

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE DOS EMPRESAS DEL SECTOR PESQUERO GALLEGO

Adolfo Carballo Penela^(*)
Juan Luis Doménech Quesada^()**
María do Carme García-Negro^(*)
Carlos Sebastián Villasante^(*)
Gonzalo Rodríguez Rodríguez^(*)
Monica González-Arenales^()**

^(*)Grupo de Investigación de Economía Pesquera y Recursos Naturales
Departamento de Economía Aplicada
Universidad de Santiago de Compostela
acpacp@usc.es

^(**)Autoridad Portuaria de Gijón
Gijón, Asturias
España

RESUMEN

La Huella Ecológica (HE) es un indicador de sostenibilidad que ha alcanzado una notable difusión en los últimos años. Si bien ha sido mayoritariamente aplicado a poblaciones y/o economías, se han desarrollado diferentes metodologías que permiten su aplicación a empresas y, en general, organizaciones.

En este artículo describimos los fundamentos, objetivos y principales usos de la HE, destacando las particularidades de la metodología en el caso de organizaciones. Además aplicamos el indicador a dos empresas pesqueras de Galicia.

ABSTRACT

The ecological footprint (EF) is a sustainability indicator with a remarkable diffusion over the last years. Even though footprint analysis was mainly thought from an economy or population point of view, different methodologies for companies and organizations have been already developed.

In this paper, we develop a general description of the indicator, pointing out its objectives and calculation method. We also remark the particularities of organization's footprints, applying the indicator to two Galician fishing companies.

Key words: Sustainability, ecological footprint, organizations, fishing activities

Palabras clave: Huella ecológica corporativa, pesca

1. LA HUELLA ECOLÓGICA

La huella ecológica (EH) es un indicador de sostenibilidad desarrollado a principios de los 90 por William Rees y Mathis Wackernagel. El concepto relaciona las necesidades de capital natural de una economía con el área biológicamente productiva que le corresponde (Wackernagel et al 1999a), siendo diseñado como una herramienta de planificación para medir la sostenibilidad ecológica (Wackernagel et al 1999a, Wackernagel y Silverstein 2000) con el propósito de estimar la magnitud del consumo humano que excede la capacidad de regeneración de la biosfera (Wackernagel 1999b).

La huella HE es definida como *“la superficie de tierra productiva o ecosistema acuático necesario para mantener el consumo de recursos y energía, así como para absorber los residuos producidos por una determinada población humana o economía, considerando la tecnología existente, independientemente de en qué parte del planeta está situada esa superficie”*¹ Su punto de partida es la asunción de que, tanto el consumo de recursos como la generación de residuos pueden ser convertidos en la superficie productiva necesaria para mantener estos niveles de consumo, o, en otros términos, en la HE. La HE es comparada con la superficie disponible, asumiendo que las poblaciones con una huella superior a la superficie de la que disponen son insostenibles (Lenzen et al., 2003), existiendo lo que se denomina déficit ecológico².

Debemos destacar que tanto a nivel local, refiriéndonos en este caso a países, regiones..., como global o planetaria, la HE puede superar a la superficie disponible. En el primer caso, los países tienen capacidad para abastecerse de bienes y servicios fuera de sus fronteras, por lo que su consumo puede superar su capacidad de producción. Esto es importante, pues, si bien la HE se suele referir a un país o región, no se está calculando la huella de ese territorio, si no del estilo de vida de sus habitantes.

En el segundo caso, estaríamos en una situación donde el consumo humano supera a la capacidad regenerativa de la biosfera, consumiendo el capital natural más rápido de lo que se regenera, con una reducción del *stock* existente. Esta situación, denominada sobrepasamiento³, no puede ser mantenida indefinidamente, pues a largo plazo se consumiría el capital natural (Wackernagel and Silverstein, 2000). El sobrepasamiento no es un fenómeno exclusivamente global, si no que también puede ocurrir a nivel de países o regiones.

Otra cuestión a aclarar se relaciona con que la HE incluye sólo la superficie ecológicamente productiva para usos humanos, excluyendo, por ejemplo, desiertos y polos. Se considera, por tanto, la superficie terrestre y marina que soporta la actividad fotosintética y la biomasa empleada por los humanos. No incluye áreas no productivas,

¹ Wackernagel y Rees (1996, 51-52); Rees (2000). la forma de la definición se ha modificado, precisando algunas cuestiones. En la actualidad, Global Footprint Network (GFN), organismo en el que participa Wackernagel y que, entre otras cosas, trata de avanzar en la estandarización de la metodología de cálculo y en la difusión del indicador, define la huella ecológica como *“una medida de cuanta superficie biológicamente productiva, incluyendo agua y tierra, necesita un individuo, población o actividad para producir todos los recursos que consume y absorber los desechos que genera, empleando la tecnología y las prácticas de gestión existentes”*. De este modo, se manifiesta explícitamente en la definición la posibilidad de aplicar la huella a realidades diferentes de poblaciones,

² Si la HE es menor que la superficie disponible, existiría una reserva o superávit ecológico.

³ Del término inglés “overshooting”.

áreas marginales con vegetación no distribuida homogéneamente, ni biomasa que no es usada por los humanos⁴.

La HE es dividida en distintas subhuellas. En la mayoría de los estudios realizados se emplean las seis siguientes:⁵:

- Cultivos.- Aquella superficie en la que los humanos desarrollan actividades agrícolas, suministrando productos como alimentos, fibra, aceites, etc
- Pastos.- Área dedicada a pastos, de donde se obtienen determinados productos animales como carne, leche, cueros y lana.
- Bosques.- La superficie ocupada por los bosques, de donde, principalmente se obtienen productos derivados de la madera, empleados en la producción de bienes, o también combustibles como leña.
- Mar.- La superficie marítima biológicamente productiva aprovechada por los humanos para obtener pescado y mariscos.
- Superficie construida.- Área ocupada por edificios, embalses... por lo que no es biológicamente productiva.
- Energía.- El área de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Igualmente, suelen distinguirse distintas categorías de consumo, de modo que, para cada una de ellas, se establecen las distintas necesidades de superficie. Concretamente, la propuesta inicial de los autores establece 5 categorías de consumo: alimentación, hogar, transporte, bienes de consumo, servicios, que a su vez pueden ser divididas en las subcategorías que se consideren oportunas.

Tabla 1. Matriz de superficies apropiadas por categoría de consumo (Ha/cápita)

	Cultivos	Pastos	Bosques	Superficie construida	Energía	Mar	Total
Alimentación							
Hogar							
Transporte							
Bienes de consumo							
Servicios							
TOTAL							HE TOTAL

Fuente: Elaboración propia a partir de Wackernagel y Rees (1996)

Uniando las categorías de consumo con las categorías del uso de la Tierra, se obtiene una matriz consumo-superficies, donde cada fila muestra la apropiación de superficie de una categoría de consumo concreta, y cada columna la distribución de la apropiación de un tipo de superficie entre los distintos tipos de consumo.

⁴ En 2003, la superficie ecológicamente productiva total disponible se estimaba en 11.200 millones de hectáreas. (GFN, 2008).

⁵ Por ejemplo, los estudios bianuales de la huella ecológica del planeta realizados por WWF ADENA siguen esta clasificación (ver, por ejemplo, WWF ADENA, 2006). Wackernagel y colegas emplean también esta división, por lo menos desde Wackernagel (1998).

2 MÉTODO DE CÁLCULO

2.1 MÉTODO DE WACKERNAGEL O COMPUESTO

Tal y como Bicknell et al. (1998) señalan, el método de cálculo propuesto por Wackernagel y colegas, denominado a veces método compuesto⁶, implica el empleo de estadísticas de consumo y población, con la finalidad de estimar el consumo anual *per cápita*⁷.

Se comienza determinando el consumo total de cada producto por los habitantes del territorio estudiado. Esta labor se suele realizar de un modo indirecto, añadiendo a la producción de cada bien las cantidades importadas, restando las exportaciones del mismo. Una vez hecho esto, se divide el consumo total por la población, obteniendo un valor medio por habitante (t/hab.). Esta forma de proceder suele facilitar el cálculo de la huella, pues, por lo menos a nivel de países, es común que existan fuentes estadísticas que ofrezcan la información necesaria.

Una vez calculado el consumo de cada categoría de producto por habitante, debemos transformarlo en la superficie necesaria para producir la cantidad consumida. Para esta labor, el método propuesto emplea información de la productividad biológica de la superficie de donde se obtiene el producto en cuestión, expresada en toneladas por hectárea (t/ha). Así, dividiendo el consumo (t/hab.) entre el rendimiento (t/ha), obtenemos las hectáreas de superficie que cada habitante necesita para obtener la cantidad consumida de cada categoría⁸.

Podemos ilustrar el método de cálculo con un simple ejemplo. Consideremos que queremos estimar la HE de un producto, por ejemplo, el trigo, consumido por los habitantes de un territorio en un año cualquiera. La tabla siguiente recoge la información necesaria para poder aplicar el método:

Tabla 2. Ejemplo de cálculo de la HE de un producto

Concepto	Cantidad
Producción de trigo en el territorio estudiado(t)	1.000.000
Exportaciones de trigo (t)	50.000
Importaciones de trigo (t)	250.000
Consumo total de trigo (t)	750.000
Población (hab)	2.800.000
Consumo por habitante (t/hab)	0,26
Productividad de las superficies que producen trigo (media mundial) (t/ha)	1,2
HE del consumo de trigo (ha/hab)	0,217

⁶ Por ejemplo, Chambers et al., (2000) o Wackernagel y Monfreda (2004) emplean esta denominación.

⁷ El mismo esquema de cálculo es válido empleando datos referidos al total de población, en lugar de datos por habitante. En este caso, el resultado del cociente entre el total de toneladas consumidas de un determinado producto y la productividad, expresada en toneladas por hectárea, es la huella en hectáreas.

⁸ Debemos destacar que se recomienda emplear valores representativos de la productividad media mundial pues, de este modo, i) la HE recoge el hecho de que los ciudadanos consumen productos que provienen de todo el mundo y no sólo de la superficie ecológicamente productiva que les corresponde (Wackernagel et al., 1999); ii) se facilita la comparación entre huellas de diferentes países (Wackernagel y Ress, 1996; Wackernagel 1998).

Tal y como muestra la tabla el consumo total de trigo en ese territorio y año ascendería a 750.000 t. Considerando la población que reside en él, 2.800.000 habitantes, se obtiene un consumo de 0,26 t de trigo/hab. Dado que se asume que la productividad media de todas las superficies del planeta donde se cultiva trigo es de 1,2 t/ha, la HE por habitante sería de 0,217 ha/hab. De otro modo, un habitante de ese territorio en el año estudiado necesitaría 0,217 hectáreas de superficie cultivable para poder consumir 0,26 t de trigo.

Para el cálculo de la huella total de este territorio, habría que proceder de igual manera con cada uno de los productos que se consuman, asignando su huella a la superficie que corresponda (la madera a la superficie “bosques”, los productos pesqueros a “mar”... No obstante esta forma de calcular la huella no se aplica en el caso de la energía consumida.

2.1.1 La huella de la energía

La huella asociada al consumo de energía presenta una serie de particularidades que la diferencian del resto de componentes. El objetivo es recoger los consumos de energía de la economía estudiada, para ser comparados con la cantidad de energía que puede ser suministrada anualmente por una hectárea ecológicamente productiva (Wackernagel y Rees, 1996).

La metodología propuesta (Wackernagel y Rees 1996; Wackernagel y Monfreda, 2004) establece diferencias en función de cual sea la fuente empleada en la producción: combustibles fósiles, energía nuclear, hidroeléctrica, eólica y solar

Combustibles fósiles

La estimación de la huella asociada al consumo de energía, ha sido uno de los principales problemas que tuvieron que afrontar Wackernagel y Rees. El esquema de cálculo general, basado en relacionar el consumo de un producto con su productividad natural no es válido en este caso, pues tal relación no existe, o por lo menos, no es directa.

Fueron varias las alternativas manejadas para solucionar este problema. Una primera opción, denominada “método de sustitución renovable” o, en algunos casos “método de sustitución de biomasa” proponía estimar la superficie necesaria para producir la cantidad de un sustituto de los combustibles fósiles vinculado directamente con la superficie (leña, etanol...) que permitiese obtener la misma cantidad de energía fósil consumida. Otra alternativa, denominada “recuperación de combustibles fósiles” se basa en estimar la superficie de bosques necesaria para continuar con el consumo de combustibles fósiles indefinidamente, en función de sus tasas de sedimentación y acumulación en la litosfera (Wackernagel y Monfreda, 2004).

No obstante, la solución elegida considera la capacidad de los bosques para absorber CO₂, empleando la metodología denominada “absorción de emisiones”⁹. El método elegido parte de estimar las emisiones de CO₂ de la economía estudiada, tratando de determinar la superficie de los bosques necesaria para absorber las emisiones. De este modo, se consigue relacionar el consumo de energía con la variable

⁹ Las denominaciones entre comillas son traducciones de los autores de los términos “renewable substitution method” “biomass substitution approach” “fossil carrier regeneration approach” y “waste assimilation method” empleadas por Monfreda et al., (2004) y Wackernagel y Monfreda (2004).

superficie, si bien se asume, inicialmente, que los bosques son el único medio de absorber las emisiones, además relacionar el consumo de energía con un único efecto, las emisiones de CO₂, sin considerar otros gases e impactos.

Para esto, es necesario determinar una tasa que sintetice la cantidad de CO₂ que puede absorber una hectárea de bosque. Esta tarea es compleja, pues factores como el tipo de especie, la latitud, la edad de los árboles... influyen notablemente en los valores que alcanza este parámetro (Valentini et al., 2000). No obstante, Wackernagel y Rees (1996) solucionan este problema aplicando una tasa de absorción de 6,6 t/CO₂/ha/año, obtenida de estudios referidos a los bosques canadienses, siendo la tasa empleada en una buena parte de estudios. Otro valor comunmente empleado son los 5,21 tCO₂/ha/año que propone el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001)..

Energía nuclear

La inclusión de la energía nuclear en el análisis de huella ecológica es otro de los principales problemas que tiene el indicador, siendo origen de numerosas críticas¹⁰. Por un lado, la alta densidad de los combustibles empleados en las centrales nucleares, propicia que la demanda de productividad biológica sea muy baja en relación con la cantidad de energía producida (Wackernagel y Monfreda, 2004). Por otro, la capacidad de la biosfera para asimilar materiales radioactivos es mínima, por lo que el problema del almacenamiento aún está sin resolver. A mayores, los efectos devastadores en el territorio en caso de accidente, incrementarían sustancialmente la huella ecológica de esta fuente de energía.

No obstante, se considera que su exclusión podría ser interpretada en el sentido de que los países donde la energía nuclear tiene una fuerte presencia son más sostenibles (Monfreda et al, 2004). De ahí que se decidiera incluirlo en el análisis, tratándolo como un combustible fósil, la pesar de que, tal y como señalan Mc Donald y Patterson, (2003), la energía nuclear y los combustibles fósiles tienen impactos ambientales sustancialmente diferentes¹¹. Desde esta perspectiva, dada una cantidad de energía de origen nuclear, se estima la cantidad de combustibles fósiles necesarios para producirla, procediendo luego a estimar las emisiones de CO₂ asociadas a esa cantidad de energía, así como la superficie de bosque necesaria para absorberlas. Algunos autores complementan este análisis, incluyendo el riesgo de un accidente nuclear, incrementando la huella de acuerdo con la superficie afectada en un hipotético desastre¹².

Energías renovables

La energía hidroeléctrica, eólica, y solar tienen en común una productividad por hectárea más elevada que los combustibles fósiles (Wackernagel and Rees, 1996), si bien existen importantes diferencias entre ellas. Su huella incluye tanto la superficie ocupada por las instalaciones empleadas para producir electricidad (respectivamente, la

¹⁰ Consultar la Sección 3.3 de este artículo.

¹¹ Esta es la alternativa elegida por Wackernagel y colegas (Wackernagel and Rees, 1996; Monfreda et al., 2004).

¹² Mayor et al., (2003) incluye el riesgo de accidente nuclear en la huella de la energía. Para esto, incrementa la huella considerando una superficie de 282.743 hectáreas, el área de exclusión establecida tras el accidente de Chernobyl en 1986. Desde otro punto de vista, algunos autores señalan que, dado que la HE documenta la demanda de bioproductividad en un momento dado, la huella de un accidente nuclear debería ser incluida cuando efectivamente ocurra (Monfreda et al, 2004).

superficie inundada por las presas, los aerogeneradores y los paneles solares¹³), la energía incorporada en esta infraestructura, así como la pérdida de productividad debido al uso de esta superficie para la producción de energía.

Energía incorporada en los flujos comerciales

Además de la suma de las superficies necesitadas por cada una de las fuentes señaladas, la HE requiere una serie de ajustes para incluir la energía incorporada en las importaciones o exportaciones netas de bienes manufacturados. Parte de la energía consumida en la economía estudiada es empleada en la producción de bienes que son exportados, por lo que esa parte debe ser excluida de la huella, al ser disfrutada por los habitantes de otras zonas. Del mismo modo, los consumos asociados a la producción de bienes importados, deben ser incluidos en la huella de la energía del territorio en cuestión, pues aún que contienen energía producida en otras economías, es consumida por los habitantes del territorio estudiado.

Este ajuste precisa de los flujos físicos de importaciones y exportaciones, aplicando un factor que recoge la cantidad de energía incorporada en cada categoría de cada bien¹⁴. Multiplicando este factor de intensidad energética, en gigajulios por tonelada (Gj/t), por las toneladas de cada producto, se obtiene la energía incorporada a las exportaciones/importaciones netas, y, una vez estimadas las emisiones asociadas, se estima la huella del flujo resultante, pudiendo aumentar o reducir la huella existente en función de si hay importaciones o exportaciones netas.

Si bien este ajuste es coherente con los objetivos de la huella, orientados a estimar la huella del estilo de vida de los habitantes de un territorio, lo cierto es que puede fomentar comportamientos no deseados. Tanto Ibáñez (2001) como Mayor (2003) señalan que, de acuerdo a este ajuste podría darse la paradoja de que un país intente reducir su huella exportando bienes intensivos en el consumo de energía, empleando en este trabajo sus recursos energéticos, soportando al mismo tiempo los efectos medioambientales de la producción de energía. Igualmente, la huella sería menor si se importan bienes con un contenido energético más bajo¹⁵.

2.1.2 Avances en el método compuesto

Hasta ahora se expusieron las principales cuestiones relacionadas con el método compuesto, tal y como se concibió inicialmente. Sin embargo, Wackernagel y colegas fueron introduciendo nuevas cuestiones que tratan de mejorar la metodología de la huella¹⁶. Tal y como Ferng (2001) señala, estas mejoras afectan a cuestiones como la introducción de factores de equivalencia para incluir en el análisis la diferencia en la biocapacidad entre las diferentes categorías de superficie; factores de rendimiento, que recogen las diferencias entre la biocapacidad local y global, o la incorporación en la huella de un espacio para las otras especies.

Siguiendo a Wackernagel et al., (2004) y Wackernagel et al., (2005), otras mejoras que afectan a la metodología, se relacionan con la diferenciación entre productos primarios y secundarios; la inclusión en la huella de la capacidad de absorción de los

¹³ Estas superficies son incluidas frecuentemente en la sección de la superficie construida, y no en la huella de la energía.

¹⁴ Ver Wackernagel (1998), Relea y Prat (1998) o Ibáñez (2001).

¹⁵ Estudios como Hong et al. (2007) destacan la importancia de la energía incorporada en los flujos comerciales de China.

¹⁶ Ver, por ejemplo, Wackernagel (1998, 1999) o Wackernagel et al. (2004).

océanos; la aplicación de factores de rendimiento en la huella de la superficie construida o la inclusión de la producción primaria neta requerida (PPR) y los niveles tróficos de las capturas en la huella ecológica de los productos de la pesca. A mayores, existen avances relacionados con la aplicación de factores de equivalencia y rendimiento, pudiendo calcular el indicador aplicando rendimientos globales, locales o constantes.

Dada la difusión de los factores de equivalencia y rendimiento, consideramos oportuno explicar su funcionamiento. Los factores de equivalencia surgen para evitar comparaciones entre superficies con diferente productividad. La distribución de la huella en diferentes tipos de superficie, propició que se obtenga mediante la suma de cada una de ellas (cultivos, pastos, bosques...), sin que tengan la misma capacidad para producir biomasa para usos humanos. Al sumarse hectáreas que no son homogéneas, una misma huella podría mantener un consumo de recursos diferente en función de su composición. Es decir, para producir una misma cantidad de biomasa pueden ser necesarias más o menos hectáreas, dependiendo del tipo de superficie que consideremos.

Para evitar este problema se elaboran factores que ponderan cada tipo de superficie en función de la relación entre su productividad y la productividad total de la superficie del planeta. Por ejemplo, la aplicación de un factor de equivalencia de 3,2 a la superficie “cultivos”, indicaría que esta superficie tiene capacidad para producir 3,2 veces más biomasa que el total de superficie ecológicamente productiva del planeta (Wackernagel, 1998). Así, la HE no se expresaría en hectáreas reales, si no en hectáreas ponderadas o estandarizadas.

La aplicación de factores de equivalencia, implica la introducción de un tipo de factores de naturaleza similar que afectan a la superficie ecológicamente productiva disponible. Recordemos que la HE se compara con la superficie disponible, que refleja las hectáreas reales que ocupa esa superficie en cada país, región, etc. estudiados. En la medida en que el uso de factores de equivalencia expresa la huella en hectáreas cuya productividad está homogeneizada, en la mayoría de los casos, de acuerdo con la productividad mundial, debemos hacer lo mismo con la superficie disponible. De este modo, los denominados factores de rendimiento ponderan la superficie ecológicamente productiva disponible de cada país en comparación con la del planeta, de modo que la productividad local se iguale a la media global.

Tabla 3. Factores de equivalencia actuales
(Gha/ha)

Tipo de superficie	<i>Factor</i>
Principales tierras agrícolas	2,21
Tierras marginales	1,79
Bosques	1,34
Tierras de pastoreo permanentes	0,49
Mar	0,36
Aguas continentales	0,36
Superficie construida	2,21
Energía	1,34

Fuente: WWF ADENA (2006)/GFN

Un factor de rendimiento de 1,5 significaría que la productividad local de esa categoría de ecosistema es un 50% superior a la media mundial (por ejemplo, absorbe un 50% más de CO₂, produce un 50% de cultivos por hectárea) (Wackernagel, 1998).

De otro modo, cada hectárea de ese país sería equivalente a 1,5 hectáreas con la productividad media del mundo. Al aplicar factores de rendimiento a todos los países, la superficie ecológicamente productiva mundial es la misma expresada en hectáreas reales o físicas que en hectáreas estandarizadas.

Tal y como señalan Wiedmann y Lenzen (2006), la mayoría de los trabajos de huella ecológica adoptan las hectáreas estandarizadas, denominadas hectáreas globales (Gha), como unidad, entendidas como un tipo de superficie ponderada empleada para informar de la biocapacidad disponible y demandada¹⁷, que varía en función de la bioproductividad del mundo, por lo que puede cambiar de un año a otro (GFN, 2008).

2.2 APROXIMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Además de esta metodología, la más empleada, la consultora Best Foot Forward¹⁸ ha desarrollado la denominada “aproximación de los componentes”. Este método señala una serie de actividades que se consideran son los componentes principales de la huella (consumo de electricidad, consumo de gas, alimentos, viajes en coche, viajes en tren, etc), estimando para cada una de ellas una huella estándar, expresada en unidades de consumo por hectárea. Así, la estimación de la HE de cualquier región, organización... se realizaría multiplicando su consumo, por este factor, calculado previamente. Por ejemplo, para la actividad “viajes en coche” se estiman una huella estándar, expresada en ha por km viajado/pasajero en un determinado país. Si una región, organización,... quisiese calcular su huella, debería multiplicar la distancia recorrida por sus habitantes, en km, por el factor precalculado¹⁹.

De este modo, el cálculo se agiliza, pues es inmediato, una vez que sepamos los consumos de la realidad estudiada. Algunas de las críticas a esta metodología se relacionan con la capacidad de los componentes para recoger la totalidad de la huella. También se mencionan los problemas de doble contabilización que pueden surgir, en la medida en que es frecuente la ausencia de información completa referida al ciclo de vida de los componentes, necesaria para estimar la huella (Monfreda et al., 2004).

La aplicación de esta metodología se limita casi exclusivamente al Reino Unido, donde se desarrollaron diferentes estudios como, por ejemplo, Best Foot Forward & Imperial College (2000), Best Foot Forward (2001) o WWF-UK (2002).

2.3 CÁLCULO DE LA HUELLA EMPLEANDO ANÁLISIS INPUT-OUTPUT

Finalmente, existe, al menos, otra alternativa a la hora de calcular la PE, aplicando Bicknell et al. (1998) la metodología *input-output* en el análisis de la HE (Feng, 2001).

Esta metodología proporciona una nueva forma de entender el marco de análisis de la PE, incorporando las conexiones entre la producción de bienes y servicios de una determinada economía y su demanda final. El método parte de las tablas *input-output* convencionales elaboradas para países o regiones. En la medida en que los coeficientes

¹⁷ De acuerdo la GFN (2008) el concepto biocapacidad, o capacidad biológica, surge para referirse a la capacidad de los ecosistemas para producir materiales biológicos útiles y absorber los desechos generados por los humanos, empleando los sistemas de gestión y las tecnologías de extracción vigentes. La biocapacidad de un área se calcula multiplicando la superficie física por un factor de rendimiento y el factor de equivalencia apropiado, expresándose normalmente en hectáreas globales.

¹⁸ Ver <http://www.bestfootforward.com/>

¹⁹ Consultar Simmons e Chambers (1998) e Simmons et al., (2000). En Chambers et al., (2000) se realiza un interesante resumen de esta metodología, señalando las 24 componentes para las que habitualmente se calcula la HE con esta metodología.

*input-output*²⁰ reflejan las necesidades, directas e indirectas, de *inputs* de cada sector económico para obtener un determinado nivel de consumo final, su transformación en coeficientes de superficie, permite la estimación de la superficie total que necesita cada sector económico, considerando su demanda final en el momento del cálculo.

Tal y como señalan Bicknell et al. (1998), este análisis permite ahondar en la apreciación de las necesidades de industrias que, inicialmente, no parecen ser intensivas en superficie. Otros autores como Lenzen and Murray (2001), Lenzen et al., (2003), o Ferng (2002), también señalan el potencial de esta metodología para corregir algunas debilidades del método original, en temas como el análisis regional, la distribución de la Tierra o la huella de la energía, además de incluir necesidades directas y indirectas de superficie²¹. Al contrario, el hecho de que la mayoría de tablas *input-output* estén expresadas en términos monetarios, y no físicos, supone una importante limitación de este tipo de análisis (Wackernagel et al., 2005). Otros problemas se relacionan con la adecuación de las tablas *input-output* al año en el que se estime la huella²², o con la asunción de que la tecnología empleada para producir los productos importados es la misma que la del país que elabora las tablas (Suh, et al., 2004).

3 DEBATE SOBRE LA HUELLA ECOLÓGICA

A pesar de que la HE es relativamente un indicador nuevo, ha alcanzado una popularidad notable, tanto dentro de la comunidad científica, como entre instituciones y consumidores. Sin embargo, es difícil que un único indicador recoja eficientemente todos los aspectos relacionados con la sostenibilidad ecológica y, para mejorar su utilidad, debería ser empleado con otros indicadores que proporcionen información adicional (Wackernagel et al., 1999; Rees 2000).

Por tanto, es necesario conocer las fortalezas y debilidades de la PE, tanto para garantizar que se emplea adecuadamente, como para decidir que otros indicadores pueden complementarla. A continuación, resumimos brevemente las fortalezas, debilidades y principales críticas recibidas por la PE.

3.1 FORTALEZAS

Las fortalezas de este indicador se relacionan, en primer lugar, con que se considera que persigue un objetivo, cuantificar la superficie transformada por los humanos, adecuado. Vitousek et al., (1997) detallan como las alteraciones humanas en el uso de la superficie (entendida como aquella que incluye la superficie terrestre y los océanos) están afectando al funcionamiento de los ecosistemas de nuestro planeta, poniendo en peligro su mantenimiento y, por lo tanto, el flujo de bienes y servicios que suministran a la humanidad. En la medida en que la HE mide cuanto capital natural es empleado y, por lo tanto, transformado por los humanos para satisfacer nuestras necesidades, cuantifica que parte de los ecosistemas han sido modificados (Wackernagel et al., 1999).

²⁰ Ver, por ejemplo, Leontieff (1973).

²¹ Para obtener más información del uso de esta metodología, consultar, por ejemplo, Hubacek and Giljum (2003); McDonald and Patterson (2003), Wiedmann et al. (2006), Wiedmann et al. (2007), or Ferng (2002).

²² No es frecuente que las tablas *input-output* se calculen anualmente, por lo que pueden contener información obsoleta en el momento en el que se calcule la huella, sobre todo en lo que atañe a sectores económicos innovadores.

Desde otro punto de vista, considerando las asunciones implícitas en el concepto, la HE incorpora tres aspectos básicos relacionados con el desarrollo sostenible: (1) considera la complementariedad entre el capital humano y natural²³; (2) es consistente con las leyes de la termodinámica; (3) incluye la dimensión social del desarrollo sostenible, considerando los límites ecológicos. Otra fortaleza importante es su capacidad para comunicar los resultados, pues su claridad y sencillez conceptual (Rees 2002) favorecen su uso para la toma de decisiones.

Finalmente, en la medida en que el indicador establece diferentes categorías de superficie apropiada y consumo de bienes, permite identificar demandas de productividad de diferentes campos, permitiendo la implementación de medidas de acuerdo con las necesidades de cada una de estas áreas.

3.2 DEBILIDADES

La HE excluye algunas cuestiones que tienen un impacto ecológico notable, como el consumo de agua y recursos naturales, y algunos tipos de contaminación. Adicionalmente, asume que cada tipo de superficie tiene un único uso (van den Bergh y Verbruggen, 1999a), incluyendo sólo la superficie ecológicamente productiva. No obstante, la superficie improductiva puede ser empleada, directa o indirectamente, para usos humanos (Lenzen and Murray, 2001; Lenzen et al., 2003).

En segundo lugar, la metodología empleada para cuantificar el impacto del consumo de energía está exclusivamente centrada en el CO₂, sin considerar otros gases. Análogamente, la HE considera un único modo de compensar las emisiones: la capacidad de absorción de los bosques.

En tercer lugar, otra limitación importante se refiere a la no diferenciación del uso sostenible y no sostenible de la tierra. Así, en la busca de incrementos de productividad, la HE podría incentivar métodos de producción insostenibles (Herendeen, 2000).

A pesar de que estas limitaciones son aceptadas por los partidarios de la PE, se considera que la exclusión de estas cuestiones la convierte en un indicador conservador, de modo que la demanda humana de bioproductividad es incluso más elevada de lo que muestra la PE.

Por otro lado, algunas de estas debilidades están siendo incluidas en el análisis de huella ecológica y cuestiones como la inclusión del metano y otros gases de invernadero (Walsh et al., 2007; Lenzen and Murray, 2001) o la diferenciación entre el uso sostenible y no sostenible de la superficie (Lenzen and Murray, 2001; Lenzen et al., 2003) fortalecen al indicador. Igualmente, con el objetivo de superar las limitaciones inherentes a un análisis estático, el estudio de series temporales contribuye a reducir ciertas distorsiones típicas de los estudios referidos a un único año (Wackernagel et al., 2004a).

3.3 CRÍTICAS RECIBIDAS

A pesar de la popularidad alcanzada, es cierto que la HE ha recibido diferentes críticas, que cuestionan algunas de las asunciones realizadas. Algunos aspectos

²³ El capital natural abarca tanto recursos naturales y los sumideros necesarios para soportar la actividad económica de los humanos, como aquellos procesos biofísicos y relaciones entre componentes de la ecosfera que suministran servicios esenciales para soportar la vida (Wackernagel y Rees, 1996; Wackernagel et al., 2002).

cuestionados son: (1) el papel desempeñado por el comercio en la HE (Lenzen y Murray, 2001; van den Bergh y Verbruggen, 1999a); (2) el uso de productividad global y no local (Bicknell et al, 1998; Lenzen y Murray, 2001); (3) la consideración de fronteras políticas y no relacionadas con los ecosistemas (van den Bergh y Verbruggen, 1999ab); (4) el hecho de que, de acuerdo al indicador, algunos países industrializados con poca superficie no pueden ser sostenibles (van den Bergh y Verbruggen, 1999a,b); (5) la aplicación del concepto de capacidad de carga a poblaciones humanas (McDonald y Patterson, 2003). Tal y como señala Costanza (2000), la controversia surge cuando la HE pasa de simplemente analizar los resultados a interpretar la HE como indicador de algo más.

Existe, por lo tanto, un interesante debate en relación con la interpretación de la HE que aún no ha sido cerrado (ver, por ejemplo, las réplicas a las críticas mencionadas de Ferguson, 1999; Loh, 2000; Rees, 2000; Wackernagel, 1999; Wackernagel y Silverstein, 2000; Wackernagel et al., 2004b; o Woods, 2004).

No obstante, los comentarios críticos recibidos tuvieron, sin duda, influencia en la visión que los mismos Wackernagel y Rees, tenían de su propio indicador. De este modo, si en los objetivos iniciales, se destacaba la eficiencia de la HE como indicador de sostenibilidad y herramienta de planificación (Wackernagel y Rees, 1996), más recientemente se redireccionan hacia metas más específicas y, quizás, menos ambiciosas que las iniciales. Así, la HE se centra exclusivamente, por lo menos en teoría, en la contabilización del capital natural y la documentación del sobrepasamiento ecológico (Wackernagel et al., 2004b). Sin cambiar la esencia del concepto y del método de cálculo, la formulación actual del indicador se centra en el estudio de la capacidad de recuperación de la biosfera [...] necesaria para renovar el consumo de recursos de una población definida en un determinado año, considerando la tecnología existente y la gestión de recursos de ese año (Monfreda et al., 2004). Los mismos autores insisten en este cambio, señalando que la huella ecológica es una medida del sobrepasamiento y no una medida de sostenibilidad ecológica (Wackernagel et al., 2004b). Así mismo, se matizan notablemente, algunas cuestiones fuertemente criticadas, como, por ejemplo, el significado del déficit ecológico, lo que contribuye a incrementar la aceptación en la comunidad científica.

En todo caso, más allá de esta controversia, la contribución de la HE al debate de la sostenibilidad ecológica se basa en que:

- Muestra claramente la dependencia que los humanos tenemos de los ecosistemas (Chen et al., 2007).
- Mide esta dependencia, considerando las necesidades de capital natural de una determinada economía o población (Wackernagel y Rees, 1997), proporcionando un criterio para documentar el sobrepasamiento.
- Relaciona cuestiones relativas a la sostenibilidad ecológica con variables socioeconómicas como las tendencias demográficas, la expansión económica, cambios en la eficiencia en el consumo de recursos, y la prosperidad económica (Wackernagel et al., 2004b).

4. LA HUELLA ECOLÓGICA CORPORATIVA

4.1 CONCEPTO Y OBJETIVOS

Tanto porque la legislación ambiental está cada vez más desarrollada como por la presión de consumidores y la propia concienciación de los dirigentes, las empresas deben asumir cada vez compromisos ambientales mayores, contribuyendo al logro de un medio ambiente sostenible, o, cuando menos, evitando su degradación.

En este contexto resulta interesante la elaboración de una herramienta que muestre, de modo simple, la situación medioambiental de organizaciones y empresas, debiendo ser un elemento útil para la toma de decisiones al respecto.

Surge, entonces, la posibilidad de emplear la HE con este fin, pues es un indicador que sintetiza diferentes efectos en el medio ambiente; su cálculo es relativamente simple; se expresa en unidades fácilmente comprensibles siendo, por tanto, útil para la toma de decisiones. La aplicación de la HE a organizaciones era una posibilidad señalada por los propios creadores del indicador (Wackernagel y Rees, 1996). En la medida en que las empresas, al igual que los ciudadanos, son consumidoras de recursos y generadoras de residuos, tenemos los elementos necesarios para calcular una huella, por lo que, es perfectamente factible obtener una huella corporativa.

En su contra, podría cuestionarse el sentido de que las empresas empleen un indicador expresado en una unidad, las hectáreas de superficie productiva, apropiado para países o regiones, pero quizás, menos relacionado con corporaciones. No obstante, tal y como justificaremos en la sección siguiente, la superficie ocupada puede tener también sentido en una huella corporativa. Por otro lado, las diferentes metodologías que se vienen aplicando, permiten expresar la huella ecológica, no sólo en términos de hectáreas, si no en términos de emisiones, principalmente de CO₂, surgiendo lo que algunos autores denominan huella del carbono²⁴. Esta adaptación es notablemente atractiva para las empresas, sobre todo, considerando las exigencias que deben afrontar en el marco del Protocolo de Kioto, plasmadas en España en los diferentes *Planes Nacionales de Asignación de Derechos de Emisión de Gases de Efecto Invernadero*.

Por otro lado, la huella corporativa puede ser también relacionada con los bienes que cada empresa produce. Su expresión en términos de hectáreas o toneladas de CO₂, por tonelada de producto, confiere al indicador la capacidad de ser empleado como elemento en una ecoetiqueta (Doménech, 2007). De este modo, el consumidor dispondría de información medioambiental relevante y comprensible a respecto de los bienes que consume y de las empresas productoras.

4.2 MÉTODO DE CÁLCULO

Al igual que sucede con la huella en su versión tradicional, no existe un único método de cálculo para empresas y organizaciones. Es más, en la medida en que partiendo de la metodología general se pueden calcular, sin necesidad de muchos cambios, huellas de determinados consumos de las empresas, existe también incertidumbre a respecto de que conceptos se incluyen en el cálculo de la huella ecológica de organizaciones. Por otro lado, ni Wackernagel ni Rees han propuesto una

²⁴ En Wiedmann y Minx (2007) se puede encontrar abundante información sobre la huella del carbono.

metodología específica para las organizaciones, por lo que no existe una referencia clara, como en el caso de países y regiones²⁵.

Sin embargo, es importante determinar qué cuestiones se incluyen en la huella corporativa, estableciendo también una metodología de cálculo. En este sentido, podemos destacar, al menos tres tendencias en lo que se refiere al cálculo de la HE de organizaciones. En primer lugar, la “aproximación de los componentes” puede ser aplicada en este contexto. En la medida en que el método se basaba en precalcular una huella “estándar” de una serie de componentes que luego es multiplicada por el consumo de cada uno, el método es válido para organizaciones, sin que prácticamente sea necesario realizar cambios a respecto de la manera de proceder para países o regiones. Simplemente habría que multiplicar los consumos de la organización por la huella de cada componente.

Algo similar sucede con la metodología *input-output*, que está alcanzando cierta difusión en el ámbito de organizaciones (Gallego y Lenzen, 2005; Wiedmann y Lenzen, 2006). Los fundamentos del método de cálculo son los mismos que los empleados para el cálculo de la HE de países o regiones, basándose, igualmente, en las tablas *input-output* estándar y en la división sectorial que reflejan. Así mismo, es necesario transformar los coeficientes *input-output* en coeficientes de superficie.

En esta línea, se realizaron avances a la hora de elaborar aplicaciones informáticas que adaptan los resultados a las necesidades de las organizaciones, desarrollándose el software denominado Bottomline³ (ou BL³) (Wiedmann et al. 2007), que basándose en el análisis *input-output*, calcula la huella ecológica, la huella del carbono, gases de efecto invernadero, uso de energía y recursos y otros parámetros que son útiles para evaluar la situación medioambiental de la empresa. Las ventajas e inconvenientes son los mismos que cuando se aplica esta metodología a países, si bien tanto la necesidad de un software específico para el cálculo como la posibilidad de que la desagregación sectorial presente en el análisis *input-output* no se ajuste con las características de la empresa (Suh et al., 2004) son dos aspectos negativos a considerar.

Finalmente, una tercera aproximación a la huella ecológica de la empresa es el “método compuesto de las cuentas contables” desarrollado por Doménech (2004a, 2004b, 2007) partiendo del concepto de huella que Wackernagel et. al., (2000). Doménech impulsó igualmente la creación de un Grupo de Trabajo interuniversitario sobre “Mejora de la huella ecológica corporativa”, en el que participan las Universidades de Oviedo, Cantabria, Valencia, Cádiz y Santiago de Compostela, representada por el Grupo de Investigación de Economía Pesquera y Recursos Naturales. En la medida en que participamos en su desarrollo, éste es el método de cálculo elegido para nuestra estimación, ahondando, a continuación en sus fundamentos teóricos.

4.2.1 Descripción de la metodología seleccionada

El origen del “método compuesto de las cuentas contables”, podemos encontrarlo en la huella familiar (Wackernagel et. al., 2000). Basándose en la matriz de consumos y superficies presente en la hoja de cálculo elaborada para el cálculo de la huella de los hogares, Doménech (2004a, 2004b, 2007) elabora una matriz que recoge los consumos

²⁵ Wackernagel sí desarrolló una adaptación de la metodología para calcular la huella ecológica de los hogares (Wackernagel, et. al., 2000).

de las principales categorías de productos que una empresa precisa. Su referencia en este trabajo fué la Autoridad Portuaria de Gijón, la primera organización a la que se aplicó esta metodología.

La idea general es elaborar un listado de las principales categorías de productos consumidos, existiendo también apartados para los residuos generados y el uso del suelo. Tal y como señalamos a continuación, la huella se expresa tanto en hectáreas estandarizadas como en toneladas de CO₂²⁶.

La información necesaria, se obtiene, principalmente, de documentos contables como el balance y la cuenta de pérdidas y ganancias, si bien puede ser necesaria información de otros departamentos de la empresa, que dispongan de información específica de determinados apartados (generación de residuos, superficie ocupada por las instalaciones de la organización...).

La matriz de consumos-superficies

Esta matriz se implementa en una hoja de cálculo, la principal herramienta para el cálculo de la huella. Su estructura no difiere, en lo sustancial, de la matriz de consumos-superficies empleada en el cálculo de la HE de países. Así, las filas muestran la huella de cada categoría de producto, mientras que las columnas de la matriz también incluyen, entre otras cosas, las distintas superficies en las que se divide la huella. No obstante, la hoja de cálculo elaborada para estimar la HE de las empresas es más compleja, tal y como describimos a continuación (Ver la Tabla 3).

Comezando por las columnas, la hoja de cálculo se divide en 6 grupos, correspondiendo el primero a la descripción de las diferentes categorías de productos consumibles. Estos, están agrupados en cuatro grandes bloques: consumo energético, a su vez distribuido en seis subgrupos²⁷, uso del suelo, recursos agropecuarios y pesqueros y recursos forestales. Dentro de cada grupo se pueden incluir tantos productos como se desee.

El segundo grupo de columnas muestra los consumos de cada producto, expresados en unidades específicas. Las unidades de la primera columna del grupo se relacionan con las características del producto y, por ejemplo, el consumo de electricidad se recoge en kwh, el de agua en m³... la segunda columna recoge el valor de los consumos en euros, mientras que la cuarta los muestra en toneladas. La quinta columna recoge la energía en gigajulios (Gj) de cada consumo, obtenida multiplicando las toneladas de producto, por la cantidad de energía por tonelada empleada en su producción (Gj/t), denominada intensidad energética, presente en la cuarta columna.

El tercer grupo de columnas muestra la productividad de cada bien, existiendo dos columnas, la productividad natural, en toneladas por hectárea, y la productividad energética, en gigajulios por hectárea.

El cuarto grupo consta de seis columnas que muestran la HE, repartida entre las diferentes superficies en las que se divide la huella, las mismas que en la huella de los

²⁶ El cálculo de las hectáreas estandarizadas se realiza empleando factores de equivalencia y rendimiento, del mismo modo que en la versión tradicional del indicador.

²⁷ Los subgrupos son electricidad, combustibles, materiales, materiales de construcción, servicios y deshechos.

países (energía fósil, tierra cultivable, pastos, bosques, superficie construída y mar) si bien ahora la primera es la energía y no la superficie cultivada²⁸.

Existe un último grupo de dos columnas que recoge la huella ecológica total o terreno ocupado y la contrahuella, o terreno disponible. Este concepto se describirá en apartados posteriores.

Proceso de cálculo

Una vez vista la estructura de la hoja de cálculo, podemos comenzar a ver como se calcula la huella, lo que, al mismo tiempo, nos servirá para entender el significado de algunas de las nuevas columnas, no presentes en la matriz consumos-superficie tradicional. Nuestro objetivo no es describir detalladamente el método de cálculo, si no hacer una descripción general que nos permita comprender las principales ideas implícitas en él.

La metodología desarrollada por Doménech va a mantener la filosofía de la HE tradicional, con la particularidad de que una buena parte de los bienes que se consumen en una empresa no se obtienen de ninguna superficie productiva. Las empresas compran máquinas, ordenadores, consumen electricidad... todos ellos son bienes para los que la huella no puede ser calculada por el método tradicional, dividiendo el consumo entre la productividad de la superficie de la que proviene o bien, porque, al no ser bióticos, no proceden directamente de ninguna superficie.

²⁸ Por motivos de espacio, la Tabla 3 sólo recoge los tres primeros tipos de superficie.

Tabla 4. Estructura de la hoja de cálculo que recoge la matriz consumos-superficies de la huella ecológica de las empresas

CATEGORÍA DE PRODUCTO	CONSUMO ANUAL					PRODUCTIVIDAD		HUELLA POR TIPO DE ECOSISTEMA				HUELLA TOTAL [Ha*FE]	CONTRAHU ELLA [Ha*FE*FR]
	Unidades de consumo [ud./año]	Euros sen IVA [euros/año]	Toneladas [t/año]	Intensidad energética [Gj/t]	Gj [Gj/año]	Natural [t/ha/año]	Energética [Gj/ha/año]	Energía Fósil [Ha*FE]	Tierra Cultivable [Ha*FE]	Pastos [Ha*FE]		
1. ENERGÍA													
1.1 Electricidad													
1.2 Combustibles													
1.3 Materiales													
1.4 Materiales de construcción													
1.5 Servicios													
1.6 Residuos y residuos													
2. USO del SUELO													
3. RECURSOS AGROPECUARIOS y PESQUEROS													
4. RECURSOS FORESTALES													

Surge entonces un problema, pues la mayoría de consumos no se pueden computar en la huella de acuerdo a como se venía haciendo. En este caso, se sigue, en cierto modo, el mismo razonamiento que en el caso de los países, pues el indicador recoge el impacto de la energía empleada en su producción. Sin embargo, el modo de estimar esta huella es ahora diferente.

En el caso de los territorios, se tiene en cuenta el consumo de energía total de los habitantes del país o región estudiado, realizando un ajuste en función de las importaciones y exportaciones de bienes. Como en las empresas eso no es posible, Doménech (2004a, 2004b, 2007), recurre a factores de intensidad energética, que indican la energía consumida en la producción de cada categoría de producto, expresada en gigajulios por tonelada²⁹. Tienen sentido, entonces, la cuarta y la quinta columna del segundo grupo de la hoja de cálculo, pues la energía total incorporada en la producción de cada producto se obtiene multiplicando el consumo en toneladas por la intensidad energética. En el caso de los bienes amortizables, la HE recoge cada año su cuota de amortización, evitando fluctuaciones elevadas en los períodos en los que se adquiera el inmovilizado.

Una vez que se obtiene la energía, se compara con la productividad energética de cada combustible, calculando de este modo la huella de los recursos no bióticos. La productividad energética se refiere a la cantidad de energía que puede asimilar una hectárea de bosque (Doménech, 2007), estimada a partir de la cantidad de energía contenida en las emisiones de CO₂.

En la medida en que, para cada combustible, existen factores estándar que recogen la cantidad de CO₂ que emiten por GJ consumido, es posible realizar la operación inversa, estimando los GJ de cada combustible que fueron necesarios para emitir la cantidad CO₂ que puede absorber anualmente una hectárea. En este sentido, la tasa de absorción de CO₂ por hectárea empleada por Doménech no son las 6,6 tCO₂/ha/año propuestas por Wackernagel y Rees (1996), si no que se actualiza este valor a 5,21 tCO₂/ha/año, de acuerdo a la propuesta del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, 2001)³⁰.

La estimación de la huella de la energía se aplica también a los servicios que contrata la organización estudiada y a los residuos que genera, ambos importantes en la huella de las organizaciones. En relación a los primeros, se asume que una parte del coste del servicio se corresponde al consumo energético, estimando el peso de esta parte para cada tipo de servicio. Este porcentaje se aplica al importe del servicio, obteniendo *“los euros que se corresponden con el consumo energético”* (Doménech, 2007). Este valor se transforma en toneladas considerando el precio de los combustibles, procediendo luego a aplicar la intensidad energética correspondiente, del mismo modo que se haría al estimar la huella de la energía de cualquier otro recurso no biótico.

²⁹ Estos factores de intensidad energética serían del mismo tipo que los empleados en el cálculo de la huella de países, para determinar la cantidad de energía incorporada a los flujos comerciales.

³⁰ Por ejemplo, los combustibles líquidos tienen, en términos medios, un factor de emisión de carbono de 0,0734 tCO₂/Gj. Si consideramos la tasa de absorción de 5,21 tCO₂/ha/año, una hectárea de bosque podría absorber 70,98 Gj de combustibles líquidos al año (5,21/0,0734), valor que se tomaría como productividad energética de los combustibles líquidos.

En lo tocante a los residuos, se estima la huella de la energía, con la particularidad de que se descuenta la cantidad de energía que se recupera en el proceso de reciclado, en el supuesto de que una parte de los residuos generados se reciclen.

Por otro lado, una empresa también puede consumir recursos bióticos, como alimentos, madera... En este caso, la estimación de la huella se realiza por el método habitual de dividir el consumo, en este caso en toneladas, por la productividad natural de la superficie a la que se asigna cada producto³¹. No obstante, la huella de los recursos bióticos, debe incluir también la energía que se emplea en la producción de estos bienes, por lo que, además de la huella “natural o biótica”, se estima su huella energética, de igual modo que se haría para cualquier otro producto. Por lo tanto, la HE de este tipo de bienes tiene las de los componentes señaladas, la “natural” y la energética.

En relación con las productividades empleadas, es necesario aclarar que se opta por el uso de productividades globales o mundiales, pues, tal y como indica Doménech (2007, 84), *“en el creciente mundo globalizado en el que vivimos, los artículos consumidos por las empresas o corporaciones tienen diversas procedencias, lo que haría muy dificultoso trabajar con las productividades locales de cada uno”*. Autores como Relea y Prat (1998) defienden, esta opción para la huella de los países, afirmando que el uso de productividades locales puede provocar que aquellos con más recursos económicos consuman recursos de los lugares más productivos del planeta para reducir su huella vía productividad, dejando los productos de tierras menos productivas y, por tanto, con mayor huella, a los países pobres.

Finalmente, en las organizaciones se recoge el uso del suelo, tanto en tierra firme como en el mar. En este caso, se diferencian distintos tipos de suelo (construido, zonas de cultivos, pastos...), estimándose también la contrahuella de la organización.

La contrahuella es un concepto asimilable, en parte, a la superficie ecológicamente productiva de un país o región. Recordemos que en la versión clásica de la huella ecológica, se compara la superficie necesaria para satisfacer las necesidades de los habitantes de un determinado territorio, la propia huella ecológica, con la superficie disponible para satisfacer esas necesidades, surgiendo un déficit o una reserva ecológica dependiendo de cual de las dos superficies fuese mayor.

Por ello, el concepto de superficie ecológicamente productiva tiene sentido al hablar de territorios, pero no tanto en el caso de organizaciones. Todos los países disponen, en mayor o menor medida, de una parte de su superficie que es empleada para producir recursos bióticos, por lo que la comparación entre la superficie disponible y la consumida siempre va a ser posible. La huella ecológica asume que es positivo disponer de superficie productiva y, por tanto, que los habitantes del territorio estudiado satisfagan sus necesidades con productos producidos en el propio territorio. Desde el punto de vista de la condición de sostenibilidad, un país que no disponga de superficie ecológicamente productiva nunca va a poder ser sostenible, por lo menos de acuerdo con la concepción inicial del indicador, pues sus habitantes deben consumir, aún que sea simplemente para satisfacer sus necesidades vitales.

³¹ Así, por ejemplo, si tenemos un consumo de 10 toneladas de uvas y la productividad de las uvas es de 9,3 t/ha., la huella de las uvas sería de 1,07 ha, asignada a la superficie cultivos, al igual que se haría en la huella de un país o región.

En caso de las empresas, esta asunción es difícil de mantener, pues muchas no necesitan terrenos donde se produzcan recursos bióticos. Un taller de reparación de coches, una entidad financiera,... realizan actividades sin ningún vínculo directo con este tipo de recursos. Surge entonces el concepto de contrahuella. El punto de partida es que, si bien es deseable que las empresas reduzcan su huella siendo más eficientes, esto es, reduciendo sus consumos, se considera positivo que dispongan de espacios naturales, permitiendo que inversiones en este tipo de superficie reduzcan la huella. De este modo, la huella ecológica fomentaría que el sector privado se involucre en la conservación de los espacios naturales (Doménech, 2007) lo que se considera positivo, en términos de sostenibilidad.

Las superficies de cultivos, pastos, bosques, jardines o, por ejemplo, reservas marinas, que disponga la empresa contribuirán a contrarrestar una parte de la huella, pues son consideradas contrahuella. Para reducir la huella una hectárea, bastaría con adquirir la misma cantidad de terreno de una de estas superficies. En el caso de que se invierta en superficie arbolada, se reducirán también las emisiones de CO₂, considerando la tasa de absorción de 5,21 tCO₂/ha/año. Si a la HE le restamos la contrahuella, obtenemos la HE neta, o de otro modo, la superficie que precisa la empresa menos que aquella de la que dispone.

Así, si en la HE de los países es necesario disponer de superficie ecológicamente productiva para no incurrir en déficit ecológico, en la huella de las organizaciones es positivo disponer de contrahuella, pues permite reducir su huella. A igual que la superficie ecológicamente productiva, la contrahuella se multiplica, además de por el factor de emisión correspondiente, por un factor de rendimiento, que pondera la productividad de la contrahuella en relación a los valores globales.

Fortalezas y debilidades

La metodología sigue, en lo fundamental, la filosofía del método desarrollado por Wackernagel y Rees. Es por tanto un método fácilmente asimilable para aquellos investigadores familiarizados con el análisis de huella desarrollado por estos dos autores. En cuanto a su alcance, hablamos de un método completo, que permite añadir nuevos consumos a las categorías de propuestas, incorporando también la generación de residuos. Es, por tanto, un método flexible, que permite su adaptación a las particularidades de cualquier tipo de organización. Igualmente, se expresa en hectáreas y toneladas de CO₂, lo que incrementa su utilidad.

Las debilidades se relacionan, no tanto con las propias características del método de cálculo, si no con la dificultad de obtener determinados factores de conversión (euros a hectáreas e intensidad energética, principalmente) precisos y actuales, pues las fuentes de información para su elaboración suelen ser escasas.

Por otro lado, el grupo de trabajo interuniversitario sobre huella ecológica corporativa mencionado anteriormente, esta trabajando en aspectos como la incorporación del ciclo de vida de los combustibles consumidos, residuos peligrosos y gases diferentes del CO₂ el uso de infraestructuras públicas por las organizaciones, las tasas de absorción de pastos, cultivos y sistemas acuáticos, además de mejorar la precisión de cuestiones como la huella de los servicios y las comidas de empresas.

5. LA HUELLA ECOLÓGICA CORPORATIVA: EL CASO DE DOS EMPRESAS DEL SECTOR PESQUERO GALLEGO

A continuación aplicamos la metodología propuesta a dos empresas pesqueras de Galicia, denominadas B1 y B2. Nuestro objetivo es estimar su huella ecológica, detectando las principales áreas donde se genera, además de analizar las diferencias existentes entre los dos casos estudiados.

5.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMPRESAS ESTUDIADAS

B1 es una sociedad limitada constituida en 2004. Dispone de una embarcación de 29 metros de eslora, con un motor de 280 CV de potencia, una capacidad de 233 GT de arqueo bruto y una antigüedad de 9 años. Sus especies objetivo son la merluza (94.244 kilos en 2006) y la cabra (4.562 kilos) capturadas mediante la modalidad de palangre de fondo. Pesca al suroeste de las Islas Británicas, en la zona denominada Gran Sol, a la que se desplaza 14 veces al año, transcurriendo 20 días desde el momento de su partida hasta el regreso. La tripulación es de 17 personas.

B2 es una comunidad de bienes constituida en 1994. Dispone de una embarcación de 25,70 metros de eslora, con un motor de 275 CV de potencia, una capacidad de 152 GT de arqueo bruto y una antigüedad de 14 años. Sus especies objetivo son el pez espada (21.496 kilos en 2006), la musola dentada (99.689 kilos), el marrajo (11.772 kilos) y el bonito (57.218 kilos), capturados mediante la modalidad de palangre de superficie (cacea, en el caso del bonito). Pesca dentro del caladero nacional, en una zona comprendida entre el Cabo Fisterra y la costa Cántabra, realizando 12 mareas al año, con una duración media de 25 días. La tripulación es de 12 personas.

Las dos empresas están formadas por un único barco, sin oficinas en tierra, si bien B1 posee una nave que usa como almacén. La ausencia de oficinas es frecuente en las empresas pesqueras, donde un armador puede tener varios barcos, pero cada uno constituye una empresa independiente. El domicilio particular del armador suele figurar como el domicilio de la empresa, realizando las gestiones administrativas necesarias mediante una gestoría, o bien desde la cofradía a la que pertenece el armador. Ahí pues, la huella de las dos empresas estudiadas es, principalmente, la huella del barco.

5.2 OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la obtención de la información se distinguen dos fases. En primer lugar, se suministró información general de la HE a las dos empresas estudiadas. Telefónicamente se explicaron los objetivos del estudio y el tipo de datos necesarios, con la finalidad de familiarizar con el indicador a las personas encargadas de proporcionar la información.

En segundo lugar, se elaboró un cuestionario, enviado al departamento de contabilidad de las dos empresas. El cuestionario trataba de ser una guía, indicando las principales categorías de consumo necesarias para estimar la HE de una empresa pesquera. Para eso se consultaron las encuestas empleadas para la elaboración de las Tablas Input-Output de la Pesca Conserva Galegas 1999 (García-Negro, 2003), pues recogen con detalle la estructura económica de las empresas pesqueras gallegas. No

obstante, el cuestionario enviado no era cerrado, pudiendo añadirse los consumos que se considerasen oportunos. Se solicitó información referida al ejercicio económico 2006, año al que está referida la huella calculada.

5.3 RESULTADOS DEL ESTUDIO

Los principales resultados del estudio se resumen en la siguiente tabla, que recoge la HE, las emisiones de CO₂, así como las principales *ratios* relacionados con el análisis realizado³².

Tabla 5. Huella ecológica, emisiones de CO₂ y *ratios* relacionadas de B1 y B2. 2006

Concepto	Ud.	B1	B2
HE bruta	Gha	1.083,5	540,2
Contrahuella	Gha	0	0,0
HE neta	Gha	1.083,5	540,2
Emisiones CO ₂ brutas	t	1.678,2	1.026,4
Emisiones CO ₂ netas	t	1.678,2	1.026,4
Mercancía vendida	t	98,80	190,2,0
Ratio HE neta/t mercancía	Gha/t	10,96	2,8
t CO ₂ netas/t mercancía	t	16,98	5,4

En ella, se observan diferencias importantes en la HE de las dos empresas estudiadas, variando la huella desde las 1.083,5 Gha de B1 a las 540,2 Gha de B2. En los dos casos, la HE bruta coincide con la neta, pues ninguna de las dos empresas invierte en capital natural. En cuanto a las emisiones de CO₂, las diferencias se mantienen elevadas, si bien menores, debido a que todos los consumos se transforman en hectáreas, pero no todos generan CO₂³³. En este caso, las emisiones de B1 ascienden a 1.678,2 t de CO₂, mientras que las de B2 a 1.026,4 t de CO₂.

Es interesante relacionar la huella con la mercancía vendida, pues la diferencia de HE en términos absolutos puede ser debida a la dimensión de las empresas estudiadas. La relación de la huella con la producción de la empresa, además de proporcionar información útil para los gestores y consumidores, nos permiten contextualizar el indicador en relación al tamaño de la empresa.

En este caso, B1 sigue ocupando el primer lugar con 10,09 Gha y 16,9 toneladas de CO₂ por tonelada de mercancía vendida, pues, además de tener una huella más alta, comercializa menos toneladas de pescado que B2, si bien son especies de un valor unitario más alto, por lo que la rentabilidad no tiene porque ser más baja. Las *ratios* de B2 son notablemente inferiores, alcanzando, 2,8 Gha y 5,4 toneladas CO₂ por tonelada de mercancía vendida.

Son destacables las diferencias existentes entre las dos huellas pues, si bien las artes de pesca no son las mismas, estamos hablando de dos empresas con un único barco, no muy diferentes en cuanto a eslora, potencia y arqueo; con tripulaciones compuestas por un número similar de marineros, sin que tampoco exista mucha

³² Queremos dejar claro que de este estudio no se puede obtener información alguna a respecto de la posición, del sector pesquero extractivo en relación a otros sectores económicos, pues ni se dispone de información de la HE de otras actividades, ni a las empresas estudiadas son representativas del sector pesquero gallego.

³³ Además del consumo de energía, directo o incorporado en la producción de bienes y servicios, se estima que el consumo de madera genera CO₂, en la medida en que supone reducir la superficie disponible de los bosques, los que tienen capacidad de absorber CO₂ de acuerdo a la HE.

diferencia en el número de días que permanecen en el mar. No obstante, las huellas no son similares, siendo necesario indagar el motivo de esas diferencias.

Las tablas siguientes recogen la HE de las dos empresas, mostrando su distribución entre los distintos tipos de superficies.

Tabla 6. La huella ecológica de B1: tipos de superficies

<i>Tipo de superficie</i>	<i>Gha</i>	<i>%</i>	<i>TCO₂</i>	<i>%</i>
Energía fósil	322,07	29,7%	1.676,9	99,9%
Tierra cultivable	53,31	4,9%		
Pastos	24,91	2,3%		
Bosques	0,25	0,0%	1,3	0,1%
Terreno construido	2,83	0,3%		
Mar	680,12	62,8%		
Total	1.083,5	100%	1.678,17	100%

Tabla 7. La huella ecológica bruta de B2: tipos de superficies

<i>Tipo de superficie</i>	<i>Gha</i>	<i>%</i>	<i>TCO₂</i>	<i>%</i>
Energía fósil	197,06	36,5%	1.026,0	100,0%
Tierra cultivable	45,90	8,5%		
Pastos	21,46	4,0%		
Bosque	0,07	0,0%	0,36	0,0%
Terreno construido	0,00	0,0%		
Mar	275,74	51,0%		
Total	540,23	100%	1.026,4	100%

En ellas se observa que no existe mucha distancia en lo que atañe a la huella asociada a las superficies “tierra cultivable”, “pastos”, “bosque” y “terreno construido”, si bien la suma de estas subhuellas en B1 es un 20,60% más elevada (81,3 Gha frente a 67,4 Gha). Por tanto, la huella correspondiente a la “energía fósil” y la superficie “mar” se dispara en B1, superando ampliamente a B2. En el primer caso, B1 tiene una huella de 322,07 Gha, lo que significa que es un 63,43% superior a las 197,06 Gha de B2. En el segundo caso, la diferencia es aún mayor, ascendiendo la huella del mar de B1 a 680,12 Gha, casi 2,5 veces más que las 275,74 Gha de B2. Esto supone que la HE de la superficie “mar” significa un 62,8 % de la huella total de B1, que se convierte en un 92,4% si añadimos la huella correspondiente a la energía.

En el caso de B2, esta predominancia de la huella de los productos del mar es notable, pero no tan acentuada, alcanzando este componente el 51,0 % de la HE total. Al igual que B1, si se añade el consumo de energía, obtenemos una parte muy importante de la HE, el 87,5%.

Con la finalidad de avanzar un paso más en la busca del origen de las diferencias en las huellas de las dos empresas, desagregamos las Tablas 5 y 6. Las Tablas 7 y 8 recogen la huella de la energía y de los recursos agropecuarios y pesqueros, donde se concentra la mayoría de la HE en los dos casos, originándose, además, las diferencias.

Una buena parte de la diferencia de la huella asociada a la energía se debe a un consumo de gasóleo b más elevado por B1, cuya HE en ese concepto es un 42,17% más alta que la de B2 (194,31 frente a 136, 67 Gha respectivamente). Se podría pensar que este mayor consumo se debe a las características y/o la actividad de las embarcaciones, si bien señalamos que las diferencias en este apartado no eran tan grandes. No obstante,

existe un aspecto importante a destacar. Una parte del gasóleo comprado en 2006 por B1 no se usa como combustible, si no que se emplea para dar estabilidad a la embarcación.

Hasta 2006, la embarcación de B1 pescaba empleando palangre de superficie. En enero de ese año, se cambia de arte de pesca, trabajando con palangre de fondo, lo que requiere determinados ajustes en la realización de las actividades pesqueras. El que nos afecta, en este caso, se relaciona con la necesidad de incorporar más peso al barco, para tener una mayor estabilidad. Este peso se consigue adquiriendo un remanente de gasóleo (73.529 litros, equivalentes a 62,2 toneladas) que se acumula en la bodega del barco, sin que, en principio, se tenga intención de consumir. De ahí el mayor consumo por parte de B1³⁴.

No obstante, a pesar de que el consumo de combustibles es una de las componentes principales de la huella de la energía fósil de las empresas pesqueras, no es la causa fundamental de las diferencias entre los dos casos estudiados, debiendo resaltar la importancia de la energía incorporada al cebo³⁵, necesario para pescar.

La empresa B1 consume en 2006 51,42 t de cebo, frente a sólo 19,6 t de B2. De ahí que la energía incorporada a esta partida sea sustancialmente diferente en un caso y en el otro, propiciando que la huella de la energía incorporada a los cebos de B1 sea 10 veces más elevada que la de B2 (82,47 frente a 31,42 Gha de B2).

Tabla 8. La huella ecológica de B1: desglose de la huella de la energía y los recursos agropecuarios y pesqueros

Gha	Energía fósil	Tierra cultivable	Pastos	Bosque	Terreno construido	Mar	HE total
Energía	217,66						217,78
<i>Electricidad</i>	1,67	0,002					1,67
<i>Combustibles</i>	194,31						194,31
<i>Materiales no amortizables</i>	10,01						10,01
<i>Materiales amortizables</i>	7,78						7,78
<i>Materiales en construcción</i>	0,36			0,12			0,48
<i>Servicios</i>	1,80						1,80
<i>Desechos</i>	1,72						1,72
Uso del suelo					2,83		2,31
Recursos agropecuarios y pesqueros	103,87	53,30	24,91	0		680,12	862,21
<i>Alimentos</i>	19,10	53,16	24,91			45,68	142,85
<i>Tabaco</i>	0,05	0,15					0,20
<i>Cebos</i>	82,47					617,63	700,10
<i>Autoconsumos de pescado</i>	2,25					16,81	19,06
Recursos forestales	0,54			0,13			0,67
TOTAL	322,07	53,31	24,91	0,25	2,83	680,12	1.083,49

Obviamente, el consumo de cebos queda reflejado también en el componente de la huella que recoge el consumo de productos del mar, que en el caso de B1 alcanza 617,63 Gha, un 57,0 % de la HE de esta empresa. La importancia exagerada de los

³⁴ La dificultad para determinar la parte de las compras consumidas cada año, obliga a que la HE asuma, habitualmente, que las cantidades compradas se consumen en el ejercicio económico en el que se compran.

³⁵ El cebo es un recurso biótico, por lo que la HE recoge tanto su huella “natural”, como la de la energía, computando la energía necesaria para su obtención (para más información ver el apartado 4.2.1). Es destacable que, a la vista de estudios que estamos realizando, el factor de intensidad energética que se aplica al pescado, 100 Gj/t, puede estar sobrevalorado, disparando la huella energética de este producto. No obstante, la diferencia, en términos relativos, en las dos empresas será la misma, independientemente del factor empleado.

cebos es otra de las principales diferencias en relación a B2, cuya huella en este concepto asciende a 235,3 Gha, un 43,5% de su huella total. Por lo tanto, en ambas empresas el consumo de cebos es el componente que, con diferencia, genera más PE, siendo esta la característica distintiva de las dos empresas estudiadas.

Tabla 9. La huella ecológica de B2: desglose de la huella de la energía y los recursos agropecuarios y pesqueros

Gha	Energía fósil	Tierra cultivable	Pastos	Bosque	Terreno construido o	Mar	HE total
Energía	148,71						148,71
<i>Electricidad</i>							<i>0,00</i>
<i>Combustibles</i>	<i>136,67</i>						<i>136,67</i>
<i>Materiales no amortizables</i>	<i>1,41</i>						<i>1,41</i>
<i>Materiales amortizables</i>	<i>8,52</i>						<i>8,52</i>
<i>Materiales en construcción</i>	<i>0,00</i>						<i>0,00</i>
<i>Servicios</i>	<i>0,84</i>						<i>0,84</i>
<i>Desechos</i>	<i>1,27</i>						<i>1,27</i>
Uso del suelo	0,00						0,00
Recursos agropecuarios y pesqueros	48,06	45,90	21,46	0,00	0,00	275,74	389,54
<i>Alimentos</i>	<i>16,46</i>	<i>45,79</i>	<i>21,46</i>			<i>39,35</i>	<i>123,07</i>
<i>Tabaco</i>	<i>0,04</i>	<i>0,10</i>					<i>0,14</i>
<i>Cebos</i>	<i>31,42</i>					<i>235,30</i>	<i>266,72</i>
<i>Autoconsumos de pescado</i>	<i>0,14</i>					<i>1,08</i>	<i>1,23</i>
Recursos forestales	0,29			0,07			0,36
TOTAL	197,06	45,90	21,46	0,07	0,00	275,74	540,23

Se observa, por lo tanto, que el consumo de combustible y cebos son los elementos que generan más HE en las empresas estudiadas. En cuanto al primero, la búsqueda de la eficiencia en el consumo obedece no sólo a cuestiones relacionadas con el medio ambiente, sino con la propia gestión de las empresas pesqueras. El incremento de los precios de los combustibles es uno de los principales retos que en la actualidad debe afrontar el sector pesquero europeo, amenazando la supervivencia de muchas empresas, tal y como señalan los propios pescadores³⁶. Además de las medidas institucionales pertinentes, la superación de estos problemas pasa por el diseño de estrategias que mejoren la eficiencia energética de las embarcaciones. El análisis de HE permite medir los avances en este tema, contribuyendo a cuantificar el éxito o fracaso de las medidas que se adopten.

En cuanto al segundo, se destaca al consumo de cebos como el principal generador de HE en las empresas pesqueras. Si bien, tal y como señalamos, podríamos estar sobreestimando la importancia de su componente energética, su repercusión en la huella del marlo convierte en un importante elemento a considerar en este tipo de empresas.

Agradecemos también la colaboración desinteresada de las empresas participantes y, especialmente, las aportaciones de Antonio Basanta Fernández, cuyo conocimiento del sector pesquero y de las empresas estudiadas ha sido fundamental para la realización de este estudio.

³⁶ Ver, por ejemplo, La Voz de Galicia 28-05-2008.

4. CONCLUSIONES

En este artículo hemos expuesto las bases del análisis de huella ecológica. En primer lugar, se describió la versión clásica del indicador, aplicada a los habitantes de un determinado territorio (país, región etc), incidiendo en cuestiones como las diferentes opciones metodológicas, o el debate generado alrededor de la HE. En este sentido, es destacable como el indicador parece redirigirse, al menos a nivel teórico, hacia metas menos ambiciosas, con la finalidad de salvar ciertas críticas. Por otro lado, desde organismos como Global Footprint Network se está intentando avanzar en la homogeneización de la metodología de cálculo, lo que, de conseguirse, contribuirá a incrementar la robustez a la hora de interpretar los resultados.

Por el momento, no existe esa homogeneización metodológica a la hora de estimar la huella de organizaciones y empresas, existiendo diferentes alternativas. En todo caso, consideramos que la HE es una herramienta útil y aplicable a corporaciones, pues el indicador sintetiza en un único índice, simple y fácilmente comprensible, la situación medioambiental de la empresa.

En nuestro caso, aplicamos el “método compuesto de las cuentas contables”, a dos empresas pesqueras galegas. Consideramos que la metodología elegida es la más completa, en el sentido de que permite añadir todos los consumos que se desee, además de ser lo suficientemente flexible como para reflejar las particularidades de las empresas estudiadas.

Los resultados muestran huellas muy diferentes para las empresas estudiadas, a pesar de ser, aparentemente, bastante similares. El análisis realizado permite la localización de aquellas áreas que propician estas diferencias, principalmente el consumo de combustibles y los cebos.

Es destacable que la naturaleza del proceso productivo puede determinar, en buena medida, la PE. En el caso de las empresas pesqueras, una parte importante de la huella se genera en el momento en el que se determinan las especies a capturar, el arte a emplear y la zona en la que se va a pescar.

No obstante, considerando estas restricciones, las empresas tienen cierto margen de actuación. Los acuerdos para reducir el número de aparejos repercuten tanto en el ahorro de combustible como en el consumo de cebos, el principal componente de la HE en las empresas estudiadas. Este tipo de acuerdos, adoptados en el sector temporalmente³⁷, son vitales para la reducción de la huella de empresas con las características de las de nuestro estudio. Dado que los cebos deben ser adaptados a las características de las especies capturadas, puede ser difícil reducir su huella de otro modo. No obstante, cuestiones como el uso de descartes como cebos, cebos artificiales, actuaciones posibles en determinadas pesquerías, podrían contribuir, en algunos casos, a esta labor.

³⁷ Nos referimos a la flota gallega de palangre de fondo en Gran Sol.

Agradecimientos

Este trabajo fué realizado gracias al financiamiento obtenido del contrato de investigación “Huella Ecológica para el proyecto IMAPS: Revisión de los índices de conversión a recursos naturales, así como de la metodología general”, dentro del proyecto europeo IMAPS (Integrated Management of Risks and Environment in Port Cities), coordinado por la Autoridade Portuaria de Gijón.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Best Foot Forward & Imperial Collage. (2000): *Island State: An ecological footprint analysis of the Isle of Wight*. Pub: Best Foot Forward.
- Best Foot Forward, (2001): *Herdfordshire’s ecological footprint*. Funded by Biffaward & supported by Isle of Wight Council. Pub: Best Foot Forward.
- Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R., Bigsby, H.R., (1998): “New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy”. *Ecological Economics*. Vol. 27, 149-160.
- Chambers, N., Simmons, C., Wackernagel, M. (2000): *Sharing nature’s interest. Ecological footprints as an indicator of sustainability*. Earthscan. London.
- Chen, B., Chen, G. Q., Yang, Z.F., Jiang, M. M., (2007): “Ecological footprint accounting for energy and resource in China”. *Energy Policy*. Vol. 35, pp. 1599–1609.
- Costanza, R., (2000). “The dynamics of the ecological footprint concept”. *Ecological Economics*. Vol. 32, pp. 341-345.
- Doménech, J.L. (2004a): “Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible”. *Puertos*. Vol. 114, pp. 26-31
- Doménech, J.L. (2004b): “La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón”. *Actas del VII Congreso Nacional de Medio Ambiente*. 22-26 Nov., 2004. Madrid.
- Doménech, J.L., (2007): *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. AENOR Ediciones, Madrid.
- Ferguson, A.R.B., (1999): “The essence of ecological footprints”. *Ecological Economics*. Vol. 31, pp. 318–319.
- Gallego, B. and Lenzen, M., (2005): “A consistent input-output formulation of shared producer and consumer responsibility”. *Economic Systems Research*. Vol. 17. pp. 365-391.
- García-Negro, M.C. (dir.) (2003): *Táboas input output pesca-conserva galegas 1999*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos.
- Global Footprint Network (GFN), (2008): *Footprint term glosary. Global Footprint Network*. (<http://www.footprintnetwork.org>; último acceso, abril, 2008).
- Gössling, S., Borgström Hansson, C., Hörstmeier, O., Saggel, S., (2002): “Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability”. *Ecological Economics*. Vol. 43, pp. 199-211.

- IPCC, International Panel on Climate Change, (2001): *IPCC Working Group I: The scientific basis* IPCC. (http://www.grida.no/CLIMATE/IPCC_TAR/wg1/index.htm; último acceso, junio, 2008).
- IPCC, International Panel on Climate Change, (2001): Cambio climático 2001. La base científica (resumen técnico). Aportación del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. (<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>; último acceso, junio, 2008).
- Jenerette, G. D., Marussich, W.A., Newell, J.P., (2006): "Linking ecological footprints with ecosystem valuation in the provisioning of urban freshwater". *Ecological Economics*. Vol. 59, pp. 38-47.
- Lenzen, M., Lundie, S., Bransgrove, G., Charet, L., Sack, F., (2003): "Assessing the Ecological Footprint of a Large Metropolitan Water Supplier: Lessons for Water Management and Planning towards Sustainability". *Journal of Environmental Planning and Management*. Vol. 46, pp. 113-141.
- Lenzen, M., Murray, S., (2001): "A modified ecological footprint method and its application to Australia". *Ecological Economics*. Vol. 37, pp. 229-255.
- Loh, J. (ed.), (2000): *Living Planet Report 2000*. Gland, Switzerland: WWF-World Fund For Nature.
- McDonald, G. and Patterson M., (2003): *Ecological Footprints of New Zealand and its Regions*. New Zealand: Ministry for the Environment. (<http://www.mfe.govt.nz/publications/ser/eco-footprint-sep03/index.html>; último acceso, enero, 2007).
- Monfreda, Ch., Wackernagel, M., Deumling, D. (2004): "Establishing national natural capital accounts based on detailed Ecological Footprint and biological capacity assessment". *Land use Policy*. Vol. 21, pp. 231-246.
- Patterson, T., Niccolucci, V., Marchettini, N., (2007): "Adaptive environmental management of tourism in the Province of Siena, Italy using the ecological footprint". *Ecological Economics*. Vol. 62, pp. 747-756.
- Rees, W.E., (2000): "Eco-footprint analysis: merits and brickbats". *Ecological Economics*. Vol. 32, pp. 371-374.
- Relea Ginés, F., Prat Noguer, A., (1998): *Aproximación a la huella ecológica de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona. (http://www.mediamient.bcn.es/cas/down/masu6_1.pdf (Último acceso, noviembre 2005).
- Santamouris, M., Paraponiaris, K., Mihalakakou, G., (2007): "Estimating the ecological footprint of the heat island effect over Athens, Greece". Vol. *Climatic Change*. 80, 265–276.
- Simmons C., Chambers N., (1998), "Footprinting UK Households: "How big is your ecological garden?" *Local Environment* Vol.3, No.3
- Simmons, Lewis and Barrett., (2000) "Two feet-two approaches: a component-based model of ecological footprinting," *Ecological Economics*, vol.32, pp. 75-380, 2000.
- Suh, S., Lenzen, M., Treloar, G.J., Hondo, H., Horvath, A., Huppes, G., Jolliet, O., Klann, U., Krewitt, W., Moriguchi, Y., Munksgaard, J., Norris, G., (2004): "System boundary selection in Life-cycle inventories". *Environmental Science & Technology*. Vol. 38, pp. 657-664.

- Sibylle, D. F, David, J. H., Eric, H. B., (2006): “Ecological Footprint Analysis Applied to Mobile Phones”. *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 10, pp. 199-216.
- Van den Bergh, J.C.J.M. and Verbruggen, H., (1999a): “Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint”. *Ecological Economics*. Vol. 29, pp. 61-72.
- Van den Bergh J.C.J.M, Verbruggen H., (1999b): “An evaluation of the ecological footprint: reply to Wackernagel and Ferguson”. *Ecological Economics*. Vol. 31, pp. 319-321.
- Vitousek, P.M., Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H., Matson, P.A., (1986): “Human appropriation of the products of photosynthesis”. *BioScience*. Vol. 36, pp. 368-373.
- Vitousek, P. M., Mooney, J.L., Melillo, J.M., (1997): “Human Domination of Earth’s Ecosystems”. *Science*. Vol. 277, pp. 494-499.
- Wackernagel, M., (1998): “The Ecological Footprint of Santiago de Chile”. *Local Environment*. Vol. 3, pp. 7-25.
- Wackernagel, M., (1999). “An evaluation of the ecological footprint”. *Ecological Economics*. Vol. 31, pp. 317-318.
- Wackernagel, M., Dholakia, R., Deumling, D. and Richardson, D. (2000): Redefining Progress, Assess your Household's Ecological Footprint 2.0, March 2000; (http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls; (último acceso, noviembre, 2005).
- Wackernagel, M. Monfreda, C. (2004): “Ecological footprints and energy”. *Encyclopedia of energy* 2, pp. 1-11.
- Wackernagel, M., Monfreda, Ch., Erb, K.H., Haberl, H., Schulz, N.B. (2004a): “Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961–1999: comparing the conventional approach to an actual land area’ approach”. *Land use Policy*. Vol. 21. pp. 261-269
- Wackernagel, M., Monfreda, Ch., Moran, D., Wermer, P., Goldfinger, S., Deumling, D., Murray, M. 2005. National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method. Global Footprint Network. (www.footprintnetwork.org/download.php?id=5 - ; ultimo acceso, maio, 2008)
- Wackernagel, M., Monfreda, Ch., Schulz, N.B., Erb, K.H., Haberl, H., Kausseman, F. (2004b): “Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges”. *Land use Policy*. Vol. 21. pp. 271-278.
- Wackernagel M., Onisto L., Bello P., Callejas Linares, A., López Falfán, I. S., Méndez García, J., Suárez Guerrero, A. I., Suárez Guerrero, M. G., (1999): “National natural capital accounting with the ecological footprint concept”. *Ecological Economics*. Vol. 29, pp. 375-90.
- Wackernagel, M., Rees W. E., (1996): *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia.
- Wackernagel, M., Rees, W. (1997): “Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective”. *Ecological Economics*. Vol. 20. pp. 3-24.
- Wackernagel, M., Silverstein, J., (2000): “Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint”. *Ecological Economics*. Vol. 32, pp. 391-394.

- Wackernagel, M., Schulz, N., Deumling, D., Callejas Linares, A., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R., Randers, J. (2002): "Tracking the ecological overshoot of the human economy". *Proceedings of the National Academy of Science*. Vol. 99, pp. 9266–9271.
- Walsh, C., O'Regan, B., Moles, R., (2007): "Incorporating Methane into Ecological Footprint Analysis". *International Ecological Footprint Conference*, 8-10 Mayo 2007, Cardiff (UK) (http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/Walsh_M64.pdf; último acceso, julio, 2007).
- Wiedmann T., Barret, J., Lenzen M. (2007): "Companies on the Scale: Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses". *International Ecological Footprint Conference*, 8-10 Mayo 2007, Cardiff (UK). (http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/Wiedmann_et_al_P36.pdf; último acceso, septiembre, 2007)
- Wiedmann, T. and Lenzen, M., (2006): "Sharing Responsibility along Supply Chains - la New Life-Cycle Approach and Software Tool for Triple-Bottom-Line Accounting". *Corporate Responsibility Research Conference 2006*, 4-5 September 2006, Trinity College Dublin, Ireland.
- Wiedmann, T., Minx, J. (2007): *a definition of carbon footprint*. Durham: ISA UK Research Report 07-01: (http://www.isa-research.co.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf; último acceso, abril, 2008)
- Wiedmann, T., Minx, J., Barret, J., Wackernagel, M., (2006): "Allocating ecological footprints to final consumption categories with input–output analysis". *Ecological Economics*. Vol. 58, pp. 28-48.
- Woods, P., (2004): *Ecological Footprint: North Sydney. Stage 1. Assessment of its use as sustainability measure for North Sydney Council*. Sydney: Sydney Council. (<http://www.ies.unsw.edu.au/partnership>; último acceso, marzo, 2004)
- WWF ADENA, (2006): *Living Planet Report (2006)*, (<http://www.panda.org>; último acceso, noviembre, 2007).
- WWF-UK. (2002): *The footprint of Wales. A Report to the Welsh Assembly Government. Best Footprint Forward*: Oxford. (<http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/walesfootprint.pdf>; último acceso, marzo, 2008).