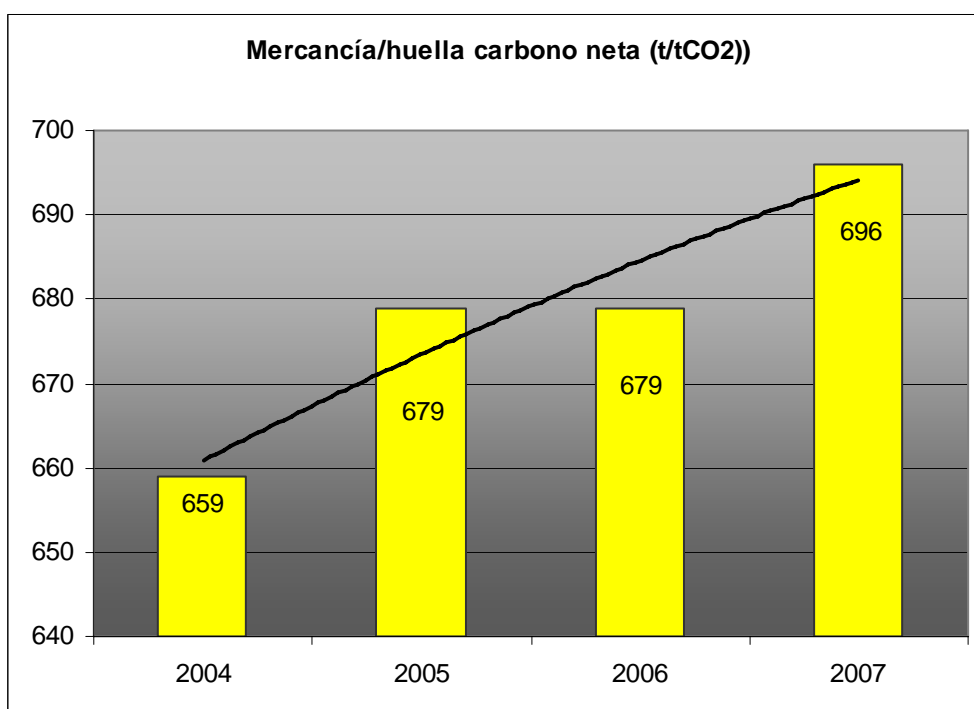


Figura 6. Ecoeficiencia medida en mercancías movidas anualmente por tonelada de CO₂ emitida

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.

Conclusiones

La principal conclusión que se deriva de estos cuatro años de seguimiento es que la huella ecológica aplicada a la empresa ha demostrado ser un buen indicador de la sostenibilidad ambiental de la empresa, la cual no solo se consigue, como ha quedado claro, controlando la producción de desechos, sino también, y sobre todo, controlando el consumo de recursos: la producción de residuos no peligrosos produce una huella de solo un 0,2% del total, aunque hay que dejar claro que, en esta versión de cálculo, aun no se consideran los residuos peligrosos, ni los vertidos, ni las emisiones atmosféricas diferentes al CO₂. El indicador ha permitido aplicar las primeras medidas de reducción de huella, intentando así contener su crecimiento.

La metodología adoptada permite, por lo tanto, expresar todo el impacto ambiental de cualquier organización en un único número (el número de hectáreas que necesitamos para realizar nuestros procesos), totalmente comprensible y con un claro significado. Este se puede convertir, además, a toneladas de emisiones de CO₂ (la huella del carbono), el cual no es menos expresivo.

Otra conclusión es que el elevado número de hectáreas de huella ecológica neta (más de 6.000) o de emisiones de carbono (en torno a 30.000 tCO₂/año) es suficientemente importante como para dejar claro que el problema del cambio climático no solo es cosa de fábricas y grandes industrias sino también de todo tipo de empresa, incluidas las de servicios, y de cualquier tipo de organización.

Por otro lado, la huella ecológica permite aplicar mucho mejor los indicadores de ecoeficiencia y, por lo tanto, facilita su difusión en el mundo empresarial. La ecoeficiencia se obtiene relacionando la actividad empresarial o económica con el impacto ambiental. El número de indicadores que miden la primera está más acotado (ingresos, cash flow, cantidad de producto, etc.), pero no sucede lo mismo con los indicadores que miden el impacto ambiental, que son numerosos. La huella ecológica elimina este problema colocando en el denominador un único número, lo que contribuye a promover y difundir la medición de la ecoeficiencia. Consideramos que ésta resulta

vital para que las empresas puedan competir adecuadamente ante los retos del cambio climático.

En el caso del puerto de Gijón, hemos visto que en el año 2006 se ha conseguido mover más mercancías (3.314 toneladas) con el mismo impacto (1 hectárea de terreno productivo “consumido”) y también en el año 2007 (3.370 toneladas de mercancías/ha de huella). La disociación o separación del crecimiento económico del consumo de recursos es uno de los principales objetivos de la *Estrategia de los Recursos* de la Comisión Europea (COM 2003-572 final; Bruselas 1-10-2003), lo que podría ser alcanzable aplicando este método.

Es necesario señalar los puntos débiles de la metodología, comenzando por el hecho a resaltar de que la huella ecológica ofrece resultados de mínimos, es decir, que los nuevos desarrollos y las nuevas mejoras incrementarán sucesivamente las huellas que se puedan calcular actualmente. Entre las potenciales fuentes de error destacan, primero, que la ausencia de una *contabilidad de los materiales* en las empresas, obliga a estimar el peso de los materiales consumidos a partir de las cuentas contables, y, segundo, que la conversión de las toneladas de material a gigajulios, se realiza a través de las intensidades energéticas de los materiales, datos que no abundan en la bibliografía.

Algunas otras potenciales fuentes de error, se refieren a la diversidad de las fuentes de datos de los factores de conversión: absorción de carbono de los diferentes ecosistemas; factores de equivalencia; factores de emisión, etc. No incluye, por último, la huella de los residuos peligrosos, los vertidos y las emisiones atmosféricas diferentes al CO₂, aspectos todos estos que están siendo, y serán, abordados en actuales y futuros proyectos de investigación.

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. 143 pp.

Anónimo (2002). *La huella ecológica de Navarra*. Gobierno de Navarra. 34 pp.

Armas, J. C., Álvarez, L. M. y Doménech J. L. (2002). *Impacto de la ampliación del Puerto de Gijón en la pesca*. Autoridad Portuaria de Gijón: 110 pp.

Arroyo P., Pérez J., Rodríguez J. A. y Doménech J. L. (2002). *Valoración ambiental de las aguas marinas de Gijón y prevención de la contaminación*. Cámara de Comercio de Gijón y Asturias Business School. 308 pp.

Calvo, M. (2007). “La huella ecológica de Andalucía”. En *Seminario La Huella Ecológica en España*. 24 pp.

Carballo, A. y Villasante, C. S. “Applying physical input-output tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain)”. En *Energy Policy*. Nº 36. 2008: 1148-1163.

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, pp. 71-75.

Cazorla, X. (2007) “La huella ecológica de Catalunya”. En *Seminario La Huella Ecológica en España*. 40 pp.

Doménech, J. L. (2004a). “Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible”. En *Puertos*. Nº 114, pp. 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), 8 pp.

Doménech, J. L. (2006a) “Huella social y desarrollo sostenible: un nuevo indicador de sostenibilidad”. En *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”. En *Terceros Encuentros sobre Desarrollo sostenible y población; eumed.net*. Universidad de Málaga, 6-24 de julio de 2006, 46 pp.

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, pp. 6-11.

Doménech, J. L. (2007a). “Huella cultural y evolución sostenible”. En *Terceros Encuentros de Economía, Educación y Cultura*; eumed.net. Universidad de Málaga. 6 a 23 de febrero de 2007, 31 pp.

Doménech, J. L. (2007b). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. AENOR. Madrid, 2007, 400 pp.

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

Fischer-Kowalski, M. (1998). “Society’s metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part I, 1860-1970”. En *Journal of Industrial Ecology*. Nº 2, pp. 61-77.

Fischer-Kowalski, M. y Hüttler, W. (1999). “Society’s metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part II, 1970-1998”. En *Journal of Industrial Ecology*. Nº 2, pp. 107-129.

Gibbs, W. (2005). “Mercados para la conservación de la naturaleza”. En *Investigación y Ciencia*. Nº 350, pp. 66-73.

Gliessman, S. (1997). *Agroecology. Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.

Guzmán, G. y González, M. (2007). “Agricultura tradicional versus agricultura ecológica. El coste territorial de la sustentabilidad”. En *Agroecología*. Vol. 2, pp. 7-19.

Hilts, S., Moull, T., Van Patter, M., y Rzaeki, J. (1990). *Landowner contact training manual*. Natural Heritage League. Guelph. Canadá.

Hodge, I. (2001). “Beyond agri-environmental policy: towards an alternative model of rural environmental governance”. En *Land Use Policy*. Nº 18, pp. 99-111.

Lind, B. (2001). *Working forest conservation easements*. LTA Easement Series. Land Trust Alliance. Washington, DC (EEUU), pp. 45.

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

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

Nantham, C. (2008). La sede del Banco Asiático de Desarrollo reduce su huella ambiental mediante la ISO 14001. En *ISO*. Vol. 8, Nº 2, pp. 35-38.



- Oliveros, A., López, A. y Hernández, M. (2004). “Bosques y cambio climático: la función de los bosques como sumideros de carbono y su contribución al cumplimiento del Protocolo de Kioto por parte de España”. *Actas del VII Congreso Nacional de Medio Ambiente*; 22-26 Nov., 2004. Madrid. CD-ROM, pp. 20.
- 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”. En *Seminario La Huella Ecológica en España*. Madrid: pp. 33.
- Rees, W. y Wackernagel, M. (1996). *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*. New Society Publishers. Canadá.
- Shine, C. (1996). “Private or voluntary systems of natural habitats protection and management”. En *Nature and environment*. N° 85.
- Tomashow, M. (1994). *Ecological identity: Becoming a reflective environmentalist*. MIT Press. Cambridge (Massachusetts, EEUU).
- Tortajada, R. (2007). “Cálculo de la huella ecológica en la Comunidad Foral de Navarra, 1999-2003-2007”. En *Seminario La Huella Ecológica en España*. Madrid: pp. 30.
- Wackernagel, M. (1998). The “Ecological Footprint of Santiago de Chile”. En *Local Environment*. Vol. 3 (1), pp. 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”; (http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls; último acceso, noviembre/2005).
- Wackernagel, M. (y otros 10 autores) (2005a). *Europe 2005: The Ecological Footprint*. WWF European Policy Office, Brussels, Belgium: pp. 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”. En *Global Footprint Network*: pp. 10. (www.footprintnetwork.org; último acceso, diciembre/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”. En *Land Use Policy*. N° 21, pp. 271-278.
- Wiedmann, T. y Lenzen, M. (2006). “On the conversion between local and global hectáreas in Ecological Footprint analysis”. En *Ecological Economics*. N° 20.
- Wiedmann, T., Minx, J., Barret, J. y Wackernagel, M. (2006). “Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis”. En *Ecological Economics*. N° 56, pp. 28-48.



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

Wolowicz, K. (2005). “The Fishprint of Aquaculture. Can the Blue Revolution be Sustainable?”. *En Redefining Progress*. Oakland (California): pp. 21.