



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Un indicador ambiental para medir la sostenibilidad en las Universidades, la Huella Ecológica. Caso de estudio de la Universidad Politécnica de Valencia.

Autor: Juan Ignacio Torregrosa López

Institución: Universidad Politécnica de Valencia

e-mail: jjtorreg@iqn.upv.es

Otros Autores: Vanesa G. Lo Iacono Ferreira (IRISRYM - UPV); David Lledó Lagardera (ISIRYM - UPV); Cristina Martí Barranco (AMAPUOC – UPV)

RESUMEN

El presente estudio evalúa la capacidad de la Huella Ecológica como indicador ambiental para las universidades, y la idoneidad del mismo en proporcionar información útil para la gestión de sus aspectos ambientales más relevantes. El estudio se ha centrado en el caso de la Universidad Politécnica de Valencia: esta universidad, con más de 46000 miembros y una superficie de 71,3 ha repartidos en sus tres campus, cuenta con 33 grados, 55 másteres y 29 doctorados, es la mayor organización europea y la primera universidad que logró la verificación EMAS para su Sistema de Gestión Ambiental en toda la organización.

La Huella Ecológica es un indicador ambiental que evalúa dos principios básicos del desarrollo sostenible: el principio de sostenibilidad y el principio de equidad. En la actualidad, existen varias metodologías para su cálculo producto de las modificaciones de la propuesta original (Wackernagel & Rees, 1996). Tomando como definición del concepto de Huella Ecológica los aportes de Wackernagel y Rees y como base la metodología propuesta por Doménech (Doménech Quesada, 2009), se ha desarrollado un inventario de aspectos o categorías a evaluar. El inventario se compone de las siguientes categorías: energía eléctrica, combustibles, agua, papel, residuos, alimentación y movilidad. Para la conversión de estos aspectos a unidades de Huella Ecológica, se han empleado factores de conversión fiables de fuentes bibliográficas reconocidas y estudios desarrollados para entornos similares al ámbito de estudio.

La evaluación se ha realizado para los años 2007, 2008 y 2009. Los resultados para 2009 reflejan una Huella Ecológica total de 13200 ha, lo que equivale 0,81 ha por estudiante equivalente, lo que representa aproximadamente un tercio de la Huella Ecológica media de un ciudadano español.

Palabras Clave: Huella Ecológica; Universidad; Sistema de Gestión Ambiental, Impacto Ambiental; UPV; EMAS



Contenido

Introducción.....	3
Objetivo	6
El ámbito de estudio	6
Estado del arte	7
Cálculo de la Huella Ecológica para la Universidad Politécnica de Valencia.....	13
Huella de Carbono	13
Huella Productiva.....	17
Huella Ecológica	17
Resultados	18
Discusión de resultados	19
Comparativa de la Huella Ecológica por Campus	22
Comparativas de Huella Productiva	23
Huella Ecológica y entorno	25
Estampas de la Huella Ecológica.....	28
Conclusiones.....	30
Agradecimientos.....	32
Bibliografía	33

1 INTRODUCCIÓN

Los indicadores de sostenibilidad o indicadores ambientales pueden definirse como “*un signo, típicamente medible, que puede reflejar una característica cuantitativa o cualitativa, y que es importante para hacer juicios sobre condiciones del sistema actual, pasado o hacia el futuro*” (Quiroga, 2001). Dicho de otro modo, los indicadores son un medio de simplificar una realidad compleja centrándose en los aspectos más importantes, de manera que queda reducida a un número manejable de parámetros.

Existe un gran número de indicadores ambientales y todos responden a una estructura conceptual muy parecida, lo que les proporciona la posibilidad de cumplir con un esquema de organización similar. La *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico* (OCDE) confiere a los indicadores ambientales el esquema Presión-Estado-Respuesta (PER). Este esquema responde a la premisa de que las acciones humanas ejercen una presión sobre el medio ambiente y afectan la calidad de sus elementos y la cantidad de sus recursos (estado), ante lo cual la sociedad responde a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuesta). Existen 4 tipos de indicadores que responden a la estructura PER: ISEW (Índice de Bienestar Económico Sostenible), GPI (Indicador de Progreso Genuino), SDP (Producto Interior Neto Sostenible) y Huella Ecológica (Huella Ecológica). La principal diferencia de la Huella Ecológica con los demás indicadores PER es que éste sustituye las mediciones en términos monetarios por los consiguientes de espacio físico (hectáreas). Además, ofrece un resultado con un claro significado y de fácil interpretación.

En 1995, los urbanistas W. Rees y M. Wackernagel fueron los primeros en proponer el concepto de Huella Ecológica, que definieron como “*El área de territorio ecológicamente productiva necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico* (Wackernagel & Rees, 1996)”. En otras palabras, se puede decir que la Huella Ecológica es la suma de la superficie necesaria para absorber las emisiones de CO₂ generadas (Huella del Carbono) y la superficie requerida para generar los recursos (Huella Productiva).

El resultado de este indicador puede expresarse en diversas unidades. La unidad de superficie utilizada con mayor frecuencia es la hectárea, aunque se encuentran estudios realizados en acres. A su vez, las hectáreas pueden venir definidas como hectáreas globales (gha), que tienen en cuenta la biocapacidad media del planeta, y las hectáreas locales que tienen en cuenta la biocapacidad media del territorio local donde se evalúa. Todos los casos evaluados en este estudio utilizan hectáreas globales. En consecuencia, a fines de simplificar la exposición de los casos, se tratarán las hectáreas globales como “hectáreas”, preestableciendo su condición de “global”.

El concepto de Huella Ecológica viene íntimamente ligado y contrapuesto al concepto de capacidad de carga, la capacidad que tiene un ecosistema para sustentar y mantener al mismo tiempo la productividad, adaptabilidad y renovabilidad de los recursos. Podría interpretarse de forma tal que la Huella Ecológica sea el *debe* ambiental y la contrahuella

o capacidad de carga, su *haber*. La relación existente entre la Huella Ecológica y la capacidad de carga del espacio que ocupa una organización determina si la misma es ambientalmente autosuficiente o, por el contrario, presenta un déficit ecológico.

Un concepto muy relacionado con el cambio climático y la Huella Ecológica es el de *sumidero de carbono*. Según el Protocolo de Kioto, los sumideros de carbono se limitan a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura del CO₂ presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera, y por lo tanto, a mitigar el cambio climático (MMA, 2010).

El ámbito de aplicación elegido para este estudio ha sido la Universidad Politécnica de Valencia por la enorme importancia que tienen las medidas encaminadas en reducir el impacto ambiental en este tipo de organizaciones. Es bien conocido que las instituciones universitarias generan un elevado impacto ambiental producto del elevado volumen de recursos y energía que consumen. A esto hay que añadir que en muchos casos, debido al tamaño de sus campus el impacto sobre el medio puede ser elevado (Viebahn, 2001). Así mismo, las universidades son motor de desarrollo de nuestra sociedad y ejemplo para la misma, en particular en la protección del medio ambiente así como en el uso eficiente de los recursos. Además, el carácter docente de estas organizaciones las hace responsables de la formación de la mayoría de los futuros profesionales e investigadores que en su ámbito profesional serán los responsables de tomar decisiones que conciernen al desarrollo sostenible de empresas e instituciones. Este tipo de capacidades no deben ser solo adquiridas a través de los programas reglados de formación sino también mediante la generación de unas condiciones en los campus en las que el desarrollo sostenible incluya todos los aspectos de funcionamiento del mismo, incluyendo las actividades de planificación urbanística, gestión, docencia e investigación.

Para poder desarrollar adecuadamente las políticas ambientales universitarias se hace necesario gestionar adecuadamente sus aspectos ambientales así como realizar evaluaciones de los mismos. El disponer de las herramientas adecuadas para realizar estas evaluaciones no solo contribuye a mejorar el comportamiento ambiental de la organización sino que también, mediante su difusión, permite hacer partícipe de este compromiso a toda la comunidad universitaria y al ámbito social en la que se circunscribe.

2 OBJETIVO

El objetivo fundamental del estudio es evaluar la capacidad de la Huella Ecológica como indicador ambiental de una universidad, utilizando como caso de estudio la Universidad Politécnica de Valencia. Para ello, se ha hecho necesario realizar un estado del arte de la implantación de la Huella Ecológica en diversas universidades de todo el mundo. A su vez, se ha realizado un estudio de la Huella Ecológica de la UPV entre 2006 y 2009, periodo en el que se disponen de datos estadísticos que permiten su evaluación, y se han analizado los resultados obtenidos para extraer a partir de ellos las conclusiones pertinentes.

El ámbito de estudio

La Universidad Politécnica de Valencia (UPV) fue fundada en 1971, aunque alguno de sus centros data del siglo XIX. Se emplaza en la Comunidad Valenciana y se distribuye en tres Campus: Vera, Gandía y Alcoy. En la actualidad, la universidad cuenta aproximadamente, con 38000 estudiantes a tiempo parcial y completo, y 8660 personas trabajando en ella.

Campus	Estudiantes	PAS PDI	+ Terreno Construido	Zonas Ajardinadas	WEB
Valencia	33.844	8.132	543,375 m ²	106,358 m ²	www.upv.es
Gandía	2.258	263	32,416 m ²	7,020 m ²	www.gandia.upv.es
Alcoy	2.207	265	23,633 m ²	-	www.epsa.upv.es

La UPV cuenta con un total de 211 unidades entre departamentos, facultades, institutos de investigación y servicios. La UPV cuenta con un Sistema de Gestión Ambiental implantado y verificado de acuerdo con EMAS (UPV, 2009), de cuyo mantenimiento se encarga el Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación de Campus.

La Política Ambiental que define el sistema de gestión recoge objetivos concretos tales como:

- Analizar y evaluar las actuaciones desarrolladas en la comunidad con impactos sobre el medio ambiente.
- Propiciar la formación ambiental adecuada a todos los alumnos.
- Proporcionar la apropiada formación e información ambiental a todos los miembros de la comunidad universitaria.
- Cumplir con todos los requisitos legales ambientales aplicables, intentando ir más allá de los mínimos reglamentarios en las actividades en que sea posible.
- Racionalizar el consumo de recursos naturales y energía.

- Prevenir la contaminación y reducir al máximo posible las emisiones y los residuos generados.

3 ESTADO DEL ARTE

El concepto de “Huella Ecológica” tiene su origen en el ámbito universitario ya que los acuñadores de este término son miembros reconocidos de University of British Columbia, (Wackernagel & Rees, 1996) Entre las universidades que han calculado y publicado los resultados de su Huella Ecológica se encuentran varias universidades Norteamericanas, de la Unión Europea y Australianas. Al no existir una metodología estandarizada para el cálculo de la Huella Ecológica en universidades, cada universidad ha adaptado las metodologías existentes a su conveniencia viéndose muy limitados por la capacidad de recopilar y tratar la información necesaria para su cálculo.

Si bien todas las grandes universidades cuentan con algún tipo de sistema de gestión ambiental, el alcance y las competencias son muy variados. Algunos sistemas concentran la evolución de consumos energéticos, transporte y residuos, mientras otros sistemas solo se enfocan en alguno de estos puntos.

La estructura de la universidad también forma parte de la definición del sistema de gestión ambiental. Una universidad compuesta por unidades de trabajo independientes requiere una estructura de centralización de consumos para ser correctamente gestionado, mientras que una universidad que de por sí gestiona de forma centralizada, tiene grandes ventajas en este aspecto.

El fin con el que se evalúe la Huella Ecológica da las claves de los estudios realizados. Una evaluación meramente informativa refleja valoraciones generales y contempla los aspectos que se consideran más relevantes, mientras que una valoración de carácter científico-investigador profundiza un poco más en los aspectos evaluados, los factores empleados y el alcance de la misma. Todas estas características son perfectamente válidas acorde al ámbito en el que se emplean.

El análisis de aquellos cálculos de Huella Ecológica publicados por universidades de todo arroja información muy útil para entender la bondad de este indicador.

La primera universidad en presentar su cálculo de Huella Ecológica fue **Redlands University** en 1998 (Venetoulis, 2001). Obtuvieron un valor de 2303 ha para ese año. El estudio considera la mayoría de las categorías: electricidad, combustibles fósiles, agua, residuos y movilidad, agrupadas en Huella Hídrica, Huella Energética y Huella Residual. Deja fuera categorías de elevado peso como es la construcción y la alimentación, y, aunque menos significativa, también deja fuera el consumo de papel. La Huella Hídrica asciende a 116 ha, la Huella Residual es de 287 ha y la Huella Energética compuesta por el consumo de gasolina, gas natural y electricidad, tiene un valor de 1900 ha. De las 2303 ha, el 5% corresponde al consumo de agua, el 12.5% a la generación de residuos, el 18.5% al consumo de gas natural para calefacción, el 31% al consumo eléctrico y el 32.5% restante, al transporte.

En 2007, **Ohio State University** publica un artículo, “*Quantifying the Ecological Footprint of the Ohio State University*”, con la cuantificación de su Huella Ecológica (Janis, 2007). El resultado es de 8.66 ha por año y persona. Las categorías consideradas para la evaluación son: consumo energético, transporte y generación de residuos. El consumo energético aporta el 20,83% de la Huella Ecológica; el 62,53% se debe al transporte; y el 16, 64% restante, a la generación de residuos.

Willamette University publica en su página oficial (Willamette University) los resultados del estudio realizado durante el curso 2003-2004 donde se tiene en cuenta las categorías de alimentación, infraestructura, transporte, consumo de bienes y servicios, energía eléctrica, gas natural, gasolina, diesel, agua, residuos sólidos y residuos reciclados. El resultado por persona y año resultó 2,27 ha. El estudio contempla el impacto estimando la población en 3393 personas y 28,73 hectáreas dado un resultado de 0,008 hectáreas por persona y año disponibles para su sostenibilidad. El aporte mayoritario corresponde el consumo de bienes y servicios que implican un 50% de la Huella Ecológica. El 17% corresponde a infraestructura y el 16% a comida. El consumo energético englobando el consumo eléctrico y los distintos combustibles fósiles de uso directo, representa el 8% de la Huella Ecológica universitaria.

La Huella Ecológica de **East Anglia University** constituye otro de los casos de estudio (Buitenhuis et al., 2009). La universidad contó con 15000 alumnos para el año de estudio, 18000 personas en total. El resultado del estudio es de 0,73 gha/persona, 0,88 gha/estudiante, 13160,59 gha en total.

La escuela de física de la universidad de Sydney, **University of Sydney**, ha realizado y publicado el análisis de su propia Huella Ecológica para el año 2002 (Lenzen, 2002). Se obtuvo un resultado de 6,8 hectáreas por persona y año. Se trata de un estudio diferente a los anteriores pues avanza tres niveles en la cadena de suministro. Como es sabido, las cadenas de suministro pueden dividirse en distintos niveles; desde el primero, aquellos suministros que se introducen para consumo directo, hasta varios niveles más, según la lejanía de la materia prima del consumidor. Así, un producto que es manufacturado tendrá tantos niveles como manufacturaciones requiera, incluyendo la venta directa al consumidor. Las categorías consideradas son: electricidad, que distingue entre uso cotidiano y servicios del campus, seguridad y restauración, consumo de papel y libros, transporte aéreo y otros. El estudio ha permitido conocer las carencias en materia de sostenibilidad de la Escuela de Física de la Universidad. A pesar de ello, el grupo investigador que desarrollo el estudio apunta un dato positivo: la Huella Ecológica de la Escuela de Física de Sydney University es menor a la media de Australia que alcanza un valor de 7,2 ha/persona; sin duda, un valor positivo.

Northeastern University, en China, calculó la Huella Ecológica (Li et al., 2007) de su campus considerando el consumo de energía (carbón, gas natural y electricidad), alimentación, residuos, consumo de agua, transporte, infraestructuras y consumo de papel. El resultado obtenido asciende a 24787 ha. El principal aporte, 68%, corresponde al consumo de energía seguido por el consumo de alimentos, que representa el 22%, y la eliminación de residuos que representa el 6%. Las demás categorías tienen aportes iguales o inferiores al 2%.

En 2008, el departamento de geografía de **Toronto University**, Mississauga, presentó el cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad para el curso 2005-2006 (Conway et al., 2008). Aunque solo publica los resultados para ese año, el departamento evalúa la Huella Ecológica desde el curso 2004-2005 de forma relativamente periódica, ajustando la metodología en cada estudio. El histórico del estudio es publicado en la página web de la Universidad (Conway, 2010). Las categorías analizadas son: edificación, agua, transporte, materiales y residuos, energía y alimentación. La evolución es buena, la Huella Ecológica disminuye en el tiempo. Los aspectos principales que han conseguido esta disminución son los dos de los más influyentes: la energía y la alimentación. El transporte, sin embargo, ha aumentado su aporte a la Huella Ecológica y queda señalado como uno de los puntos en los que se debe trabajar para alcanzar la sostenibilidad.

La escuela de geociencias de **Newcastle University**, publicó los resultados y conclusiones del análisis de Huella Ecológica realizado en la universidad para el año 1999 (Flint, 2001). Su campus, con un total de 135 hectáreas, cuenta con diversos ecosistemas como zonas secas, humedales, una pequeña franja boscosa, un arroyo además de las 98 hectáreas de superficie construida. El resultado de la Huella Ecológica es de 3592,1 ha. La metodología utilizada es una modificación del modelo propuesto por Wackernagel y Rees para el cálculo per cápita. Entre sus puntos de interés se encuentra la reflexión sobre la brusca variación de la densidad de población en el campus entre los distintos periodos lectivos y vacacionales. Justifica las categorías analizadas realizando un estudio de importaciones, que son equivalentes al consumo pues no existe producción, y exportaciones. Como resultado evalúa las categorías referentes a: alimentación, edificación, transporte, servicios, consumibles como importaciones, y residuos como exportaciones. La categoría de edificación aportó el 44% de la Huella Ecológica, seguido por un 42% del transporte, 6% de alimentación y 8% entre bienes de consumo y servicios. Es importante destacar que, a diferencia de otros estudios, el aporte energético se considera dentro de cada una de las categorías como parte de ellas y no como una categoría en sí misma. Exceptuando en las categorías de Alimentación y Bienes de Consumo, el aporte energético quien dimensiona el volumen de cada una. Como resultado global, la Huella Ecológica de la Universidad de Newcastle resulta 26 veces mayor al área geográfica que ocupa, índice denominado Impacto Espacial (IE). La autora de estudio realiza interesantes reflexiones sobre la comparativa con los estudios de Huella Ecológica y los IE calculados en Europa y América del Norte, cuyos resultados son inferiores. Como conclusiones, el Análisis de Huella Ecológica identifica como objetivo de trabajo el transporte en vehículos privados, al igual que en otras universidades. Algunas estrategias ya estaban puestas en marcha, a fecha de publicación del artículo, como el trazado de un enlace ferroviario y una política "Pay to Park", paga por aparcar. Esta última política, según análisis de la autora, simplemente ha desviado el aparcamiento de dentro de la universidad, a los alrededores.

Holme Lancy College, Herefordshire Inglaterra, a calculado su Huella Ecológica en 2001 con un resultado de 296 ha, 0.60 ha/ee*.año (Dawe, Vetter, & Martin, 2001). Un déficit de 56 ha en relación a las 240 ha con las que cuenta el campus de la Universidad. El estudio tiene en cuenta el consumo de energía y agua, la alimentación, el tratamiento de residuos y las emisiones y energías asociadas al transporte. Los resultados han permitido extraer

* ee= estudiantes equivalentes.

Conclusiones sobre el uso de la Huella Ecológica en Universidades y otras herramientas para desarrollar procesos sostenibles utilizando su estructura como objeto de auditoría. El análisis fue realizado por BFF (Best Foot Forward, 2001a) empleando los datos proporcionados por la auditoría realizada en Holme Lancy College. Como resultado de la aplicación de la Huella Ecológica, fue considerada como una metodología muy “lúcida” para expresar la sostenibilidad en una institución en función a dos capacidades específicas: en primer lugar, proporcionar estimaciones reales del territorio y agua requerido, en la actualidad, por persona o institución; y en segundo lugar, pesó sobre la decisión la capacidad global, equitativa y justa que permite una monitorización de cambios realizados sin condición temporal. De hecho, el objeto principal de la publicación es utilizar el Análisis de Huella Ecológica como herramienta para evaluar los requerimientos del año 2006 y predecir sus variaciones en función a determinadas actuaciones propuestas para la reducción de la Huella Ecológica con el fin de alcanzar una sostenibilidad real en la organización. La metodología, tras un análisis de los objetivos y necesidades del estudio, se aplicó considerando cinco categorías: energía para transporte, energía en todos los edificios del campus, comida servida en campus, agua embotellada, residuos, bienes capitales, artículos varios y pesticidas y fertilizantes empleados. Aunque los últimos tres ítems no han sido evaluados por falta de tiempo. Los aspectos sociales se dividieron en dos subcategorías: internos y externos. La valoración interna se realizó mediante una encuesta de cuatro preguntas seguida de una puesta en común informal y la valoración externa se realizó mediante entrevistas con los directores de departamento en distintas modalidades. La interpretación de resultados y desarrollo de conclusiones del estudio deja claro que la Huella Ecológica obtenida es un valor parcial en función a los aspectos que considera. Se realizan comparaciones interesantes con la Huella Ecológica de otras universidades.

En **Texas A&M University**, se ha aplicado el análisis de Huella Ecológica a un grupo de alumnos (Ryu & Brody, 2006). El estudio se realizó en el año 2004 sobre un grupo de 22 estudiantes matriculados en el curso de *desarrollo sostenible*. El objetivo del estudio era evaluar cómo afectan los temas desarrollados en la asignatura a la vida del estudiante. Mediante un cuestionario diseñado por la organización no gubernamental Redefining Progress, se evaluó la Huella Ecológica de los alumnos al principio y al final del curso (Merkel, 2003) en dos grupos, un grupo de evaluación que cursó la asignatura *desarrollo sostenible* y un grupo de control que no cursó esa asignatura. Se evaluaron las siguientes categorías: alimentación, movilidad, vivienda y bienes y servicios. Exceptuando el valor correspondiente a la vivienda, todos han disminuido. Las mejoras más significativas se aprecian en la movilidad y el consumo de bienes y servicios. Los autores del estudio concluyen que la educación en materia de desarrollo sostenible puede mejorar la sostenibilidad en la vida de los estudiantes de forma significativa.

La **Universitat de Girona** ha realizado el primer cálculo de Huella Ecológica en 1999, y lo publica en su página Web oficial (UdG, 2010). El cálculo se centra en el consumo energético de las instalaciones universitarias. La página que publica los resultados tiene registro del periodo 1999 – 2003 con mediciones anuales. Durante el estudio se evidencian dos importantes subidas correspondientes a los dos últimos años de análisis en el edificio de ciencias y el edificio P2. El estudio publicado no reflexiona sobre estas variaciones.

La **Universidad de León** calcula su huella de forma global (Arroyo Hernández et al., 2009). El área de ecología del Instituto de Medio Ambiente fue el encargado de llevar a cabo las mediciones. El método escogido es el método original de Mathis Wackemagel y William Rees considerando los ítems siguientes: Consumo de agua, Consumo de energía, Consumo de papel, Emisiones, Movilidad, Residuos, Tasa de reciclado, Ha requeridas para la producción de alimentos y Superficie construida. No se ha considerado la alimentación ni los residuos no reciclados. El artículo justifica esta carencia con la falta de datos. El resultado obtenido es de 0,45 gha/persona.año. El campus ocupa una superficie total de 42,28 ha, distribuidos en 29 infraestructuras considerando cafeterías, facultades, parking, residencias, zonas verdes, bibliotecas, etc. Las emisiones de CO₂ han sido calculadas siguiendo las pautas del Informe MIES (UPC, 1999) partiendo de los materiales empleados y aplicando una serie de factores correspondientes. El 99% del resultado corresponde a la superficie necesaria para absorber las emisiones de CO₂, Huella de Carbono.

Entre las Universidades de la Comunidad Valenciana, La **Universidad Miguel Hernández** ha calculado su Huella Ecológica asociada al transporte en la Universidad (Giménez et al., 2009). El estudio se realizó mediante encuestas. Se obtuvo un resultado de 3,93 ha/persona.año utilizando el método *Venetoulis*. La responsabilidad del cálculo corresponde a la Oficina Ambiental (UMH, 2010).

La **Universidad de Santiago de Compostela** realiza el cálculo de Huella Ecológica de forma periódica. En 2007 el resultado obtenido fue de 0,16 ha/persona.año, 5217 ha/año. Los resultados se encuentran publicados en la página Web del Plan de Desarrollo Sostenible de la Universidad (USC, 2009) y en otras publicaciones de diversos autores para cada año de cálculo (López Álvarez, 2007) (López Álvarez et al., 2008) (Blanco Heras & López Álvarez, 2009).

La huella ecológica de la **Universidad Autónoma de Madrid** ha sido calculada dentro de un trabajo final de carrera (Olalla Tárraga, 2003). El estudio utiliza la base de la metodología de Wackernagel y Rees. Como resultado, se obtiene un valor de 4.740,4 ha, 0,145 ha/persona.año para el año 2002-2003. El autor considera estos datos como *un indicador sesgado y reduccionista*, dada la falta de datos de consumos. En consecuencia realiza una estimación suponiendo que el valor hallado es una tercera parte del valor real. Esta suposición lleva a un resultado de 0,437 ha/persona.año.

La **Universidad Pablo de Olavide** utiliza la Huella Ecológica como indicador ambiental y realiza la evaluación de forma anual. El encargado de su cálculo es la Oficina Ambiental de dicha universidad. Como método, se han decantado por Mathis Wackernagel y William Rees. El resultado de la evaluación periódica no se publica, se utiliza únicamente a nivel interno. Existe, en la actualidad, proyectos sobre Huella Ecológica en los que colabora el área de Salud Integral y Medio Ambiente del Vicerrectorado de Participación Social.

Otra universidad gallega, La **Universidade da Coruña** han optado por el método de Methis Wackernagel & William Rees para realizar la evaluación de la Huella Ecológica para el año 2008 (Soto & Pérez, 2010). Como resultado se obtuvieron 3475 ha de bosque gallego, 0,15 ha/persona; 50 veces la superficie ocupada por la universidad. El aporte mayoritario proviene de la categoría referente a movilidad con un 43,5%, seguido por el consumo eléctrico con un 25,4%. La construcción ha aportado un 14,1%, el consumo de

gasolina un 12,6%, el territorio ocupado un 2,0%, el consumo de papel un 1,3%, la generación de residuos un 1,0% y un 0,2% el consumo de agua.

Sin dudas, la conclusión principal del estudio es la necesidad de trabajar sobre la movilidad y el consumo energético (eléctrico y gasolina) que representan más del 80% de la Huella Ecológica de la Universidad.

En Cataluña, la Escuela Universitaria Politécnica de Manresa, de la **Universitat Politècnica de Catalunya**, ha sido pionera en el cálculo de Huella Ecológica para su universidad en España. El estudio y sus resultados se publican bajo el título de "*Petjada ecológica de l'EUPM*" (Jorge & Busquets, 2001) y es de especial interés ya que adapta la metodología de Wackernagel y Rees a las necesidades universitarias. El estudio contempla el impacto de la infraestructura, la movilidad y diversos consumos como papel, agua, gas y electricidad. El resultado del estudio es de 25.76 ha/titulado.año. La universidad ha creído oportuno relacionarlo con los alumnos titulados a diferencia de otras universidades que lo relacionan con personas totales o estudiantes a tiempo completo. El resultado implica 12440.4 ha para absorber el total de CO₂ generado por la escuela, 56977 toneladas anuales.

La **Escuela Politécnica de Valladolid** publica en su página Web (Escuela Politécnica Universitaria de Valladolid, 2009) el cálculo de su Huella Ecológica donde considera, únicamente, las emisiones de CO₂ generadas dejando fuera los terrenos productivos necesarios. Para el curso 2005/2006 se contabilizaron 1445.373 Tn de CO₂. Para hallar las hectáreas de bosque necesario, se consideró que el bosque español absorbe 3.92 toneladas de CO₂ al año, requiriendo así un total de 372,94 ha locales.

En EEUU, **el Colorado College**, en el mismo año, ha obtenido un resultado de 2,24 gha/persona.año. Este valor es considerablemente mayor que los dos casos anteriores, puesto que han considerado, además del consumo energético, el transporte, la alimentación, los residuos y el agua, las emisiones derivadas de la construcción.

La Oxford Brookes University calcula un Huella Ecológica de 0.220 ha/persona.año y Swansea University registra un valor de 0.809 ha/persona.año. Es importante destacar que se desconoce los ítems evaluados para la aplicación de Huella Ecológica en estas dos universidades.

Otras universidades de educación a distancia, como la Open University realiza el cálculo de la Huella Ecológica contabilizando el impacto global de la universidad valorando el tiempo de asistencia virtual de sus alumnos así como su infraestructura.

University of Guelph, ha hecho valiosas aportaciones a la Huella Ecológica, aunque no ha calculado de forma directa su valor. En 2007, desarrolló Zerofootprint™, una calculadora interactiva individual que permite a alumnos, profesores y demás personal universitario calcular su Huella Ecológica Individual (University of Guelph, 2010).

Con esta práctica herramienta, la Universidad cuenta con una valiosa base de datos para, mediante una media, calcular la Huella Ecológica de la Comunidad Universitaria. El sistema divulga información específica sobre las generaciones de dióxido de carbono producidas para la alimentación y enumera propuestas para disminuir la Huella Ecológica.

4 CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA PARA LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

Aunque existen varias metodologías, todas ellas coinciden en sus principios básicos. Sin embargo, las diferencias que pueden aplicarse a la hora del cálculo traen consigo algunas dificultades al comparar cálculos entre distintas organizaciones. El presente estudio toma como referencia el cálculo realizado por J.L. Doménech (Doménech, 2007), aunque ha sido adaptado al ámbito de la universidad para tener en cuenta el mayor número de categorías posibles.

De acuerdo con su definición, la Huella Ecológica puede entenderse como la suma de dos Huellas bien diferenciadas: la Huella de Carbono y la Huella Productiva:

- La *Huella del Carbono* mide el total de las emisiones de CO₂ que directa o indirectamente se generan en el funcionamiento diario de la organización y se transforman en Ha de terreno necesarias para su asimilación.
- La *Huella Productiva* corresponde al territorio productivo necesario para la obtención de los recursos necesarios así como para asimilar los residuos generados. En este estudio hemos estimado los recursos necesarios para la alimentación y el tratamiento de los residuos dado que suelen constituir el aporte más significativo a la huella productiva.

Huella de Carbono

El cálculo de la Huella de Carbono (HC) puede expresarse como un sumatorio de las emisiones de CO₂ de cada categoría o aspecto (i) [Ec.2] considerado que se obtiene como producto del aspecto por el factor de conversión (FC) correspondiente [Ec.1].

$$HC_i \left(\frac{kgCO_2}{año} \right) = aspecto_i \left(\frac{unidades}{año} \right) * FC \left(\frac{kgCO_2}{unidades} \right) \quad [Ec.1]$$

$$HC \left(\frac{kgCO_2}{año} \right) = \sum_{i=1}^n HC_i \left(\frac{kgCO_2}{año} \right) \quad [Ec.2]$$

El paso previo al cálculo es definir el universo a estudiar. Los cálculos se realizan tanto para la Universidad en su conjunto como para cada Campus individualmente. Las categorías y subcategorías que componen el universo estudiado son: Energía, Infraestructuras, Combustibles, Agua, Papel, Residuos, Alimentación y Movilidad como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías y Subcategorías de la Huella de Carbono

Huella de Carbono	Energía	Eléctrica
	Infraestructuras	
	Combustibles	Gasoil
		Gas Natural
	Agua	De red
		De pozo
	Papel	Virgen
		Reciclado
	Residuos	
	Alimentación	
Movilidad		

Los consumos de las diferentes categorías se convierten en emisiones de CO₂ a través de un factor de conversión adecuado para cada una de ellas. La procedencia de estos factores es de vital importancia ya que un factor de conversión inapropiado produce resultados incorrectos, y afecta a todo el cálculo de la Huella de Carbono y por extensión al cálculo de la Huella Ecológica.

Una característica importante de los factores, además de su veracidad, es su vigencia: determinadas categorías sufren pocas alteraciones con el tiempo, como por ejemplo la construcción; otras, sin embargo, varían con cierta periodicidad, como por ejemplo el factor de conversión del Kw.h de energía eléctrica en emisiones de CO₂, dependiente del mix eléctrico.

Otro aspecto a tener en cuenta es la localización del factor: no todos los factores tienen carácter global; por ejemplo, no será igual el factor del mix eléctrico en España que en el Reino Unido.

La **energía eléctrica** en la UPV se utiliza tanto para la iluminación externa como interna, así como en el sistema de climatización, la maquinaria y equipos informáticos y de laboratorio. El factor utilizado ha sido extraído de Red Eléctrica Española (REE, 2010) y viene dado en unidades de kg CO₂ · Kwh⁻¹. Este factor ha sufrido en los últimos años una disminución debido al mayor peso de las energías renovables en el sistema eléctrico español.

En cuanto al combustible, se utiliza dos tipos de **combustibles fósiles** que constituyen dos factores muy importantes en el cálculo de la Huella Ecológica: gas natural (para calefacción y cafeterías) y gasoil (para los vehículos de empresa y, hasta 2007, también empleado en calefacción). En 2007 se sustituyeron los quemadores de gasoil por otros equipos que utilizan gas natural. Un cambio favorable ya que éstos últimos generan menores emisiones de gases de efecto invernadero y producen, en general, un menor impacto ambiental (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2010). Los factores para estas categorías contemplan las emisiones de CO₂ producidas durante la extracción del combustible, su transporte y las emisiones que genera su combustión. Los factores necesarios de gas natural y gasoil han sido extraídos del informe periódico que al respecto publica el departamento de medio ambiente del gobierno británico (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2010).

En la UPV se utiliza tanto **papel** virgen como papel reciclado. El papel reciclado fue introducido hace pocos años, con lo que su uso aun no está totalmente normalizado.

Para estas dos subcategorías de papel se utilizan factores distintos debido a que el factor considerado para el papel virgen implica la huella de la generación de éste desde la tala del árbol y el papel reciclado parte para su cálculo del papel virgen o reciclado ya utilizado. Este análisis referente al papel evidencia una problemática típica del cálculo de Huella Ecológica y Huella de Carbono, dónde establecer los límites del sistema y el alcance del estudio. Así, podría considerarse a partir de que el papel ha sido depositado en los contenedores de reciclaje o una vez haya sido procesado ignorando las emisiones generadas en el proceso. No tener claro este límite induce a un error por exceso, ya que podría considerarse por duplicado las emisiones generadas en el tratamiento del papel si se aplican tanto al papel virgen como al papel reciclado. En este trabajo, el factor utilizado ha sido elaborado por *Aspapel* (Asociación de fabricantes de pasta de papel, papel y cartón, 2010) y publicado por la UVa (Escuela Politécnica Universitaria de Valladolid, 2009) para el cálculo de su Huella Ecológica en 2003.

El carácter físico de la universidad lo conceden las **infraestructuras**: edificios, parkings, zonas verdes y zonas ajardinadas. Para este aspecto, en la Huella Ecológica se considera las emisiones de CO₂ derivadas de la construcción de las infraestructuras (edificios, parkings, etc.) mientras que las zonas verdes y ajardinadas forman parte de la *Contra Huella* de la universidad, ya que ayudan en parte a capturar CO₂ emitido. Tener en cuenta las infraestructuras en el estudio de Huella Ecológica puede crear controversia porque la metodología adoptada para este cálculo viene totalmente definida por el factor utilizado. En el presente trabajo, se ha utilizado el factor de conversión propuesto por *Universidad de Santiago de Compostela* (Universidad de Santiago de Compostela, 2009) que transforma las superficies construidas en CO₂ emitido para su construcción y repartidos a lo largo de su vida útil. El estudio considera que la vida útil de cada edificio es de 50 años; pasado este tiempo el edificio deja de ser útil, y se reforma o derruye para construir uno nuevo.

El **agua** consumida actualmente en la Universidad es extraída tanto de la red pública como del subsuelo mediante pozos pertenecientes a la Universidad. El agua de red es utilizada para consumo humano y refrigeración de maquinaria, mientras que el agua de pozo es utilizada para el riego. Los datos constatan que el consumo del agua de pozo es mayor que el de red debido a las 24 ha ajardinadas que posee la Universidad.

La UPV apuesta por extraer su propia agua para el consumo no humano, con el ahorro en Huella Ecológica que ello supone, ya que no es necesario potabilizarla ni ser bombeada desde un punto alejado al campus. Lógicamente ambas fuentes de extracción necesitan factores de conversión distintos, que transformen la cantidad de agua consumidos en kg de CO₂ emitidos a la atmósfera. El factor utilizado para el agua de red fue publicado por la *Universidad de Santiago de Compostela* (Universidad de Santiago de Compostela, 2009) y tiene en cuenta las emisiones originadas tanto por la potabilización como por la posterior depuración del agua de red.

El factor utilizado para transformar el consumo de agua de pozo considera que es extraída de un lugar cercano y no es necesario potabilizarla, por tanto, la Huella que llevará ligada será inferior. De acuerdo con los factores utilizados, debe tenerse en cuenta que la Huella generada por este consumo será superior al real, ya que se contabilizará la depuración de toda ella pese a que el 99% de ésta nunca llegará al alcantarillado. El factor utilizado se publicó en un estudio publicado en el Observatorio

Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, OIDLES (J.L. Doménech et al., 2008).

Para evaluar la Huella de Carbono producida por los **residuos**, se recopiló información tanto de residuos electrónicos, papel, envases ligeros, estiércol, restos vegetales de poda y escombros. Para la conversión, se emplearon factores desarrollados para tal efecto y publicados en el Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, OIDLES, (J.L. Doménech et al., 2008). Este factor se calcula partir de los datos aportados por una planta de residuos sólidos urbanos (RSU) y tiene en cuenta la superficie de ésta y los consumos energéticos que han sido necesarios para el tratamiento de dicho residuo. A través de estos valores ha sido posible conocer las hectáreas necesarias de bosque promedio mundial para absorber las emisiones de CO₂ generadas.

La categoría de **alimentación** también ha sido considerada en este estudio. El problema principal que presenta su cálculo es la obtención de datos de calidad por parte de las diferentes cafeterías, restaurantes y centros donde se sirven alimentos. Debido a las dificultades encontradas poder obtener la información precisa, se realizó una extrapolación a partir de los datos contables recopilados en una muestra de cafeterías. Para el estudio, se utilizaron datos contables de la cafetería del Campus de Alcoy, considerados datos fiables y aplicables a esta comunidad universitaria. Los datos recopilados corresponden a los menús vendidos en el periodo de tiempo considerado. No ha sido posible evaluar el consumo de alimentos aislados ni de las máquinas expendedoras del Campus, por lo que se estima que los datos de emisiones referentes a alimentación calculados son netamente inferiores a los reales. Los factores de conversión para esta categoría se han tomado del estudio realizado para calcular la Huella Ecológica de la ciudad de York (Barrett et al., 2002). El cálculo considera: la energía para la siembra o cría y elaboración del consumible, el embalaje y el metano producido por la descomposición de restos de consumibles y el procesado de los residuos en vertederos.

El **estudio de movilidad** forma parte del *Plan de Transporte para la UPV* realizado por el *Instituto de Transporte y Territorio de la UPV (ITRAT)* (Colomer Ferrándiz et al., 2010). El estudio evalúa las emisiones de CO₂ originadas por los desplazamientos entre el hogar y los diferentes campus de los usuarios de la universidad (estudiantes, PAS y PDI). En el estudio se ha tenido en cuenta los siguientes tipos de desplazamiento: a pie, bicicleta, tren, tranvía, metro, bus urbano o interurbano, coche conductor o acompañante y motocicleta. Las emisiones contaminantes de los diferentes modos de transporte dependen de factores como: antigüedad del parque, velocidad, tipo de vehículo, kilómetros, recorridos, entorno urbano o interurbano, entre otros. Para su evaluación, se ha tenido en cuenta el manual de referencia europeo “*EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007* (European Environment Agency, 2007)”, obteniendo así las emisiones de CO₂ que, posteriormente, se han transformado convenientemente en superficie necesaria para su captación.

Huella Productiva

La Huella productiva es el resultado de contabilizar la superficie necesaria para generar los recursos referentes a alimentación y asimilar los residuos producidos. Se puede expresar como el sumatorio del cociente entre los aspectos considerados y la productividad media global del aspecto a evaluar [Ec.3]. Se considera un aspecto tanto la alimentación como los residuos, y la productividad es la capacidad de territorio de su obtención o tratamiento.

$$HP \left(\frac{ha}{año} \right) = \sum_{i=1}^n \frac{\text{aspecto}_i \left(\frac{kg}{año} \right)}{\text{productividad}_i \left(\frac{kg}{ha} \right)} \quad [\text{Ec.3}]$$

Para el cálculo del aporte de la alimentación a la Huella Ecológica se ha considerado las mismas categorías que en el cálculo del aporte a la Huella de Carbono: energía, embalaje, residuos y reciclaje. Los factores empleados corresponden al estudio realizado para la ciudad de York (Barrett et al., 2002), y al Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, (OIDLES) (J.L. Doménech et al., 2008). El aporte de los residuos evalúa la necesidad de pastos, energía fósil, bosque y tierra cultivable. Obtener el resultado de la Huella Productiva significa conocer las hectáreas con productividad media global, a escala mundial, que se requieren. Para ello, se emplea un factor de corrección que adapta la productividad potencial de cada área a su valor potencial medio del área bioproductiva. La red *Global Footprint Network* se encarga de realizar un seguimiento periódico de estos factores (Global Footprint Network, 2010).

Huella Ecológica

La Huella Ecológica se obtiene considerando el total de superficie requerida tanto para asimilar la Huella de Carbono como para obtener la Huella Productiva.

Para que el cálculo sea debidamente ponderado, se utilizan valores de captación media global (CMG): bosque promedio mundial y tierra promedio mundial (Escuela Politécnica Universitaria de Valladolid, 2009) que proporcionan resultados expresados en hectáreas globales [Ec.4]. Existen también, factores de captación media local (Figueroa Clemente & Redondo Gómez, 2007) que proporcionan resultados en hectáreas locales.

$$HC \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{\sum_{i=1}^n HC_i \left(\frac{kgCO_2}{año} \right)}{CMG \left(\frac{kgCO_2}{ha} \right)} \quad [\text{Ec.4}]$$

A modo de resumen, la Tabla 2 presenta la relación de los factores de conversión empleados en el cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia.

Tabla 2. Factores de conversión

Categoría	Subcategorías	Unidades de origen	Fuente	Factor			
				2006	2007	2008	2009
Energía	Eléctrica	kW·h	REE	0,335	0,341	0,278	0,233
Combustibles	Gas Natural	kW·h	Defra-gov			0,206	0,204
	Gas Oil					0,265	0,265
Agua	De Red	m ³	USC	0,5			
	De Pozo		OIDLES	8,2x10m ⁻⁵			
Papel	Virgen	Kg	UVa	0,648			
	Reciclado			0,483			
Construcción		m ²	USC	10,4			
Alimentación	Energía	Ha/cap*año	Barrett et al.	0,908			
	Embalaje			0,322			
	Metano y Vertedero			0,047			
Residuos	Equipos electrónicos	Ha/t	OIDLES	1,35x10 ⁻²			
	Escombros			7,05x10 ⁻⁴			
	Envases metálicos			2,80x10 ⁻²			
	Papel y cartón			4,50x10 ⁻³			
	Vegetales y estiércoles			2,73x10 ⁻³			
	Envases ligeros			3,76x10 ⁻²			

Al igual que en el análisis de sus componentes, la Huella Ecológica puede expresarse matemáticamente con una ecuación simple, el sumatorio de la Huella Productiva y la Huella de Carbono convertida a hectáreas mediante el factor de captación media global [Ec.5].

$$HE \left(\frac{ha}{año} \right) = HC \left(\frac{ha}{año} \right) + HP \left(\frac{ha}{año} \right) \quad [Ec.5]$$

5 RESULTADOS

La metodología desarrollada en el estudio permite analizar los resultados obtenidos por años, realizar comparaciones entre categorías para evaluar su evolución con el tiempo y tratar de forma independiente los distintos Campus de la Universidad.

La expresión de la Huella Ecológica de una empresa debe hacer referencia al producto o servicio que genera. Para el caso de la universidad, que podemos definir como una organización que presta, principalmente, servicios a la comunidad, resulta difícil identificar y cuantificar dichos servicios. Varios aspectos relacionados con la intensidad de la actividad propia de la universidad pueden ser, a modo de ejemplo: estudiantes activos, estudiantes titulados en un curso, grupos de investigación, personal docente, investigador y de administración, etc.

En este estudio se ha considerado al número de estudiantes como el indicador que mejor refleja el tamaño y la intensidad de servicios de la universidad, ya que existe una íntima relación entre el número de estos y la intensidad del servicio proporcionado.

Para el cálculo, se ha introducido el concepto de estudiante equivalente (ee). Se trata de transformar el número de estudiantes totales en el equivalente de estudiante a tiempo completo, es decir, matriculado en 70 créditos anuales. Para obtener este valor, se tiene también en cuenta los días lectivos, de exámenes y solo laborables, y las horas que se imparten durante esos días. La Tabla 3 muestra el detalle valorado.

Tabla 3. Distribución de personas por días

Personas\ Días	UPV		
	Lectivos	Exámenes	Laborables
Doctorado	1.870	701	
Grado	34.063	12.774	
Master	2.376	891	
PAS y PDI			8.660
Total	38.309	14.366	8.660
Total por día	5.746.350	718.294	2.009.120

Discusión de resultados

Se ha calculado la Huella Ecológica de la Universidad para los años 2006, 2007, 2008 y 2009 (Tabla 4). En los primeros tres años no ha sido posible disponer de información precisa referente al consumo de papel, movilidad, residuos y consumo de agua de pozo, al no disponer de registros completos de dichas categorías. No así para 2009, donde los registros resultantes de las auditorías ambientales aplicadas a la UPV relacionadas con la implantación del certificado EMAS (UPV, 2009) han proporcionado una información cuantitativa suficiente para dichas categorías.

La (Tabla 4) agrupa los resultados de Huella Ecológica por estudiante equivalente obtenidos en el estudio.

Tabla 4. Resultados del cálculo de Huella Ecológica por estudiante equivalente para la UPV

	2006	2007	2008	2009
Emisiones de CO₂ (kg)	2859	2949	2782	3344
Huella de Carbono (ha)	0,650	0,670	0,632	0,760
Huella Productiva (ha)	0,052	0,054	0,046	0,045
Huella Ecológica (ha)	0,702	0,724	0,678	0,805

Las emisiones de CO₂ para 2007 fueron un 3,14 % mayores que en 2006. El consumo de energía eléctrica es el aspecto que más influyó en este aumento. Este aporte tiene dos fuentes: la apertura de nuevas instalaciones que incrementó el consumo y el elevado valor del factor de emisión relacionado con el mix eléctrico de ese año, que fue el mayor en los años estudiados. Otro factor que contribuyó a elevar el valor de las emisiones de CO₂ fue la incorporación de algunos contadores de energía eléctrica en sectores en los que no se controlaba el consumo.

En el año 2008 se empiezan a recopilar datos referentes al papel y al consumo de agua de pozo. Sin embargo, estas nuevas categorías evaluadas no provocan un aumento considerable en la Huella Ecológica. Este efecto podría estar relacionado con el invierno excepcionalmente cálido en el periodo estudiado: La Agencia Estatal de Meteorología, en su reporte anual para 2008, indica que el invierno de 2008 fue el más cálido desde el año 2000 y el octavo más cálido de los últimos 30 años, provocando un descenso en el consumo de combustibles fósiles utilizados principalmente para calefacción. Si bien el consumo energético aumenta para este año, el factor de conversión, disminuye un 18,6%, ayudando a la compensación. La sumatoria de todos estos factores provoca un descenso del 6,3% en la Huella Ecológica respecto a 2007.

En 2009 se obtienen resultados más precisos que los otros años estudiados, ya que, las auditorías ambientales realizadas bajo el EMAS permite contar mayor y mejor información. A esto se añade la valiosa información aportada por el estudio de movilidad encargado por la UPV en ese mismo año. Como es de esperar, al considerar mayor cantidad de aspectos se produce un aumento en la Huella Ecológica respecto a los anteriores años que no necesariamente está relacionado con un incremento en el impacto ambiental.

Comparando el terreno en el que la UPV realiza sus actividades y la Huella Ecológica calculada, se concluye que para el funcionamiento de una organización como la UPV se requiere de, al menos, 480 veces más superficie que la que la organización dispone. Como era de esperar, se puede afirmar que la UPV padece *déficit ecológico*. Como ejemplo ilustrativo, la superficie que necesitaría la universidad para ser ecológicamente autosuficiente sería igual a la superficie que ocupa la ciudad de Valencia, la comarca de la Huerta Norte o una isla del tamaño de Formentera. Es obvio que es impensable que una Universidad española disponga de territorio suficiente para compensar su Huella

Ecológica. No obstante, es interesante el dato, puesto que refleja una realidad que merece una mínima reflexión.

Si se extrapolan los resultados de la Huella Ecológica de la UPV para 2009 a todos los estudiantes universitarios de la Comunidad Valenciana para el curso 2008-2009, donde los estudiantes de la UPV representan el 28% del total, la Huella Ecológica sería de aproximadamente 80.000 ha (800 km²) de bosques y terreno productivo para la educación universitaria de esta población; es decir, un 2% del territorio de la Comunidad Valenciana o lo que es lo mismo, una superficie equivalente a la comarca de *la Costera*, del *Alcoià*, o de *la Marina Baja*.

Si dicha extrapolación se realiza para todos los estudiantes universitarios españoles para el curso 2008-2009, donde los estudiantes de la UPV representan el 2% del total, el valor de superficie se elevaría a más de 1.121.000 ha, lo que representa el 2% del territorio español.

Para poder realizar una comparación más apropiada de los diferentes años, se ha extrapolado la Huella referente a movilidad, residuos y papel para los años donde se carece de datos fiables para dichos aspectos. Los resultados obtenidos, netamente superiores a los calculados sin esta consideración, se comparan en la Figura 1.

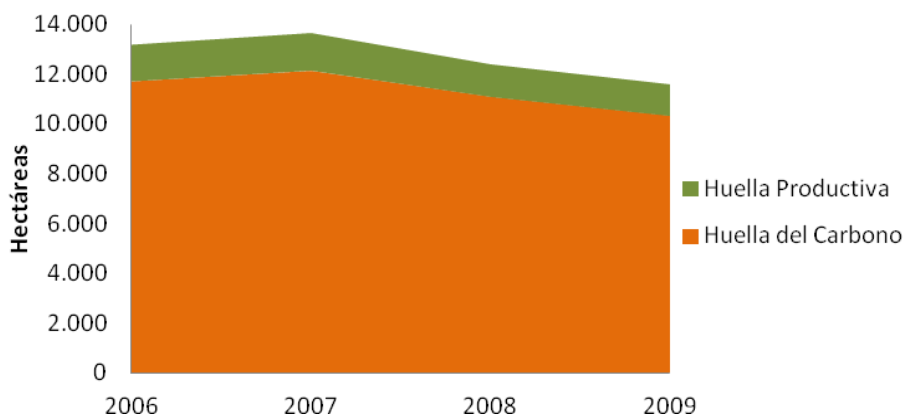


Figura 1. Evolución de la Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia.

La gráfica evidencia el punto máximo alcanzado durante el periodo de evaluación para el año 2007. El análisis de las categorías de la Huella Ecológica permite concluir que la disminución no es consecuencia directa de la disminución del valor de las categorías. El consumo energético, responsable del 29% de la Huella Ecológica, disminuye su aporte al indicador gracias al comportamiento positivo del impacto ambiental de la factura de la luz al verse incrementado el aporte de las renovables en el mix energético del sector eléctrico español Figura 2.

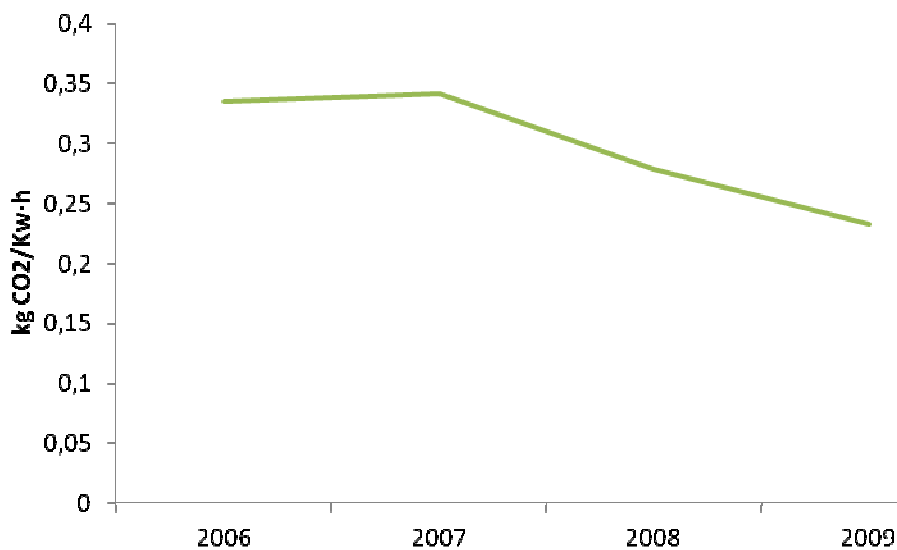


Figura 2. Evolución del factor de conversión para la energía eléctrica. Fuente: REE.

Otras categorías influyentes como la construcción y alimentación no varían de forma significativa, dado que no se terminan nuevas edificaciones en estos años y, además. Mientras tanto, categorías como los combustibles que sufren un importante descenso, no influye de forma apreciable en la Huella Ecológica ya que su aportación es inferior al 1% del total de la Huella Ecológica.

En la Figura 1 se puede observar también que el 89% de la Huella corresponde a la Huella de Carbono, es decir, a la relacionada con las emisiones de CO₂. El 11% restante corresponde al territorio requerido para generar los recursos necesarios y asimilar los residuos producidos. Esta relación permanece constante a lo largo de todo el periodo estudiado.

Comparativa de la Huella Ecológica por Campus

Los estudiantes del Campus de Vera reflejan la tendencia global de la UPV, algo lógico ya que representan el 88% de la comunidad universitaria.

La Figura 3 permite extraer observaciones interesantes como que los estudiantes del Campus de Gandía son quienes tienen una menor Huella Ecológica por estudiante equivalente. El Campus de Gandía disfruta de un clima más benigno que el Campus de Alcoy, lo que debe influir en el consumo energético y, por tanto, explicar el menor valor de su Huella Ecológica. De igual manera, así la menor intensidad en los servicios que se prestan en ambos campus, comparados con el Campus de Vera de Valencia, pueden también influir en los menores resultados de Huella Ecológica que presentan.

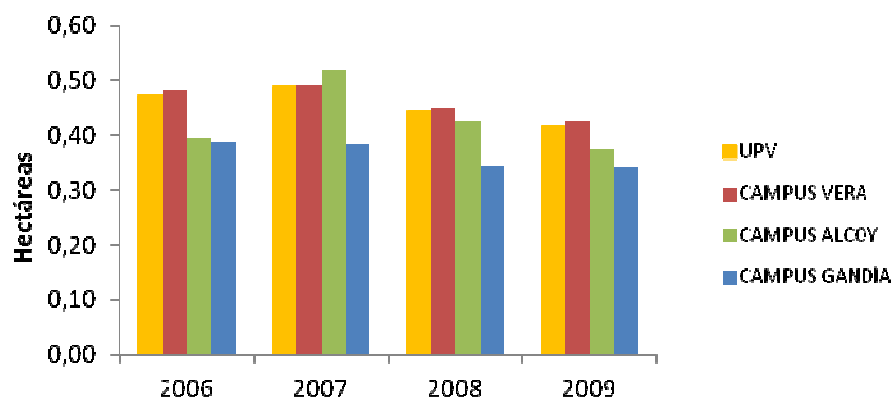


Figura 3. Comparativa de la Huella Ecológica por estudiante equivalente y Campus.

Comparativas de Huella Productiva

El análisis del área productiva requerida (Figura 4), muestra dos tendencias muy diferenciadas entre los años 2006-2007 y 2008-2009.

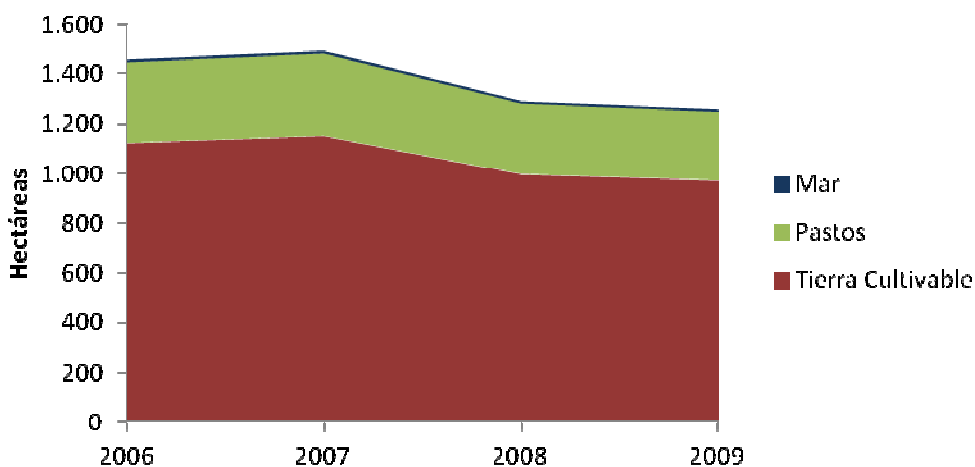


Figura 4. Evolución de la Huella Productiva de la Universidad Politécnica de Valencia.

Esta observación podría deberse a un cambio de hábitos en el consumo de alimentos en las cafeterías de la Universidad. En los dos primeros años el área productiva requerida presenta un valor en torno a 1.500 Ha y los dos años siguientes disminuye a 1.300Ha. El 77% de esta superficie se debe a Tierra Cultivable; los pastos que tienen en cuenta aspectos tanto de alimentación como de residuos ocupan el 22% y la superficie de mar productiva se sitúa en torno al 1%.

A modo de resumen, la Tabla 5 resume los valores obtenidos para el cálculo de Huella Ecológica real discriminando cada categoría.

Tabla 5. Resumen de resultados de Huella Ecológica. Datos en hectáreas.

		2006	2007	2008	2009
HUELLA DE CARBONO	ENERGÍA	3.965,67	4.191,92	3.492,29	3.134,43
	COMBUSTIBLES	590,95	768,76	583,49	182,44
	AGUA	25,98	22,85	28,81	58,85
	PAPEL			7,67	8,23
	RESIDUOS				6,42
	MOVILIDAD				4.317,77
	CONSTRUCCIÓN	12.077,94	12.208,99	12.208,99	12.208,99
ALIMENTACIÓN	1.445,32	1.481,24	1.281,51	1.248,60	
HUELLA PRODUCTIVA	RESIDUOS				4.10 ⁻⁴
	ALIMENTACIÓN	1.254,49	1.492,69	1291,42	1258,25
HUELLA ECOLÓGICA		19.562,35	20.166,45	18.894,19	22.425,98

La Figura 5 representa el aporte de cada categoría a la Huella Ecológica para el año 2009.

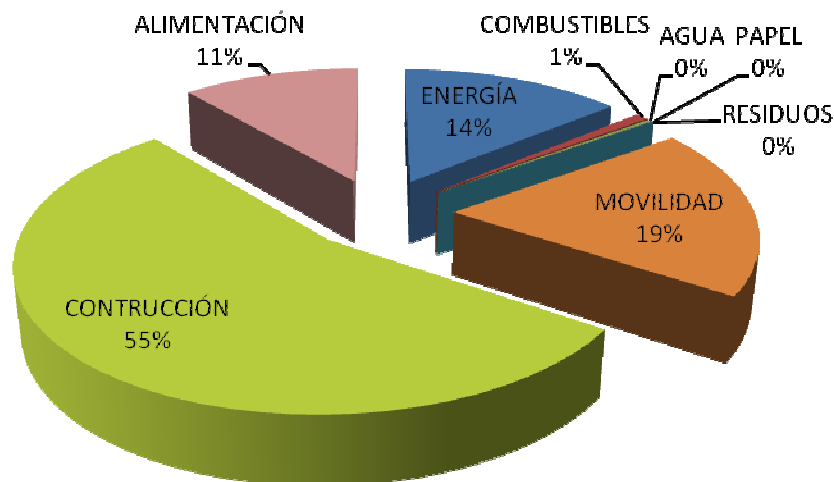


Figura 5. Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia en 2009, por categorías.

Si bien el impacto mayoritario proviene de la construcción, es un valor difícil de controlar a corto plazo puesto que las emisiones calculadas están repartidas a lo largo de todo el ciclo de vida útil de los edificios. En la actualidad, el Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación del Campus (AMAPUOC) se ha incorporado,

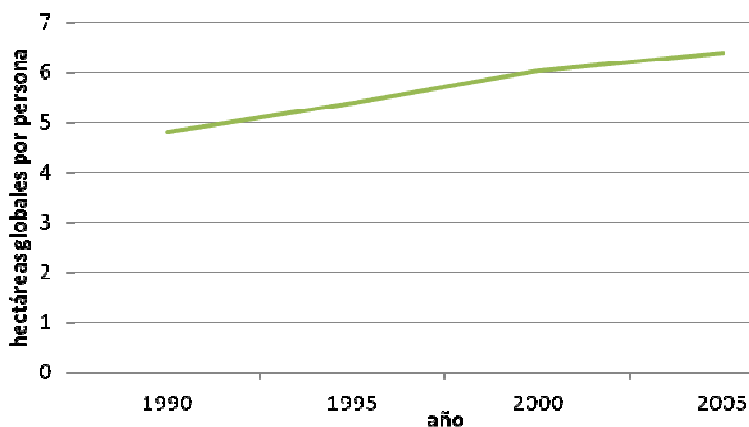
como consultor con el fin de evaluar el impacto ambiental tanto en las nuevas construcciones como en las restauraciones de la infraestructura existente.

Entre las demás categorías, resaltan la movilidad y el consumo de energía. El estudio de movilidad (Colomer Ferrándiz et al., 2010), ha permitido conocer los puntos débiles y fuertes de cada Campus Universitario en materia de movilidad; las campañas de concienciación y los programas para la reducción del consumo eléctrico y la minimización de emisiones debidas al transporte se encuentran en desarrollo continuo, a pesar de la crisis económica actual que afecta este tipo de actividades. En cuanto al consumo eléctrico, se ha realizado una gran inversión lo largo del año 2009 en poner en marcha Herramientas de Gestión de la demanda en algunos de los edificios del Campus de Vera, lo que debe permitir reducir el consumo de manera apreciable. Además, se ha lanzado acciones encaminadas a reducir el consumo eléctrico en aulas de informática y ordenadores personales mediante aplicaciones de software que permiten el apagado automatizado de equipos en periodos de inactividad.

Huella Ecológica y entorno

De los resultados de estudios recientes (Global Footprint Network, 2010) se desprende que España se está produciendo de forma paulatina una disminución en su biocapacidad lo que favorece el incremento del déficit ecológico del país.

El informe del Ministerio de Medio Ambiente de España que realiza un estudio preliminar de la Huella Ecológica del país (Esteban & Gullón, 2007) calcula valores de 6,396 ha/persona para el año 2005, Figura 6. Las categorías consideradas son: agricultura,



ganadería, pesca, energía, forestal y artificializado. El informe resalta que el factor principal que incrementa la Huella Ecológica es el consumo energético, mientras que los demás factores considerados permanecen relativamente constantes.

Figura 6. Evolución de la Huella Ecológica en España. Fuente: (Esteban & Gullón, 2007)

Las previsiones a nivel mundial no son mejores: informes recientes de diversos organismos advierten un aumento del 50% en la Huella Ecológica mundial y una disminución del 30% en la biocapacidad en los últimos años (WWF, 2010). En la actualidad, el planeta requiere un año y medio para recuperar los recursos que toma la humanidad en un año.

En relación a la Huella Ecológica media mundial, que es de 2,28 ha/persona, España se encuentra muy por arriba de la media (IHOB, 2005), mientras que la Universidad Politécnica de Valencia para 2009 es de 0,81 ha/ee. Aunque los resultados no son directamente comparables, se puede afirmar que, en relación con los valores para España, más del 10% de la huella total de un estudiante universitario español se produce como resultado de su actividad como estudiante. Entre distintas Universidades la comparación es algo más compleja: no todas las universidades que han evaluado su Huella Ecológica, han publicado sus resultados; entre los resultados publicados, la variación entre las metodologías empleadas, los factores utilizados, la toma de datos o, simplemente, los límites de la organización hace que los estudios disten mucho de ser comparables.

A modo de ejemplo, la Tabla 6 reúnen las universidades con estudios más significativos.

Tabla 6. Relación de Universidades y Huella Ecológica. Fuente: ver Estado del Arte. Elaboración propia.

Universidad	Año o curso	Metodología	Total	Unidades
Universidad de León	2006	W&R	0,45	gha/persona.año
Universidad de Santiago de Compostela	2007	Propia	0,16	ha/persona.año
Universidad da Coruña	-	W&R	0,12	ha/persona.año
Universidad Politécnica de Valencia	2006	Doménech modificado	0,70	ha/ee.año
	2007		0,72	ha/ee.año
	2008		0,68	ha/ee.año
	2009		0,81	ha/ee.año
Escuela Politécnica de Valladolid Universidad de Valladolid	2005/2006	-	372,94	ha/año
Ohio State University	2007	Janis	8,66	ha/persona.año
Willamette University	2003/2004		2,27	ha/persona.año
Escuela de Física University of Sydney	2002	W&R	6,8	ha/persona
Redlands University	1998	Venetoulis	20303	ha
Northeastern University	-	Li et al.	24787	ha
Toronto University	2005/2006	Conway et al.	1,07	ha/persona.año
University of Newcastle	1999	Flint	0,19	ha/persona.año
University of Holme	2001	W&R	0,56	ha/persona.año
Holme Lancy College	2001	W&R	296	ha
Texas A&M University	2004	W&R	0,69	ha/estudiante.año

Uno de los aspectos más complejos del cálculo de Huella Ecológica corresponde a la recopilación de información. Es aquí donde cada Universidad u organismo requiere adaptar la metodología de cálculo a su institución. Por ello, no es de mucha utilidad realizar una comparativa de resultados entre universidades si no se conoce con detalle la metodología empleada y los límites considerados.

Para el caso de estudio, la Universidad Politécnica de Valencia, se ha empleado como base la metodología de Doménech (Doménech Quesada, 2009) (Doménech, 2007). Las principales modificaciones se refieren a la toma de datos, pues la metodología cuenta con datos de carácter contable que requieren un factor de conversión que contemple el valor económico de cada aspecto; en la UPV, gracias a las auditorías del Sistema de Gestión Ambiental verificado en EMAS se ha podido tratar con datos directos de consumos.

En la Tabla 7 se recoge los distintos aspectos evaluados en función de las categorías consideradas para cada una de las universidades que han calculado su Huella Ecológica

Tabla 7. Comparativa de categorías evaluadas en el cálculo de Huella Ecológica de algunas universidades.

Universidad	Categorías									
	Alimentos	Movilidad	Infraestructuras	Bienes y Servicios	Energía Eléctrica	Combustibles Fósiles	Agua	Papel	Residuos	Otros
Universidad de León	2									
Universidad da Coruña										
Universidad Politécnica de Valencia										
Ohio State University										
Willamette University										
Escuela de Física - University of Sydney										
Redlands University										
Northeastern University										
Toronto University										
University of Newcastle										
Holme Lancy College										
Texas A&M University										

Se puede observar como ciertas categorías son evaluadas de forma mayoritaria, como la movilidad, los residuos o la energía eléctrica.

² Solo considera el aporte de la Huella Productiva

Estampas de la Huella Ecológica

El seguimiento por *estampas* (Lo Iacono Ferreira, 2009) permite conocer la evolución tanto de la Huella Ecológica global como de los aspectos considerados. La aplicación de esta metodología para los estudios de Huella Ecológica de la Universidad de Toronto se recoge en la Figura 6.

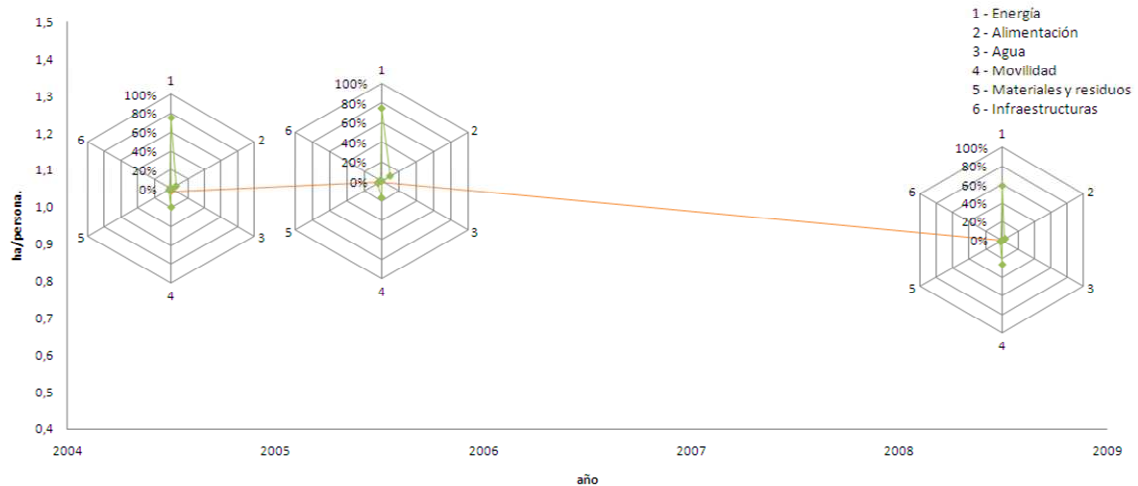


Figura 7. Evolución de la Huella Ecológica mediante estampas, Universidad de Toronto.

Las estampas de la Huella Ecológica para cada año reflejan el aporte porcentual de cada categoría. El centro de la estampa, se ubica en las coordenadas que corresponden al valor de la Huella Ecológica y el año de cálculo. Se puede apreciar que la categoría de energía es la que realiza el principal aporte a la Huella Ecológica.

Las estampas reflejan a su vez un descenso en el valor del indicador que se debe a la disminución del aspecto 1, el consumo energético y del aspecto 2, la alimentación; aunque se observa un ligero aumento en el aporte del transporte.

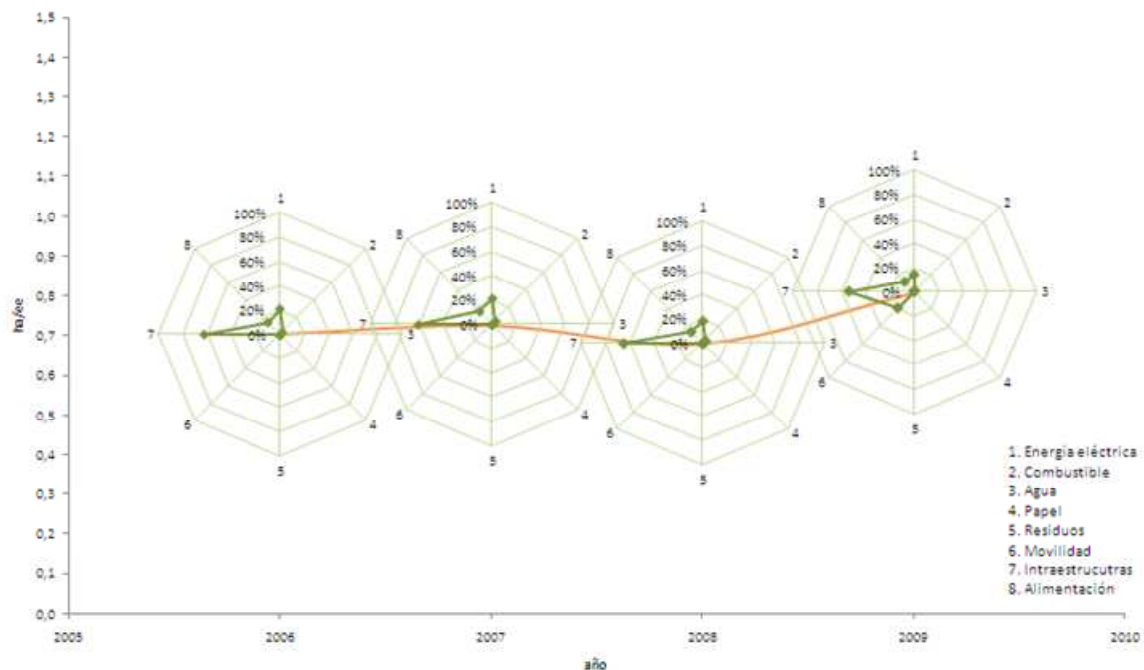


Figura 8. Seguimiento por estampas de la Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia.

La Figura 8 corresponde al seguimiento por estampas de la Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia.

Comparadas con las obtenidas para la Universidad de Toronto se aprecia que el mayor aporte a la huella ecológica en la UPV corresponde a la categoría de infraestructuras, mientras que el consumo de energía eléctrica ocupa un tercer lugar. Esta última observación requiere de especial atención pues el estudio de Toronto incluye, dentro del consumo energético, el combustible para calefacción, y dentro de la movilidad, el combustible para vehículos de empresa. La movilidad, sin embargo, ocupa en ambos casos un papel relevante.

La Figura 9 sugiere una comparación puntual entre la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad de Northeastern. Aunque la Universidad de Northeastern integra el consumo eléctrico y el consumo de combustibles fósiles en una única categoría de consumo energético (Li et al., 2007), el estudio presenta suficiente información para poder realizar el desglose de estos aspectos.

Debe tenerse en cuenta que el cálculo realizado para la Universidad de Northeastern corresponde al año 2003. Se realizarán las comparaciones con respecto a la Huella Ecológica del año 2009, el año en el que se dispone de mayor y mejor información. Como resultado se obtiene la estampa comparativa recogida en la Figura 9.

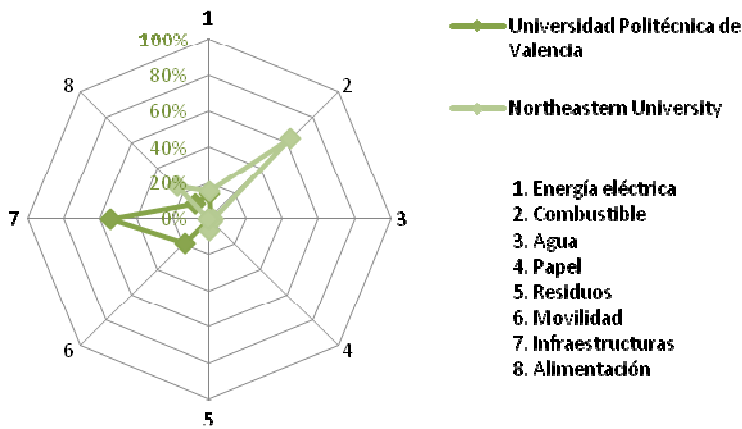


Figura 9. Estampa comparativa de la Huella Ecológica de la Universidad Politécnica de Valencia (2009) y Northeastern University (2003).

Queda reflejado en la estampa cuales son los aspectos que tienen un aporte en común y cuáles de ellos son antagónicos. Es interesante señalar que ambos estudios muestran claras diferencias en la importancia que sobre la Huella total tienen las diferentes categorías seleccionadas. Si bien, para la Universidad de Northeastern ésta recae en el combustible, en la Universidad Politécnica, la mayor relevancia se sitúa en las infraestructuras.

6 CONCLUSIONES

El Sistema de Gestión Ambiental verificado en EMAS de la Universidad, implantado y gestionado por el área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación del Campus, ha permitido recopilar la información necesaria para el cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad. A criterio de estos autores, la aplicación de este indicador en una organización tan compleja no es posible sin un sistema de gestión ambiental eficaz implantado.

A su vez, la Huella Ecológica se muestra como indicador adecuado para cumplir con la función que el reglamento EMAS (ref Reglamento (CE) No 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009) en su punto 18 reserva para estos indicadores, que es la de “garantizar la pertinencia y comparabilidad de la información” así como centrarse en el “nivel de proceso y de producto y utilizando parámetros comparativos y escalas adecuados.” La Huella Ecológica puede servir de instrumento para favorecer la planificación ambiental, establecer los objetivos y metas y su seguimiento.

La Huella Ecológica, como indicador práctico y fácil de interpretar constituye una valiosa fuente de información que para simplificar el protocolo de indicadores del sistema de gestión ambiental y enriquecerlo, cumpliendo con las características requeridas por el Reglamento EMAS. Su uso debe favorecer las tareas de concienciación y sensibilización que se lleva a cabo en la universidad.

La evaluación de los aspectos considerados mediante el uso de la Huella Ecológica debe servir a la alta dirección de la universidad para mejorar el proceso de revisión del sistema de gestión ambiental y proponer medidas para reducir el impacto de los aspectos considerados. Los resultados resaltan los aspectos críticos y permiten poder evaluar la efectividad de las acciones encaminadas a disminuir el impacto de los mismos.

De los resultados de este estudio se desprende que, al margen del efecto sobre la Huella Ecológica del impacto sobre la Huella de Carbono de la construcción, la movilidad, la energía y la alimentación son tres categorías que requieren de una especial atención a la hora de establecer políticas de reducción del impacto ambiental. Atendiendo a esta realidad, la Universidad Politécnica de Valencia ya ha establecido al respecto acciones muy específicas con respecto a la reducción en el consumo de energía que se han visto reflejados en el Plan Ambiental del año 2010, aunque con respecto a las otras dos están pendientes de desarrollarse acciones de mayor calado.

Las categorías seleccionadas para el cálculo de la Huella Ecológica reflejan buena parte de los principales aspectos ambientales de la organización. La interpretación de su resultado es sencilla y puede emplearse como herramienta de sensibilización directa, tanto con el aporte discriminado por categorías como en el resultado global.

La base de cálculo utilizada en este estudio es un aspecto importante en la interpretación de los resultados; aunque no se refleja en este documento, han sido evaluadas distintas alternativas para la presentación de los resultados, como la referir el valor de Huella Ecológica en función de las personas totales que integran la Universidad Politécnica de Valencia, el número total de estudiantes y el de personas equivalentes. De acuerdo con ello, se ha considerado la razón entre las hectáreas y el estudiante equivalente como la unidad que mejor refleja el valor de Huella Ecológica, pues la dimensión de los servicios, de los distintos consumos, de la infraestructura y la movilidad depende, de forma directa, de este valor.

Por otra parte, no cabe duda que se requiere un mayor y más profundo análisis para poder extraer más profundas conclusiones sobre la aplicación de la Huella Ecológica en el ámbito universitario. Es importante resaltar que las diferentes metodologías usadas en los distintos campus universitarios para el cálculo de la Huella Ecológica así como la diversidad e incertidumbre de los factores de conversión usados hace muy complicado este análisis y requieren de una profunda reflexión y análisis. Así mismo, un estudio realizado en mayor profundidad debería tener en cuenta la influencia sobre la huella Ecológica aspectos tales como la situación geográfica, la climatología, las actividades que se realizan o la economía del entorno.

A pesar de lo anterior, la extrapolación de los resultados de la Huella Ecológica de la UPV al conjunto del sistema universitario español, arroja un resultado que, aunque provisional y pendiente de un estudio en mayor profundidad, dimensiona en su justa medida la importancia que sobre el conjunto de la Huella Ecológica nacional tienen las actividades realizadas en las universidades españolas.

7 AGRADECIMIENTOS

Por último, agradecer al Vicerrectorado de Infraestructuras y Mantenimiento de la Universidad Politécnica de Valencia y al Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación de los Campus, cuyo apoyo, dedicación y colaboración han hecho posible este estudio. Así mismo, agradecer a la Escuela Politécnica Superior de Alcoy la financiación parcial de este trabajo así como las facilidades proporcionadas a los autores para la consecución del estudio.

8 BIBLIOGRAFÍA

- ADC. (1994). Australian Dairy Corporation. *Diary Compendium*. Glen Iris: ADC, .
- Arroyo Hernández et al. (2009). Huella Ecológica del Campus de Vegazana. Universidad de León. *Seguridad y Medio Ambiente* (113), 38-51.
- Asociación de fabricantes de pasta de papel, papel y cartón. (2010). www.aspapel.com.
- Barrett et al. (2002). *A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York*. Stockholm Environmental Institute.
- Best Foot Forward. (2001a). *An Ecological Footprint Analysis of Holme Lancy College - With the Riding for the Disabled Association*. Oxford: Best Foot Forwards.
- Blanco Heras, D., & López Álvarez, N. (2009). *Impacto ambiental da Universidade de Santiago de Compostela*. Santiago de Compostela: Oficina de Desarrollo Sostenible de la USC.
- Buienhuis et al. (2009). *The Ecological Footprint of the University of East Anglia*.
- Chapin, C. (1999). personal communication. *BHP Research, Newcastle, Australia*.
- Close, A., & Foran, B. (1998). *Canberra's Ecological Footprint*. Canberra: CSRIO.
- Colomer Ferrándiz et al. (2010). *Plan de transporte para la Universidad Politécnica de Valencia*. Valencia: UPV.
- Common, M., & Salma, U. (July de 1992). Accounting for changes in Australian carbon dioxide emissions. *Energy Economics*, 217-225.
- Conway et al. (2008). Developing ecological footprint scenarios on university campuses. *IJSHE*, 4-20.
- Conway, T. (2010). *UTM ecological footprint and campus sustainability assessment project*. Obtenido de <http://env.utm.utoronto.ca/ecofootprint/index.html>
- Dawe, G. F., Vetter, A., & Martin, S. (2001). An overview of ecological footprint and other tools and their application to the development of sustainability process. Audit and methodology at Holme Lancy College, UK. *International Journal of Sustainability*, 340-371.
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. (2010). Obtenido de www.defra.gov.uk/environment
- DESA. (2010). *United Nations Department of Economic and Social Affairs*. Obtenido de A/RES/42/182: <http://www.un.org/documents/ga/res/ares42-187.htm>
- Doménech Quesada, J. L. (2009). *Huella de carbono corporativa: una herramienta de gestión empresarial contra el cambio climático*. CONAMA 9.
- Doménech, J. L. (2007). *Huella Ecológica y Desarrollo sostenible*. AENOR.
- Escuela Politécnica Universitaria de Valladolid. (2009). Obtenido de www.eup.uva.es/emisionesco2

Esteban, F., & Gullón, N. (2007). *Análisis Preliminar de la Huella Ecológica en España*. Madrid: Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad. Minsiterio de Medio Ambiente.

European Enviroment Agency. (2007). *EMP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*. Copenhagen: EEA.

Figuroa Clemente, M., & Redondo Gómez, S. (2007). *Los sumideros de CO2*. Sevilla: Muñoz Moya Editores Extremeños.

Flint, K. (2001). Institutional ecological footprint analysis. A case study of the University of Newcastle, Australia. *IJSHE* , 48-62.

Fullana, P. (1997). *Análisis del ciclo de vida*. Barcelona: Rubes editorial, SL.

Giménez et al. (2009). Transporte y sostenibilidad. Pautas de movilidad y alternativas de reducción de la huella ecológica en centros de trabajo. La universidad Miguel Hernández como caso de estudio. *Seguridad y Medio Ambiente* , 40-51.

Global Footprint Network. (2010). Obtenido de http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/ecological_footprint_atlas_2008/

Global Footprint Network. (10 de 2010). *Country Trends*. Obtenido de <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/spain/>

IHOBE. (2005). *Huella Ecológica de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. IHOBE - Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

J.L. Doménech et al. (2008). Propuesta de índices de conversión para la obtención de la Huella de los residuos y los vertidos. *OIDLES* .

Janis, J. (2007). Quantifying the Ecological Footprint of the Ohio State University.

Jorge, J., & Busquets, P. (2001). *La petjada ecologica de l'EUPM*. Universitat Politècnica de Catalunya. . Obtenido de <http://www.upc.es/mediambient/>

Lawson, B. (1996). *Building Materials Energy and the Environment: Towards Ecologically Sustainable Development* Royal Australian Insitute of Architects. Red Hill.

Lenzen, M. (2002). *Measuring our ecological footprint*. Obtenido de <http://www.usyd.edu.au/news/84.html?newsstoryid=1920>

Li et al. (2007). Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus. *Ecological Indicators* , 75-78.

Lo Iacono Ferreira, V. (2009). *Huella Ecológica en las Universidades*. Universidad Politécnica de Valencia.

López Álvarez, N. L. (2007). Estimación da pegada ecolóxica en dous centros da Universidade de Santiago de Compostela. . En *Posibles implicacións educativas. Ambientalmente Sustentable* (págs. 99-117).

López Álvarez et al. (2008). *Impacto ambiental en centros da USC. Plan de Desenvolvemento Sostible da USC*. Santiago de Compostela.

Merkel, J. (2003). Radical Simplicity: Small Footprints on a Finite Earth. *New Society Publishers* .

MMA. (2010). Obtenido de http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/areas_tematicas/flexibilidad/sumideros/index.htm

Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

NAFI. (1999). *National Association of Forest Industries*. Obtenido de Pulp and Paper: <http://www.nafi.com.au/faq/paper.html>

Norma ISO/DIS 14040. (2006). *Gestión Ambiental - Análisis del Ciclo de Vida - Principios y marco*.

Official publications of the European Communities. *EMAS guideline package*.

Olalla Tárraga, M. (2003). *Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Aplicación a la UAM*.

PNUMA, P. d. (1996).

Quiroga. (2001). *Indicadores de Sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: Estado del Arte y perspectivas*. Santiago de Chile: CEPAL.

RAC. (1991). Resource Assessment Commission. *Forest and Timber Inquiry*. Canberra: AGPS.

REE. (2010). Obtenido de www.ree.es

Ryu, H.-C., & Brody, S. D. (2006). Examining the impact of a graduate course on sustainable development using ecological footprint analysis. *International journal of Sustainability in Higher Education*, 158-175.

Simpson, R., Petrochevsky, A., & Lowe, I. (1998). The ecological footprint of Australia, with a focus on the South-East Queensland region. *unpublished*.

Soto, M., & Pérez, M. (2010). *A Pegada Ecológica da Universidade da Caruña*. Vicerrectoría da Infraestruturas e Xestión Ambiental - Universidade da Crouña.

UdG. (2010). *Petjada ecològica dels edificis de la UdG*. Obtenido de <http://www3.udg.edu/ov/recursos/petjada.htm>

UMH. (2010). *UMS sostenible*. Obtenido de <http://www.umhsostenible.com/>

Universidad de Santiago de Compostela. (2009). *Impacto ambiental da Universidade de Santiago de Compostela*. Santiago de Compostela: UNIDIXITAL.

University of Guelph. (2010). *Zerofootprint*. Obtenido de <http://calc.zerofootprint.net/calculators/guelph>

UPC. (1999). *Informe MIES: Una aproximación al impacto ambiental de la Escuela de Arquitectura del Vallès*. Barcelona: UPC.

UPV. (2009). *Noticias - Certificación EMAS*. Obtenido de <http://www.upv.es/noticias-upv/noticia-3342-certificacion-e-es.html>

USC. (2009). *Plan de Sostenibilidad USC*. Obtenido de <http://www.usc.es/plands/>

Venetoulis, J. (2001). Assessing the ecological impact of a university. The ecological footprint for the University of Redlands. *International journal of sustainability in higher education*, p180-p196.

Viebahn, P. (2001). An environmental management model for universities: from environmental guidelines to staff involvement. *Journal of cleaner production* .

Wackernagel, M. (1993). *How Big Is Our Ecological Footprint? - Using the Concept of Appropriated Carrying Capacity for Measuring Sustainability*. University of British Columbia.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. Gabriola Island, Canada: New Society Publishers.

Walker, L., & Rees, W. (1997). Urban density and ecological footprint - an analysis of Canadian households. (M. Roseland, Ed.) *Eco City Dimensions: Healthy Communities, Healthy Planet* .

Wang, S., & Xinmin Bian, C. (2008). Improved method of ecological footprint - Funding country ecological economic system assessments. *Environ Dev Sustain* .

Willamette University. (s.f.). *Willamette Sustainability*. Obtenido de <http://www.willamette.edu/councils/sustainability/outreach/student/footprint/>

Winetitles. (20 de Abril de 1999). *The Australian wine industry - an overview*. Obtenido de <http://www.winetitles.com.au/overview.html>

WWF. (10 de 2010). *Footprint Interactive Graph*. Obtenido de http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/living_planet_report_graphics/footprint_interactive/