



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**  
Cumbre del Desarrollo Sostenible

**COMUNICACIÓN TÉCNICA**

# Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades

Autor: Noelia López Álvarez

Institución: Universidad de Santiago de Compostela. Oficina de Desarrollo Sostenible

E-mail: [noelia.lopez@usc.es](mailto:noelia.lopez@usc.es)

Otros autores: Dora Blanco Heras (Universidad de Santiago de Compostela. Oficina de Desarrollo Sostenible)



## **RESUMEN:**

En esta comunicación se muestra los resultados de un estudio realizado por la Oficina de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) en donde se aplica una metodología propia para el cálculo de la huella ecológica en universidades, con el objetivo de evaluar el impacto ambiental asociado a actividades de docencia, investigación y gestión universitaria. Los impactos analizados en este estudio hacen referencia al gasto energético (eléctrico y térmico), consumo de papel, consumo de agua, movilidad y generación de residuos. Los resultados obtenidos para el año 2007 reflejan que la USC necesita una extensión de 5.217 ha de bosque gallego para asimilar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas, más de 55 veces la extensión ocupada por sus campus. La huella ecológica de la USC es de 0,16 ha/persona/año.



## 1. INTRODUCCIÓN

Los miembros de la sociedad que desarrollan sus tareas diarias en la universidad generan un impacto en su entorno asociado al desarrollo de las actividades de docencia, investigación y gestión que realizan: desplazamientos a los edificios, consumo de recursos, generación de residuos... Las universidades, por otro lado, ejercen un fuerte impacto sobre los entornos sociales en que se ubican. De modo que los compromisos ambientales que asumen son exportados como modelo en dichos entornos.

Cada vez son más las universidades que se comprometen a introducir criterios de sostenibilidad en los ámbitos de docencia, investigación y gestión. La Universidad de Santiago de Compostela (USC), a través de su Plan de Desarrollo Sostenible, aprobado en noviembre de 2003 por su *Consello de Goberno*, asume el compromiso de incorporar medidas que consigan una actividad docente e investigadora desarrollada bajo criterios de sostenibilidad, fomentando entre todos los miembros de la comunidad universitaria el sentido de la responsabilidad sobre el medio ambiente y la protección del mismo.

Tomando como base las premisas anteriores, desde la Oficina de Desarrollo Sostenible, se promueve el diseño de una metodología que permita evaluar el impacto ambiental de las actividades universitarias para identificar los factores que más contribuyen a él y elaborar proyectos que incluyan medidas correctoras para minimizar dichos impactos.

El estudio de impacto ambiental de la USC, realizado por la Oficina de Desarrollo Sostenible, se basa en la determinación de una batería de indicadores que permitan elaborar un diagnóstico sobre la situación ambiental de la universidad. La importancia de este estudio radica en el establecimiento de unas pautas de evaluación ambiental que puede ser reproducidas en cursos posteriores, para averiguar el grado de avance de la universidad hacia la sostenibilidad, y que pueden ser adaptadas para su aplicación en otras universidades. Hasta el momento no se había desarrollado una metodología de evaluación de impacto que incluyese para una universidad completa todos los aspectos que se detallan en este estudio.

De los diferentes indicadores que se determinan en el estudio destaca, por su gran potencial pedagógico y de seguimiento de la actividad de cualquiera organización, la *huella ecológica*. Este indicador permite comparar el consumo de un determinado sector de población con la limitada productividad ecológica de la Tierra.

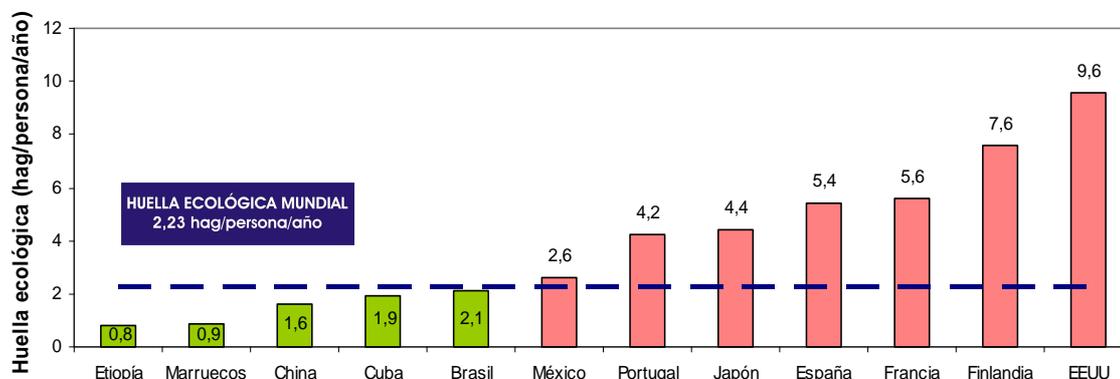
La **huella ecológica** se define como el “*área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre ese área*”<sup>1</sup>.

La huella ecológica evalúa un determinado modelo de vida. Se expresa en hectáreas por persona y año (aunque actualmente se tiende a expresar en hectáreas globales/persona/año), representando la superficie de Planeta necesaria para asimilar el impacto de las actividades del modelo de vida analizado. La huella de una población está

---

<sup>1</sup> Rees, W., Wackernagel, M., *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*, New Society Publisher, Canadá, 1996.

determinada por su número de miembros, el volumen de consumo y el la intensidad en el uso de los recursos para proveerla de bienes y servicios.



**Figura 1. Huella ecológica en diferentes países (2003)**

Fuente: WWF, *Informe Planeta Vivo 2006*

A la vista de la gráfica anterior se puede observar las grandes diferencias existentes entre los países desarrollados y los países en vías de desarrollo. En la mayor parte de los países desarrollados los ciudadanos no son conscientes de los graves impactos que tienen en el ambiente sus acciones cotidianas y su modo de vida (tamaño de la vivienda en que se habita, desplazamientos a los lugares de trabajo, compra diaria en supermercados...). La huella ecológica es un indicador que facilita dar a conocer estos impactos de forma clara y sencilla, motivo por el cual se considera una herramienta de educación ambiental.

La metodología de cálculo de la huella tiene en consideración que los sistemas ecológicos son necesarios para la obtención de flujos de materiales y energía requeridos para la producción de cualquier tipo de producto, para la absorción de los residuos de los procesos de producción y del uso final de los productos y para la creación de infraestructuras.

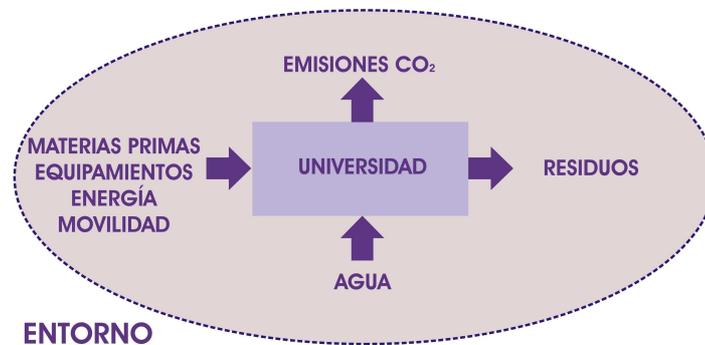
En último lugar, indicar que si bien la huella ecológica se popularizó rápidamente en los últimos años como referente de los indicadores de sostenibilidad, es necesario destacar que también presenta una serie de limitaciones que reducen su eficacia, ya que no tienen en consideración el impacto ambiental de algunas situaciones como la existencia de suelos contaminados, erosión, afectación del paisaje... ni el impacto asociado al uso del agua<sup>2</sup>. Además, es un indicador que no evalúa las dimensiones sociales ni económicas de la sostenibilidad.

## 2. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Desde el punto de vista del impacto ambiental, una universidad se puede considerar como un sistema integrado dentro de su entorno, con entradas asociadas al

<sup>2</sup> Actualmente se conoce también el concepto de huella del agua, introducido por Hoekstra y Chapagain. Estos autores definen la huella del agua como el volumen de agua necesario para producir los bienes y servicios consumidos por los habitantes de dicho país.

consumo de recursos naturales: agua, materiales (construcción de edificios), papel y combustibles fósiles (energía eléctrica, energía calorífica, movilidad) y salidas (producción de residuos):



**Figura 2. Análisis del sistema**

El impacto asociado al consumo de recursos naturales y a la producción de residuos (que aparecen detallados por tipos en la siguiente tabla) se determina a partir de las emisiones de CO<sub>2</sub> relativas a cada consumo o tipo de residuo producido. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie de bosque gallego necesaria para asimilarlas.

**Tabla 1. Tipos de recursos y de residuos que hemos considerado en el cálculo de la huella**

Consumos de recursos naturales	Producción de residuos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agua</li> <li>▪ Construcción de edificios</li> <li>▪ Energía eléctrica</li> <li>▪ Energía calorífica</li> <li>▪ Cogeneración</li> <li>▪ Movilidad</li> <li>▪ Papel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Urbanos (no peligrosos)</li> <li>▪ Peligrosos</li> </ul>

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se emplean factores de emisión, obtenidos de diversas fuentes, que se irán detallando a lo largo del texto. Estos factores se aplican teniendo en cuenta que existen dos situaciones en cuanto al cálculo de los impactos ambientales:

- a) *Cálculo directo a partir de los consumos.* En algunos casos las emisiones se obtienen multiplicando los consumos por los factores de emisión. Esto sucede para los siguientes consumos: agua, consumos asociados a la construcción de edificios, energía eléctrica, energía calorífica, consumo de gas natural asociado a la cogeneración, consumo de papel por parte de personal docente e investigador (PDI) y personal de administración y servicios (PAS) y producción de residuos.

- b) *Determinación indirecta de los consumos a partir de datos estadísticos extraídos de encuestas.* En estos casos no existen registros de cifras de consumo y producción de residuos, por lo que los datos se han obtenido a partir de encuestas. Esto sucede en concreto para el análisis de movilidad (hábitos de transporte) de toda la comunidad universitaria y para el caso de consumo de papel por parte de los estudiantes.

En este estudio se calcula el área de bosque gallego requerida para absorber el CO<sub>2</sub> producido por el consumo de recursos y la producción de residuos mencionados anteriormente. A partir de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera, dividiendo por la *capacidad de fijación* de la masa forestal gallega, se obtiene la superficie de bosque requerida<sup>3</sup>. A esta cantidad de bosque se sumará directamente también el espacio ocupado por los edificios universitarios.

La fijación media de carbono para un terreno forestal gallego, que se acumula en biomasa (viva y muerta) y suelo (tierra vegetal y suelo mineral), se estima en **1,71 tonC/ha/año**; que traducido a fijación de CO<sub>2</sub> equivale a **6,27 tonCO<sub>2</sub>/ha/año**<sup>4</sup>. Este es el valor que se utilizará como capacidad de fijación en nuestros cálculos. En el caso de aplicar esta metodología en universidades de fuera de Galicia, se recomienda modificar este conversor, para que tenga en cuenta las especies características de la flora autóctona.

Teniendo en cuenta las explicaciones anteriores, la huella ecológica se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$Huella \left( \frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones(tonCO_2)}{C.Fijación \left( \frac{tonCO_2}{ha/año} \right)} + SuperficieCampus \left( \frac{ha}{año} \right) \quad [E.1]$$

Para poder comparar resultados de huella ecológica obtenidos a partir de áreas con diferentes características, se deben expresar siguiendo una única medida común: *hectárea global (hag)*, que se define como una hectárea con la capacidad mundial promedio de producir recursos y absorber residuos. Para expresar los resultados en esta unidad de medida se deben normalizar los diferentes tipos de áreas para diferenciar productividad marítima y terrestre.

Los *factores de equivalencia* traducen un tipo específico de terreno (prados, bosques...) en la unidad universal para el área productiva (hag). Estos factores de

<sup>3</sup> Únicamente se considera la capacidad de fijación de la masa forestal gallega porque ni Santiago de Compostela ni Lugo son ciudades costeras.

<sup>4</sup> *Gestion durable des forêts: un réseau européen de zones pilotes pour le mise en oeuvre opérationnelle* (FORSEE). Proyecto europeo en fase de terminación. Investigadores principales del grupo de la USC: R. Rodríguez y A. Merino. Entidad financiadora: UE-FEDER (Programa INTERREG IIIB Espace Atlantique).

Merino, A.; *Producción de gases con efecto invernadero derivados de la actividad agroforestal. Secuestro de carbono*; VII Avances en Ciencia y Tecnología: Objetivos Energéticos del la UE y el Protocolo de Kyoto; Noviembre, 2005.

equivalencia están basados en medidas de la productividad del terreno en función de sus usos y de los años.

En la siguiente tabla aparecen reflejados diferentes factores de equivalencia, en el caso de la USC se empleará el correspondiente a los bosques, ya que en el estudio se asume que las emisiones producidas por la universidad son asimilados por este tipo de superficie.

**Tabla 2. Factores de Equivalencia**  
Fuente: WWF, *Informe Planeta Vivo 2006*

Tipo de área	Factor de equivalencia (hag/ha)
Agricultura (tierras principales)	2,21
Agricultura (tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (aguas marinas)	0,36
Pesca (aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

## 2.1. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>

### 2.1.1. Cálculo directo

En el caso de disponer de datos de consumos se aplica directamente el factor de emisión y se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub>, tal y como se muestra en la siguiente fórmula, donde *un* indica las unidades en las que se computa cada consumo considerado:

$$Emisiones(kgCO_2) = Consumo(un) \cdot FactorEmisión \left( \frac{kgCO_2}{un} \right) \quad [E.2]$$

A la hora de determinar los factores de emisión se ha dado prioridad a los factores locales frente a los globales, siguiendo los criterios establecidos por Rees y Wackernagel. Para aplicar la metodología en universidades de ámbitos territoriales diferentes resultaría conveniente adaptar estos conversores a sus realidades.

En algunos casos los factores de emisión, tal y como se encuentran en las fuentes consultadas, no están expresados en las mismas unidades que los consumos a los que deben aplicarse; por lo que es necesario una transformación posterior, teniendo en cuenta las diferentes equivalencias entre unidades.

Este es el caso de los conversores asociados al gas natural, gasóleo, residuos urbanos y residuos peligrosos. En la tabla de la página siguiente se muestra la relación de los diferentes conversores empleados para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el estudio de la USC, una vez realizada la transformación de unidades y especificando las fuentes consultadas.

Una vez que se conocen los factores de emisión y se dispone de los datos de consumo, únicamente hay que multiplicar por el correspondiente factor de emisión para conocer las emisiones asociadas. Sin embargo, es necesario comentar dos casos en donde los datos de consumos tienen que ser adaptados antes de aplicar el factor de emisión:

- *Construcción del edificio.* Para conocer las emisiones anuales se tiene en cuenta que la vida útil de los edificios es de 50 años, ya que es el tiempo que se estima que transcurre sin que sea necesario realizar obras de acondicionamiento de envergadura suficiente como para modificar el valor del factor.
- *Consumo de papel.* Para obtener los valores de kg de papel consumido fue necesario realizar una transformación previa, ya que normalmente el dato del que se dispone es de número de paquetes de folios. Para folios tamaño DIN-A4, se puede obtener el peso aplicando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{g \cdot N}{16,03 \cdot 10^3}$$

[E.3]

P: peso de papel (kg)  
g: gramaje papel (g/m<sup>2</sup>)  
N: número de hojas

**Tabla 3. Factores de emisión**

		Factor emisión	Unidades	Fuente
Construcción del edificio	Agua	0,50	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Ayuntamiento de Santiago
	Energía eléctrica	520	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Informe MIES <sup>5</sup> , 1999
	Gas Natural	0,57	kgCO <sub>2</sub> /kWh	Instituto Energético de Galicia, 2007
	Gasóleo	56,10	kgCO <sub>2</sub> /l	IPCC, 2006
	Cogeneración	74,10	kgCO <sub>2</sub> /kWh	
Papel	Reciclado	56,10	kgCO <sub>2</sub> /kg papel	Elaboración propia
	Virgen	1,84		Elaboración propia
Residuos peligrosos	Residuos urbanos (no peligrosos <sup>6</sup> )	56,10	kgCO <sub>2</sub> /kg residuo	IPCC, 2006
	Aceites	91,70	kgCO <sub>2</sub> /kg residuo	Universidad de Oviedo <sup>7</sup>
	Ácidos y álcalis	$5,54 \cdot 10^{-02}$		
	Absorbentes usados	$1,08 \cdot 10^{-02}$		
	Biosanitarios	$3,00 \cdot 10^{-03}$		
	Disolventes	$8,00 \cdot 10^{-02}$		
	Baterías	$1,58 \cdot 10^{-02}$		
	Equipos electrónicos (incluye tubos fluorescentes)	$2,14 \cdot 10^{-03}$		
	Envases (plásticos, metálicos y de vidrio)	$1,35 \cdot 10^{-02}$		
	Filtros de aceite	$4,18 \cdot 10^{-03}$		
	Pilas	$3,99 \cdot 10^{-03}$		
		$5,35 \cdot 10^{-05}$		

<sup>5</sup> Cuchí, A., López, I., *Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV*, Universidad Politécnica de Cataluña con el apoyo del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya, 1999.

<sup>6</sup> Factor de emisión correspondiente a residuos urbanos que son tratados mediante incineración.

<sup>7</sup> Iregui, G.; Marañón, E.; *Propuesta de índices de conversión de residuos para la huella ecológica*; Universidad de Oviedo, 2008

## 2.1.2. Cálculo indirecto

Como comentamos anteriormente, para obtener datos relacionados con transporte y hábitos de consumo de papel de los estudiantes los consumos se evalúan a partir de encuestas, es lo que llamamos *cálculo indirecto*. Una vez obtenidos los datos se aplican directamente los factores de emisión. El consumo de papel de PDI y PAS se recoge en el apartado anterior.

Para el estudio de huella es necesario de disponer de datos relativos a la totalidad de la universidad por lo que se emplean los factores de extrapolación sobre los valores obtenidos a partir de encuestas realizadas a una cantidad estadísticamente representativa de miembros de la universidad. Se realizan las siguientes transformaciones:

$$\begin{aligned} \text{Valor}_{\text{Universidad}} &= F.\text{Extrapolación} \cdot \text{Valor}_{\text{Encuesta}} \\ F.\text{Extrapolación} &= \frac{\text{Población}}{\text{Individuos}_{\text{Muestra}}} \end{aligned} \quad [\text{E.4}]$$

Otro aspecto a tener en cuenta es que a lo largo del estudio las referencias temporales se hacen a un año natural. Sin embargo, algunos datos de las encuestas están referidos a días de actividad docente. Por estas razones, hay que contabilizar el número de días de actividad efectiva (docente) de la universidad a lo largo del año. En 2007, en la USC fueron 152 los días lectivos.

### a. Consumo de papel por parte de los estudiantes

Los estudiantes emplean el papel, fundamentalmente, para tomar apuntes y entregar trabajos. Los datos relativos al consumo se obtuvieron a partir de una encuesta sobre hábitos de consumo de papel, diseñada por la Oficina de Desarrollo Sostenible. La realización de la encuesta es necesaria porque en la universidad no se dispone de datos concretos a este tipo de consumo por los estudiantes, únicamente se registran las compras realizadas por PAS y PDI desde servicios, departamentos, unidades administrativas... que se realizan a través de la imprenta universitaria.

De entre todas las preguntas del cuestionario, las que resultan de aplicación en este apartado se refieren a:

- Consumo aproximado de papel durante una semana lectiva.
- Porcentaje de consumo de papel reciclado a lo largo del curso.

El consumo de papel por parte de los alumnos se calcula teniendo en cuenta la contribución de tres principales formas de consumo entre estudiantes:

- a) *Papel consumido para apuntes durante las clases*: los datos de número de hojas de papel (folios y hojas de cuadernos) empleados por los estudiantes y el porcentaje de papel reciclado consumido, se van a obtener a partir de la encuesta anteriormente citada.
- b) *Papel consumido para realizar trabajos encargados en diferentes materias*: se considera **5 hojas/crédito/estudiante** y **60 créditos/estudiante/año**. Los trabajos del alumnado los vamos a equiparar a los apuntes; es decir,

suponemos que si un alumno toma los apuntes en papel reciclado, va a entregar los trabajos también en papel reciclado (y lo mismo para el papel de fibra virgen).

- c) *Papel consumido en fotocopias*: los datos relativos a las fotocopias que realizan los estudiantes durante el curso académico son proporcionados por las empresas adjudicatarias de la explotación de las fotocopiadoras en los centros de los campus de Santiago y de Lugo, respectivamente.

Una vez conocidas las hojas consumidas por los estudiantes y transformadas a kg de papel (según la ecuación [E.3]), únicamente habría que multiplicar por el correspondiente factor de conversión para conocer las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## b. Movilidad

Para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a los medios de transporte empleados por los estudiantes, PDI y PAS de cada uno de los centros, se elaboró una encuesta donde se preguntó entre otras cosas, el medio de transporte empleado en los desplazamientos entre el lugar de residencia y el centro, el número semanal de desplazamientos y la distancia media por trayecto. A partir de estos datos se calcula el número de kilómetros realizados anualmente en cada medio de transporte. A este valor para cada medio de transporte se aplica el factor de emisión y se estiman las toneladas de CO<sub>2</sub> asociadas.

Los factores de emisión para cada medio de transporte se calculan a partir de los siguientes datos:

- a) *Automóvil*: en función del nivel de ocupación:

**Tabla 4. Factor de emisión asociado al transporte en automóvil por pasajero**

Automóvil ( kg CO <sub>2</sub> /km)	Nivel de ocupación (%)			
	25	50	75	100
	0,20	0,10	0,07	0,05

Los niveles de ocupación en relación con el número de ocupantes del vehículo son los siguientes:

**Tabla 5. Niveles de ocupación de automóvil**

Nivel ocupación	Personas
100%	5
75%	4
50%	3
25%	1 ó 2

- b) *Motocicleta*

**Tabla 6. Factor de emisión asociado al transporte en motocicleta por pasajero**

Factor emisión (kgCO <sub>2</sub> /km)
0,07

c) *Demás medios de transporte:*

**Tabla 7. Factores de emisión asociados a diferentes medios de transporte por pasajero**

Factor emisión (kg CO <sub>2</sub> /km)	Tren	Autobús
	0,02	0,04

### 3. RESULTADOS

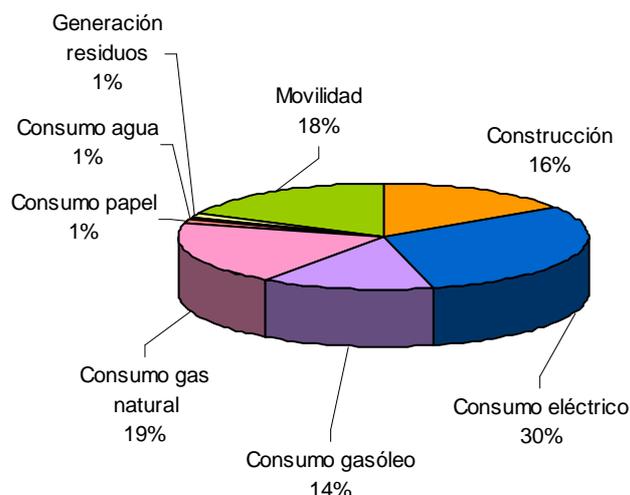
#### 3.1. Emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> comenzaron a ser medidas en las universidades españolas a partir de la existencia del Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en el año 2005 y que marca una serie de objetivos con respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en la Universidad de Santiago de Compostela en el año 2007 aparecen recogidas en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Resumen de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

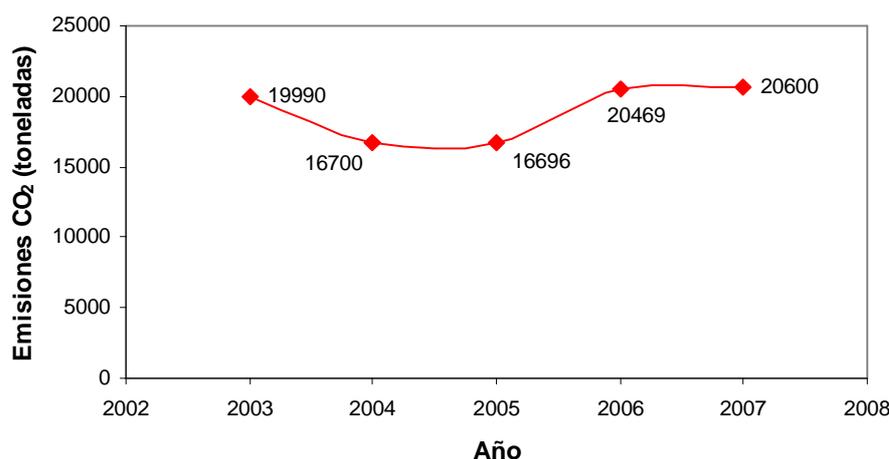
Categoría	Emisiones CO <sub>2</sub> (tonCO <sub>2</sub> /año)
Construcción	5.028,74
Consumo de electricidad	9.904,14
Consumo de gasóleo	4.464,41
Consumo de gas natural	6.232,30
Consumo de papel	438,29
Consumo de agua	170,19
Generación de residuos	419,96
Movilidad	5.749,80
<b>TOTAL</b>	<b>32.407,83</b>



**Figura 3. Distribución modal de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

A la vista de la tabla anterior, se puede afirmar que los consumos energéticos en los centros (electricidad y calefacción) son los principales responsables de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la universidad, con un 63% de las emisiones totales. Estos datos son un firme reflejo de la situación de nuestro país ya que, segundo datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino<sup>8</sup>, en el año 2005 el sector energético español es el responsable del 78,4% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la Universidad de Santiago de Compostela, las emisiones de CO<sub>2</sub> se vienen determinando desde el año 2003, coincidiendo con la publicación de la primera memoria de responsabilidad social de la universidad<sup>9</sup>. En estos casos las emisiones únicamente estaban referidas al consumo de combustible fósiles asociados al gasto energético (eléctrico y calorífico).



**Figura 4. Emisiones de CO<sub>2</sub>. Evolución 2003-2007**

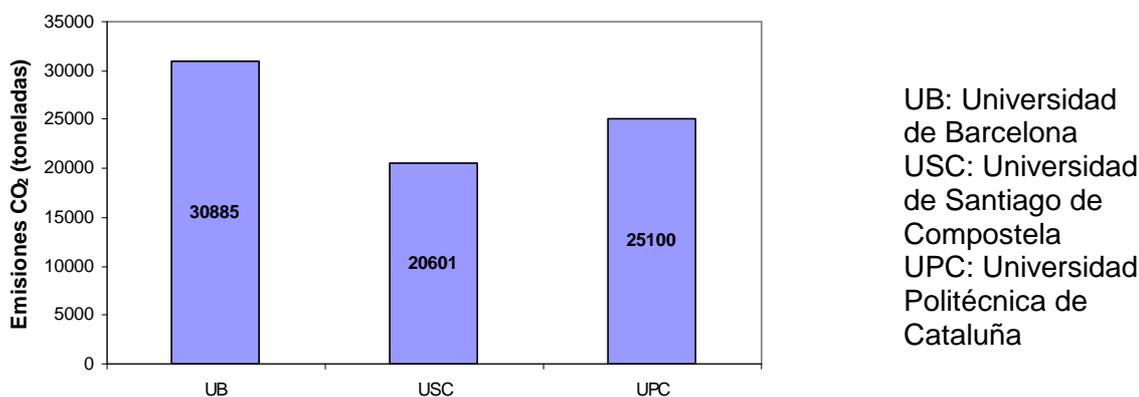
<sup>8</sup> Ministerio de Medio Ambiente; *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. Edición 2007 (Serie 1990-2005)*; Madrid, 2007.

<sup>9</sup> La Universidad de Santiago de Compostela fue la primera institución universitaria en realizar una memoria de responsabilidad social. Consulta en línea: [http://www.usc.es/gl/info\\_xeral/memoria/index.html](http://www.usc.es/gl/info_xeral/memoria/index.html)

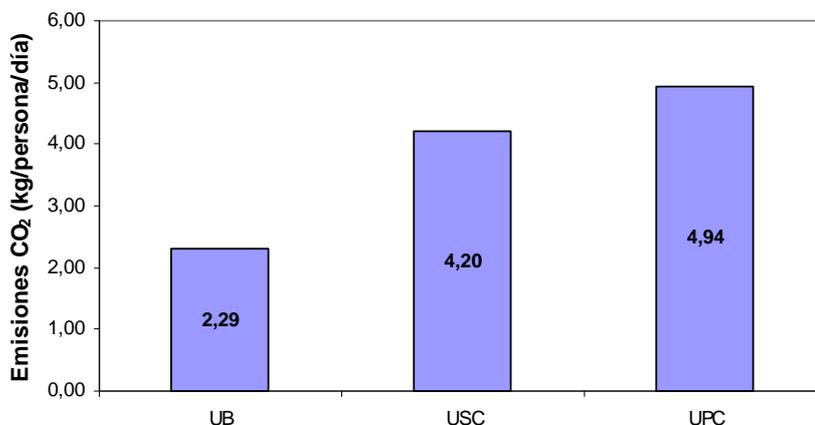
A la vista de la gráfica anterior, se aprecian diferencias entre el valor mostrado en ella para el año 2007 y el total recogido en la tabla 8. Esto se debe a que en la figura únicamente se recogen las emisiones asociadas al gasto energético, para que sean comparables con los valores de años anteriores.

Al igual que la USC, otras universidades han determinado sus emisiones de CO<sub>2</sub> pero en la mayoría de los casos únicamente las debidas al gasto energético (electricidad, calefacción y agua caliente). Para el año 2007, las emisiones de la USC en estos campos pueden ser comparadas con las determinadas por otras universidades, que se recogen en la figura 5.

Además de las emisiones globales, resulta interesante indicar los valores asociados a cada miembro de la comunidad universitaria para facilitar una comparación objetiva entre universidades. Aunque se sabe a priori que la comparación debe ser tomada con reservas ya que cada universidad tendrán un perfil de emisiones de CO<sub>2</sub> diferente en función del tipo de actividades docentes e investigadores que realice, su situación geográfica, el número de edificios con que cuenta...etc.



**Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> en universidades (2007)**



**Figura 6. Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a los miembros de la comunidad universitaria (2007)**

Las anteriores figuras muestran que, analizando las emisiones de CO<sub>2</sub>, la Universidad de Barcelona es la que menor impacto ambiental está produciendo ya que, aunque en total emite más emisiones de este gas, es la universidad con menos emisiones por persona.

### 3.2. Huella ecológica

Una vez que se conocen las emisiones de CO<sub>2</sub> y la extensión de terreno ocupada por las instalaciones universitarias, la huella ecológica se calcula aplicando directamente la fórmula [E.1]. Posteriormente, se considera el factor de equivalencia para transformar los valores en hag/año. Los resultados, que se muestran en la tabla 9 de este documento, muestran que la USC necesitaría una extensión de **5.217 ha** de bosque gallego para asimilar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en el 2007.

**Tabla 9. Huella ecológica: resultados por categoría**

Categoría	Huella Ecológica (ha/año)	Huella Ecológica (hag/año)
<b>Construcción</b>	802,03	1.074,72
<b>Consumo de electricidad</b>	1.579,61	2.116,67
<b>Consumo de gasóleo</b>	712,03	954,12
<b>Consumo de gas natural</b>	993,99	1.331,94
<b>Consumo de papel</b>	69,90	93,67
<b>Consumo de agua</b>	27,14	36,37
<b>Generación de residuos</b>	66,98	89,75
<b>Movilidad</b>	917,04	1.228,84
<b>Superficie ocupada</b>	48,35	64,79
<b>Total</b>	<b>5.217,08</b>	<b>6.990,88</b>

Para finalizar, hay que considerar el tamaño de la población objeto del estudio. En el caso de la USC, la comunidad universitaria (estudiantes, personal docente e investigador y personal de administración y servicios) está constituida por 32.246 personas. Por tanto, la huella ecológica de la USC es de **0,16 ha/persona/año** ó **0,21 hag/persona/año**.

En España, la huella ecológica en el año 2005 fue de 5,55 ha/persona/año<sup>10</sup>. Teniendo en cuenta que en 1995 este valor era de 4,61 ha/persona/año, el incremento del impacto ambiental del modelo de vida ambiental fue, aproximadamente, de un 22%. Los datos más actuales relativos a Galicia datan de 2002, en que la huella ecológica fue de 6,26 ha/persona/año<sup>11</sup>.

Comparando el dato de la huella de la USC con los valores anteriores, se observa que el impacto ambiental debido a las actividades universitarias corresponde al 2,91% del impacto debido al modelo de vida español y al 2,56% del modelo de vida gallego.

<sup>10</sup> Ministerio de Medio Ambiente, *Análisis preliminar de la huella ecológica en España. Informe de síntesis*, 2007.

<sup>11</sup> Martín Palmero, F.; *Desarrollo sostenible y huella ecológica*, ed. Netbiblo, A Coruña, 2004.

Con respecto a las universidades, son pocas todavía las que se deciden a emplear el indicador de huella ecológica y las que lo hacen suele ser referidas a menos categorías de impacto (normalmente asociado a consumo energético). Esta situación se da en la Universidad de Barcelona, en donde este indicador se viene calculando desde 2003<sup>12</sup>. Sin embargo, en el año 2002 y en colaboración con el Ayuntamiento de Barcelona, la UB realizó una exposición titulada *Un planeta per compartir. La petjada ecològica*, en donde se calculaba la huella de la universidad asociada a consumo energético, consumo de agua, construcción de edificios y espacio ocupado, movilidad, residuos urbanos, tratamiento aguas residuales, ordenadores (materiales de fabricación y reciclaje componentes) y fotocopiadoras (materiales de fabricación, consumo de papel y reciclaje de componentes). La huella ecológica de la UB en el 2002 fue de 0,22 ha/persona/año.

**Tabla 10. Huella ecológica en algunas universidades españolas**

Año	Universidad	Categorías	Huella <sup>13</sup> (ha/persona/año)
2003	UAM	Energía Movilidad Papel	0,14
2007	UB	Energía	0,06

### 3.3. Otros indicadores

Para el cálculo de la huella ecológica es necesario recopilar una serie de datos que pueden ser empleados para determinar otra serie de indicadores de sostenibilidad. Existen muchas baterías de este tipo de indicadores, desde los que abarcan un ámbito mundial (como los del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible), como los que son diseñados específicamente para marcos locales, como los asociados a las agendas 21 locales.

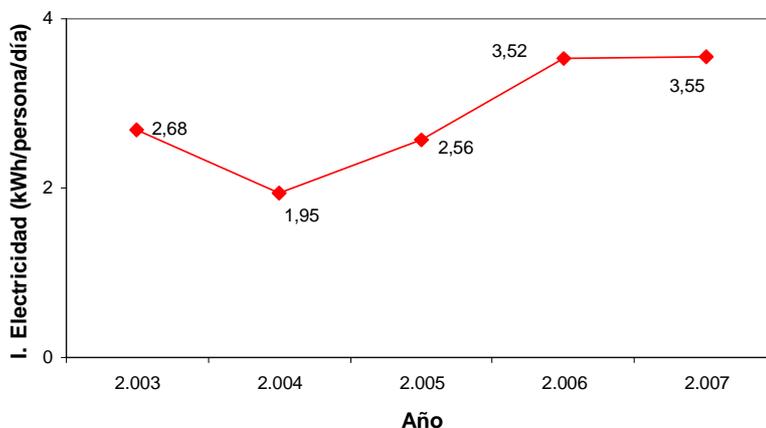
Desde la Oficina de Desarrollo Sostenible de la USC se diseñó un paquete de indicadores para evaluar la sostenibilidad en la institución universitaria, entre los que se encuentran los anteriormente comentados. Es importante destacar otros indicadores como: intensidad en el uso de la electricidad, consumo de agua y generación de residuos. Estos indicadores serán determinados para un período temporal más amplio, lo que permitirá conocer su evolución.

<sup>12</sup> Consulta en línea: <http://www.ub.edu/ossma/mediambient/indicadors/petjadaecologica.htm>

<sup>13</sup> Datos extraídos:

- Olalla Tárraga, M. A; *Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Aplicación a la UAM*; 2003.
- UB : Servei Seguretat, Salut i Medi Ambient, *Indicadors ambientals : petjada ecològica*

### 3.3.1. Intensidad en el uso de la electricidad



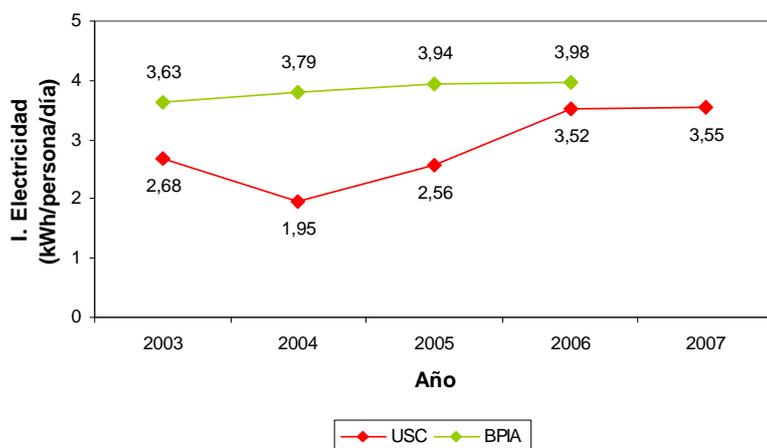
**Figura 7. Intensidad en el uso de la electricidad. Evolución 2003-2007**

Habitualmente, los indicadores de intensidad de energía relacionan el consumo energético de ciertas regiones con el crecimiento económico producido (PIB). En este estudio, tomamos como base el número de miembros de la comunidad universitaria como determinante del crecimiento de la USC como institución.

La gráfica anterior no muestra una buena evolución del indicador, ya que el resultado deseado sería la disminución del indicador con el tiempo, garantizando siempre las necesidades mínimas. La tendencia observada en la figura 5 responde por un lado, al aumento paulatino del consumo de electricidad como consecuencia del crecimiento en el número de edificios en la USC. Por otro lado, es consecuencia también del descenso de miembros de la comunidad universitaria que en 2007 fue de 32.246, un 16% respecto al 2003.

Estos indicadores se pueden comparar con los que aporta el Banco Público de Indicadores Ambientales (BPIA), elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Medio Marino. Estos datos se presentan estructurados en 14 áreas diferentes en donde destaca un apartado completo de comportamientos ambientales en los hogares y están referenciados al período temporal 1990-2006.

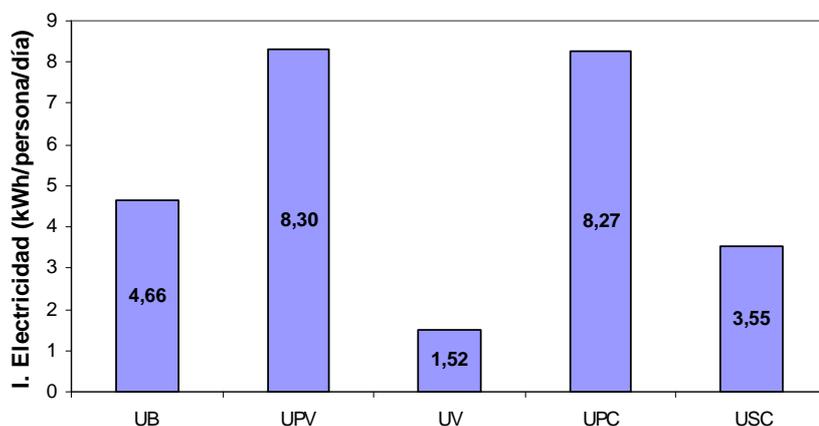
Dentro del apartado de hogar, existe un indicador referente al consumo energético (tanto eléctrico como térmico). El indicador de intensidad eléctrica en los hogares está expresados en kWh/hogar/año. Teniendo en cuenta que según el Instituto Nacional de Estadística, el tamaño medio de los hogares españoles es de 2,9 personas por hogar, los valores se pueden transformar para compararlos con los de la USC:



**Figura 8. Comparativa indicadores de intensidad de uso de la energía eléctrica**

A la vista de la figura anterior, llama la atención la evolución del indicador de la USC desde el año 2004, que pasó de equivaler el 51% del gasto asociado a los hogares al 89% en el año 2006. En ambos casos la evolución del indicador no es la deseada, ya que paulatinamente se incrementa.

Si se compara la intensidad en el uso de la energía de la USC con la de otras universidades muestra cómo la USC está bien posicionada en esta comparativa, ya que ocupa el segundo lugar por detrás de la Universidad de Valencia:



UB: Universidad de Barcelona.  
 UPV: Universidad Politécnica de Valencia.  
 UV: Universidad de Valencia.  
 UPC: Universidad Politécnica de Cataluña.  
 USC: Universidad de Santiago de Compostela.

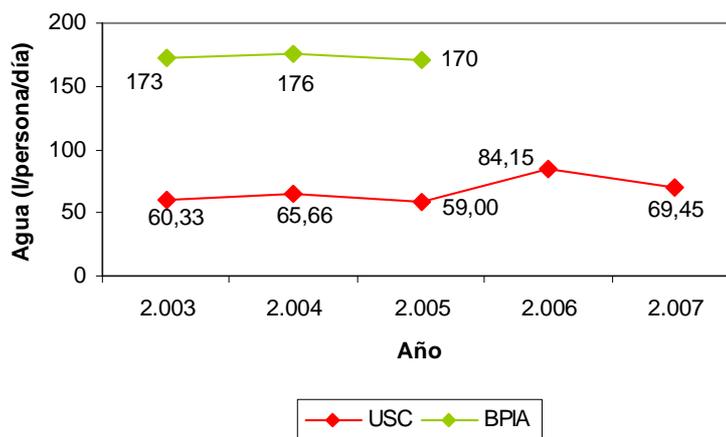
**Figura 9. Intensidad energética en universidades (2007)**

### 3.3.2. Consumo de agua

El agua es quizás uno de los recursos naturales más vulnerables del Planeta y representa un patrimonio de todos los ciudadanos, que tienen que ser conscientes de que no es un bien ilimitado y de que en muchas regiones no existe ni en cantidades suficientes ni con buena calidad (determinada en gran medida por la contaminación existente). En la actualidad, los poderes públicos están adoptando decisiones que pretenden optimizar la gestión del agua y sensibilizar a los ciudadanos respecto de su uso responsable.

El consumo de agua en las universidades está asociado principalmente a su uso en las facultades y escuelas universitarias tanto en baños como en laboratorios de investigación. Sin embargo, también existen otras muchas contribuciones al consumo global como pueden ser el uso en cafeterías y restaurantes, para riego de los jardines, en las duchas de las residencias universitarias e instalaciones deportivas... Actualmente toda el agua que se consume en la USC proviene de la red pública.

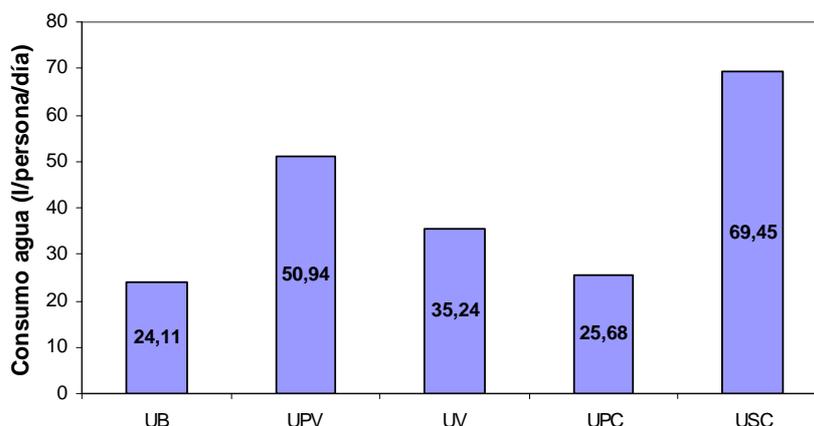
Los datos del consumo de agua en la USC también pueden ser comparados con los proporcionados por el BPIA, que nos muestra que es equivalente al 35% (2003 y 2005) y al 37% (2004) del consumo total de agua en los hogares:



**Figura 10. Comparativa de indicadores de consumo de agua**

Con respecto al consumo de agua en otras universidades, se puede hacer una comparativa similar a la de los casos anteriores. Esta comparativa aparece en la figura 11, donde se muestra cómo la USC es la universidad menos eficiente desde el punto de vista del consumo de agua diario per cápita, ya que es un 36% superior al valor máximo alcanzado en otras universidades.

UB: Universidad de Barcelona.  
 UPV: Universidad Politécnica de Valencia.  
 UV: Universidad de Valencia.  
 UPC: Universidad Politécnica de Cataluña.  
 USC: Universidad de Santiago de Compostela.



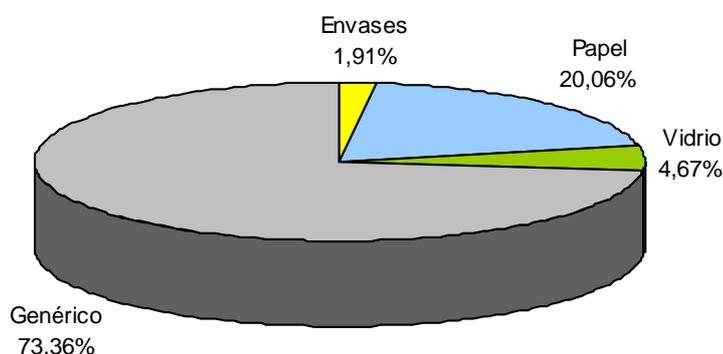
**Figura 11. Consumo de agua en universidades (2007)**

### 3.3.3. Generación de residuos

Cualquier actividad desarrollada por el hombre genera, directa o indirectamente, residuos que es necesario recoger, tratar y eliminar adecuadamente. Los principales problemas asociados a los residuos son la elevada tasa de generación, su composición y su concentración.

Las universidades son entidades que generan residuos no peligrosos (residuos asimilables a urbanos producidos en las aulas, cafeterías y restaurantes, residencias y colegios mayores...) y residuos peligrosos (generados, principalmente, en laboratorios de investigación y docencia).

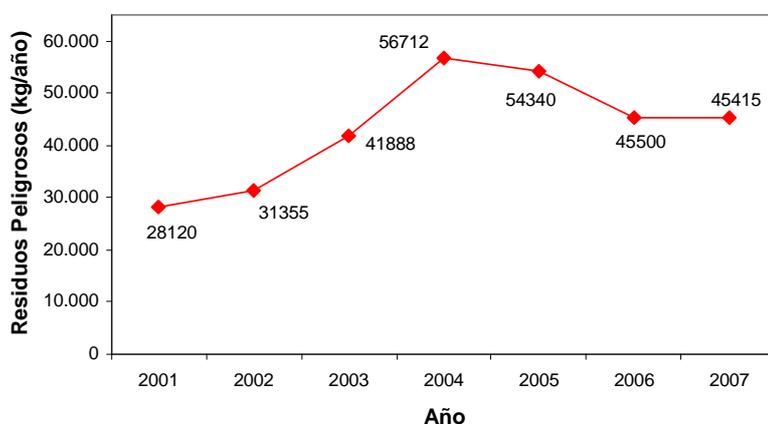
En la USC, en el año 2007, se generaron 920 toneladas de residuos urbanos, lo que corresponde a una tasa de 28,54 kg/persona. Principalmente se generan residuos genéricos y papel.



**Figura 12. Distribución modal de los RSU generados (USC, 2007)**

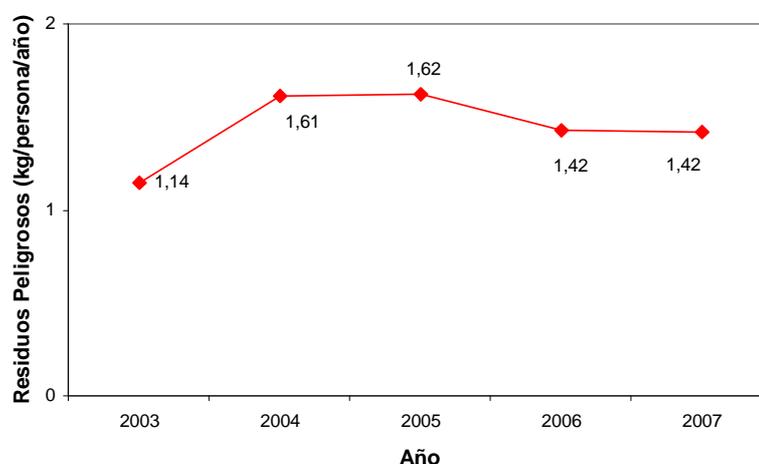
La gestión de residuos peligrosos en la USC corresponde a la *Unidad de Gestión de Residuos Peligrosos*, dependiente del Servicio de Prevención de Riesgos de la USC. Esta unidad ha trabajado desde 1999 en desarrollar procedimientos para una adecuada gestión de los residuos peligrosos generados como consecuencia de las actividades universitarias.

Los principales tipos de residuos peligrosos generados en la USC se pueden clasificar en tres grandes grupos: biológicos y sanitarios, químicos y asimilables a urbanos (pilas, tubos fluorescentes...etc.). Los dos primeros grupos exigen medidas especiales de recogida y almacenamiento por representar riesgos importantes para la salud y el medio ambiente.



**Figura 13. Generación de residuos peligrosos. Evolución 2001-2007**

La figura anterior muestra una gran diferencias entre los residuos gestionados a partir del 2003 y los de años anteriores. Esto es debido a que durante el 2001 y el 2002 no se recogían tantos tipos diferentes de residuos peligrosos como en años posteriores. También resulta de interés conocer la tasa de generación de residuos peligrosos anual, como se recoge en la figura 14. En ella se puede apreciar cómo en los últimos dos años ha disminuido un 12,5% respecto al valor más elevado que se corresponde con el año 2005.



**Figura 14. Tasa de generación de residuos peligroso. Evolución 2003-2007**

#### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone una metodología para realizar el cálculo de la huella ecológica asociada a una universidad. Este estudio se aplica a la USC para el período anual de 2007. Los resultados del estudio muestran que la Universidad de Santiago de Compostela necesitaría una extensión de **5.217 ha** de bosque gallego para asimilar las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas, más de 55 veces la extensión ocupada por los campus de Santiago y Lugo y el 0,18% de la superficie total de la Comunidad Autónoma de Galicia.

La huella ecológica de la USC es de **0,16 ha/persona/año**. Este valor corresponde al 2,56% de la huella ecológica de Galicia. La huella obtenida es similar a la calculada en el año 2007 en un estudio piloto<sup>14</sup> realizado en la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado (0,15 ha/persona/año) y en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (0,13 ha/persona/año).

El principal impacto ambiental identificado es el asociado al consumo de electricidad, seguido por el impacto asociado al consumo de gas natural (para producción de electricidad y calor, en las instalaciones de cogeneración y para la generación de calor en determinadas calderas) y por el impacto de la movilidad. No resulta sorprendente que el principal impacto sea debido al gasto eléctrico, ya que la mayor parte de las actividades universitarias están acompañadas de un elevado consumo de electricidad: iluminación de los edificios y sus dependencias, empleo de equipos informáticos, alimentación de equipos especiales en los laboratorios de investigación...

Las medidas dirigidas a la contención del gasto energético deben incidir en tres aspectos principales: mejora de la eficiencia energética en los sistemas de iluminación, mejora de la eficiencia energética en los sistemas de calefacción y adquisición de equipos eléctricos eficientes (etiquetado energético clase A o superior). Estos criterios deberán ser considerados no sólo en la construcción de los nuevos edificios sino en las reformas de los actuales. Todas estas medidas conllevan un compromiso por parte del gobierno de la universidad para aprobar una política comprometida con el ahorro energético.

El elevado consumo de gas natural existente en la USC es debido a que existen varias plantas de cogeneración, con 11 motores en total, que a partir de la combustión de gas natural producen energía eléctrica y energía calorífica. En el 2007, el sistema de cogeneración de la universidad proporcionó el 29% de la electricidad total consumida y el 34% de la energía calorífica. Además, el consumo de este tipo de combustible fósil, también aumenta porque las calderas de gas natural paulatinamente están sustituyendo a las antiguas de gasoil.

El impacto ambiental asociado a los desplazamientos de los miembros de la comunidad universitaria a los centros de estudio y trabajo constituye la tercera contribución, con un 18% del global. Este impacto es un claro reflejo de la problemática actual existente en torno al transporte. Según un estudio reciente de la Agencia Europea de Medio Ambiente<sup>15</sup>, el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Unión Europea proceden de

---

<sup>14</sup> López Álvarez, N; López Rodríguez, R; Taboada Fernández, J. L; *Impacto ambiental en centros da USC*; Coordinación do Plan de Desenvolvemento Sostible da Universidade de Santiago de Compostela e Consellería de Medio Ambiente da Xunta de Galicia, 2008.

<sup>15</sup> European Environment Agency; *Climate for a transport change*, 2008.



la combustión de los turismos. En España, el 28% de las emisiones de CO<sub>2</sub> son debidas al transporte por carreteras.

La difícil compatibilidad entre ciudad y automóvil se refleja claramente en los campus de la USC, que se encuentran integrados en las ciudades de Santiago de Compostela y Lugo. El modelo de urbanismo existente hace que la movilidad en ambas urbes dependa en gran medida del transporte motorizado y, en particular, del automóvil. Además, problemas asociados al transporte como ocupación de espacios y zonas verdes, contaminación acústica... se encuentran también en los espacios universitarios.

La promoción de medidas para mejorar la movilidad deben pasar por la elaboración de un modelo de movilidad sostenible en la universidad que incluya propuestas como favorecer el transporte público, el acceso a pie o en bicicleta.

Por último, comentar que el diseño de una batería de indicadores para evaluar la sostenibilidad ambiental en la USC es una herramienta de gran utilidad ya que permite, por un lado conocer la evolución de la institución respecto a los impactos que produce en su entorno y por otro, poner en valor los avances logrados y tomar medidas para corregir los retrocesos. Además, puede servir como documento base para la toma de decisiones que aporten medidas eficaces y eficientes para la mejora de la gestión universitaria.

Asimismo, es necesario indicar que la importancia del establecimiento de una serie de indicadores de sostenibilidad en las universidades ya ha sido constatada por el grupo de trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), que en su reunión de Santiago de Compostela de junio de 2007 determinan *la necesidad de establecer un sistema común de indicadores de diagnóstico de la sostenibilidad universitaria*. La huella ecológica debería ser uno de los referentes de este sistema.



## BIBLIOGRAFÍA

- Carpintero, O.; *El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)*, Fundación César Manrique, Lanzarote, 2005.
- Coordinación do Plan de Desenvolvemento Sostible; *Estudo de hábitos de mobilidade na USC*, Universidade de Santiago de Compostela, 2007.
- Cuchí, A., López, I., *Informe MIES. Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV*, Universidad Politécnica de Cataluña con el apoyo del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña, 1999.
- European Environment Agency; *Climate for a transport change*, 2008.
- Hoekstra, A. Y.; Chapagain, A. K.; *Water footprint of nations: Water used by people as a function of their consumption pattern*; Water Resour Manage; 2006.
- Iregui, G.; Marañón, E.; *Propuesta de índices de conversión de residuos para la huella ecológica*; Universidad de Oviedo, 2008
- López Álvarez, N; López Rodríguez, R; Taboada Fernández, J. L; *Impacto ambiental en centros da USC*; Coordinación do Plan de Desenvolvemento Sostible da Universidade de Santiago de Compostela e Consellería de Medio Ambiente da Xunta de Galicia, 2008.
- Martín Palmero, F.; *Desarrollo sostenible y huella ecológica*, ed. Netbiblo, A Coruña, 2004.
- Merino, A.; *Producción de gases con efecto invernadero derivados de la actividad agroforestal. Secuestro de carbono*; VII Avances en Ciencia y Tecnología: Objetivos Energéticos del la UE y el Protocolo de Kyoto; noviembre 2005.
- Ministerio de Medio Ambiente, *Análisis preliminar de la huella ecológica en España. Informe de síntesis*, 2007.
- Ministerio de Medio Ambiente; *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. Edición 2007 (Serie 1990-2005)*; Madrid, 2007.
- Olalla Tárrega, M. A; *Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Aplicación a la UAM*; 2003.
- Rees, W.; Wackernagel, M.; *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*, New Society Publisher, Canadá, 1996.
- WWF, *Informe Planeta Vivo 2006*, 2006.