

# Huella ecológica del campus de Vegazana

(Universidad de León)

## UNA APROXIMACIÓN A SU VALOR. IMPLICACIONES EN LA SOSTENIBILIDAD DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

En el año 1996, los científicos canadienses Mathis Wackernagel y William Rees publicaron el libro *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*, en el que se definió un nuevo indicador de sostenibilidad que denominaron con el nombre de huella ecológica. En este trabajo se recoge el estudio realizado para la aplicación del indicador de la huella ecológica en el ámbito del campus de Vegazana de la Universidad de León. El objetivo final del presente estudio es la determinación de este indicador y las posibles medidas a tomar para su reducción futura.

En las últimas décadas se han desarrollado un gran número de indicadores y aproximaciones metodológicas para evaluar la sostenibilidad de una región o de una determinada actividad social. Algunos de estos métodos de evaluación están relacionados con la Tierra y los recursos con los que una sociedad determinada vive y desarrolla una actividad, como es el caso del indicador huella ecológica.

### La huella ecológica

En la década de los 90, William Rees y sus alumnos (Bicknell *et al.*, 1998) de la Universidad canadiense de la Columbia Británica introdujeron el concepto de huella ecológica (en adelante HE) como un nuevo indicador o aproximación al grado de sostenibilidad de una población. La idea fundamental de estos trabajos es que cada individuo, cada proceso, cada actividad y cada población tiene un impacto en la Tierra debido a los recursos que consume, a la generación de residuos que produce, así como al uso de los servicios proporcionados por la naturaleza. Estos impactos pueden convertirse o transformarse en área biológicamente productiva.

El método de cálculo de la huella propuesto por Wackernagel y Rees (1996) par-

Por PAULA ARROYO HERNÁNDEZ, JOSÉ MANUEL ÁLVAREZ, JORGE FALAGÁN FERNÁNDEZ, CARLOS MARTÍNEZ SANZ, GEMMA ANSOLA GONZÁLEZ Y ESTANISLAO DE LUIS CALABUIG. Instituto de Medio Ambiente. Universidad de León. Área de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana. Contacto: paula.arroyo@unileon.es



'El pensador', de Víctor de los Ríos, en el campus de Vegazana de la Universidad de León.

Jorge Falagán Fernández

te de la asunción de que cada unidad de materia o de energía consumida requiere una cierta cantidad de territorio para abastecer de recursos destinados al consumo o tratar los residuos que se generan. Es por ello que para el cálculo de este indicador se estima el área de territorio necesaria para la producción de cada elemento de consumo por persona. Esta área se obtiene dividiendo el consumo anual medio de cada uno de estos elementos (Kg/habitante) por la productividad anual media (Kg/ha) (Mayor *et al.*, 2003).

**Objetivo: aplicación del cálculo de la huella ecológica al campus de Vegazana de la Universidad de León**

Este trabajo presenta el cálculo del valor de la HE para el año 2006 en el campus de Vegazana de la Universidad de León. Debido a las particularidades del ámbito territorial de estudio, la metodología se ha tenido que matizar en algunos aspectos, para adaptarla así a lo que algunos autores han denominado «HE de una economía cerrada», es decir, aquella donde no existen intercambios comerciales con otras economías de modo que el consumo no supera a la producción interior, pues no se pueden consumir más productos que aquellos que provengan del área biológicamente productiva disponible. Por tanto, la HE no ofrecería información respecto a la existencia de déficit o reservas ecológicas, perdiendo buena parte de su utilidad, en el sentido de que no existirían déficit ecológicos (Penela y Villasante, 2007).

Dentro de las dos metodologías más estandarizadas para el cálculo de la HE, *The compound method* y *The component method* [ver Simmons *et al.*, (2000) y Chambers *et al.*, (2000), para más información sobre los mismos], este estudio se enmarcaría en la segunda de ellas.

La realización de trabajos de cálculo de la HE en otras universidades permitirá una comparación relativa entre los valores obtenidos.

**El campus de Vegazana de la Universidad de León**

La mayoría de los estudios de la Universidad de León se concentran en el denominado campus de Vegazana, situado en la parte norte de la ciudad. En la actualidad ofrece un total de 53 titulaciones impartidas en 17 centros por 26 departamentos. En el curso 2006/2007 el número total de estudiantes fue cercano a 14.000.

**Determinación del cálculo de la huella ecológica**

En este trabajo se han tomado los valores de un total de 11 variables a partir de las categorías clásicas de recursos establecidas por Rees y Wackernagel (Tabla 1). Únicamente se ha dejado al margen la referente a alimentación, ya que la aplicación de este aspecto no ha podido contabilizarse por falta de datos y motivos metodológicos (Tabla 1).

**Consumo de energía**

En todos los edificios del campus de Vegazana se utiliza como combustible el gas natural; la única excepción es la Facultad

**Tabla 1.** Categorías de recursos consideradas en la HE del campus de Vegazana.

<b>Energía</b>
Electricidad
Gas natural
Gasoil
<b>Movilidad</b>
Coche
Autobús
Motocicleta
<b>Bienes y servicios</b>
Residuos no reciclados
Agua potable y depuración de agua
Materiales para la construcción de edificios
<b>Superficie construida</b>
Espacio ocupado por edificios
Espacio ocupado por aceras, jardines, etc.

de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, que consume gasóleo para la calefacción. Junto a la energía consumida como combustible se contabiliza también la energía eléctrica consumida por todos los edificios del campus.

**■ Energía eléctrica**

La energía eléctrica que se consume en España presenta un origen de producción diverso (Tabla 2).

Para cada tipo se ha utilizado un método de cálculo en función de su impacto en el medio. En el caso de los combustibles que emiten CO<sub>2</sub> en su producción o su consumo, se calculan los kilogramos de CO<sub>2</sub> que se emiten por cada GJ de combustible consumido. En el caso de la energía eléctrica de origen nuclear, se ha asimilado su emisión a los combustibles fósiles líquidos, tal y como se plantea en otros trabajos (Relea y Prats, 1998).

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> utilizados son los presentados en el Plan de Energías Renovables de España 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Tabla 3).

**■ Energía de uso térmico**

En el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> se ha empleado, al igual que en el caso de la energía eléctrica, el factor de conversión estipulado en el Plan de Energías Renovables de España 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Tabla 4).

**Tabla 2.** Origen de la energía eléctrica consumida. Informe del año 2006 de Red Eléctrica Española.

Tipo de central	GWh Total	%
Carbón	66,006	27,78
Ciclo combinado	63,506	26,73
Nuclear	60,126	25,31
Hidroeléctrica	25,330	10,66
Eólica	22,631	9,52

**Tabla 3.** Emisión de CO<sub>2</sub> debida al consumo eléctrico considerando el «mix eléctrico».

Consumo eléctrico	%	Kwh	Gwh	Factor de emisión CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> /Gwh)	t CO <sub>2</sub>
Carbón	27,78	1.789.996,81	1,79	961,0	1.720,19
Ciclo combinado	26,73	1.722.340,34	1,72	372,0	640,71
Nuclear	25,31	1.630.843,03	1,63	262,8	428,59
Hidroeléctrica	10,66	686.874,23	0,69	0	0
Eólica	9,52	613.418,63	0,61	0	0
TOTAL (t)					2.789,48
TOTAL (kg)					2.789.483,09

**Tabla 4.** Emisión de CO<sub>2</sub> debida al consumo de energía de uso térmico.

Consumo combustibles fósiles	Kwh	Factor de emisión CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /Kwh)	Kg CO <sub>2</sub>
Gas Natural	8.950.225,00	0,201	1.798.995,23
Gasóleo*	24.320,92	0,264	6.420,72
TOTAL (kg)			1.805.415,95

**Tabla 5.** Consumo de agua para el riego de las zonas verdes del campus.

Consumo agua (l/m <sup>2</sup> /día)	Superficie de riego (m <sup>2</sup> )	Días de riego	Total (l)	Total (m <sup>3</sup> )
6,00	100.098,89	210,00	126.124.601,40	126.124,60

## Bienes y servicios

### ■ Residuos no reciclados

La generación de residuos sólidos urbanos en su fracción no reciclable en la provincia de León es conducida al Centro Provincial de Tratamiento de Residuos situado en la localidad de San Román de la Vega.

A pesar de que entre los objetivos iniciales de este estudio se contemplaba la inclusión de esta variable en el cálculo de la HE, la falta de datos concretos ha imposibilitado su cálculo.

### ■ Agua

El agua potable del cual se abastece la ciudad de León y el campus de Vegazana proviene de la cuenca del río Porma.

En este trabajo se presentan los cálculos relativos al consumo energético asociado al transporte, potabilización y depuración posterior del agua consumida.

**Agua potable.** El agua consumida en el campus de Vegazana se potabiliza en una estación localizada a pocos kilómetros, situada en el municipio de Valdefresno. La planta carece de bombas de abastecimiento, ya que el agua se capta del río Porma por gravedad, a través de un canal presurizado. El consumo energético final es de 0,016 Kwh/m<sup>3</sup>.

Se ha incorporado al cálculo el consumo de agua empleada para el riego de las zonas verdes que se encuentran en el campus. La superficie ajardinada ocupa una extensión de 100.098,89 m<sup>2</sup> y es regada con agua potabilizada. Como excepción, las instalaciones deportivas se abastecen de un sondeo, no se potabiliza el agua y la extensión regada es de 8.626,98 m<sup>2</sup>.

El consumo de agua para riego en el campus es de 6 litros/m<sup>2</sup>/día. Durante la estación invernal, las zonas verdes no requieren de riego (Tabla 5).

**Agua depurada.** El agua residual del campus es conducida hasta la estación depuradora de aguas residuales de la ciudad de León. El proceso de depuración con una línea de agua (fangos activados) y una línea de fangos conlleva un consumo eléctrico de 0.03 kwh/m<sup>3</sup> (Tablas 6 y 7).

### ■ Papel

Debido a la actividad eminentemente académica que se desarrolla en el conjunto del campus de Vegazana, se ha considerado necesario incluir en el cálculo de la HE el consumo de papel que se realiza por parte de la comunidad universitaria.

Este consumo se ha estimado a partir de los datos aportados por López *et al.* (2008), que han realizado el cálculo de consumo de papel en dos facultades de la Universidad de Santiago así como mediante la realización de encuestas en el campus.

El factor de emisión asociado a este consumo de papel se ha calculado a partir de los datos de López *et al.* (2008), que a su vez se han elaborado a partir de da-

*La mayoría de los estudios de la Universidad de León se concentran en el denominado campus de Vegazana, situado en la parte norte de la ciudad de León. En la actualidad ofrece un total de 53 titulaciones impartidas en 17 centros por 26 departamentos. Durante el curso 2006/2007 el número total de estudiantes fue cercano a 14.000*

**Tabla 6.** Consumo energético necesario en el año 2006 para la depuración y potabilización del agua consumida en el campus.

Facultad, Escuela o Edificio	Consumo (m³)	Consumo energético potabilización (0.016 kwh/m³)	Consumo energético depuración (0.03 kwh/m³)
Fac. de Ciencias Económicas y Empresariales	1.846,00	29,54	55,38
Fac. de Educación	1.828,00	29,25	54,84
Fac. de Ciencias del Trabajo	797,00	12,75	23,91
Esc. de Ingenierías Industrial e Informática	2.138,00	34,21	64,14
Fac. de Filosofía y Letras	5.914,00	94,62	177,42
Fac. de Derecho	970,00	15,52	29,10
Edificio de Servicios	1.592,00	25,47	47,76
Cafetería I	2.097,00	33,55	62,91
Fac. de Ciencias Biológicas y Ambientales	8.343,00	133,49	250,29
Fac. de Veterinaria	25.046,00	400,74	751,38
Clínica Veterinaria	5.193,00	83,09	155,79
Biblioteca Univ. «San Isidoro»	2.435,00	38,96	73,05
Aulario	424,00	6,78	12,72
INDEGA	2.126,00	34,02	63,78
Pabellón	1.604,00	25,66	48,12
Fac. de CC. Actividad Física y del Deporte	7.688,00	123,01	230,64
Agua para riego	126.124,60	2.017,99	
<b>TOTAL</b>	<b>70.041,00</b>	<b>3.138,65</b>	<b>2.101,23</b>

**Tabla 7.** Emisión de CO<sub>2</sub> debida al consumo energético necesario para la potabilización y depuración del agua consumida en el campus.

Consumo eléctrico	%	Kwh	Gwh	Factor de emisión CO <sub>2</sub> (t CO <sub>2</sub> /Gwh)	t CO <sub>2</sub>
Carbón	27,78	1.468,14	0,0014681	961	1,41
Ciclo combinado	26,73	1.403,03	0,0014030	372	0,52
Nuclear	25,31	1.337,60	0,0013376	262,8	0,35
Hidroeléctrica	10,66	563,37	0,0005634	0	0,00
Eólica	9,52	503,12	0,0005031	0	0,00
<b>TOTAL (t)</b>					<b>2,28</b>
<b>TOTAL (kg)</b>					<b>2.284,33</b>

**Movilidad**

El transporte de todos los individuos de la comunidad universitaria hasta el campus de Vegazana se ha estudiado mediante encuestas. Se ha realizado un muestreo estratificado entre los distintos componentes, considerando como variables la Facultad o Escuela de cada persona encuestada, así como su situación de estudiante, personal docente investigador (PDI), personal de servicios (PAS) y otros (como los pertenecientes a los servicios de limpieza).

La encuesta ofrece información sobre diversas variables o factores que influirán en el cálculo de la HE. Se han recogido datos sobre el tipo de transporte utilizado para ir a la Universidad, la distancia recorrida, el número de ocupantes del vehículo o el número de desplazamientos diarios hasta el campus, como cuestiones más importantes.

Los resultados de la encuesta reflejan que casi la mitad de la comunidad universitaria realiza el desplazamiento entre su punto de origen y el campus caminando (49,87%). El coche (27,92%) y el autobús (15,08%) son los dos siguientes medios más empleados (Gráfico 1).

En función de la Facultad o Escuela de destino se establecen diferencias en cuanto al medio empleado (Tabla 12). De tal manera que los que más utilizan la bici-

tos obtenidos del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, de la Universidad Politécnica de Valencia, de la Escuela Politécnica de Manresa y de la organización Greenpeace.

Es preciso señalar que la industria papelera es el quinto sector industrial en consumo de energía, con un 4% del uso mundial de energía.

En este trabajo se han considerado las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al gasto energético en la fabricación del papel (tabla 8) a partir de López *et al.* (2008) (Tablas 8 y 9).

**Tabla 8.** Número estimado de folios de papel utilizado en el campus en el año 2006.

	Número de hojas		Toneladas de papel	
	Papel virgen	Papel reciclado	Papel virgen	Papel reciclado
Hojas para apuntes	8.242.290	3.532.410	41.134	17.629
Hojas para trabajos	2.747.430	1.177.470	13.711	5.876
Fotocopias	10.030.000			50.056
<b>Folios Total</b>			<b>104.901</b>	<b>23.505</b>

**Tabla 9.** Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo energético de la fabricación de papel.

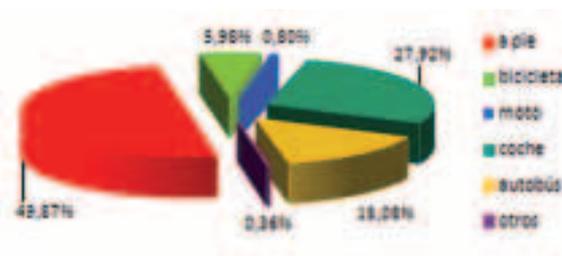
	Toneladas de papel		Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /t papel)		Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg)	
	Papel virgen	Papel reciclado	Papel virgen	Papel reciclado	Papel virgen	Papel reciclado
Folios total	104.901	23.505	1,84	0,61	193.017,84	14.338,05



Jorge Falagán Fernández

*Se define la huella ecológica como «el área de territorio biológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma definida sea donde sea que se encuentre esta área». (Rees & Wackernagel, 1996)*

**Gráfico 1.** Medio principal de transporte utilizado para ir al campus de Vegazana.

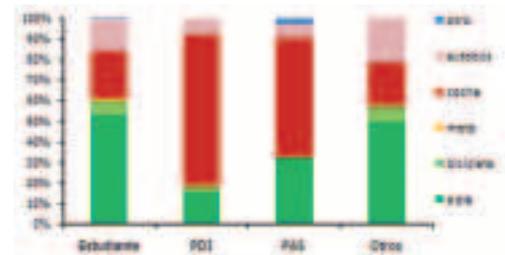


clera son aquellos cuyo destino es la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte; los que más emplean la moto son los que van a la Escuela de Ingenierías Industrial e Informática; el

coche, los de Ciencias Económicas y Empresariales; el autobús, aquellos que van a la Facultad de Educación; y por último, caminando, principalmente los que se dirigen a la Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales (Tabla 10).

El medio de transporte empleado no sólo se diferencia en función del lugar de destino, sino que también se hace un uso diferente de acuerdo a los diferentes colectivos estudiados (Gráfico 2), (Tabla 11).

**Gráfico 2.** Medio principal de transporte utilizado para ir al campus de Vegazana en función del colectivo al que pertenece cada integrante de la comunidad universitaria.



**Tabla 10.** Porcentaje de utilización de cada medio de transporte en función de la Facultad o Escuela de destino. Se ha sombreado con gris para cada medio de transporte el destino más frecuente.

Edificio	A pie %	Bicicleta %	Moto %	Coche %	Autobús %	Otro %
Aulario	0	0	0	0,32	0	0
Biblioteca	0,18	0	0	0,32	0	0
Ciencias Biológicas y Ambientales	24,51	20,90	22,22	12,78	11,83	25,00
Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	5,01	31,34	0	4,15	7,10	0
Ciencias del Trabajo	3,04	7,46	0	4,47	5,33	0
Ciencias Económicas y Empresariales	13,06	0	11,11	19,17	13,61	50
Derecho	6,44	2,99	11,11	7,03	7,69	0
Edificio de Deportes	0	0	0	0,32	0	0
Edificio de Servicios	0,18	0	0	1,28	0	0
Educación	12,34	7,46	11,11	15,65	18,34	0
Filosofía y Letras	5,19	1,49	0	6,39	10,65	0
Ingenierías industrial e Informática	12,16	11,94	33,33	13,74	11,24	0
Veterinaria	12,16	10,45	0	7,67	7,69	0
Otros	5,72	5,97	11,11	6,71	6,51	25,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

**Tabla 11.** Distancia media (km) en función del medio de transporte principal utilizado para ir al campus.

<b>A pie</b>	<b>Bicicleta</b>	<b>Moto</b>
1,86 km	2,20 km	3,83 km
<b>Coche</b>	<b>Autobús</b>	<b>Otro</b>
4,36 km	5,41 km	3,67 km

**Coches**

En el Informe MIES, Cuchí *et al.* (1999) indican que la emisión de CO<sub>2</sub> del vehículo es independiente del número de pasajeros del mismo, ya que las emisiones serían similares si fuera una única persona, dos, tres, cuatro o cinco, y lo único que varía es que el impacto se reparte entre más gente.

Otros autores, como López *et al.* (2008), proponen un consumo específico de energía primaria de los coches en función del número de pasajeros, así como de la potencia del vehículo y si su combustible es gasóleo o gasolina. En este trabajo se ha considerado más acertada la opción escogida por López *et al.* (2008), de forma que los cálculos relativos a la movilidad se han apoyado en lo realizado por estos autores para dos facultades de la Universidad de Santiago de Compostela (Gráfico 3).

*La realización de trabajos de cálculo de la HE en otras universidades ha permitido la comparación relativa entre los valores obtenidos. El valor de la HE del campus de Vegazana (0,45 ghalcap) es el segundo más bajo de los calculados. Únicamente la Universidad de Newcastle, en Australia, presenta un valor sensiblemente inferior*



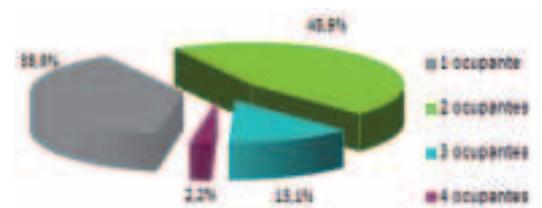
Jorge Falagán Fernández

Las encuestas reflejan que el 56,45% de la personas que usan el coche como medio principal de transporte realizan el recorrido dos veces al día, es decir, van al campus por la mañana, vuelven a su domicilio y de nuevo retornan al campus en la jornada de tarde.

El parque móvil del campus se encuentra muy repartido en cuanto al tipo de combustible, ya que el 51% de los coches utiliza gasóleo como combustible y el 49% emplea gasolina.

A partir de los valores medios de desplazamiento, y teniendo en cuenta el nivel de ocupación del vehículo y el tipo de combustible empleado (todos estos datos obtenidos mediante encuesta), se ha calculado el valor total de emisión de

**Gráfico 3.** Ocupación media de los vehículos que llegan al campus. Este cálculo se realiza únicamente para el caso de que el coche sea el principal medio de transporte empleado.



CO<sub>2</sub> del conjunto del campus. En la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos. El cálculo se ha simplificado realizando una media en la emisión de CO<sub>2</sub> entre vehículos de gasolina y diésel (Tabla 12).

**Tabla 12.** Emisión de CO<sub>2</sub> asociada al transporte, en automóvil y por ocupación del vehículo.

	Consumo de energía primaria por persona* (MJ/km)	Consumo de energía primaria por vehículo* (MJ/km)	Kilómetros recorridos días lectivos año 2006**	Factor de emisión kg CO <sub>2</sub> /km***	Kg CO <sub>2</sub>
Ocupación baja	2,87	2,87	2.746.521,456	0,199	546.557,77
Ocupación media	1,43	4,29	2.532.903,121	0,298	754.805,13
Ocupación alta	0,95	4,75	376.578,023	0,329	123.894,17
<b>TOTAL</b>					<b>1.425.257,07</b>

\* Dato extraído de Noy Serrano (1996). \*\* Se han considerado 150 días lectivos al año. \*\*\* Dato elaborado a partir de Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual. International Panel for Climate Change (IPCC).

**Tabla 13.** Factor de emisión y emisión final de CO<sub>2</sub> asociados al transporte en motocicleta.

	Kilómetros recorridos días lectivos año 2006	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /km)*	Kg CO <sub>2</sub>
Motocicleta	897,27	0,06	53,84
TOTAL			53,84

\* Extraído de López et al. (2008).

**Tabla 14.** Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al transporte en autobús.

Consumo de energía primaria* (Mj/Km)	Kilómetros recorridos días lectivos año 2006	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /km)*	Kg CO <sub>2</sub>
0,39	28.283,485	0,028	791,94
TOTAL			791,94

### ■ Motocicletas

Al igual que en el caso de los automóviles, la distancia media de transporte de la comunidad universitaria desde su punto de origen al campus se ha obtenido a partir de encuestas. Los kilómetros totales recorridos se han calculado a partir de los datos recogidos en la encuesta. Se ha considerado asimismo el número de viajes realizados durante el año por persona. Del mismo modo que para los coches, se ha aplicado un factor de emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido, con el fin de obtener un total de emisiones (Tabla 13).

### ■ Autobuses

El estudio de las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la movilidad en autobús se ha elaborado de la misma manera que en el caso de los coches y motocicletas. La distancia recorrida por el autobús se ha estimado mediante encuestas, aunque el método podría aplicarse también según la distancia recorrida por las líneas de autobús que desde los distintos puntos de la ciudad realizan su recorrido hasta el campus de Vegazana.

El gasto en energía primaria se ha estimado para una ocupación del 75% de acuerdo con lo establecido por López et

al. (2008). No se ha diferenciado en los cálculos entre los autobuses urbanos y periurbanos (Tabla 14).

### Suelo ocupado

El estudio relacionado con el uso del territorio y la construcción de todos los elementos físicos que constituyen en campus de Vegazana se ha abordado desde dos puntos de vista: el análisis de la ocupación del suelo y el impacto asociado a la construcción del propio campus.

### ■ Suelo directamente ocupado por el campus

El método seguido para la determinación de la superficie ocupada ha consistido en la digitalización en pantalla sobre ortofotografía digital georreferenciada de alta resolución espacial, mediante apoyo en ficheros .dwg, propios de AutoCAD, de todos los edificios e infraestructuras del campus, utilizando el *software* Arc GIS 9.2 (ESRI, 2006). Desde el nacimiento de la Universidad de León como entidad autónoma en el año 1979, y hasta el año 2006, el campus de Vegazana ha tomado la estructura que se muestra en la figura 1. A partir de esta digitalización se ha

**Tabla 15.** Superficie ocupada por edificios, vías de comunicación, parcelas urbanizables y zonas verdes en el campus de Vegazana. Año 2006.

Descripción-Entidad	Área (m <sup>2</sup> )
Escuela de Ingenierías Industrial e Informática	9.987,02
Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales	5.157,00
Facultad de Ciencias del Trabajo	2.462,13
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales	7.753,04
Facultad de Derecho	4.064,92
Facultad de Educación	2.462,13
Facultad de Filosofía y Letras	4.703,60
Facultad de Veterinaria	9.146,00
Instituto de CC. Actividad Física y Deporte	5.192,65
Instalaciones deportivas	12.802,24
Edificios de deportes	4.797,40
Aulario	703,45
Edificio de Servicios	1.125,23
Biblioteca Universitaria «San Isidoro»	1.497,71
Institutos de Investigación	2.323,59
Clínica Veterinaria	4.585,00
Animalario	687,76
Cafetería I	959,47
Cafetería II	621,15
Cafetería III	744,27
Caja España	252,04
Residencia Universitaria «Emilio Hurtado»	3.431,70
Centro TIC de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)	1.905,88
Edificios de suministro eléctrico	299,87
Vial rodado	38.803,05
Vial peatonal	32.691,19
Zona verde	108.725,86
Parking	25.374,07
Parcelas urbanizables	129.500,64
<b>TOTAL SUPERFICIE OCUPADA</b>	<b>422.760,06</b>

obtenido la superficie ocupada por facultades, edificios de usos múltiples, vías de comunicación rodadas y peatonales, parkings, parcelas urbanizables para próximas construcciones y zonas verdes (Tabla 17), (Figura 1), (Tabla 15).

Figura 1. Vista en 3D del campus de Vegazana en el año 2006, digitalizado con Arc GIS 9.2 (ESRI, 2006).



De forma sintética, el campus de Vegazana se extiende por una superficie total de 422.760,06 m<sup>2</sup> (42,28 ha). En la misma se incluye no sólo el suelo ocupado por las diferentes facultades y escuelas, bibliotecas, cafeterías y edificios de usos diversos (con un total de 87.665,25 m<sup>2</sup>), sino también la superficie ocupada por vías de comunicación rodadas y peatonales (71.494,24 m<sup>2</sup>), parkings (25.374,07 m<sup>2</sup>), parcelas urbanizables para próximas construcciones, que actualmente albergan la nueva Facultad de Educación y el Centro de Alto Rendimiento (129.500,64 m<sup>2</sup>), y zonas verdes (108.725,86 m<sup>2</sup>) (Gráfico 4).

### Impacto de la construcción del campus

El impacto ambiental asociado a la construcción del campus se ha estudiado a partir de la cantidad y tipología de materiales utilizados en la construcción de los diferentes edificios del campus, así como de viales rodados, peatonales y zonas de aparcamientos. Estos valores fueron determinados mediante consultas a expertos técnicos de la Universidad y ajenos a ella, y se muestran en las Tablas 16 y 17.

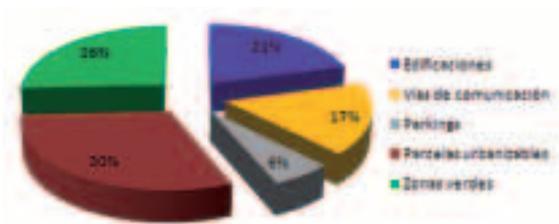
Una vez cubicados mediante la mejor estimación posible (superficie construida total y altura media para cada uno de

los edificios, estimada en 3.5 m, 7 m y 12.5 m según los casos), se ha realizado una aproximación de las emisiones de CO<sub>2</sub> totales siguiendo las pautas del Informe MIES (Cuchí *et al.*, 1999). A partir de los materiales empleados, y de su cantidad, se aplica una serie de factores de conversión que aportan las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por el uso de ciertas cantidades fijas de esos materiales.

A partir de esa información, y utilizando medidas relativas a la energía necesaria para fabricar diversos materiales usuales en la construcción de edificios, fue posible estimar la energía total consumida en la creación del campus de Vegazana, desde sus orígenes en 1979 hasta 2006. A través de los materiales invertidos, se pueden finalmente calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>, sustituyendo la cantidad utilizada de esos materiales por la energía requerida para fabricarlos, y ésta por las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al uso de esa energía. Los cálculos realizados se apoyan en los datos recogidos en el Informe MIES (Cuchí *et al.* 1999). Cabe señalar que los nuevos materiales de construcción requieren cantidades de energía mucho mayores para su fabricación que otros más básicos.

Por tanto, la construcción del campus de Vegazana, incluyendo edificios e instalaciones viarias y zonas de aparcamiento, ha supuesto la emisión de un total de 31.919,29 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. La repercusión anual correspondiente a un periodo de 27 años

Gráfico 4. Ocupación del suelo en el campus de Vegazana en el año 2006.



**Tabla 16.** Kilogramos de materiales gastados en la construcción de todos los edificios del campus.

Material	Kg /10.000 m <sup>3</sup> construidos	Total toneladas campus
Áridos	2.000	2.623,00
Fábrica de ladrillo	3.000	3.934,49
Madera	200	262,30
Yeso	2.500	3.278,74
Tablero contrachapado	100	131,15
Cemento Portland	1.500	1.967,25
Asfalto	100	131,15
Tablero aglomerado	300	393,45
Vidrio	800	1.049,20
Pintura plástica	400	524,60
Acero	500	655,75
Poliuretano	160	209,84
Polietileno	100	131,15
PVC	300	393,45
Cobre	100	131,15
Pintura (esmalte)	150	196,72
Poliestireno expandido	200	262,30
Neopreno	100	131,15
Aluminio	400	524,60

**Tabla 17.** Kg de materiales gastados en la construcción de todos los viales rodados, peatonales y parkings del campus.

Material	Kg /1.000 m <sup>2</sup> construidos	Total toneladas campus
Áridos	660	63.933,08
Fabrica de ladrillo	2,5	242,17
Cemento Portland	50	4.843,42
Asfalto	40	3,874,73
Acero	0,3	29,06
Polietileno	0,1	9,69
PVC	0,2	19,37

es, pues, de 1.182,20 toneladas. Las facultades y resto de edificios del campus son la estructura básica del mismo, así como la imagen física de la Universidad de León. La construcción de todos ellos ha supuesto la emisión de 31.907,59 toneladas de CO<sub>2</sub>, implicando una repercusión anual que asciende a 1.181,76 toneladas de CO<sub>2</sub>, nuevamente para el periodo comprendido entre 1979 y 2006. Por su parte, la construcción de las superficies asfaltadas para la circulación de vehículos y las zonas peatonales incluidas dentro del perímetro del cam-



Jorge Falagán Fernández

pus han supuesto la emisión de 11,70 toneladas de CO<sub>2</sub>, con una repercusión anual de 0,43 toneladas.

### Huella ecológica del campus de Vegazana

Una vez conocidos los consumos globales del campus de Vegazana en el año 2006, se presentan los cálculos relativos a las hectáreas de superficie biológicamente productiva necesarias para producir los recursos utilizados en el campus.

Los consumos calculados han sido convertidos a hectáreas globales dividiendo la cantidad total consumida de cada bien por su productividad biológica y multiplicándola por un factor de equivalencia. En el caso particular de las emisiones de CO<sub>2</sub>, la cantidad total de emisiones se divide entre la capacidad de las

*La mayor parte de las emisiones proceden del gasto energético, tanto para electricidad (38%) como para uso térmico (24%). La movilidad o transporte representa el tercer gran bloque emisor de CO<sub>2</sub> (19%)*

**Tabla 18.** Factores de equivalencia utilizados en el estudio.

	<b>Factor de equivalencia</b>
Energía fósil	1.138688
Tierra cultivable	2.821875
Pastos	0.541097
Bosques	1.138688
Terreno construido	2.821875
Mar	0.217192

masas forestales y de los océanos de fijar CO<sub>2</sub> y se multiplica por el factor de equivalencia correspondiente. De esta forma se obtendría la huella ecológica de cada uno de los bienes consumidos.

Agregando las huellas ecológicas de todos los bienes y dividiendo entre el número de personas que integran la comunidad universitaria del campus de Vegazana se ha obtenido la huella ecológica per cápita total. Ésta vendrá a representar la superficie necesaria para satisfacer los consumos y absorber los residuos de cada integrante del campus.

Los factores utilizados son los establecidos por la metodología clásica. De acuerdo con Rees y Wackernagel, representan los factores de equivalencia de la biomasa primaria. El ratio entre ellos define su capacidad relativa para producir biomasa. En adición, los factores son escalados por un índice que mantiene la capacidad global per cápita

ta constante. Un factor 3,2 significa que esa categoría de tierra es 3,2 veces más productiva que la tierra bioproductiva media mundial (Tabla 18).

El resultado final muestra un valor de huella ecológica por integrante de la comunidad universitaria del campus de Vegazana de 0,45 gha/cap. La hoja de cálculo elaborada por Domenech (<http://www.huellaecologica.com/>) resulta de gran utilidad para la realización del cálculo final (Tabla 19).

El principal componente de la HE es la superficie necesaria para absorber las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta superficie abarca 0,44 gha/cap, lo que supone el 99% de la HE. Es necesario remarcar aquí que en este cálculo no se ha calculado la superficie asociada al consumo de productos de origen agropecuario, superficie que en otros estudios de HE supone también un importante factor de contribución a la superficie total.

La biocapacidad disponible, según la metodología de la HE, hace referencia al consumo per cápita máximo que es posible sostener con la superficie disponible en el planeta y sin alterar su productividad de forma permanente. De acuerdo a los datos aportados por Rees y Wackernagel (1996) y por el World Wildlife Fund, WWF (2002), la superficie productiva disponible en el mundo es de aproximadamente 2 ha/persona (o de 1,75 ha/persona si se considera un 12%

**Tabla 20.** Biocapacidad del planeta y HE del campus de Vegazana. Déficit ecológico.

<b>Biocapacidad disponible</b>	<b>1,75 gha/cap- 1,9 gha/cap</b>
Huella ecológica	0,45 gha/cap

de la superficie necesaria para preservar la biodiversidad) según Rees y Wackernagel, y de 1,9 ha/persona según WWF (Tabla 20).

La comparación de la HE del campus de Vegazana con la biocapacidad disponible a nivel mundial puede resultar engañosa, y para su análisis es necesario considerar de nuevo las particularidades del ámbito estudiado, así como introducir el concepto de capacidad de carga local o biocapacidad local, con igual acepción que la de biocapacidad disponible del planeta, pero referido a la superficie real de cada tipo de terreno en el propio lugar en el que se calcula la HE. La biocapacidad local del campus, como es sencillo comprender a partir de los datos aportados en el trabajo (ocupación de espacio improductivo en un 74%, siendo el 24% restante casi en su totalidad de área ajardinada no productiva), es muy reducida.

Los resultados obtenidos no son comparables a otros estudios de HE realiza-

**Tabla 19.** Huella ecológica del campus de Vegazana.

<b>Superficies</b>	<b>Hectáreas globales</b>	<b>Hectáreas globales/ per cápita (gha./cap)</b>
Cultivos	0	0
Pastos	0,11	0,00001
Forestal productivo	6,72	0,00045
Mar	0	0
Superficie construida	51,64	0,00344
Absorción de CO <sub>2</sub>	6.587,57	0,43917
<b>TOTAL</b>	<b>6.646,04</b>	<b>0,45</b>

*Puede estimarse, de forma general, que el total de superficie forestal de la provincia de León es capaz de compensar un total de 8.470.168,06 toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que supone que el 46% de esa superficie boscosa es necesaria como depósito y sumidero del CO<sub>2</sub> emitido por el campus de Vegazana*



Jorge Falagán Fernández

**Implicaciones en el cambio climático. Emisión de CO<sub>2</sub>**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los compuestos clorofluorocarbonados (CFC) y el Ozono (O<sub>3</sub>) constituyen el principal conjunto de los denominados gases de efecto invernadero. Estos gases presentan la particularidad de permitir la entrada de radiación solar de onda corta, pero atrapan un gran porcentaje de la radiación de onda larga saliente procedente de la superficie terrestre. Una variación en la concentración de estos ga-

**Tabla 22.** Total de emisiones de CO<sub>2</sub> del campus de Vegazana en el año 2006.

Origen	Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg)
Consumo eléctrico	2.789.483,09
Consumo combustibles fósiles	1.805.415,95
Construcción campus	1.182.195,95
Consumo de agua	2.284,33
Consumo de papel	207.355,89
Movilidad (coches)	1.425.257,07
Movilidad (motocicletas)	53,84
Movilidad (autobuses)	791,94
<b>TOTAL</b>	<b>7.412.838,06</b>

dos en un ámbito nacional o regional, debido a las particularidades de la comunidad estudiada. Sí son comparables, no obstante, con los obtenidos por otras universidades. En los últimos años han sido varias las universidades que han elaborado estudios para conocer el valor de su HE. En la tabla 21 se muestran los re-

sultados obtenidos en los diferentes estudios, así como las categorías de recursos consideradas.

El valor de la HE del campus de Vegazana (0,45 gha/cap) es el segundo más bajo de los calculados. Únicamente la Universidad de Newcastle, en Australia, presenta un valor sensiblemente inferior.

**Tabla 21.** Huella ecológica en diferentes universidades y su comparación con la huella ecológica del campus de Vegazana, Universidad de León. Modificado de López *et al.*, 2008.

Universidad	Localización	Año de realización del trabajo	Categorías de recursos	Huella Ecológica (gha/cap)
University of Toronto at Mississauga	Ontario (Canadá)	2005	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua y construcción	1,04
University of Newcastle	Newcastle (Australia)	1999	Alimentación, energía, transporte y construcción	0,19
University of Holme, Lacy College	Herefordshire (Inglaterra)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos y agua	0,56
Colorado College	Colorado (EEUU)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua y construcción	2,24
University of Redlands	California (EEUU)	1998	Energía, transporte, residuos y agua	0,85
Universidad de Santiago, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Facultad de Formación de Profesorado	Santiago de Compostela (España)	2008	Energía, transporte, papel, agua y construcción	579,5 ha/año
Universidad de León, Campus de Vegazana	León (España)	2006	Energía, papel, transporte, agua y construcción	0,45

## Análisis DAFO del campus de Vegazana

El análisis DAFO (Albert S Humphrey, 1970) surgió como un método de análisis de la competitividad de empresas, así como de autoevaluación. Se trata de determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas con el objetivo de impulsar una estrategia efectiva en función de la propia empresa y de las características del mercado. En el caso del campus de Vegazana, salvando las diferencias respecto a una empresa, se ha adaptado esta metodología formada por cuatro pasos:

1. **Análisis externo** (oportunidades y amenazas) frente a competidores. Modelo de las cinco fuerzas de Porter, (Porter, 1979).

*Oportunidad:* situación favorable propiciada por el entorno.

*Amenaza:* situación desfavorable existente en el entorno.

### 2. Análisis interno

*Debilidad:* posición desfavorable de la universidad de carácter interno.

*Fortaleza:* posición favorable de la universidad de carácter interno.

### 3. Confección de la matriz DAFO.

4. **Determinación de la estrategia** a emplear para reducir el impacto de la huella ecológica del campus.

### Situación de partida

**Datos.** La huella ecológica calculada para el campus de Vegazana en el año 2006 es de 0,45 (gha./cap), así como los impactos ambientales derivados de su actividad.

**Actuaciones previstas.** Reducción de la huella ecológica, desarrollo de estrategia de sostenibilidad del campus. Reducción de los impactos ambientales: emisión de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>).

**Iniciativas de la ULE en ejecución.** Creación de la Oficina Verde, desarrollo de estrategias de sostenibilidad.

### Necesidades detectadas

UNIVERSIDAD	POR LA POBLACIÓN (estudiantes, PAS, PDI)
Reducir consumos agua, electricidad, papel.	Aumento alumbrado. Contenedores recogida selectiva de residuos. Aparcamientos para bicicletas. Carril bici.

### Valores actuales

UNIVERSIDAD	POR LA POBLACIÓN (estudiantes, PAS, PDI)
Localización geográfica.	Zonas verdes. Transporte público.

### Análisis DAFO

FORTALEZAS	DEBILIDADES
La huella ecológica del campus es inferior a la media de universidades (Ver tabla 21). Cercanía a la ciudad, reducción de distancia media de desplazamientos.	El consumo de papel es elevado. El riego de las zonas verdes del campus supone, con un 64% de volumen total, el gasto más importante de agua en el campus. El consumo eléctrico es elevado. Utilización de vehículos particulares elevado.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
El transporte público es eficiente. Posibilidad de instalación de paneles solares en tejados. Reducción de zonas verdes por el Ayuntamiento.	Reducción del número de matriculados. Reducción del dinero público destinado a la Universidad.

**Conclusiones y recomendaciones.** El campus de Vegazana tiene una huella ecológica inferior a la media de universidades; aun así, los gastos derivados de los factores analizados amenazan su funcionamiento. Sería deseable su reducción para incrementar la sostenibilidad de la Universidad.

**Potencial enfoque dentro de la huella ecológica.** Reducción mediante la sensibilización ambiental del impacto de la huella ecológica que produce en la actualidad el campus.

**Tabla 23.** Superficie boscosa en la provincia de León. Datos extraídos del Inventario Forestal Nacional.

SUPERFICIES (ha)								
Año del inventario	Monte arbolado no adherado	Bosque adherado	Monte arbolado ralo y disperso	Total monte arbolado	Monte desarbolado	Total de uso forestal	Total de uso no forestal	Total provincial
2003	508.875	0	17.695	526.570	473.744	1.000.313	557.772	1.558.085
1992	167.281	0	101.928	269.209	590.316	859.525	698.560	1.558.085

ses en la atmósfera conducirá a variaciones en el clima de la Tierra.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de las emisiones de uno de estos gases de efecto invernadero, el CO<sub>2</sub>, por efecto de la actividad del campus de Vegazana (Tabla 22).

La mayor parte de las emisiones proceden del gasto energético tanto para electricidad (38%) como para uso térmico (24%). La movilidad o transporte representa el tercer gran bloque emisor de CO<sub>2</sub> (19%).

La provincia de León posee una amplia gama de sistemas forestales que son capaces de fijar el CO<sub>2</sub> atmosférico. De acuerdo con el Inventario Forestal Nacional, se presenta en la siguiente tabla la superficie boscosa en León. (Tabla 23).

No todos los tipos de bosque son capaces de compensar la misma cantidad

de CO<sub>2</sub>. La provincia de León, por su situación biogeográfica, ubicada en la zona de ecotonía entre la región mediterránea y el mundo eurosiberiano, presenta una alta diversidad de bosques.

Puede estimarse, de forma general, que el total de superficie forestal de la provincia de León es capaz de compensar un total de 8.470.168,06 toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que supone que el 46 % de esa superficie boscosa es necesaria como depósito y sumidero del CO<sub>2</sub> emitido por el campus de Vegazana. Esta estimación se ha realizado considerando únicamente que son las masas forestales las depositarias o sumideros del CO<sub>2</sub>. La realidad es que no sólo son las masas forestales las que realizan esta función en la naturaleza, sino que también se lleva a cabo en el suelo, el agua o los cultivos. ♦

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación se ha realizado en el marco de la convocatoria 2007 de Ayudas a la Investigación convocada por el Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente de FUNDACIÓN MAPFRE.

A todas aquellas personas e instituciones que nos han ayudado en la elaboración de este trabajo, en cualquiera de sus fases.

A URBASER y a GERSUL, en especial a Antonio Nicolás, José Manuel y Secundino Prieto, por los datos aportados acerca de los residuos generados en el campus de Vegazana.

A Vicente Fernández, por todos los datos relacionados con el gasto energético de la Universidad.

A Luis Roy, por la información relativa a la ocupación del campus y los edificios que lo componen. Y a Nacho y Miguel, del SERCAR, que siempre están ahí para lo que haga falta.

A Francisco Gallego, por aportarnos información sobre el consumo de papel y fotocopias de todas las facultades.

Y a todos vosotros por interesaros en saber cuánto gastamos y cuál es nuestra huella ecológica. Y a todos vosotros, de nuevo, por empezar, poco a poco, a aplicar las medidas necesarias para encontrar el camino de la sostenibilidad en nuestra Universidad.

### PARA SABER MÁS

- [1] Arc GIS 9.2 (ESRI, 2006).
- [2] Bicknell K B, Ball R J, Cullen R, Bigsby H R. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics*, 1998, (27) 149-160.
- [3] Cuchí A, López I. Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental de l'ETSAV. Universidad Politècnica de Catalunya, con el apoyo del Departamento de Medio ambiente de la Generalitat de Catalunya, 1999.
- [4] Chambers, N, Simmons, C, Wackernagel, M. Sharing nature's interest: ecological footprints as an indicator of sustainability. *Earthscan*, 2000, London.
- [5] Humphrey, A S. Stanford Research Institute, 1970, Informe inédito.
- [6] López R, Taboada JL, López N. Impacto ambiental en centros da USC. Vicerrectoría de Calidade e Planificación, Universidad de Santiago de Compostela. Dirección Xeneral de Desenvolvemento Sostible. Xunta de Galicia, 2008.
- [7] Mayor X, Quintana V, Belmonte R. Aproximación a la huella ecológica de Cataluña. Consejo Asesor para el Desarrollo Sostenible de Cataluña, 2003.
- [8] Plan de Energías Renovables de España 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- [9] Porter, M. How competitive forces shape strategy, *Harvard Business Review*, marzo/abril, 1979.
- [10] Rees W, Wackernagel M. Our ecological footprint. Reducing human impact on earth. *New Society Publisher*. Canadá, 1996.
- [11] Relea F, Prat A. La petjada ecològica de Barcelona. Una aproximació. Ayuntamiento de Barcelona, Presidencia, Comisión de Medio Ambiente y Servicios Urbanos, 1998.
- [12] Serrano N. Una estimació dels costos reals de l'automòbil; Revis-
- ta Medi Ambiente: Tecnología i Cultura, número 15; El cotxe, mesure de totes les coses, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya, 1996.
- [13] Simmons C, Lewis K, Barrett J. Two feet-two approaches: a component-based model of ecological footprinting. *Ecological Economics*, 2000 (32) 375-380.
- [14] Tercer Inventario Forestal Nacional. 2003. [http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/ifn3/pdf/estapidac\\_04\\_06\\_2007.pdf](http://www.mma.es/secciones/biodiversidad/inventarios/ifn/ifn3/pdf/estapidac_04_06_2007.pdf)
- [15] World Wildlife Fund. *Living Planet Report 2002*. Gland.