

X JORNADAS DE ECONOMÍA CRÍTICA

CONSUMO DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN GALICIA: UNA VISIÓN DESDE LA HUELLA ECOLÓGICA

CARBALLO PENELA, A., VILLASANTE LARRAMENDI, C.S., ZOTES TARRIO, Y.N

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ECONOMIA PESQUEIRA E RECURSOS NATURAIS

Departamento de Economía Aplicada

FACULTADE DE CIENCIAS ECONÓMICAS E EMPRESARIAIS

Avda. Burgo das Nacións, s/n

Tf. 981-563100, ext. 11649, 11571

E-mail: acpacp@usc.es, csvillas@usc.es eayxotes@usc.es

UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Resumen

La supervivencia de la especie humana es inconcebible sin aquello que aporta el medio ambiente. Pese a ello los humanos hemos despreciado su importancia, realizando nuestras actividades sin considerar nuestro impacto en él.

La configuración de un sistema energético basado en la mala gestión de los recursos naturales, con un uso intensivo de energía obtenida sobre recursos no renovables, ha sido una constante que ha marcado el avance de los países desarrollados, repercutiendo en el deterioro del medio ambiente y en la pérdida de calidad de vida de los ciudadanos.

De ahí que la gestión de los recursos energéticos deba ser afrontada desde una perspectiva donde la sustentabilidad constituya una restricción en la toma de decisiones, olvidando estrategias centradas única y exclusivamente en la búsqueda del crecimiento económico.

Indicadores como la huella ecológica proporcionan un marco de referencia que permite la introducción de la sustentabilidad en el debate público, siendo el objetivo de esta comunicación la estimación de la huella ecológica asociada al consumo de energía en Galicia.

Esto nos permitirá tanto el estudio de la posición ocupada de Galicia en relación a otras economías para las que existen estudios de estas características,

además de evaluar la sustentabilidad de los distintos sectores económicos, en términos su huella ecológica asociada al consumo de energía.

CONSUMO DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN GALICIA: UNA VISIÓN DESDE LA HUELLA ECOLÓGICA

CARBALLO PENELA, A., VILLASANTE LARRAMENDI, C.S., ZOTES TARRIO, Y.N

Grupo de Investigación de Economía Pesqueira e Recursos Naturais
Departamento de Economía Aplicada. Universidade de Santiago de Compostela

1. DESARROLLO SUSTENTABLE Y SUSTENTABILIDAD

Debido a la magnitud alcanzada por determinados problemas medioambientales (contaminación, escasez de recursos naturales, calentamiento del planeta...) conceptos como desarrollo sustentable o sustentabilidad comienzan a alcanzar en las últimas décadas cierta relevancia tanto en el debate científico como en la toma de de decisiones políticas.

Sin embargo, si bien la definición del Informe Brundtland constituye un punto de inflexión a la hora de abordar la problemática medioambiental del, el debate en torno a las implicaciones derivadas del desarrollo sustentable no está, ni mucho menos, cerrado.

Si bien el criterio sustentabilidad ambiental fuerte¹ supone un paso adelante a la hora dotar de contenido al concepto, lo cierto es que todavía no están claras las modificaciones a realizar en el modelo de crecimiento económico para cumplir con el criterio.

En todo caso, es innegable que durante las últimas décadas se ha producido una degradación ambiental importante, siendo necesarias herramientas que aporten información sobre clara sobre la salud en términos

¹ De acuerdo con el criterio de sustentabilidad ambiental fuerte, la relación entre el capital humano y natural es de complementariedad, de modo que el desarrollo sustentable requiere del mantenimiento de un determinado stock de capital natural suficiente para mantener las necesidades de cada generación.

medioambientales de nuestro planeta. En este sentido, indicadores como la huella ecológica resultan especialmente útiles.

2. LA HUELLA ECOLÓGICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDAD

2.1 Descripción general

La huella ecológica (HE) es un indicador de sustentabilidad desarrollado a principios de los 90 por William Rees y Mathis Wackernagel. Es acorde con la noción de sustentabilidad fuerte², estando estrechamente vinculado a la capacidad de carga de un área objeto de estudio.

De acuerdo con Wackernagel y Rees (1996), la HE se define como *“el área de tierra productiva o ecosistema acuático necesaria para mantener el consumo de recursos y energía, así como para poder absorber los residuos producidos por una determinada población humana o economía con un nivel de vida específico, se encuentre donde se encuentre ese área”*³.

Se parte de que el nivel de consumo de bienes y servicios de los habitantes lleva asociado un nivel de consumo de recursos y residuos generados, tratando de identificar la superficie de tierra biológicamente productiva necesaria para mantener esos niveles de consumo o, lo que es lo mismo, la HE. Una vez hecho esto, se compara la superficie disponible con la necesaria, estando en una situación de sustentabilidad cuando la economía estudiada es capaz de producir los bienes y servicios necesarios y absorber los desperdicios que genera con el área del que dispone. De otro modo, si la HE es superior a la capacidad de carga se estará en una situación de

² Martín Palmero (2004, 58)

³ Wackernagel y Rees (1996, 9)

insustentabilidad, pues sería indicativo de que el nivel de vida se estaría manteniendo gracias a la apropiación de capacidad de carga de otras regiones.

Wackernagel y Rees, proponen dividir la HE total en distintas subhuellas, distinguiendo diferentes tipos de necesidades de superficie productiva. Ellos realizan una propuesta que incluye superficies con 8 usos distintos (tierra apropiada para el uso de energía obtenida de combustibles fósiles, tierra construída, jardines, cultivo de cereales, pastos, bosques explotados, bosques vírgenes y áreas no productivas), si bien en la mayoría de los cálculos realizados se reducen a 5 ó 6. Una de las divisiones más empleadas es la que distingue los seis siguientes tipos de superficie:

- Cultivos.- Aquella superficie en la que los humanos desarrollan actividades agrícolas.
- Pastos.- Área dedicada a pastos.
- Bosques.- Área de bosques en explotación.
- Superficie construída.- 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.
- Mar.- La superficie marítima biológicamente productiva y que es aprovechada por el hombre.

- A mayores algunos incluyen una categoría más, sugiriendo que se preserve una parte de la superficie del planeta⁴ como reserva de la biodiversidad, en aras de garantizar la biodiversidad y estabilidad ecológica global.

Igualmente se suelen distinguir distintas categorías de consumo, de modo que para cada una de ellas se establecen las distintas necesidades de superficie productiva. La propuesta de los autores establece 5 categorías de consumo, Alimentación, Hogar, Transporte, Bienes de consumo y Servicios, que a su vez se pueden dividir 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)

Uniendo las categorías de consumo con las categorías de uso de la tierra se obtiene una matriz (consumo-superficies apropiadas) 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 Wackernagel y Rees (1996,77) sugieren un mínimo del 9% de la superficie total del planeta, lo que equivaldría a 1 billón de hectáreas. La propuesta de CMMAD (1987) es superior, defendiendo la necesidad de preservar un mínimo del 12%.

2.2 Metodología de cálculo

En relación al método de cálculo de la HE, debemos destacar que resulta aparentemente es sencillo. En primer lugar se estima el consumo anual *per cápita* (C_i)(kg/habitante) para una determinada categoría, por ejemplo alimentación, dividiendo el consumo total⁵ por la población existente. La huella ecológica *per cápita* para esa categoría, resulta del cociente del consumo anual *per cápita* (kg/habitante) por la productividad media anual (P_i) (kg/ha) de los terrenos en los que se originan los bienes y servicios consumidos. Una vez hecho esto, la suma de las huellas ecológicas individuales para cada categoría de consumo nos ofrece la huella ecológica total del ciudadano medio ($HE_{p.c.}$), obteniendo la HE total ($HE_{pob.}$) multiplicando la huella ecológica individual por el tamaño de la población estudiada.

$$(1) HE_{p.c} = \sum_{i=1} (C_i / P_i)$$

$$(2) HE(pob) = \sum HE_{p.c.} \times Pob.$$

Si bien esta es la idea inicial expuesta por Wackernagel y Rees (1996,64-66), denominada método compuesto, una alternativa aplicable para cálculos a niveles de regiones y ciudades es la denominada “*component-based approach*”. Esta metodología reconstruye los requerimientos de cada tipo de superficie, estableciendo distintas subcategorías de consumo que se consideran recogen la mayoría de consumos que afectan a esa superficie.

⁵La obtención de los datos de consumo y productividad necesarios es una de las principales dificultades existentes a la hora de trabajar con el concepto de HE, sobre todo si se realizan estudios a nivel local y regional. Los autores sugieren emplear distintas fuentes (FAO, Banco Mundial...) si bien los datos disponibles en ellas no son siempre adecuados a la realidad objeto de estudio. En el caso de que no haya datos directos sobre consumo Wackernagel y Rees (1996,65) sugieren partir de datos de producción, corregidos por la diferencia entre importaciones y exportaciones.

2.3 Evaluación de la HE como indicador de sustentabilidad

A pesar de que la HE es indicador con una vida relativamente corta, lo cierto es que ha alcanzado un grado de difusión notable tanto dentro de la comunidad científica como, cada vez en mayor medida, en los responsables de la toma de decisiones y consumidores.

No obstante, es difícil que un único indicador recoja de forma eficiente todas las cuestiones relacionadas con la sustentabilidad, por lo que, en mayor o menor medida todos están sujetos a algún tipo de limitación. En el caso de la HE, resumimos a continuación sus fortalezas y debilidades.

2.3.1 Puntos fuertes de la HE

En relación a las asunciones teóricas implícitas en el concepto, la HE incorpora 4 cuestiones fundamentales a la hora de lograr la sustentabilidad: es un indicador de sustentabilidad fuerte, es coherente con las leyes de la termodinámica, reconoce la vertiente social de la sustentabilidad, e incorpora límites ecológicos.

Otra de sus fortalezas principales es su capacidad para comunicar resultados, relacionando y visualizando los efectos de nuestros niveles de consumo en el medioambiente, mostrando de un modo claro la dependencia que los humanos tenemos de los ecosistemas. La claridad de resultados favorece tanto la toma de decisiones como la difusión del concepto.

Para finalizar, otra de las fortalezas que se pueden señalar reside en que, en la medida en que distingue distintas categorías de consumo y de superficie apropiada, identifica impactos desde distintas áreas, posibilitando la puesta en marcha de actuaciones en función de las necesidades de cada una.

2.3.2 Puntos débiles y críticas recibidas

2.3.2.1 Puntos débiles

En primer lugar, la HE excluye algunas cuestiones como determinados impactos ecológicos importantes, el consumo de agua y recursos naturales y determinados tipos de contaminación. La metodología empleada para el cálculo del impacto energético se centra exclusivamente en único gas -el CO₂- excluyendo otros gases de efecto invernadero, y en una única forma de compensar esas emisiones-la capacidad de absorción de los bosques. Igualmente, a cada tipo de superficie se le asigna un único uso. Estas limitaciones, si bien son importantes, convierten a la HE en un indicador conservador, sin que los resultados sufran distorsiones que los invaliden.

Otra limitación importante se refiere a la no diferenciación entre el uso sustentable e insustentable de la tierra, de modo que, en aras de aumentar la productividad a largo plazo la HE pudiese incentivar métodos insustentables.

Si bien la metodología original de la HE no permite esta distinción, existen refinamientos, como la metodología denominada "*land disturbance*"⁶, que permiten incorporar parcialmente aspectos no considerados inicialmente.

Para finalizar, otra de las debilidades de la HE se relaciona con la ausencia de información necesaria, sobre todo a niveles regionales y locales. Una ventaja, como es la simplicidad de cálculo puede volverse en su contra, propiciando que muchas veces se hagan estimaciones sin datos específicos sobre la realidad objeto de estudio, lo que redundaría en la precisión del indicador.

⁶ Lenzen y Murray (2001) y Lenzen (2003)

2.3.2.2 Críticas recibidas

Si bien el éxito de la HE como indicador de sustentabilidad ha sido elevado, no es menos cierto que también ha sido objeto críticas por parte de distintos autores⁷. Se criticado el uso de fronteras políticas y no naturales; la imposibilidad de que de acuerdo con la HE determinadas regiones o países altamente industrializadas no puedan ser sustentables y con el papel que el comercio desempeña en la HE.

No obstante, algunas de estas críticas han sido respondidas por los defensores de la HE. La primera crítica se refiere a que las fronteras políticas no tienen significado medioambiental, cuando parece evidente que *“las decisiones que marcan el impacto de los humanos en el medio ambiente (por ejemplo producción o uso de la tierra) son tomadas considerando fronteras nacionales o de otras áreas geopolíticas”*⁸.

En relación a la segunda de las objeciones, la HE muestra como los países que poseen déficit ecológico se apropian del capital natural de otros países que sufragan en términos ambientales sus excesos. Tal y como indican Wackernagel y Silverstein (2000, 394) una economía global sustentable no debe fomentar que determinadas economías sustenten su bienestar de este modo. No es justo, pues los excesos de unos condenan a la pobreza a otros, ni sustentable a largo plazo, pues los datos muestran ya un déficit ecológico global.

En cuanto al papel del comercio, se critica que la HE no distingue entre comercio sustentable e insustentable, alegando que el comercio puede

⁷ Entre los más críticos se encuentran Van den Bergh y Verbruggen (1999) y Ayres (2000)

⁸ Woods (2004,17)

distribuir las cargas ambientales entre aquellos ecosistemas con mayor capacidad para asumirlas. Sin embargo, el incremento de los flujos comerciales ha venido acompañado de incrementos del consumo que facilitan que determinadas regiones o países excedan su biocapacidad⁹.

2.4 La componente energética de la HE o Huella Ecológica energética (HEE)

Desde la perspectiva de la HE, el objetivo de su componente energética es recoger los impactos medioambientales derivados de la producción de energía, transformándolos en superficie usada, de modo que esa superficie se pueda comparar con la “*cantidad de energía por año que puede ser suministrada por una hectárea de superficie ecológicamente productiva*”¹⁰.

Es, por tanto, necesario determinar el modo de realizar la transformación consumo de energía-superficie para cada tipo de energía. La metodología propuesta por Wackernagel y Rees (1996) es la siguiente:

- **Energía obtenida de la combustión de combustibles fósiles¹¹.**-

La metodología elegida estima la superficie necesaria para absorber las emisiones de CO₂ producidas en la combustión de combustibles fósiles. La mayoría de los estudios parten de datos de consumo de energía primaria por habitante a los que se aplica un factor de emisión de CO₂ en función del tipo de energía considerado y una tasa absorción de carbono por hectárea de bosque.

⁹ Woods (2005,18)

¹⁰ Wackernagel y Rees (1996,71-72)

¹¹ Debemos destacar que estudios como WWF Adena (2004) constatan la importancia en la HEE obtenida mediante combustibles fósiles, ya que supone en torno al 50% del total de la HE y casi el 90% de la HEE en los países desarrollados.

En este sentido, es común asumir la tasa de absorción de 6,6 Tm/CO₂ por hectárea propuesta por Wackernagel y Rees (1996,74) si bien la capacidad de absorción de los bosques es muy variable. Autores como Valentini (2000) observan que la latitud es la variable más significativa a la hora de determinar la capacidad de secuestro, hasta el punto que los bosques europeos situados más al sur tienen una capacidad de absorción de carbono 6 veces más alta que los situados más al norte.

- **Energía hidroeléctrica, eólica y solar.**- En los 3 casos se incluye la superficie que ocupan las propias instalaciones empleadas para producir electricidad, aunque se suele optar por incluir estas superficies, no en el apartado de energía, sino en el de superficie construida.
- **Energía nuclear.**-Los autores no consideran la energía nuclear una opción viable, por lo que no la incorporan en los cálculos de la HE¹².

Además de la suma de las superficies requeridas por cada tipo de energía, el cálculo de la HEE requiere de ajustes que incluyan la energía incorporada a la importación neta de bienes manufacturados e industriales, de modo que se refleje el consumo de energía de los habitantes de una zona y no lo que se produce en ese área.

Este ajuste es uno de los que se antoja más complicado en el caso de huellas ecológicas regionales o locales pues existe poca información relativa a los flujos comerciales entre Comunidades Autónomas. Además, las distintas

¹² Estudios como WWF ADENA (2004) o Mayor Farguell (2003) estiman el área de CO₂ necesaria para absorber la cantidad de energía de origen nuclear si se hubiera producido empleando combustibles fósiles.

características técnicas de los procesos productivos influyen significativamente en el consumo energético asociado a su elaboración, por lo que el uso de factores relativos a ciclos de vida standard, lo más habitual, distorsionaría el ajuste realizado.

Por otro lado tal y como señalan Ibáñez Etxeburúa (2001) y Mayor Farguell (2003), este ajuste podría posibilitar la paradoja de que una región reduzca su HEE exportando bienes producidos con procesos de baja eficiencia energética e importando aquellos bienes con un menor contenido energético.

-3. LA HEE EN GALICIA

3.1 Precedentes en Galicia

Con anterioridad a la realización de este estudio, investigadores de la Universidade de A Coruña¹³ estudiaron la HE de Galicia, incluyendo el cálculo de la HEE. Estos autores estiman la HE de Galicia en 7,010 ha/hab. de las que 2,179 ha/hab son debidas a la HEE. Igualmente, se constata un déficit ecológico de 5,76 Ha/hab.

Tabla 2.- Comparación HE-capacidad de carga en Galicia. Ha/hab.

Tipo de superficie	HE Galicia	Capacidad de carga	Déficit Ecológico
Cultivos	0,25	0,14	0,11
Pastos	1,94	0,16	1,78
Bosque	0,39	0,35	0,04
Terreno ocupado	0,07	0,07	0,00
Energía	2,18	0,00	2,18
Mar	1,43	0,39	1,04
Total sin biodiversidad	6,26	1,11	5,15
Biodiversidad (12%)	0,75	0,13	0,62
Total (con biodiversidad)	7,01	1,25	5,76

Fuente: Elaboración propia a partir de Martín Palmero (2004)

¹³ Ver Martín Palmero (2004)

3.2 Descripción de la metodología empleada en el cálculo

La metodología empleada en nuestro estudio se basa en la metodología compuesta propuesta por Wackernagel y Rees. Los supuestos y definiciones en los que se basan los cálculos son los siguientes:

- Por Huella Ecológica Energética (HEE) de Galicia denominamos en este estudio al área necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles. Los datos de nuestra estimación están referidos al año 2000.
- Nuestra principal fuente de información ha sido la información recogida en las Tablas Input-Output 2000 (realidad física) de la Energía de Galicia 2000 (TIOEGAL2000)¹⁴ que, para el año 2000, proporcionan los consumos de productos energéticos en Galicia en toneladas equivalentes de petróleo (TEP). La determinación de las emisiones de CO₂ asociadas a un consumo TEP de un combustible C_i se realiza de la siguiente forma:

$$TmCO_{2Ci} = N^{\circ}TEP_{Ci} \times 0,41868 \times FECO_{2Ci}$$

donde:

- (1) Tm CO₂ C_i: Toneladas de CO₂ del combustible C_i
- (2) N^o TEP_{C_i} : N^o de TEP consumidas de C_i
- (3) 0,41868 : N^o de Terajulios por TEP
- (4) FECO₂C_i : Factor de emisión de CO₂ de C_i

¹⁴ En el Anexo 1 se explica brevemente la estructura de las TIOEGAL2000. Ver también García Negro (2003)

- Los factores de emisión de CO₂ empleados, son los proporcionados por Herold (2003)¹⁵, donde se ofrecen factores de emisión por combustible y país para los miembros de la Unión Europea (UE). Aunque los valores válidos para España no son necesariamente los adecuados para Galicia, los consideramos más apropiados que los valores-guía del IPCC, empleados en ausencia de otra fuente más adecuada¹⁶.
- La tasa de absorción de CO₂/ha empleada es de 6,6 Tm de CO₂ por hectárea, la sugerida por Wackernagel Rees (1996,74) y empleada en la mayoría de estudios de HE.
- No se incluyen en el cálculo de la HEE los ajustes derivados de las importaciones-exportaciones, si bien, a efectos de realizar comparaciones con HEE de otros estudios, hemos considerado esta componente basándonos en información suministrada por Martín Palmero (2004).
- Tampoco se incluye en la HEE el impacto causado por la producción de energía hidráulica y eólica, pues consideramos más adecuado su inclusión en la parte de la HE relativa a la superficie construida. No obstante sí que hemos realizado la estimación de esas superficies, tal y como muestra en la Tabla 3.
- No se incluye en la HEE la superficie derivada de la combustión de biomasa, en la medida en que el CO₂ emitido es reabsorbido. En cambio, sí se ha incluido la superficie derivada de la combustión de

¹⁵ El estudio fue encargado por el *European Topic Centre on Air and Climate Change*, organismo que agrupa a distintos institutos europeos contratados por la Agencia Europea de Medioambiente.

¹⁶ Las Tablas 4 y siguientes muestran los factores de emisión de CO₂ empleados en este estudio.

combustibles fósiles empleados para producir electricidad a partir de biomasa en la única central de este tipo existente en Galicia.

- En cuanto a la distribución sectorial elegida, debemos indicar lo siguiente:
 - o En el apartado “Transporte por carretera” del sector transporte se incluyen las emisiones realizadas por actividades de transporte de mercancías y pasajeros efectuadas tanto en ámbitos empresariales como por las economías domésticas.
 - o El sector “Servicios” agrupa las siguientes actividades: comercio, hostelería, correos y telecomunicaciones, educación y sanidad.
- A la hora de calcular los valores *per cápita* se ha empleado los datos de población del Padrón de habitantes del año 2000, que registra una población de Galicia para esa fecha de 2.731.900 habitantes.

3.3 Resultados obtenidos

Los resultados de nuestra estimación nos muestran que la HEE de Galicia del año 2000 que asciende a 1,701 ha/hab. Además, existen 0,06 ha/hab adicionales correspondientes a la apropiación de superficie para producir energía hidroeléctrica y eólica que se deben computar en el apartado de superficie construida.

Tabla 3 . Superficie apropiada en la producción de energía en Galicia (Ha/hab.)

TIPO DE ENERGÍA	HEE	Superficie Construida
Combustibles fósiles	1,701	
Hidroeléctrica		0,005
Eólica		0,000

Fuente: Elaboración propia a partir de García Negro (2003)

En relación a la huella de cada uno de los combustibles consumidos, es destacable que 1,377 ha/hab, casi un 81% de la HEE, son debidas a las emisiones de CO₂ procedentes de únicamente cuatro combustibles: lignito pardo, hulla subituminosa, gasóleos y fuel-oil.

En primer lugar, es destacable el peso exagerado que tienen en la HEE Galicia los sectores relacionados con la obtención de energía eléctrica. Sólo dos combustibles, lignito pardo y hulla subituminosa, empleados exclusivamente en la producción de energía eléctrica de origen térmico producen el 47% de la HEE de Galicia, originando más de 5 tm de CO₂/ hab¹⁷.

Tabla 4. La HEE de Galicia: contribución de cada tipo de combustible

COMBUSTIBLES FÓSILES	Consumo TEPS	Gj año/hab.	Factor emisión KgCO ₂ /Gj	Tm CO ₂ hab.	HEE Ha/hab.	%.
Lignito Pardo	1.569.424	24,05	117,40	2,82	0,428	25,15%
Hulla Subituminosa	1.589.044	24,35	99,60	2,43	0,368	21,61%
Gasóleo	2.150.031	32,95	73,60	2,43	0,367	21,60%
Fuel oil	1.204.617	18,46	76,60	1,41	0,214	12,60%
GLP	503.687	7,72	66,20	0,51	0,077	4,55%
Gasolina	462.509	7,09	72,00	0,51	0,077	4,55%
Hulla	220.075	3,37	99,80	0,34	0,051	3,00%
Gas de refinería	241.444	3,70	60,00	0,22	0,034	1,98%
Coque de petróleo	130.850	2,01	97,50	0,20	0,030	1,74%
Gas Natural	194.568	2,98	56,60	0,17	0,026	1,50%
Gasóleo para refinería	92.618	1,42	73,60	0,10	0,016	0,93%
Queroseno	77.684	1,19	73,70	0,09	0,013	0,78%
Gas pobre	799	0,01	73,33	0,00	0,000	0,01%
Total	8.437.350	129,31		11,23	1,701	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de García Negro (2003)

A continuación, el tercer combustible que más contribuye a la HEE de Galicia es el Gasóleo en sus distintas modalidades. Su importancia alcanza las 0,368 ha/hab., lo que supone un 21,60% de la HEE. A este respecto, debemos destacar el mayor peso del Gasóleo A (automoción) que supone un 52% del total. En cuanto al fuel-oil (12,60% de la HEE), se emplea fundamentalmente

¹⁷ De acuerdo con Varela Díaz (2004,96), el total de toneladas CO₂/hab. en España se sitúa en torno a 7,6.

para generar calor, como combustible en maquinaria de diversas industrias, y también para producir electricidad mediante procesos de cogeneración.

Además de ver la contribución de cada tipo de combustible a la HEE de Galicia, es también interesante comprobar la aportación de los distintos sectores económicos. En este sentido, la Tabla 5, nos muestra la distribución sectorial de la HEE de Galicia distinguiendo 8 grandes sectores. Tres de ellos, el Sector energético, Transporte e Industria, se reparten el 87% de la HEE.

Tabla 5. Distribución sectorial de la HEE de Galicia

SECTORES ECONÓMICOS	Consumo TEPS	Gj/ año/hab	TmCO2/ año/hab.	HEE hab.	%.
Agricultura, pesca, acuicultura	521.943	8,00	0,59	0,089	5%
Minería	53.671	0,82	0,06	0,010	1%
Industria	1.151.868	17,65	1,32	0,199	12%
Sector energético	4.201.941	64,40	6,50	0,984	58%
Transporte	1.666.557	25,54	1,87	0,283	17%
Servicios	248.821	3,81	0,28	0,042	2%
Economías domésticas	245.436	3,76	0,25	0,039	2%
Administración pública	347.113	5,32	0,36	0,054	3%
Total	8.437.350	129	11,23	1,7008	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de García Negro (2003)

No resulta novedoso a estas alturas el hecho de que las emisiones causadas por el sector energético originen el 58% de la HEE de Galicia, ocupando indiscutiblemente el primer puesto en el ranking sectorial. Además, debemos destacar las 0,283 ha/hab., un 17% de HEE, requeridas por las emisiones del sector transporte en sus distintas modalidades (carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo), así como a la importancia de los sectores industriales, que con una HEE 0,199 ha/hab. concentran el 12% del total de la HEE de Galicia.

En la HEE originada en actividades de transporte, la modalidad realizada por carretera domina claramente, generando una HEE de 0,267 ha/hab., lo que supone un 94,45% de la HEE asociada al transporte y un 15,6% de la HEE

total de Galicia. A una distancia considerable del transporte por carretera se sitúan el transporte aéreo, 2,63%, y marítimo, con un 2%.

En cuanto a la HEE originada por los sectores industriales, cabe destacar el impacto de 2 sectores, Refino de petróleo y Fabricación de productos no férreos que, con HEE respectivas de 0,082 y 0,060 ha/hab., representan el 71,76% de HEE de los sectores industriales.

En el caso del refino de petróleo existe en Galicia una refinería del Grupo REPSOL situada en A Coruña con una capacidad aproximada de destilación de 6,5 millones de tm de crudo. Las emisiones se originan fundamentalmente en la fase de destilación, donde se emplean distintos combustibles (principalmente gas de refinería y fuel-oil) para calentar el petróleo crudo a temperaturas que permitan separar los distintos componentes del crudo, dando lugar posteriormente a distintos hidrocarburos y residuos.

El impacto ambiental de la fabricación de productos no metálicos se debe fundamentalmente a las actividades relacionadas con la producción de aluminio, realizadas en Galicia por la multinacional ALCOA, quien cuenta en Galicia con 2 factorías. Una de ellas, Alúmina-Aluminio (San Cibrao-Lugo) posee una capacidad de producción que la sitúa entre las más grandes de Europa, ascendiendo la producción de alúmina en Galicia a más 1.100.000 de toneladas anuales. Los combustibles empleados en los procesos productivos son fundamentalmente fuel-oil y GLP, empleados fundamentalmente para generar calor en los procesos de obtención de alúmina y aluminio¹⁸.

¹⁸ Además de las emisiones generadas, el proceso de obtención de aluminio es intensivo en cuanto a demanda de energía eléctrica, duplicando el consumo de electricidad de la factoría de Alúmina-Aluminio al efectuado por las economías domésticas de Galicia.

Otros sectores con una HEE importante son Cerámica y vidrio (6,79%), fabricación de cemento (4,78%) y las industrias dedicadas a la fabricación de madera (3,60%).

Tabla 6. Distribución de la HEE originada en actividades industriales

INDUSTRIAS	Consumo TEPS	Gj/ año/hab	TmCO2/ año/hab.	HEE hab. industria	%
Cárnica	4.433	0,07	0,005	0,0008	0,39%
Conserva y nuevos transformados	27.437	0,42	0,032	0,0048	2,41%
Láctea	9.615	0,15	0,010	0,0015	0,75%
Bebidas	7.087	0,11	0,008	0,0013	0,63%
Otras industrias alimentarias	7.121	0,11	0,008	0,0011	0,57%
Textil, confección y calzado	13.445	0,21	0,014	0,0022	1,08%
Industria maderera	45.122	0,69	0,047	0,0072	3,60%
Papel y cartón	23.366	0,36	0,024	0,0037	1,85%
Edición y artes gráficas	3.646	0,06	0,004	0,0006	0,28%
Refino de petróleo	476.076	7,30	0,542	0,0822	41,22%
Química y farmacéutica	9.560	0,15	0,011	0,0017	0,85%
Fabricación de productos de caucho y materias plásticas	4.848	0,07	0,005	0,0008	0,38%
Cerámica y vidrio	76.500	1,17	0,089	0,0135	6,79%
Fabricación de cemento cal y yeso	40.307	0,62	0,060	0,0090	4,53%
Fabricación de productos básicos de hierro	10.524	0,16	0,009	0,0014	0,70%
Fabricación de productos no férreos	345.957	5,30	0,402	0,0609	30,54%
Fabricación de productos metálicos excepto maquinaria	17.063	0,26	0,018	0,0027	1,34%
Fabricación de maquinaria	5.757	0,09	0,006	0,0009	0,45%
Fabricación de vehículos a motor	22.954	0,35	0,020	0,0031	1,54%
Construcción naval	262	0,00	0,000	0,0000	0,02%
Fabricación de muebles	788	0,01	0,001	0,0001	0,07%
Total	1.151.868	17,65	1,316	0,1993	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de García Negro (2003)

3.3.1 Comparación de resultados con otros estudios

Con la finalidad de comparar los resultados de nuestra estimación con los de otros estudios existentes, agregamos a nuestros cálculos el ajuste derivado de los consumos de energía procedentes de la importación y exportación de bienes.

De acuerdo con Martín Palmero (2004, 80), la energía incorporada a las importaciones netas en Galicia asciende a 1,77 ha/hab, si bien, tal y como señala este autor, esta cifra se calcula considerando las importaciones de carbón y crudo destinadas a la producción de energía térmica y destilación.

Además de no tratarse de bienes manufacturados, el impacto de estas importaciones ya ha sido contabilizado en nuestro estudio, pues los datos TIOEGAL2000 recogen la parte de esas importaciones consumidas en Galicia. De ahí que, para evitar doble contabilización, no se incluyan en el ajuste a realizar.

Excluyendo esas partidas, Martín Palmero (2004,86) señala que la energía incorporada a las importaciones netas supone una huella de 0,96 ha/hab., lo que, añadido a las 1,701 ha/hab. elevaría la HEE a 2,66 h./hab.

Debemos señalar que, a pesar de la inclusión de este ajuste, la comparación de resultados de diferentes estudios, no siempre referidos al mismo año y con metodologías no siempre exactamente coincidentes deben ser tomados con cierta cautela¹⁹. No obstante, de la comparación de los valores disponibles sí se pueden extraer algunos apuntes interesantes.

Tabla 7. HEE y grupos de países en función de sus ingresos

Grupos de países	HE	HEE	Biocapac.	Déficit ecológico
Países de ingresos altos	6,4	4	3,3	3,1
Países de ingresos medios	1,9	0,9	2,0	-0,1
Países de ingresos bajos	0,8	0,3	0,7	0,1
Mundo	2,2	1,2	1,8	0,4

Fuente: WWF ADENA (2004)

Si bien, en general, los países con HE más altas son aquellos con mayor “riqueza” en términos de PIB, esta lógica no funciona a la hora de comparar la HEE de Galicia con otras CCAA. Aunque no existen estudios de HE para todas las CCAA del Estado, lo cierto es que, con un PIB p.c. que representa el 77% del PIB p.c. medio español, Galicia posee una HEE sustancialmente más elevada que otras CCAA, como Cataluña, Navarra e incluso Euskadi, cuyo PIB supera ampliamente la media española.

¹⁹ De hecho, la HEE de España recogida en WWF ADENA (2004) asciende a 2,6 ha/hab., valor más elevado de lo que vendrían a indicar algunos de los diferentes estudios realizados a nivel regional.

Tabla 8. Comparación entre distintas HEE(*)

	HEE (*)	PIB p.c. 2000	Índice España=100
Andalucía	1,55	11.538	73,7
Cataluña	1,81	19.072	121,8
Euskadi	2,17	19.182	122,5
Navarra	1,23	19.927	127,3
Galicia	2,66	12.163	77,7
España	2,6	15.653	100

Fuente: Elaboración propia a partir de García Negro (2003) e INE (2005)

La localización de determinadas empresas altamente contaminantes en Galicia, posibilitaría que una CCAA con menor desarrollo económico sea al mismo tiempo menos sustentable ecológicamente.

En este sentido, la importancia en términos de deterioro medioambiental de los sectores relacionados con la producción de energía constituye una especificidad en el caso de Galicia, con el agravante de que parte de la producción de electricidad, no se consume en Galicia. De este modo, se asumen costes ambientales que redundan en el bienestar de otras zonas del Estado, sin recibir compensación alguna.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Si bien la estimación de una componente aislada de la HE limita el alcance de los resultados de este estudio, los valores de la HEE calculados permiten obtener ciertas conclusiones.

En primer lugar, una HEE de 1,701 ha/hab.²⁰ implica una superficie de absorción de CO₂ de 4.646.961 hectáreas, cantidad que supera ampliamente, no ya la superficie ecológicamente productiva, sino el total de superficie de Galicia, que asciende a 2.957.447 hectáreas.

Evidentemente el déficit ecológico será aún más grande al calcular el resto de componentes de la HE, por lo que, en términos de HEE, queda de

²⁰ Recordar que el ajuste derivado de las importaciones y exportaciones incrementaría esta cifra

manifiesto la insustentabilidad del estilo de vida de los gallegos, a pesar de que nuestro PIBp.c. se sitúa entre los últimos de España.

No obstante, existen varios matices importantes que deben ser tenidos en cuenta. En primer lugar, hemos destacado que esta situación es causada en gran medida por un sector concreto dentro de la economía gallega, sobre el cual deberán incidir las medidas destinadas a lograr un desarrollo sustentable.

La importancia del sector energético en la HEE es tal que eclipsa al resto de sectores económicos, lo que no significa que no haya que prestar atención a otras actividades, especialmente al transporte y a los sectores industriales, cuyo impacto queda solapado ante la magnitud de la huella en la producción de energía.

En segundo lugar, consideramos también relevante también destacar dos cuestiones específicas sobre la metodología de la HEE que afectan importantemente a los resultados de Galicia.

En relación al ajuste en las importaciones y exportaciones de bienes, éste debe ser completado restando los impactos de parte de la energía eléctrica exportada. Del total de energía eléctrica producida en Galicia, una parte es consumida en su territorio, contribuyendo a satisfacer las necesidades de los ciudadanos gallegos, empleándose además en las distintas industrias para la producción de bienes, algunos exportados, y prestación de servicios. Sin embargo, una parte importante es consumida fuera de Galicia o se pierde en la red de distribución²¹, por lo que, de acuerdo con la filosofía de la HEE, los

²¹ De acuerdo con García Negro (2003), la suma de la electricidad exportada y perdida en la red de distribución equivale al 48% del total de energía producida en Galicia.

impactos derivados de su producción no deben ser considerados, pues se trataría de analizar la sustentabilidad del estilo de vida de los gallegos.

Los datos de las TIOEGAL2000 cuantifican tanto el volumen de las exportaciones de energía eléctrica, 827.609 TEP, como las pérdidas soportadas en la distribución de electricidad, que ascienden a 195.272 TEP, mas no precisan el origen de la electricidad exportada, sin saber si se obtiene con fuentes renovables o no.

No obstante, para realizar un cálculo que, *grosso modo*, nos permita realizar este ajuste, podemos asumir como hipótesis de trabajo que la distribución de la electricidad exportada se realiza de acuerdo a las mismas proporciones que existen en su producción²². De este modo, la suma de la electricidad exportada y perdida de origen térmico ascendería a 583.467 TEP. Aplicando un factor de emisión medio de 107,88 KgCO₂/Gj para los 3 minerales empleados en la producción de electricidad de origen térmico²³, obtendríamos que habría que realizar un ajuste negativo de 0,146 ha/hab, con lo que la HEE descendería de 1,701 ha/hab a 1,555 ha/hab.

Adicionalmente, otra consideración importante en el caso de Galicia se refiere a la tasa de absorción de CO₂ empleada. La falta de estudios sobre la capacidad de absorción CO₂ de los bosques en distintas regiones ha derivado en la asunción en los estudios de HE de una tasa de absorción de CO₂ de 6,6 tm/ha., propuesta por Wackernagel y Rees (1996,74) para los bosques canadienses. Esto distorsiona la realidad de muchas zonas estudiadas, cuyos bosques poseen una mayor capacidad de absorción.

²² Esto es, un 57,05% de origen térmico, un 30,63% hidráulica, eólico 5,30%, cogeneración 6,85% y biomasa 0,17%.

²³ Para este simple cálculo sólo descontamos el impacto de las exportaciones de electricidad de origen térmico.

Si bien no existen estudios lo suficientemente completos y precisos sobre la capacidad de absorción de los bosques de Galicia, podría realizarse el cálculo del área de absorción de CO₂ con las tasas de absorción que Valentini (2000) observa en bosques de latitud similar a los gallegos. Haciendo este cálculo y, asumiendo una tasa de absorción de CO₂ de 18,3 tm/ha²⁴, la HEE de Galicia pasaría de 1,701 ha/hab a 0,61 ha/hab, situándose en 0,56 ha/hab si consideramos conjuntamente el efecto de la corrección por las exportaciones y pérdidas de electricidad.

Los dos ajustes, tienen sentido a la hora de analizar la sustentabilidad desde la filosofía de la HE que, como hemos señalado, se centra en el impacto del estilo de vida de los habitantes de la zona objeto de estudio más que en la situación medioambiental del área estudiada.

No obstante, para regiones donde están localizadas industrias altamente contaminantes o posean balanzas comerciales de las que se derivan diferencias sustanciales en cuanto a la energía incorporada a sus importaciones y exportaciones, los resultados expresados en términos de “sustentabilidad de los habitantes” distorsionan la verdadera situación medioambiental de la zona, de modo que el diseño de estrategias de desarrollo sustentable debe considerar la totalidad de impactos sufridos por el territorio.

Igualmente esas estrategias deben afrontar los problemas medioambientales actuando sobre su origen, sin que la mayor o menor capacidad de los ecosistemas para paliar determinados efectos evite tomar las decisiones necesarias.

²⁴ Este valor se corresponde con 5 Tm de C/ha, valor ligeramente inferior a los más altos propuestos por Valentini (2000) para bosques de latitudes similares a las gallegas

Anexo 1 Estructura y contenido de las TIOEGAL2000

La gestión de los recursos materiales y la energía necesita, entre otras cosas, de una contabilización adecuada tanto de los recursos naturales utilizados como de los residuos generados, con el fin de integrar las variables ecológicas con las económicas.

Partiendo de esta premisa, las TIOEGAL2000 nacen con la idea recoger mediante datos físicos el entramado de relaciones energéticas entre los distintos sectores productivos gallegos.

Las referencias para su elaboración son la metodología input-output recogida en el Sistema Europeo de cuentas Integradas (SEC-95) y así como la TIO ampliada de Víctor (1972), si bien, el hecho de que sea una metodología pensada para un tratamiento exclusivamente monetario dificulta y, en algunos casos impide, el cálculo de determinadas magnitudes contempladas en el SEC-95. De ahí que se haya adaptado la metodología a los objetivos marcados, obteniendo como resultado la elaboración de dos tablas principales, destino y origen.

En la tabla de destino se muestran los empleos de los distintos tipos de productos energéticos por parte de cada rama productiva o sector demanda final. Es decir, conocemos a través de ella los empleos de cada producto energético por cada actividad productiva en los que los usos tienen un significado de consumo intermedio, sabiendo además las pérdidas que se generan en la producción o distribución de cada producto energético, así como los usos finales en forma de consumos domésticos, consumos públicos o exportaciones.

Tabla de destino simplificada

Empleos	Ramas de actividad	Gasto en consumo final	Resto del mundo	Pérdidas	Total	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Productos	(1)	Consumos energético intermedios por producto y rama de actividad	Gasto en consumo final doméstico o de las administraciones públicas	Exportaciones	Pérdidas de producción y/o distribución	Empleos totales por producto energético

En la tabla de origen se muestra la oferta de bienes y servicios por producto y sector proveedor, distinguiendo la producción de las ramas de actividad gallegas y las importaciones.

Tabla de origen simplificada

Oferta	Productos	Total
	(1)	(2)
Ramas de actividad (1)	Producción por producto y por rama de actividad	Producción por rama de actividad
Resto del Mundo	Importaciones por producto	Importaciones totales
Total (2)	Recursos disponibles por producto	

En cuanto a la clasificación sectorial incluida en las tablas, la subdivisión de los sectores y subsectores responde a la identificación de los distintos sectores de la actividad económica con presencia e importancia en la economía gallega, basándose en un criterio de adecuación entre la clasificación y la importancia relativa en el PIB gallego, así como a la puesta de manifiesto de aquellos subsectores de mayor consumo energético.

BIBLIOGRAFÍA.

- **Calvo Salazar M. y Sancho Royo, F. (1998)** "Estimación de la Huella Ecológica de Andalucía y su aplicación a la aglomeración de Sevilla", (en línea) [Referencia de 10 de enero de 2006] Disponible en Web: <<http://www.cucsur.udg.mx/>>
- **Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD) (1987):** *Nuestro futuro común*, Alianza Editorial, S.A., Madrid, 1988.
- **Consellería de Medio Ambiente (CMA) (2004):** *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero en Galicia*, Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- **Ibáñez Etxebarua, N. (2001):** *La huella ecológica de Donostia-San Sebastián*, (en línea) [Referencia de 9 de enero de 2006] Disponible en Web: <<http://www.agenda21donostia.com/cas/corporativa/docs/huellaeco.pdf>>
- **INE (2005):** *Contabilidad regional de España. Base 2000*. (en línea) [Referencia de 25 de enero de 2006] Disponible en Web: <<http://www.ine.es>>
-
- **García Negro, M.C. (dir) (2002):** *Táboa Input-Output 2000 (Realidade física) de Galiza*, inédito.
- **Gobierno de Navarra (2000)** *Huella ecológica y sostenibilidad* (en línea) [Referencia de 20 de junio de 2005] Disponible en Web:<<http://www.navarra.es>>
- **Herold, A (2003):** *Comparison of CO2 emission factors for fuels used in Greenhouse Gas Inventories and consequences for monitoring and reporting under the EC emissions trading scheme*, (en línea) [Referencia de 3 de octubre de 2005] Disponible en <http://air-climate.eionet.eu.int> >
- **INEGA (2003):** *Balance enerxético de Galicia 2002*, Instituto Energético de Galicia, Santiago de Compostela.
- **Lenzen, M. y Murray, S. (2001)** "A modified ecological footprint method and its application to Australia"; *Ecological Economics* N° 37 pp. 229-255.
- **Lenzen, M. [et alii] (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* N° 46(1) pp.113-141.
- **Mayor Farguell [et alii] (2003):** *Aproximación a la huella ecológica de Cataluña*, (en línea) [Referencia de 20 de junio de 2005] Disponible en Web:< http://www.cat-sostenible.org/pdf/DdR_7_Huella_Ecologica.pdf>
- **Martín Palmero, F. (Editor) (2004):** *Desarrollo sostenible y huella ecológica*, Netliblo S.L, A Coruña.

- **Relea Ginés, F. (1998):** *Aproximación a la huella ecológica de Barcelona*, (en línea) [Referencia de 20 de diciembre de 2005] Disponible en Web:< http://www.mediambient.bcn.es/cas/down/masu6_1.pdf>
- **Valentini, R. [et alii] (2000):** “Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests”, en *Nature*, Vol. 404, pp, 861-865
- **Van Den Bergh, J.C.J.M. y Verbruggen, H. (1999):** “Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint”, en *Ecological Economics*, N° 29, pp 61-72.
- **Varela Díaz, R. (2004):** *Contaminación atmosférica en Galiza*, Baía Edicións, A Coruña.
- **Victor, P.A. (1972)** *Economía de la polución*. Colección McMillan-Vicens-Vives, Barcelona.
- **Wackernagel, M. y Rees W. E. (1996):** *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Philadelphia.
- **Wackernagel, M. y Silverstein, J. (2000):** “Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint”, en *Ecological Economics*, N° 32, pp 391-394.
- **Woods, P. (2004):** *Ecological Footprint: North Sydney. Stage 1. Assesment of its use as sustainability measure for North Sydney Council* (en línea) [Referencia de 3 de marzo de 2004] Disponible en Web:< <http://www.ies.unsw.edu.au/partnership>>
- **WWF ADENA (2004): Living Planet Report 2004**, (en línea) [Referencia de 3 de marzo de 2005] Disponible en Web <<http://www.panda.org>>