
Cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Caso de estudio: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Jorge Leiva Mas*, Iván L. Rodríguez Rico, Pastora Martínez Nodal**
Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
Carretera a Camajuaní Km 5.5. Santa Clara, c/p 54830, Villa Clara, Cuba

Calculation of ecological footprint in Cuban universities. Case Study: Central University “Marta Abreu” de Las Villas

Càlcul de la petjada ecològica en universitats cubanes. Cas d'estudi: Universitat Central “Marta Abreu” de Las Villas

Recibido: 4 de octubre de 2011; revisado: 13 de marzo de 2012; aceptado: 27 de marzo de 2012

RESUMEN

En el trabajo se adapta una metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas, la misma ha sido desarrollada por Noelia López Álvarez de la Oficina de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela y ha sido aplicado en varias universidades españolas. Han sido cuantificados los consumos básicos de recursos de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas: agua, energía eléctrica y otros portadores energéticos, consumo de alimentos, consumo de papel, también se han contabilizado los residuos generados. Asociado a los consumos anteriores se han determinado las emisiones de CO₂. Se ha calculado, en función de las características del país, las áreas requerida para la absorción de las emisiones de CO₂. Como resultado se obtiene una metodología que puede ser empleada en las condiciones de Cuba, al aplicarla a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en los años 2008 y 2009 dio como resultados 0.2069 ha/persona y 0.2147 ha/persona respectivamente, lo que está acorde con reporte de otras universidades. Para universidades cubanas es la primera vez que se reporta el cálculo de la huella ecológica por lo que el procedimiento puede ser extrapolado a otros centros de educación superior del país.

Palabras Clave: Huella ecológica, universidades.

SUMMARY

The paper adapts a methodology for calculating the ecological footprint in Cuban universities; has been developed by Noelia Lopez Alvarez, Office of Sustainable Development at the University of Santiago de Compostela and has been applied in several Spanish universities. The basic consumption of resources of the Central University “Marta Abreu” of Las Villas has been quantified: water, electricity, fuel, food consumption, paper consumption and waste water generated. Associated with previous consumption were determined CO₂ emissions. It has been estimated the area required to absorb emissions CO₂. As result of re-

search is obtained a methodology that can be used in the conditions in Cuba. The methodology has been applied in the Central University “Marta Abreu” of Las Villas: in 2008 and 2009 have resulted 0.2069 hectare / persons and 0.2147 hectare / persons respectively, which is consistent with reports from other universities. For Cuban universities is the first time reported the calculation of the ecological footprint so the procedure can be extrapolated to other higher education institutions in the country.

Keywords: Ecological footprint, universities.

RESUM

En aquest treball s'adapta una metodologia per al càlcul de la petjada ecològica en universitats cubanes, la qual ha estat desenvolupada per Noelia López Álvarez de l'Oficina de Desenvolupament Sostenible de la Universitat de Santiago de Compostela i ha estat aplicada en diverses universitats espanyoles. S'han quantificat els consums bàsics de recursos de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas: aigua, energia elèctrica i altres fonts d'energia, consum d'aliments, consum de paper, i també s'han comptabilitzat els residus generats. Paral·lelament als consums anteriors s'han determinat les emissions de CO₂. S'han calculat, en funció de les característiques del país, les àrees requerides per a l'absorció de les emissions de CO₂. Com a resultat s'obté una metodologia que pot ser emprada en les condicions de Cuba, i que, aplicada a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en els anys 2008 i 2009, va donar com a resultats 0,2069 ha/persona i 0,2147 ha/persona respectivament, que estan d'acord amb informes d'altres universitats. Per les universitats cubanes és la primera vegada que es publica el càlcul de la petjada ecològica de manera que el procediment pot ser extrapolat a altres centres d'educació superior del país.

Paraules claus: Petjada ecològica, universitats.

*Autores para la correspondencia: *jorgelm@uclv.edu.cu ;
**ivanl@uclv.edu.cu; Telf: (53) (422)-81164
Fax: (53) (422)-81608

1. INTRODUCCIÓN

En 1995, los urbanistas W. Rees y M. Wackernagel introdujeron el concepto de huella ecológica, concepto que se define como “la superficie de territorio ecológicamente productiva necesaria para generar los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida determinado” (Wackernagel y Rees, 2001). Se trata, pues, de una herramienta de cuantificación ecológica que utiliza áreas de terreno como unidad de medida.

Mediante este indicador se observa que el espacio que ocupan los asentamientos humanos va más allá de su territorio geográfico y que se apropian del capital natural mundial a través de su “consumo” ecológico.

La huella ecológica se distingue por su gran potencial pedagógico y de seguimiento de la actividad de cualquier organización. Este indicador permite comparar el consumo de un determinado sector de población con la limitada productividad ecológica de la tierra.

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 necesaria para asimilar el impacto de las actividades del modelo de vida analizado. La huella de una población está determinada por su número de miembros, el volumen de consumo y la intensidad en el uso de los recursos para proveerla de bienes y servicios.

El objetivo del trabajo es adaptar una metodología que permita realizar el cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas, para ello se tomaran en cuenta las principales iniciativas internacionales y se adaptaran a las condiciones de Cuba.

2. METODOLOGÍA

Después de una revisión bibliográfica se decidió usar, como base, la “metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades”, su autora es Noelia López Álvarez de la oficina de desarrollo sostenible, universidad de Santiago de Compostela en España. (López, 2009; López et al., 2008). A la misma se le realizaron los ajustes necesarios para adaptarla a las condiciones de Cuba. 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 consumo de recursos naturales: agua, materiales (construcción de edificios), papel y combustibles fósiles (energía eléctrica, energía calorífica, movilidad) y salidas (producción de residuos).

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 CO₂ relativas a cada consumo o tipo de residuo producido. Estas emisiones serán posteriormente traducidas a superficie de bosque necesaria para asimilarlas. Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se emplean factores de emisión, obtenidos de diversas fuentes, se priorizan los factores de emisión locales, en caso de que estos no existan se utilizan factores aceptados internacionalmente. 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 combustible fósil asociado a la cogeneración, consumo de papel y producción de residuos.

Tabla 1. Categorías contempladas en la metodología propuesta.

Consumos de recursos naturales	Agua
	Construcción de edificios
	Energía eléctrica
	Energía calorífica
	Cogeneración
	Movilidad
	Papel
Producción de residuos	Peligrosos y no peligrosos

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 cubano, que se acumula en biomasa (viva y muerta) y suelo (tierra vegetal y suelo mineral), se estima en 5.06 t CO₂/ha/año, (Manso, 2001). A partir de la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, dividiendo por la capacidad de fijación de la masa forestal, se obtiene la superficie de bosque.

La metodología propuesta por López Álvarez no contempla el consumo de alimentos, en las condiciones de Cuba es necesario considerar el impacto asociado al consumo de alimentos por el peso que tiene en la huella ecológica de las universidades cubanas.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la huella ecológica se calcula aplicando la ecuación (1). En todos los casos se ha tomado como base de cálculo un año.

$$\text{Huella} \left(\frac{\text{ha}}{\text{año}} \right) = \frac{\text{Emisiones} \left(\frac{\text{t CO}_2}{\text{año}} \right)}{\text{C. fijación} \left(\frac{\text{t CO}_2}{\text{ha}} \right)} + \text{Superficie Campus} \left(\frac{\text{ha}}{\text{año}} \right) \quad (1)$$

2.1. Parte experimental. Cálculos.

Cálculo de emisiones de CO₂

En el caso de disponer de datos de consumos se aplica directamente el factor de emisión y se obtienen las emisiones de CO₂, tal y como se muestra en la siguiente fórmula, donde *un* indica las unidades en las que se computa cada consumo considerado (Domenech, 2004).

$$\text{Emisiones (kg CO}_2) = \text{consumo (um)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2/\text{um)}. \quad (2)$$

A la hora de determinar los factores de emisión se puede dar prioridad a los factores locales frente a los globales, siguiendo los criterios establecidos por Rees y Wackernagel. 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.

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.

Consumo de agua

Las emisiones están en función de la energía eléctrica requerida por los sistemas de bombeo y tratamiento. Para conocer la cantidad de combustible requerido en toneladas equivalentes de petróleo (tep) para la generación de esta energía se utiliza el factor de conversión, Fc, consu-

mo específico en uso final, reportado por el ministerio de economía y planificación de Cuba.

$$F_c = 0.352 \text{ tep/MW-h.}$$

$$\text{tep} = F_c * (\text{consumo energía eléctrica}) \quad (3)$$

Para obtener la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera con la quema de este combustible se utiliza el índice de 3 t de CO₂ por cada tep consumida.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{tep} * 3 \quad (4)$$

Construcción de edificios

Para conocer las emisiones anuales se considera que la vida útil de los edificios es de 50 años, ya que es el tiempo estimado que transcurre sin que sea necesario realizar obras de acondicionamiento de envergadura suficiente como para modificar el valor del factor. Según el informe MIES (Cuchi, 1999) la generación total de CO₂ de los edificios, es de 475 Kg de CO₂ / m² en toda su vida útil, por tanto para obtener la tasa anual de emisión de CO₂ debido a las edificaciones se divide este valor por 50 (tiempo de vida útil en años) y se obtiene 9.5 Kg de CO₂ / m² al año. Índice anual de emisiones edificios= 9.5 Kg. de CO₂ / m²*año.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = (\text{índice anual emisiones edificios}) * (\text{m}^2 \text{ superficie construida}) \quad (5)$$

Energía eléctrica

Se basa en obtener las emisiones debido a la generación de la energía, se procede de forma similar al cálculo del epígrafe consumo de agua, para conocer la cantidad de combustible requerido en tep se utiliza el factor de conversión F_c = 0.352.

$$\text{tep} = F_c * (\text{consumo energía eléctrica}) \quad (3)$$

Para obtener la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera con la quema de este combustible se utiliza el índice de 3 t de CO₂ por cada tep consumida.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{tep} * 3 \quad (4)$$

Generalmente los impactos asociados al consumo de energía eléctrica son los mayores en las universidades, razón por la cual debe incentivar el uso de fuentes de energía menos contaminantes. La utilización de fuentes de energía renovables en las universidades reduce la huella ecológica y es un elemento en la formación y educación ambiental de la comunidad universitaria.

Movilidad

Para evaluar las emisiones de CO₂ debidas a los medios de transporte empleados por los estudiantes y profesores se tuvo en cuenta las cantidades de combustibles utilizadas anualmente por la UCLV, ya que su uso es exclusivo de las actividades docentes, investigativas y de extensión universitarias propias de la institución. Los combustibles utilizados, diesel y gasolina, son llevados a toneladas de petróleo equivalente (tep), finalmente para obtener la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera con la quema de este combustible utilizamos el índice de 3 t de CO₂ por cada tep consumida.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{tep} * 3 \quad (4)$$

Generación de vapor

Para evaluar las emisiones de CO₂ debidas a la generación de vapor se tuvo en cuenta las cantidades de combustibles (fuel oil) utilizadas anualmente por la UCLV en las calderas de generación, este vapor es utilizado mayoritariamente para la cocción de los alimentos. El combustible utilizado es llevado a tep, finalmente para obtener la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera con la quema de este combustible se utiliza el índice de 3 t de CO₂ por cada tep consumida.

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{tep} * 3 \quad (4)$$

Consumo de papel

El índice de generación de CO₂ por cantidad de papel producido es de 1.84 kg de CO₂ /kg de papel, este índice es utilizado por N. López Álvarez en la elaboración de la metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades (López et. Al., 2008).

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{um (kg de papel)} * 1.84 (\text{kg de CO}_2 / \text{kg de papel}) \quad (6)$$

Consumo de alimentos

Para este acápite se contabilizan todos los consumos del comedor universitario durante el año. El indicador ha sido calculado básicamente en función de los rendimientos por hectáreas de los cultivos o de la productividad de acuíferos teniendo en cuenta las condiciones locales. Para los productos en conserva o que requieren elaboración previa se ha tenido en cuenta el factor de intensidad energética requerida para su elaboración.

Generación de Residuos

El factor de emisión en kg de CO₂/kg de residuos domésticos considerado es de 0.61 (Marañón, et. al., 2008)

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{um (kg de residuos)} * 0.61 \text{ CO}_2/\text{kg residuos} \quad (7)$$

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1. Resumen emisiones totales de CO₂

Aplicando la metodología anterior a la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 2. Emisiones de CO₂ en la UCLV y área requerida para su absorción, año 2008.

Categoría	Emisiones CO ₂ (t/año)	Área requerida (ha)
Consumo de agua	4.75	0.94
Construcción de edificios	693.30	137.02
Energía eléctrica	4164.05	822.93
Movilidad	710.29	140.37
Generación de vapor	495.68	97.96
Consumo de papel	22.61	4.47
Consumo de alimentos	—	439.54
Generación de Residuos	526.58	104.07
Área ocupada directamente por edificios	—	7.29
Total	6617.28	1754.63

Tabla 3. Emisiones de CO₂ en la UCLV y área requerida para su absorción, año 2009.

Categoría	Emisiones CO ₂ (t/año)	Área requerida (ha)
Consumo de agua	4.54	0.90
Construcción de edificios	693.30	137.02
Energía eléctrica	3961.01	782.81
Movilidad	657.57	129.96
Generación de vapor	540.05	106.73
Consumo de papel	26.48	5.23
Consumo de alimentos		544.12
Generación de Residuos	492.81	97.39
Área ocupada directamente por edificios		7.30
Total	6375.77	1811.45

Análisis de los resultados obtenidos en el cálculo de la huella ecológica.

La huella ecológica de la UCLV en el año 2008 fue de 0.2069 ha/persona y en el año 2009 de 0.2147 ha/persona. Este valor es superior al reportado por la UAM (Universidad Autónoma de Madrid), esta universidad reporta en el 2003, 0.145 ha/personas (Olalla, 2003) pero en esa universidad no se considera el acápite de consumo de alimentos que se le ha incorporado a la metodología. López (López, 2009; López et al., 2008) reporta un valor de 0.16 ha/persona*año en la Universidad de Santiago de Compostela, España, aunque tampoco considera el consumo de alimentos. Si en los resultados obtenidos en la UCLV se desprecia el acápite de consumo de alimentos se obtienen valores muy similares a los reportados, en ese caso la huella ecológica de la UCLV sería de 0.1551 ha/persona*año en el año 2008 y de 0.1502 ha/persona*año en el año 2009.

Los mayores aportes a la huella ecológica de la UCLV están dados por el consumo de energía eléctrica, seguido del consumo de alimentos, entre ambos representan aproximadamente el 70 % de la huella ecológica.

A continuación se muestra el comportamiento de algunos índices en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Comportamiento de las emisiones de CO₂ en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

En la siguiente figura se muestra la tendencia en las emisiones de dióxido de carbono desde fuentes fijas en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas durante los últimos años, de forma general ha existido una disminución de las emisiones que están asociadas básicamente a la aplicación de medidas de producción más limpia y cambios tecnológicos en áreas de la cocina comedor.

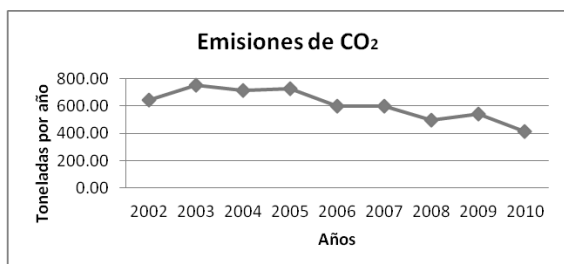


Figura 1. Emisiones de CO₂ desde fuentes fijas en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Comportamiento del consumo de energía en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

El consumo de energía eléctrica y las toneladas equivalentes de petróleo consumidas han tenido una disminución en los últimos años, la causa de la disminución en el consumo energético es multifactorial, obedece a campañas en la comunidad universitaria para reducir los consumos y aumentar la conciencia en problemas energéticos y ambientales, a cambios de equipos eléctricos por otros menos consumidores y también está asociada a las disminución de la disponibilidad de energía eléctrica por el aumento del precio de los combustibles fósiles en el mercado internacional. En la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas no existen fuentes alternativas de generación de energía utilizando fuentes renovables de energía.

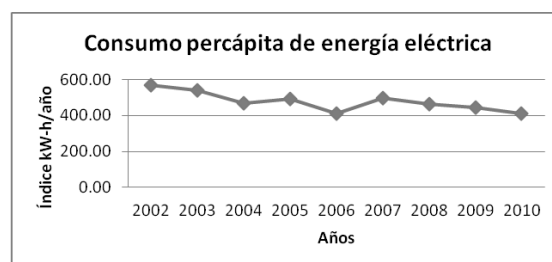


Figura 2. Consumo per cápita de energía eléctrica en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

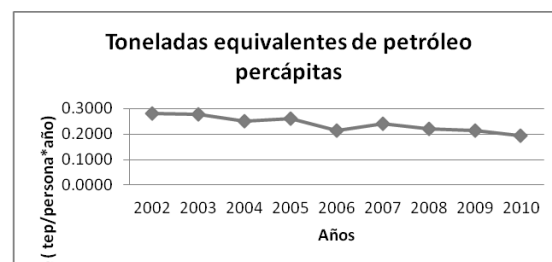


Figura 3. Toneladas de petróleo equivalente per cápitas consumidas en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Comportamiento del consumo de agua en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

El consumo de agua en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas en los últimos años ha estado por encima de las regulaciones establecidas para este acápite, el motivo de este sobreconsumo esta dado básicamente por la pérdida de agua en las conductoras principales del sistema y en el mal estado técnico de algunas redes hidráulicas en algunas edificaciones, esto provoca, además, intermitencias en la abasto de agua. En la siguiente figura puede observarse la tendencia en el índice per cápita de consumo de agua.

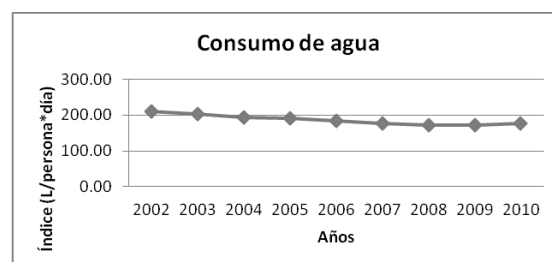


Figura 4. Índice per cápita de consumo de agua en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Comportamiento de la generación de residuos sólidos en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

A pesar de los empeños por garantizar un manejo adecuado en los residuos sólidos generados existen irregularidades que causan impactos negativos al entorno. No existe un sistema de clasificación de los residuos en el origen lo que no favorece el reciclaje de productos de valor, la recolección y la disposición final no cumplen con la legislación vigente. En la siguiente figura aparece la tendencia en la generación de residuos sólidos.

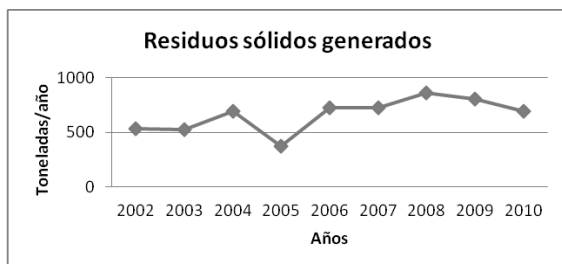


Figura 5. Toneladas de residuos sólidos generados en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

4. CONCLUSIONES

1. En este trabajo se ha adaptado una metodología para realizar el cálculo de la huella ecológica en universidades cubanas. Este estudio se aplica a la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas para los años 2008 y 2009. Los resultados del estudio muestran que la universidad necesita una extensión de 1754.63 ha de bosque en el 2008 y de 1811.45 ha en el 2009 para asimilar las emisiones de CO₂ producidas, más de 4 veces la extensión ocupada por el campus.
2. La Huella ecológica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas en el año 2008 fue de 0.2069 ha/persona y en el año 2009 de 0.2147 ha/persona, valores similares a los reportados para otras universidades.
3. El principal impacto ambiental identificado en la Universidad central Marta Abreu de Las Villas es el asociado al consumo de electricidad, seguido por el impacto asociado al consumo de alimentos.
4. La huella ecológica es un índice de sostenibilidad que usado armónicamente con un sistema de indicadores de sostenibilidad permite identificar los impactos ambientales más significativos causados al entorno y constituye un elemento en el sistema de gestión integral de las universidades.

Nomenclatura utilizada:

CO₂: Dióxido de carbono.

Fc: consumo específico en uso final, (tep/MW-h).

ha: hectáreas.

kg: kilogramos.

tep: tonelada equivalente de petróleo.

um: unidad de medida en que se computa un consumo.

t: toneladas.

UCLV: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Noelia López Álvarez de la Oficina de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela por los materiales facilitados para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Wackernagel Mathis y Rees William. 2001. Nuestra huella ecológica, Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. Ediciones LOM. Santiago de Chile.
2. López Álvarez N. 2009. Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. Universidad de Santiago de Compostela. Oficina de Desarrollo Sostenible. http://www.conama9.org/conama9/download/files/CTs/987984792_NL%F3pez.pdf
3. López Álvarez, N; López Rodríguez, R; Taboada Fernández, J. L. 2008. 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,
4. Manso R. 2001. Resultado de la estimación de la captura de carbón en Cuba entre los años 1989 y 1997. Simposio internacional de medición y monitoreo de la captura de en ecosistemas forestales. 19 al 20 de octubre 2001. Valdivia Chile. ISSN 1016-3263.
5. Domenech, J. L. 2004. La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón. Actas del VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. 22-26 Nov., 2004. Madrid. CD-ROM: 8 pp.
6. Cuchí, A., López, I. 1999. 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.
7. Marañón, et. al. 2008. Propuesta de índices de conversión de residuos para la huella ecológica. Observatorio iberoamericano del desarrollo local y la economía social. Año 1 – Nro. 4 – Abril, mayo, junio de 2008. ISSN 1988-2483.
8. Olalla Tárraga M. 2003. Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica. Aplicación a la UAM. http://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/descargas/investigacion/Resumen_PFC_Indicadores.pdf. Revisado 12 de mayo 2011.