

MARÍA PUCHADES GALLART  
ALBERTO DE LA GUARDIA ANAYA\*\*\*  
JUAN MIGUEL ALBERTOS PUEBLA\*\*\*\*

## LA HUELLA DE CARBONO DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA: DIAGNÓSTICO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN\*

### RESUMEN

El presente trabajo es una contribución al análisis de la sostenibilidad ambiental de la Universitat de València. Para ello se calcula la *huella de carbono* en Hag a partir de una estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los diferentes consumos realizados en el desarrollo de sus actividades (movilidad diaria, energía, agua, papel y edificación); asimismo se ha tenido en cuenta el impacto positivo de la producción fotovoltaica y de la central de cogeneración. Los resultados permiten cuantificar y contextualizar el tamaño de la huella de carbono de la Universitat así como conocer sus componentes y los aspectos en los que hay un mayor campo para plantear posibles reducciones de impactos.

PALABRAS CLAVE: huella de carbono, sostenibilidad ambiental, Universitat de València

### ABSTRACT

CARBON FOOTPRINT OF THE UNIVERSITY OF VALENCIA: DIAGNOSIS, ANALYSIS AND ASSESSMENT

This paper is a contribution to the analysis of the environmental sustainability of the University of Valencia. To do so, the carbon footprint from an estimate of the emissions CO<sub>2</sub> associated with different consumption made in the development of their activities (mobility daily, energy, water, paper and building) is calculated. Positive impacts were as well taken into account, as for example photovoltaic production and cogeneration. The results allow to quantify and contextualize the size of the carbon footprint of the University and to know the components and areas where there is greater scope for possible reductions in impacts pose.

KEY WORDS: carbon footprint, environmental sustainability, University of Valencia

\* Este artículo presenta buena parte de los análisis empíricos recogidos en el Trabajo de Fin de Máster que con el título "*La huella de Carbono como indicador de sostenibilidad de la Universitat de València (2010). Metodología y resultados*" defendió MARÍA PUCHADES GALLART en septiembre de 2011 en el seno de Máster en Técnicas de Gestión del Medio Ambiente y del Territorio de la Universitat de València y del que fueron tutores ALBERTO DE LA GUARDIA ANAYA y JUAN MIGUEL ALBERTOS PUEBLA.

\*\* Master en Técnicas de Gestión del Medio Ambiente y del Territorio por la Universitat de Valencia, mapuga@alumni.uv.es

\*\*\* Servicio de Prevención y Medio Ambiente, Universitat de València, Alberto.Delaguardia@uv.es

\*\*\*\* Departamento de Geografía e Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local, Universitat de València, Juan.M.Albertos@uv.es

Fecha de recepción: mayo 2012. Fecha de aceptación: junio 2012.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto calcular y evaluar la huella ecológica de la Universitat de València, y en particular su huella de carbono, en tanto que se trata de uno de los aspectos que más afectan a la sostenibilidad ambiental al incidir directamente sobre el cambio climático. Es éste el componente más importante de la huella ecológica y también el que ha crecido más rápidamente en los últimos años, hasta llegar a suponer más de la mitad de la huella ecológica total en los países desarrollados (EWING *et al.*, 2010)

Para calcular la huella de carbono, estimaremos en primer lugar el volumen de emisiones ligadas a los principales consumos ligados a la actividad universitaria, para posteriormente establecer la superficie de territorio, en hectáreas globales de bosque (Hag), necesarias para absorber dicha cantidad de dióxido de carbono equivalente. Asimismo se pretende determinar la importancia de cada uno de los aspectos dentro del cálculo global, para así poder establecer qué margen de maniobra hay y cuáles pueden ser las prioridades a la hora de reducir los impactos de la actividad universitaria sobre el entorno.

Con el fin de determinar cuáles son los principales tipos de consumos que generan emisiones en el ámbito universitario y que, por tanto, deberían ser tenidos en cuenta en nuestro análisis, se ha realizado un pequeña revisión de la literatura científica, y específicamente de los estudios previos realizados sobre la huella ecológica universitaria tanto en España como en el extranjero, especialmente en el ámbito anglosajón donde este tipo de estudios está más extendido. El resumen de esta revisión aparece en el Cuadro 1, que muestra tanto los cálculos globales (Hag) como los factores que se ha tenido en cuenta en cada caso.

Cuadro 1. Ejemplos de estudios sobre la huella ecológica realizados en otras universidades (1999-2010).

| Universidad                              | Localización                    | Año  | Alimentación | Energía | Agua | Papel | Movilidad | Residuos | Construcción | Superficie Construida | Huella ecológica (Hag/persona/año) |
|--|---------------------------------|------|--------------|---------|------|-------|-----------|----------|--------------|-----------------------|------------------------------------|
| University of Toronto at Mississauga     | Ontario (Canadá)                | 2005 | v            | v       | v    |       | v         | v        | v            |                       | 1,04                               |
| University of Newcastle                  | Newcastle (Australia)           | 1999 | v            | v       | v    |       | v         |          | v            |                       | 0,19                               |
| University of Holme, Lacy College        | Herefordshire (Inglaterra)      | 2001 | v            | v       | v    |       | v         | v        |              |                       | 0,56                               |
| Colorado College                         | Colorado (EEUU)                 | 2001 | v            | v       | v    |       | v         | v        | v            |                       | 2,24                               |
| University of Redlands                   | California (EEUU)               | 2001 |              | v       | v    |       | v         | v        |              |                       | 0,85                               |
| Universidad de Santiago de Compostela    | Santiago de Compostela (España) | 2007 |              | v       | v    | v     | v         | v        | v            | v                     | 0,21                               |
| Universidad de Málaga                    | Málaga (España)                 | 2010 |              | v       | v    |       | v         | v        | v            |                       | 0,29                               |
| Universidad de León (Campus de Vegazana) | León (España)                   | 2006 |              | v       | v    | v     | v         |          | v            |                       | 0,45                               |
| Universidad Politécnica de Valencia      | Valencia (España)               | 2009 | v            | v       | v    | v     | v         | v        | v            |                       | 0,76                               |

Fuente: ARROYO ET AL. (2009) y TORREGROSA ET AL. (2009)

En este trabajo hemos optado por restringir el análisis a aquellos aspectos y consumos indisolubles de la propia actividad universitaria, es decir, que se producen como consecuencia de esta, o, dicho de otra manera, que se hubieran producido en cualquier caso aunque no hubiera sido dentro del ámbito universitario. Es por esta consideración que hemos optado por no considerar el apartado de huella la ecológica derivada de la "alimentación": el resto de aspectos, en la medida en que dispongamos de información, si que serán considerados, aunque siempre desde el punto de vista de la estimación de la huella de carbono. Para ello, podremos en algunos casos utilizar información ya recogida desde el Servicio de Prevención y Medio Ambiente de la Universitat de València, mientras que en otros ha sido necesario recabar datos de los que no se disponía previamente.

[2]

### MARCO TEÓRICO

El concepto de huella ecológica, formulado por primera en 1996 por WACKERNAGEL Y REES (1996), pese a ciertas debilidades conceptuales ha tenido ciertamente éxito y aparece hoy en día ampliamente citado y empleado no sólo en el debate público sino también en el ámbito académico y, sobre todo, político (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009). En palabras de WACKERNAGEL Y REES (1996, 9) la huella ecológica se define como “el área de territorio ecológicamente productivo –cultivos, pastos, bosques o ecosistema acuático– necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida específico, indefinidamente, independientemente de la localización de esta área”; es también habitual considerar como parte del territorio que constituye la huella ecológica la superficie artificializada y ocupada por las construcciones, sean espacios urbanizados o infraestructuras. Normalmente el cálculo se realiza en hectáreas por habitante y año, y contempla seis categorías de terrenos productivos: 1) cultivos, 2) pastos, 3) bosques, 4) mares biológicamente productivos (estuarios y plataformas continentales), 5) superficies artificializadas. y finalmente, 6) las áreas de absorción de CO<sub>2</sub> (superficies forestales). De esta forma, se pretende contabilizar las superficies biológicamente productivas necesarias para 1) satisfacer la alimentación humana (productos agrícolas, ganaderos y pesqueros), 2) la demanda de madera y productos forestales, y 3) la absorción por parte de los ecosistemas forestales de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso de combustibles fósiles, en tanto que principal gas de efecto invernadero. En la medida en que las diferentes clases de terreno tienen diversas capacidades productivas y de absorción de emisiones, suelen emplearse “factores de equivalencia” y “factores de productividad” que permiten considerarlas conjuntamente bajo el término de “hectáreas globales (*Hag*)” (EWING, *et al.*, 2008). Finalmente, la huella ecológica así considerada necesita para su valoración del cálculo de la biocapacidad o capacidad de carga biológica, también medida en “hectáreas globales” (es decir, aplicando factores de equivalencia y factores de productividad), como suma de todas las superficies biológicamente productivas disponibles en los diferentes países o regiones para satisfacer las necesidades humanas y absorber emisiones sin que se vea afectada la disponibilidad y calidad de los recursos y la capacidad de producción biológica de los ecosistemas a largo plazo; para realizar esta estimación se suele reservar un porcentaje de cómo mínimo el 12% de la superficie como no disponible para el consumo humano con el fin de asegurar la preservación de la biodiversidad (EWING, *et al.*, 2008).

El éxito y rápida difusión en múltiples ámbitos del concepto de huella ecológica radica en que permite expresar de forma muy gráfica y comprensible la sostenibilidad de las pautas de consumo de cada sociedad y/o territorio. Se trata de un indicador muy sencillo (hectáreas globales per cápita) que permite concretar un concepto en ocasiones ambiguo y difícil de cuantificar como es el de desarrollo sostenible (BRUNDTLAND, 1988). La relación entre la huella ecológica del conjunto de habitantes de un territorio y su biocapacidad, permite introducir el concepto de “superávit” o “déficit” ecológico, medido de nuevo en hectáreas globales per cápita, lo que, a su vez, permite visualizar claramente situaciones particulares de “sostenibilidad” o “insostenibilidad” de las pautas de consumo de recursos. Además, hace posible diferenciar los dos grandes componentes de la huella ecológica, que pueden calcularse por separado: por un lado, la huella ecológica por consumo de productos bióticos (alimentaria y forestal) y, por otro, la huella ecológica energética por absorción de CO<sub>2</sub>. Esta segunda es, sin duda, la más importante en las sociedades desarrolladas; así, según los cálculos realizados para el conjunto de España (CARPINTERO, 2005;

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009) la huella ecológica de la población española habría pasado de 2.2 Hag/hab. en 1955 a 6,4 Hag/hab. en 2005. En 1955 la mayor parte de esta huella (1,8 Hag/hab) correspondía al consumo de productos bióticos y solo una pequeña cantidad hacía referencia a la superficie necesaria para la absorción de las emisiones de CO<sub>2</sub> (0,4 Hag/hab); en cambio, en 2005, aunque la huella por consumo de productos bióticos se mantiene prácticamente estable (1,9 Hag/hab), la huella energética por absorción de CO<sub>2</sub> se ha multiplicado casi por 11, hasta los 4.3 Hag/hab, empezando también a ser perceptible la huella por artificialización del territorio (0.06 Hag/hab). Finalmente, la capacidad de carga biológica del territorio español se estima en 2,4 Hag/hab., subrayándose la existencia de un déficit ecológico en el caso español de 4,0 Hag/hab (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009, 32).

Un elemento central en todo este planteamiento es la escala territorial a la que resulta apropiado calcular tanto la huella ecológica, como la biocapacidad y el déficit o superávit ecológico. La elección de la escala territorial afecta claramente a los resultados: así, por ejemplo, en España el cálculo a escala de comunidades autónomas para el año 2005 ofrece un resultado según el cual la regiones del interior más despobladas (Aragón, Castilla y León, Castilla-la Mancha y Extremadura) presentan superávit ecológico, mientras que el resto presenta déficits (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009, 43-44). Esta es una de las principales debilidades del enfoque de la huella ecológica; por ello, parece lógico que este tipo de balances globales y déficits ecológicos se refieran, al menos, a la escala nacional, en la medida en que esta es la escala territorial en la que se organiza el sistema económico y político, y, por tanto esta es la escala en la que actúan los procesos y se toman las decisiones que explican y que pueden alterar estos balances ecológicos. Descender en la escala territorial, hasta por ejemplo la escala urbana, puede ser interesante para el cálculo de la huella ecológica (tanto global como por habitante) especialmente desde una óptica diacrónica, pero no resulta adecuada para el cálculo de déficits ecológicos, puesto que por la propia definición del hecho urbano se hace imposible una interpretación que no sea una simple reducción al absurdo.

Otro de los elementos implícitos en la interpretación de los valores de la huella ecológica tiene un trasfondo ético, pero también político. Así, si se parte de la base de la igualdad de derechos de todos los habitantes del planeta para utilizar la biocapacidad productiva global de la Tierra para satisfacer sus necesidades, cualquier consumo que exceda este valor global -estimado en 1,78 Hag/hab. para el año 2005 (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009, 7)- se valora desde el movimiento ecologista como inadecuado en la medida en la que su extrapolación al conjunto de la población mundial resultaría insostenible.

Otra de las debilidades del concepto de huella ecológica estriba en que solamente hacer referencia al consumo de recursos biológicos, lo que deja fuera toda una serie de impactos (contaminación de las aguas, o del aire) y de consumo de recursos no renovables (acuíferos, minerales, combustibles fósiles) que también condiciona la sostenibilidad de las pautas de desarrollo y de consumo. Además, los valores calculados tanto de huella como de bioproductividad en "hectáreas globales", son muy dependientes de las estimaciones realizadas en cuanto a factores de equivalencia y de productividad empleados, que dependen no solamente de elementos naturales sino también sociales y técnicos (desmaterialización de la economía, tecnologías empleadas o tipos de aprovechamiento) y que, por tanto, están sujetos a cambios importantes (LETTENMEIER, *et al.*, 2012).

Asumiendo las virtudes, pero también las limitaciones, del concepto de huella ecológica expuestas más arriba, vamos a centrarnos en este trabajo en el cálculo de la huella de

carbono de la Universitat de València; es decir, a partir de la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> que podemos considerar asociadas al desarrollo de sus actividades académicas, calcularemos las hectáreas globales de espacios forestales necesarias para absorberlas. Consideramos que en este análisis resultarían improcedentes los cálculos de déficits ecológicos, dado el carácter parcial del cálculo y la imposibilidad de considerar un territorio de referencia. No obstante, el cálculo resulta relevante al compararlo con la huella ecológica global, y podría considerarse como un primer avance de una serie de estudios que desde una perspectiva diacrónica permitan valorar si la Universitat está mejorando su sostenibilidad ambiental. Así debería ser, al menos si atendemos al artículo 4º de los Estatutos de la Universitat de València, que marca el compromiso de la institución de forma explícita con la “defensa ecológica del medio ambiente”.

#### METODOLOGÍA

Nuestra metodología de cálculo se ha basado en la aproximación Componente Base de SIMMONS Y CHAMBERS (1998). Se caracteriza por tener una estructura más simplificada y porque considera aquellos factores directamente relacionados con la vida cotidiana de la población. Concretamente, se han calculado las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los consumos y residuos generados por la universidad a partir de factores de conversión. Una vez obtenidas estas emisiones, se han computado las hectáreas de bosque mediterráneo para absorber dichas emisiones, así como las hectáreas globales mediante factores de equivalencia. De esta manera, calcularemos la huella de carbono, que constituye el 67% de la huella ecológica total en España (MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2009, 32), y el 55% a escala mundial global (EWING ET AL., 2010).

En el estudio se ha decidido descartar los consumos asociados a las compras de productos realizadas por la Universitat de València, es decir, la compra de mobiliario, material de oficina, productos alimenticios, etc. Esto se debe a la falta de información y a la dificultad de contabilizar todos aquellos consumos derivados de estos bienes y las consecuentes emisiones de CO<sub>2</sub> por la producción de cada uno de ellos. También se ha decidido descartar parte de los residuos sólidos urbanos (RSU), concretamente las fracciones de envases (contenedor amarillo) y orgánica (contenedor gris) ya que existe un déficit de información para poder llevar a cabo los cálculos. Además, su influencia en la huella de carbono es mínima por corresponder esta exclusivamente a su traslado hasta la planta de tratamiento y vertederos.

Por lo tanto en el cálculo de la huella de carbono hemos considerado: la energía (electricidad y combustibles), la movilidad, el agua, la construcción de edificios, la superficie construida, la electricidad y el calor producidos por la estación de cogeneración, la energía generada por el parque fotovoltaico y los residuos (papel y residuos peligrosos).

#### *Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>*

Para obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> que se liberan a partir de los consumos y residuos que genera la universidad, hemos utilizado la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones (ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo (Un.)} \times \text{Factor Emisión} \left( \frac{\text{ton CO}_2}{\text{Un.}} \right)$$

[5]

En la mayoría de casos los resultados obtenidos han partido de la fórmula anterior. Únicamente hemos realizado cálculos indirectos para estimar las emisiones ligadas a la movilidad diaria de la comunidad universitaria en sus desplazamientos hasta y desde sus centros de trabajo y estudio. Para ello se ha empleado lo que conocemos de las pautas de movilidad de la comunidad universitaria a partir del estudio sobre *Los hábitos de movilidad en la Universitat de València (2005-2006). Problemas de acceso a los campus y sostenibilidad* (ALBERTOS *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Consumos de la Universitat de València y factores de conversión para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> y Hag.

| CATEGORÍA                | SUBCATEGORÍA               | CONSUMO      | UNIDADES       | FACTOR DE CONVERSIÓN                | UNIDADES                           | FUENTE  |  |
|--------------------------|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|--|
| Energía                  | Electricidad               | Nuclear      | 150.009.334    |                                     | 0                                  | t CO <sub>2</sub> /mwh  | AVEN, IDAE y Servei de Prevenció y Medi Ambient (UV) |
|                          |                            | Hidráulica   | 2.464.611      |                                     | 0                                  |   |  |
|                          |                            | Gas natural  | 19.618.660     |                                     | 0,42                               |   |  |
|                          |                            | Fuel         | 452.548        |                                     | 0,85                               |   |  |
|                          |                            | Renovables   | 3.813.228      | kWh                                 | 0                                  |   |  |
|                          |                            | Residuos     | 2.652.512      |                                     | 0,29                               |   |  |
|                          |                            | Cogeneración | 2.652.512      |                                     | 0,45                               |   |  |
|                          | Combustibles               | Carbón       | 1.014.523      |                                     | 1,12                               | t CO <sub>2</sub> /tep  | I.D.A.E.   |
|                          |                            | Gas Natural  | 12.261.915     | kWh                                 | 2,51                               |   |  |
|                          |                            | Gasóleo C    | 82.326         | litros                              | 3,42                               |   |  |
| Agua                     |                            | 305.458      | m <sup>3</sup> | 0,5                                 | kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | López, 2007   |  |
| Papel                    | Reciclado                  | 21.296,50    |                | 0,61                                | kg CO <sub>2</sub> /kg             |   |  |
|                          | Blanco                     | 191.668,50   | kg             | 1,81                                |                                    |   |  |
| Construcción             |                            | 635.008      | m <sup>2</sup> | 520                                 | kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | Informe MIES (1999)   |  |
| Movilidad                | Vehículo privado           | 63.746.909   |                | 3,31                                | t CO <sub>2</sub> /tep             | Colomer & Insa, 2006  |  |
|                          | RENFE                      | 8.861.465    |                | A partir del Mix Eléctrico de la CV |                                    |   |  |
|                          | FGV                        | 26.278.681   | kWh            |                                     |                                    |   |  |
|                          | EMT                        | 17.976.865   |                | 0,0001                              | t CO <sub>2</sub> /km/Viajero      | www.emt.es  |  |
|                          | Otras compañías de autobús | 3.249.108    |                |                                     |                                    |   |  |
| Estación de cogeneración | Electricidad               | 3.714.000    | kWh            | 2,51                                | t CO <sub>2</sub> /tep             | I.D.A.E.  |  |
| Residuos peligrosos      | Aceites                    | 152          |                | 5,54*10 <sup>-2</sup>               | hag/kg                             | E. Marañón, G. Iregui, J.L. Doménech, Y. Fernández, M. González, 2008 |  |
|                          | Ácidos y álcalis           | 5.158        |                | 1,08*10 <sup>-2</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Absorbentes utilizados     | 1.114        |                | 3,00*10 <sup>-3</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Biosanitarios              | 14.169       | kg             | 8,00*10 <sup>-3</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Disolventes                | 16.028       |                | 1,58*10 <sup>-2</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Desechos electrónicos      | 7.000        |                | 1,35*10 <sup>-2</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Envases                    | 4.360        |                | 4,18*10 <sup>-3</sup>               |                                    |   |  |
|                          | Pilas                      | 1.774        |                | 5,35*10 <sup>-3</sup>               |                                    |   |  |

En el Cuadro 2 se presenta toda la información recopilada referida a las diferentes categorías de consumos, así como los factores de emisión/conversión de cada tipo, elemento necesario para el cálculo del volumen de emisiones asociado a cada uno de ellos. Estos factores son los más comúnmente utilizados tanto en la literatura científica como por parte de organismos oficiales (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía - IDAE, Agencia Valenciana de la Energía-AVEN). Para el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de electricidad ha sido necesario acudir al Balance de Energía

Eléctrica de la Comunidad Valenciana (2009) y para utilizar los porcentajes correspondientes a cada una de las fuentes primarias utilizadas en la generación de la electricidad consumida. Por su parte, la estimación de las emisiones asociadas a la construcción de los edificios de la Universitat se ha realizado a partir de la siguiente fórmula, que tiene en consideración los años de vida útil de las construcciones, que hemos estimado en 30 años, con el fin de “anualizar” el cálculo y permitir su incorporación a la suma global:

$$\frac{\text{Superficie total construida (m}^2\text{)}}{\text{Vida útil de un edificio}} \times \text{Factor de emisión}$$

Como hemos dicho con anterioridad, la única categoría de consumo que ha necesitado de cálculos indirectos ha sido la referente a la movilidad diaria de la comunidad universitaria, para lo que se ha contado con los resultados del estudio previo realizado por el Instituto de Desarrollo Local (ALBERTOS *et al.*, 2007). En primer lugar, se ha calculado el total de kilómetros anuales recorridos por los diferentes colectivos que componen la comunidad universitaria en los diferentes modos de transporte, como primer paso para determinar el consumo y las emisiones asociadas a la movilidad. Con respecto al cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso del vehículo privado, los factores de conversión empleados consideran además de los kilómetros al año recorridos, el impacto que supone la producción de los vehículos y el grado de ocupación de los mismos.

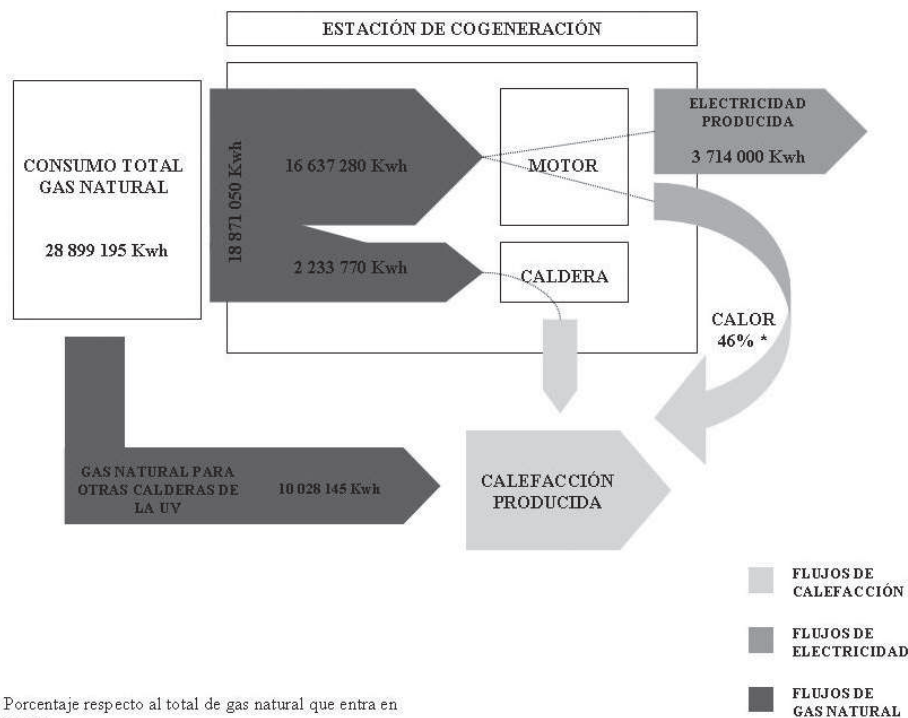
En cuanto a la estación de cogeneración, su funcionamiento estaría contrarrestando, al menos parcialmente, la huella de carbono derivada de su funcionamiento (Figura 1). La cogeneración consiste en unos motores alimentados con 16.637.280 kWh de gas natural (durante el año 2010), que produjeron 3.714.000 kWh anuales de electricidad, lo que equivale a un rendimiento del 22%. Pero además de esta electricidad, se aprovecha el calor generado por los motores, equivalente a un 46% del consumo, es decir, de 7.650.720 kWh. Por lo tanto, en el caso de la electricidad generada compararemos sus emisiones con las que se emitirían si la misma cantidad de energía fuera producida por una central de ciclo combinado, y las emisiones por la producción de calor las restaremos al total la huella a partir del factor de emisión del gas natural.

Otro tipo de producción energética por parte de la universidad que contrarresta el total de la huella de carbono es la producción eléctrica fotovoltaica. Para ello, hemos considerado como ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> el volumen de éstas que hubiera sido necesario realizar en el caso de que esa energía eléctrica hubiera sido comprada, a partir del Balance de Energía Eléctrica de la CV (Año 2009).

#### Cálculo de la Huella de Carbono

Una vez calculadas todas las emisiones, hemos calculado el total de la huella de carbono con la siguiente fórmula:

$$\text{Huella} \left( \frac{\text{ha}}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Emisiones}(\text{tonCO}_2)}{C.\text{Fijación} \left( \frac{\text{tonCO}_2}{\text{ha}} \right)} + \text{SuperficieCampus} \left( \frac{\text{ha}}{\text{año}} \right)$$



\* Porcentaje respecto al total de gas natural que entra en el motor

Figura 1. Funcionamiento del sistema de cogeneración de la Universitat de València. Fuente: Servicio de Prevención y Medio Ambiente de la Universitat de València y elaboración propia.

La relación entre la cantidad de  $\text{CO}_2$  emitida a la atmósfera, y la capacidad de fijación de  $\text{CO}_2$  de la masa forestal mediterránea ( $3,7 \text{ ton CO}_2/\text{Ha}/\text{Año}^1$ ), permite obtener la superficie de bosque mediterráneo requerida para absorber éste<sup>2</sup>, nuestra huella de carbono. A esta superficie de bosque le hemos sumado directamente el espacio artificializado ocupado por los edificios universitarios.

Para poder comparar resultados de la huella de carbono obtenidos a partir de áreas con diferentes características, se deben expresar siguiendo una única medida común: Hectárea Global (Hag). Por lo que se deben normalizar los diferentes tipos de áreas para diferenciar productividad marítima y terrestre mediante factores de equivalencia. En nuestro caso de estudio, como solo hemos calculado la huella de carbono en referencia a la superficie de bosque, solo hemos utilizado un factor de equivalencia, el referido a las hectáreas de bosque:  $1,34 \text{ Hag}/\text{Ha}^3$ .

<sup>1</sup> Tello, 1999

<sup>2</sup> La única excepción a esta forma de operar la encontramos en el caso de los residuos peligrosos; en este caso no ha sido necesario calcular las emisiones ya que la bibliografía nos ha proporcionado directamente unos factores que convierten el peso total de los residuos en Hectáreas Globales (ver Cuadro 2).

<sup>3</sup> WWF, ZLS & Red de la Huella Global.



### RESULTADOS

El objetivo de este apartado es la presentación de resultados, tanto del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo energético de la UV como el total de hectáreas de bosque necesarias para asumir dichas emisiones.

#### Emisiones de CO<sub>2</sub>

El Cuadro 3 muestra el volumen de emisiones estimados para los diferentes componentes considerados. Destaca sin duda, como el principal contribuyente, la movilidad diaria, con el 54% del total. Junto a la movilidad encontramos dos otras grandes categorías responsables de las emisiones: el consumo eléctrico y el energético destinado a climatización (26% del total) y las edificaciones universitarias (19%). El resto de consumos no supone emisiones significativas en comparación con éstas.

Del total de estas emisiones (31562,10 t CO<sub>2</sub>/año) el 42% corresponde al uso del transporte público y el 58% al uso del vehículo privado. Aunque el vehículo privado es utilizado sólo por una pequeña parte de la comunidad universitaria (24.8%), muy inferior a la proporción que utiliza el transporte público (56.6%), su impacto es muy superior dada su menor eficiencia energética y las pautas de uso del mismo. (Figura 2)

Cuadro 3.: Emisiones de CO<sub>2</sub> asociados a los diferentes componentes de consumo.

| Componente                  | Emisiones de CO <sub>2</sub><br>(t CO <sub>2</sub> /Año) |
|-----------------------------|--|
| Electricidad                | 11723,63   |
| Movilidad                   | 31562,10   |
| Combustible (calefacción)   | 2905,10  |
| Agua                        | 152,73   |
| Papel                       | 365,66   |
| Construcción                | 11006,81   |
| Electricidad (cogeneración) | 801,81   |
| <b>TOTAL</b>                | <b>58517,84</b>  |

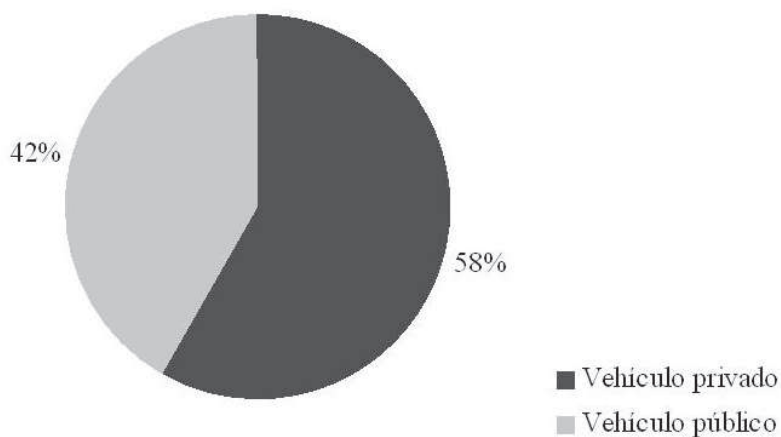


Figura 2. Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> ligadas a la movilidad universitaria. Fuente: elaboración propia.

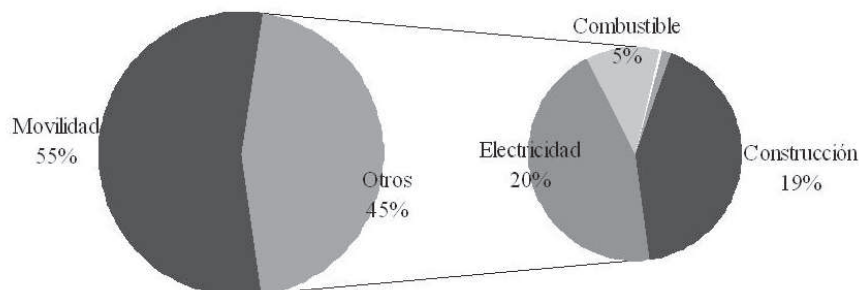


Figura 3. Distribución de la huella de carbono de la Universitat de València según sus componentes principales. Fuente: Elaboración propia.

Otro elemento a destacar son las emisiones asociadas al consumo de electricidad comprada y a la construcción de los edificios. En cambio, son el agua, el papel y la electricidad generada por la estación de cogeneración los que menos emisiones de  $\text{CO}_2$  producen (Figura 3). Como hemos dicho con anterioridad íbamos a comparar la electricidad generada por la estación de cogeneración con la generada por una central de ciclo combinado. Esta última emite 1559,88 t  $\text{CO}_2$ /año para una misma producción, casi el doble que la estación de cogeneración. Esto se debe al aprovechamiento del calor disipado para la calefacción en la estación de cogeneración.

En cuanto a la electricidad producida por el parque fotovoltaico, si estuviera producida a partir del mix eléctrico de la Comunidad Valenciana, generaría 367,90 t de  $\text{CO}_2$ , lo que en este caso deber ser considerado como un ahorro. El calor generado por el motor de la estación de cogeneración es otro elemento que compensa la huella de carbono: por este concepto, la Universitat de València se ahorra emitir 1651,73 t  $\text{CO}_2$ /año.

#### Huella de Carbono

El Cuadro 4 cuantifica las emisiones de  $\text{CO}_2$  contabilizadas más arriba como las hectáreas de bosque necesarias para absorberlas. La huella de carbono global se situaría, por tanto en 158,8  $\text{Km}^2$  de bosque mediterráneo, una superficie similar a la de la comarca de l'Horta Sud (140  $\text{km}^2$ ). Puede también señalarse, que los ahorros generados por la universidad en virtud a la generación de electricidad fotovoltaica y al funcionamiento de la estación de cogeneración, se estiman en una reducción de huella equivalente 546 hectáreas de bosque (un 3,4% del total); este es un valor que puede considerarse reducido pero que en cualquier caso es superior a la huella de carbono originada por el consumo

Cuadro 4. Huella de carbono de la Universitat de Valencia según componentes en Ha.

| Componente                  | Ha. de Bosque Mediterráneo | Hag de Bosque  |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|
| Electricidad                | 3168,6                     | 4245,9         |
| Movilidad                   | 8530,0                     | 11430,6        |
| Combustible (calefacción)   | 785,2                      | 1052,1         |
| Agua                        | 41,3                       | 55,3           |
| Papel                       | 98,8                       | 132,4          |
| Construcción                | 2974,8                     | 3986,3         |
| Residuos peligrosos         | 0,3                        | 1,5            |
| Electricidad (cogeneración) | 446,4                      | 598,2          |
| Construcciones              | 63,5                       | 63,5           |
| Calor (cogeneración)        | -446,4                     | -589,2         |
| Energía fotovoltaica        | -99,4                      | -133,2         |
| <b>TOTAL</b>                | <b>15879,4</b>             | <b>21257,9</b> |

de agua, papel, gestión de residuos peligrosos y artificialización por construcciones universitarias.

Por otra parte, la huella de carbono per cápita (distribuyendo la huella de carbono total entre el conjunto de la comunidad universitaria). Alcanzaríamos un valor de 0,24 hectáreas de bosque mediterráneo (o 0,32 Hag). Este valor es difícilmente comparable con el de otros estudios, pues las variables disponibles en cada caso hacen difícil una comparación plena. No obstante, el valor hallado está dentro del rango existente para otras universidades españolas en las que se cuenta con estudios (Cuadro 1).

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La mayor parte de la huella de carbono de la Universitat de València se debe a la movilidad, lo que podría esperarse de una comunidad de más de 60.000 personas desplazándose hasta y desde las instalaciones de la universidad. Sin embargo cabe resaltar que el 58% de la huella asociada a la movilidad corresponde a los desplazamientos en vehículo privado, cuando estos representan menos del 25% del total de viajes. Por lo tanto, podríamos decir que parte importante de la huella se debe a la cuarta parte de la población universitaria que se desplaza en automóvil.

Las elecciones individuales de modos de transporte vienen condicionadas por las alternativas existentes, y éstas por el modelo territorial, marcado en el caso de la Universitat de València por la existencia de tres campus, dos de los cuales tienen un carácter periurbano (ver Figura 4). Así, el Campus de Blasco Ibáñez está insertado en la urbe, dentro de un entorno residencial y multifuncional, lo que conlleva un mayor porcentaje de desplazamientos no motorizados, gracias en parte a la cercanía, y en transportes públicos, dada la mayor oferta, siendo menos los desplazamientos en vehículo motorizado privado, desincentivados por la escasez de aparcamiento. Por otro lado los Campus de Tarongers y Burjassot-Paterna son campus creados ex-novo, mediante la urbanización de grandes superficies ubicadas en áreas situadas en la periferia de la ciudad de Valencia pero plenamente integradas en la dinámica metropolitana. En ambos casos existe una menor oferta de transporte público y una mayor disponibilidad de espacios de aparcamiento gratuito, lo que unido a una mayor distancia media de desplazamiento, conlleva un reparto modal más insostenible que en el caso anterior, con un mayor porcentaje de desplazamientos en vehículo motorizado privado en detrimento de los desplazamientos no motorizados.

Por otro lado, como consecuencia de las pautas de uso del territorio valenciano, con la creciente localización de residencias y actividades siguiendo un modelo de ciudad dispersa, junto a un desarrollo de los transportes públicos que no está adaptándose con la rapidez, flexibilidad e intensidad necesarias a estas transformaciones, una parte importante de la población concluye que su movilidad sólo queda asegurada a través de la posesión de un vehículo propio. En la medida en que una buena parte de la movilidad recurrente tiene un carácter urbano-metropolitano, parece claro que el reparto modal puede ponerse en relación con un menor desarrollo o infradotación de los sistemas de transporte público, especialmente patente en los modos de transporte ferroviarios (RENFE – Metro – Tranvía).

Aunque la comunidad universitaria de la UV tiene hábitos de movilidad más sostenibles que la media de población (Ministerio de Fomento, 2000), es precisamente en este campo en el que son posibles futuras reducciones de emisiones a partir de una mejora

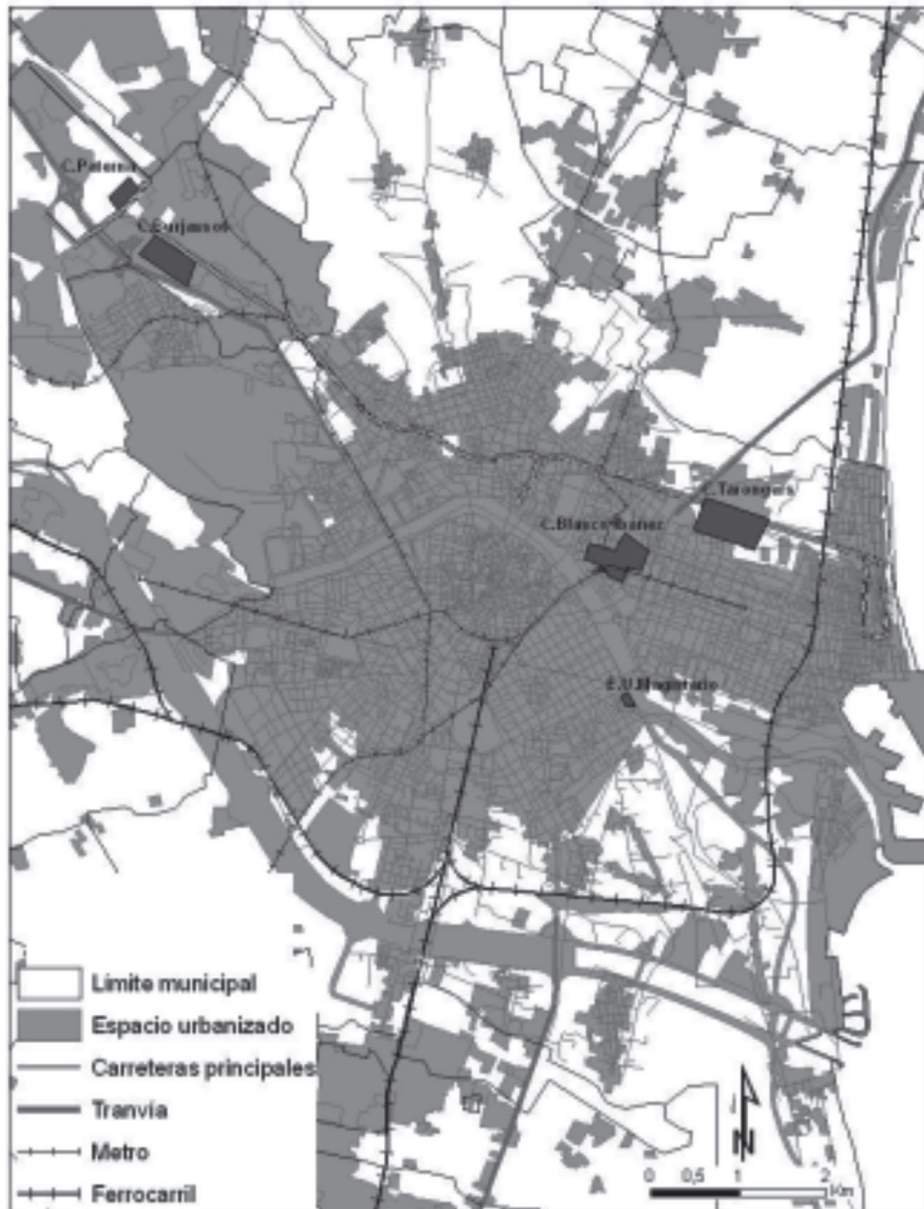


Figura 4. Localización de los campus de la Universitat de València en el Área Metropolitana. Fuente: Albertos *et. al.* (2007)

[12]

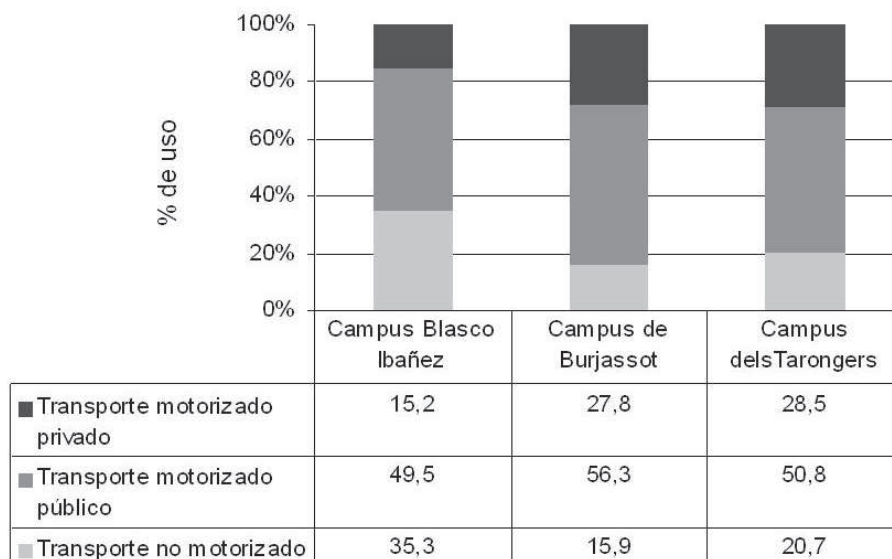


Figura 5. Modos de desplazamiento por campus de la UV. Fuente: Albertos *et. al.* (2007).

de la oferta de transporte público a los campus y su creciente utilización. Las políticas de movilidad deben orientarse a la reducción de los desplazamientos en vehículo privado, en particular en coche, incentivando a su vez el trasvase hacia los modos de transporte no motorizados o públicos. Para llevar a cabo dicho trasvase, el punto de partida sería eliminar las políticas incentivadoras del uso del coche, que también comportan un coste notable en infraestructuras de aparcamiento, mientras que el gasto destinado al incentivo de modos de transporte sostenible es marginal.

El segundo elemento a tener en cuenta son los consumos energéticos de las instalaciones, siendo el consumo eléctrico el cuádruple de importante que el de gas natural. En este aspecto la Universitat de València es líder en producción propia de electricidad, tanto por su parque fotovoltaico como por la estación de cogeneración, que en conjunto reducen en un 12% la huella de carbono asociada al consumo energético, que en la huella de carbono total corresponde a un 3,43%.

Además, existe una política de ahorro energético desde 2008, cuyos objetivos son la reducción del consumo energético y la producción de energía de manera más respetuosa con el entorno. A pesar de la puesta en marcha de numerosas instalaciones nuevas durante este período, se ha conseguido evitar un incremento del consumo. Parte de los ahorros obtenidos se invierten a su vez en nuevos sistemas para reducir los consumos en el futuro, así como en la instalación de nuevas fases del parque fotovoltaico.

Casi igual de importante que el consumo energético en las instalaciones es el asociado a la construcción, con un peso casi idéntico, mientras que los suministros de papel y agua, así como la gestión de residuos peligrosos, tienen una incidencia mínima en el cómputo total.

La huella de carbono de la Universitat de València será obviamente muy superior a la biocapacidad del territorio que ocupa, siendo 250 veces más grande. Esto se debe a que la

Universitat cuenta con escasa superficie, gran parte de la cual se encuentra urbanizada, por lo que sus emisiones de gases de efecto invernadero son muy superiores a la capacidad de absorción de sus zonas ajardinadas y arboladas.

Sin embargo, a escala global, y teniendo en cuenta la población a la que da servicio, la huella de carbono es de 0,32 Hag/persona/año. Este valor representa la huella de carbono de estas personas como usuarios de la Universitat de València, por lo que desde una perspectiva global debería añadirse la huella doméstica, cuyo cálculo excede el objeto del presente estudio, para poder establecer la comparación con el valor de 1,8 Hag/persona/año disponibles, según se establece en el último informe de la Global Footprint Network.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTOS, J.M., NOGUERA, J., PITARCH, M.D. y SALOM, J. (2007): *Los hábitos de movilidad en la Universitat de València (2005-2006). Problemas de acceso a los campus y sostenibilidad*, Servicio de Publicaciones de la Universitat de València, Colección Desarrollo Territorial, num. 5, Valencia, 190 pp.
- ARROYO P., ÁLVAREZ J.M., FERNÁNDEZ J., MARTÍNEZ C, ANSOLA G. y DE LUÍS E. (2009): *Huella Ecológica del Campus de Vegazana (Universidad de León). Una aproximación a su valor. Implicaciones de sostenibilidad de la comunidad universitaria*, Revista Seguridad y Medio Ambiente, Fundación Mapfre, num. 113, 51 pp.
- AVEN (2009): *Balance de la energía eléctrica*, Generalitat Valenciana, Agencia Valenciana de la Energía, Valencia
- BRUNDTLAND, G.H., coord (1988): *Nuestro futuro común*, ONU-Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Alianza Editorial, Madrid, 460 pp.
- CARPINTERO, O. (2005): *El metabolismo de la economía española: recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Fundación cesar Manrique, Tegui (Lanzarote), 636 pp.
- COLOMER E INSA, (2006): El consumo energético en el transporte urbano y metropolitano. Los modos ferroviarios, *Revista IT*, num. 76, 4 pp.
- CUCHÍ BURGOS A. y LÓPEZ CABALLEROS S. (1999): *Informe MIES. Una aproximación a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura de Vallès. Bases per a una política ambiental de l'ETSAV*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.
- EWING B., MOORE, D., GOLDFINGER, S., OURSLER, A., REED, A., and WACKERNAGEL, M. (2010): *The Ecological Footprint Atlas*, Global Footprint Network, Oakland,
- EWING, B., REED, A., RIZK, S.M., GALLI, A., WAZKERNAGEL, M., and KITZES, (2008): *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts*, Global Footprint Network, Oakland.
- LETTENMEIER, M., ROHN, H., LIEDTKE, CH. and SCHMIDT-BLECK, F. (2012): *Resource productivity in 7 steps: How to develop eco-innovative products and services and improve their material footprint*, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, Wuppertal Spezial 41, Wuppertal, 60 pp.
- LÓPEZ N. (2007): *Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades*, Oficina de Desarrollo Sostenible, Universidad de Santiago, Santiago de Compostela, 24 pp.
- MARAÑÓN, IREGUI, DOMENECH, FERNANDEZ y GONZÁLEZ (2008): *Propuesta de índices de conversión para la obtención de la huella de los residuos y los vertidos*, Revista académica OI DLES, Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y Economía Social, num. 4, Málaga, 26 pp.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2000): *Movilia. Encuesta de movilidad*, Madrid, Ministerio de Fomento

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2009): *Análisis de la huella ecológica en España 2008*, Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino, Madrid, 64 pp.
- SIMMONS, C. and CHAMBERS, N. (1998): Footprint UK Households: how big is your ecological garden?, *Local Environment: The International Journal of Justice And Sustainability*, Volume 3, Issue 3, 355-362.
- TELLO E. (1999): *Ecología Urbana y Democracia Participativa. Las Experiencias de la Plataforma "Barcelona Estalvia Energía" y del "Fórum Cívic Barcelona Sostenible"*, CENEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental), Barcelona, 8 pp.
- TORREGROSA, J.I., MARTÍ BARRACO, C., LO IACONO, V.G., y FERREIRA, D. (2009): *Indicadores ambiental para medir la sostenibilidad en las universidades, La Huella Ecológica. Caso de estudio de La Universidad Politécnica de Valencia*, Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM); Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación del Campus, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- WACKERNAGEL, M. and REES, W. (1996): *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on Earth*, The new catalyst bioregional series, num.9, New Society Publishers, Gabriola Island (British Columbia), 167, pp.
- WWF, ZLS y RED DE LA HUELLA ECOLÓGICA GLOBAL (2006): *Informe Planeta Vivo*, World Wild Fund for Nature, Zollogican Society of London y Global Footprint Network, Londres.