

Huella ecológica del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja

Ecological Footprint of the Agricultural and Renewable Natural Resources Area at National University of Loja

Pablo Alvarez-Figueroa¹

Leidy Quezada-Vélez²

Luis Capa-Cobos²

1. Programa de Investigación Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos-Universidad Nacional de Loja

2. Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente-Universidad Nacional de Loja

*Autor para correspondencia: pablo.alvarez@unl.edu.ec

RECIBIDO: 19/9/2016

APROBADO: 16/11/2016

RESUMEN

La huella ecológica para el año 2014 en el AARNR de la UNL, que consiste en analizar las demandas humanas sobre la biósfera comparando el consumo con la capacidad regenerativa de la Tierra fue calculada y medidas de eco-eficiencia fueron propuestas. Se determinó las toneladas de dióxido de carbono (t CO₂) emitidas a la atmósfera a causa del consumo de energía eléctrica, papel, agua, construcción de edificios, movilidad, y generación de residuos, empleando factores de emisión. Se determinó que la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera fue de 330,97 t/CO₂/ha/año en un espacio de 2,67 ha correspondiente al AARNR. La capacidad de fijación de CO₂ en un terreno forestal en la provincia de Loja en la que se acumula biomasa viva y muerta es de 4 404 t/CO₂/ha/año. El área requerida para la absorción de las emisiones de CO₂ fue de 75,15 ha. Se calculó que la huella ecológica fue de 0,13 hag/persona/año, que es un valor aceptable con respecto a los reportes

ABSTRACT

The ecological footprint by 2014 in the AR-NRA at NUL, which involves analyzing human demands on the biosphere by comparing the consumption with regenerative capacity of the Earth was calculated and eco-efficiency measures were proposed. The number of carbon dioxide tons (t CO₂) released into the atmosphere because of the electricity, water and paper consumption, buildings construction, mobility and waste generation, was determined by using emission factors. It was determined that the amount of CO₂ emitted into the atmosphere was 330.97 t/CO₂/ha/year in a space of 2.67 ha corresponding to the ARNRA. The CO₂ fixation capacity in forest land in the province of Loja where living and dead biomass accumulates was 4 404 t/CO₂/ha/year. The area required for the absorption of CO₂ emissions was 75.15 ha. It was calculated that the ecological footprint was 0.13 ghas/person/year, which is an acceptable value compared to reports from other

de otras universidades. Además se determinó la ausencia de déficit ecológico ya que la biocapacidad fue de 1,79 hag/persona/año. Las medidas de eco-eficiencia propuestas permitirán la reducción de impactos ambientales, siempre y cuando exista el compromiso de la comunidad universitaria.

Palabras Clave: biocapacidad, déficit ecológico, eco-eficiencia, huella ecológica.

universities. In addition, it was determined the absence of ecological deficit because the biocapacity was 1.79 ghas/person/year. The proposed eco-efficiency measures will allow the reduction of environmental impacts, as long as there is commitment from the University community.

Keywords: biocapacity, eco-efficiency, ecological deficit, ecological footprint.

■ INTRODUCCIÓN

Desde la puesta en marcha del Protocolo de Kioto, las organizaciones han introducido en sus políticas y decisiones, conceptos como sostenibilidad, cambio climático e impactos ambientales (García y Cuesta, 2007; IPCC, 2007). La mitigación del cambio climático es un reto que muchas organizaciones lo han convertido en oportunidad para controlar sus impactos sobre el medio ambiente (Ferrer y Muñoa, 2010). Una de las categorías de impacto ambiental más reconocidas a nivel mundial y mejor aceptada es la Huella Ecológica (HE) que mide el impacto global de una actividad, producto, servicio, evento e incluso de una persona, cuantificando las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas a lo largo del ciclo de vida (Doménech, 2006; Arroyo et al., 2009).

La HE se ha convertido en una estrategia clave para las empresas e instituciones que apuestan por un desarrollo sostenible a través de la reducción de las emisiones y costos energéticos para cumplir con las normativas cada vez más exigentes (Doménech y Arenales, 2008). El cálculo de la HE ha sido incorporado a nivel de universidades a partir del año 2000, siendo las universidades europeas y de Norte América las pioneras (Tomasellí, 2004). En Ecuador el primer cálculo de la HE lo realizó la Universidad San Francisco de Quito en el año 2004.

El Ministerio del Ambiente ha impulsado esta iniciativa con el objetivo de declarar como punto verde a los lugares que logran reducir la HE a través de la aplicación de un manual de buenas prácticas ambientales que contemple medidas ecológicamente eficientes (MAE, 2013).

El presente estudio se desarrolló con la finalidad de a) estimar la Huella Ecológica en el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja para el año 2014 y b) proponer medidas operativas de eco-eficiencia que permitan brindar servicios utilizando menos recursos naturales y económicos para la reducción progresiva de impactos ambientales. Debido a la complejidad en la obtención de información en todo el campus universitario, se centralizó el estudio en el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (AARNR).

■ MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se desarrolló en el Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (AARNR) de la Universidad Nacional de Loja, cantón y provincia de Loja, que tiene una extensión aproximada de 2,6 ha (Figura 1). En el año 2014 el AARNR estuvo integrada por 878 personas, de los cuales 713 fueron estudiantes, 80 docentes (contratados y permanentes)

y 85 pertenecientes al personal administrativo y de servicio. En el sitio objeto de análisis funcionan las carreras de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Forestal,

Agronómica, Agrícola y Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como los laboratorios de estas dependencias, el Hospital Veterinario, zonas verdes y bloques administrativos.

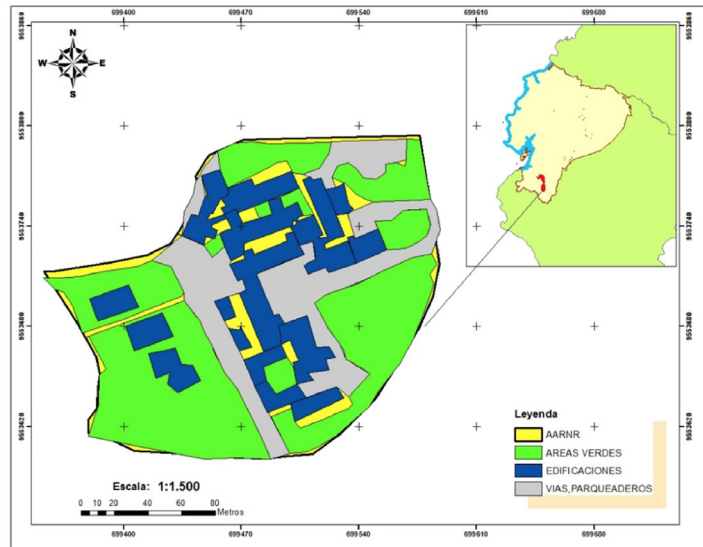


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la que se estimó la huella ecológica.

Métodos

Determinación de la HE

Para el cálculo de la HE se tomó como base el manual “Metodología para el cálculo de la Huella Ecológica en Universidades” propuesto por López y Blanco (2008), de la oficina de desarrollo sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela; además estudios presentados por Doménech (2006 y 2007) y Leiva (2012). Cabe mencionar que estas metodologías son basadas y adaptadas de Wackernagel y Rees (1996).

El impacto asociado al consumo de recursos naturales y generación de residuos se determinó a partir de las emisiones de CO₂ por el consumo de energía eléctrica, papel, agua, construcción de edificios, movilidad y generación de residuos. Estas emisiones fueron posteriormente traducidas a superficie de bosque necesaria para asimilarlas. Para el cálculo de

las emisiones de CO₂ se emplearon factores de emisión, obtenidos de diversos autores (Doménech, 2007; López y Blanco 2008; Leiva, 2012). La información de los consumos de energía eléctrica y papel, construcción de edificios, movilidad (vehículos pertenecientes al AARNR) y agua fue obtenida de forma directa a partir de registros. La generación de residuos fue estimada a partir de estudios previos. El gasto en movilidad (estudiantes, docentes y personal administrativo y de servicio) fue obtenido mediante encuestas. Para determinar la capacidad de fijación de carbono de un terreno forestal se utilizó la información descrita por Aguirre y Aguirre (2004) para un bosque montano de 35 años de edad del cantón Loja, que presentó valores de fijación de biomasa de 1,2 t C/ha/año, que en términos de fijación de CO₂ equivale a 4,404 t CO₂/ha/año. La HE se determinó aplicando la Ecuación 1:

$$Huella\ Ecológica\left(\frac{ha}{año}\right) = \left(\frac{Emisiones\ (t\ CO_2)}{C.Fijación\left(\frac{t\ CO_2}{\frac{ha}{año}}\right)}\right) + Superficie\ del\ AARNR\left(\frac{ha}{año}\right) \quad (1)$$

Para comparar los resultados de HE obtenidos en el AARNR, con resultados a nivel local, nacional y mundial, se expresó la HE a hag, que se define como una hectárea con la capacidad

mundial promedio de producir recursos y absorber residuos. La transformación se realizó mediante la Ecuación 2:

$$HE_{AARNR}\left(\frac{hag}{año}\right) = HE_{AARNR}\left(\frac{ha}{año}\right) * Factor\ de\ equivalencia \quad (2)$$

Biocapacidad

La Biocapacidad (BC) es entendida como la capacidad regenerativa de la tierra, es decir la habilidad de los ecosistemas para proveer servicios ambientales y recursos naturales necesarios para la humanidad y absorber los residuos generados (MAE, 2013). La BC correspondiente al AARNR se determinó mediante la Ecuación 3:

$$BC = A * YF * EQF \quad (3)$$

Dónde A es el área disponible para un uso de suelo determinado, YF es el factor de rendimiento y EQF: factor de equivalencia.

Déficit Ecológico

El déficit ecológico (DE) se define como la cantidad de terreno productivo que hace falta para satisfacer las necesidades de una población determinada y que sobrepasa la BC de la zona en la que viven (CEPAL, 2010). Una vez conocida la HE y BC, se determinó la presencia o ausencia de DE mediante la siguiente relación: BC – HE. Sí la relación es > 0 habrá un Superávit Ecológico, y si es < 0 habrá un DE.

Medidas de eco-eficiencia propuestas para reducir la HE

Con la finalidad de mitigar el impacto ocasionado por el consumo de recursos y generación de residuos se elaboró un manual de buenas prácticas ambientales (BPAs). Con fines prácticos en el presente documento se muestra un resumen de las medidas eco-eficientes propuestas.

Análisis de datos

Para los datos obtenidos mediante encuestas, el tamaño de la muestra de estudiantes, docentes, personal administrativo y de servicio fue determinado mediante la Ecuación 4.

$$n = \frac{N * Z^2 * \sigma^2}{(N-1) * e^2 + Z^2 * \sigma^2} \quad (4)$$

Dónde: n es el tamaño de muestra, N es la población en el AARNR (878), Z es el nivel de confianza (1,96), s es la desviación estándar (0,5) y e el error de estimación (0,01). Para extrapolar estos resultados para toda el AARNR se aplicó la siguiente Ecuación 5. Los gráficos fueron realizados con el software estadístico InfoStat.

$$\text{Valor/AARNR} = F.\text{extracción} \quad (\text{población/muestra}) * \text{Valor de la encuesta} \quad (5)$$

RESULTADOS

Huella Ecológica

En el Tabla 1 se puede observar la HE del consumo, construcción de edificios, movilidad y generación de residuos en el AARNR. Para conocer la HE por persona se dividió el total de HE ha/año para la población del AARNR, obteniendo un valor de 0,13 hag/persona/año.

Tabla 1. Emisiones de CO₂ y valores de Huella Ecológica por el consumo de recursos y generación de residuos en el AARNR en 2014.

Categoría	Emisiones t CO ₂ /año	Huella Ecológica ha/año	Huella Ecológica hag/año
Consumo de energía eléctrica	33,47	10,27	13,76
Consumo de papel	8,98	4,71	6,31
Construcción de edificios	20,24	7,27	9,74
Movilidad	122,42	30,46	40,81
Consumo de agua	104,83	26,47	35,47
Generación de Residuos	41,08	12,00	16,08
TOTAL	330,97	77,82	104,28

Como se aprecia en la Figura 2, el factor que mayor porcentaje de emisiones de CO₂ y por ende mayor impacto en la HE presentó es el apartado de movilidad (37%), seguido del consumo de agua (32%) y posteriormente con la generación de residuos sólidos y consumo de energía eléctrica con 12% y 10% respectivamente, mientras tanto la construcción de edificios y consumos de papel presentaron el menor valor.

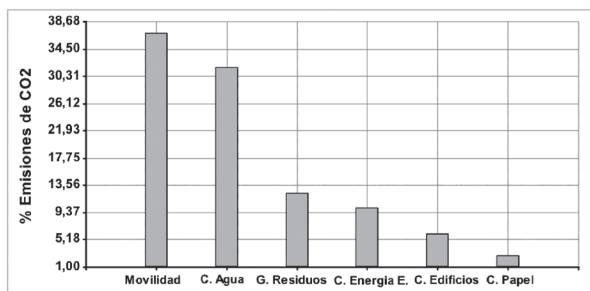


Figura 2. Porcentaje de emisiones de CO₂ a la atmósfera en el AARNR en 2014.

En la Figura 3 se puede observar que la HE del AARNR es baja en relación a la reportada por otras universidades especialmente norteamericanas y españolas como el Colorado College (EEUU), Universidad de Toronto (Canadá), Holme Lacy College (Inglaterra), Universidad de León (España), Oxford Brookes (Inglaterra), Universidad de Newcastle (Australia) y Universidad Santiago de Compostela (España) que tienen una HE de 2,24, 1,04, 0,64, 0,45, 0,22, 0,19 y 0,16 hag/persona/año respectivamente; mientras que es más alta que la reportada en la Universidad San Francisco de Quito (Ecuador) que tiene una HE de 0,08 hag/persona/año (Flint, 2001; Martin y Jucker 2003, Tomasellí, 2004; Doménech, 2007; López y Blanco, 2008; Arroyo et al., 2009; Leiva, 2012; Carpio, 2013).

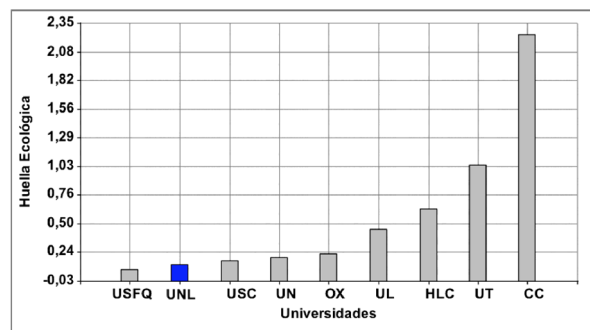


Figura 3. Comparación de la Huella Ecológica con otras Instituciones de Educación Superior. USFQ: Universidad San Francisco de Quito, UNL: Universidad Nacional de Loja; USC: Universidad Santiago de Compostela, UN: Universidad de Newcastle, OX: Oxford Brookes, UL: Universidad de León, HLC: Holme Lacy College, UT: Universidad de Toronto y CC: Colorado College. Fuente: únicamente los datos de la Universidad Nacional de Loja fueron generados por el autor en el presente estudio.

Biocapacidad

Con los resultados del valor de la HE se determinó la Biocapacidad considerando las áreas verdes existentes en el AARNR que corresponden a 1,34 ha. El factor de rendimiento se lo tomó como 0 ya que el área fue considerada como un terreno de producción equivalente a

bosques, debido a que este es el responsable de la absorción de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles, cambios de uso del suelo y procesos químicos dentro del área de estudio. Se tomó en cuenta el factor de equivalencia que fue de 1,34 hag/ha (WWF, 2008; López y Blanco, 2008). Por tanto la BC en el AARNR es de 1,79 hag/persona/año.

Déficit Ecológico

De acuerdo a la relación de entre la HE y Biocapacidad se determinó que en el AARNR no existe Déficit Ecológico ya que el valor de Biocapacidad es superior al valor de HE.

$$1,79 \text{ hag/persona/año} - 0,12 \text{ hag/persona/año} = 1,67 > 0$$

Medidas de eco-eficiencia

La eco-eficiencia se halla estrechamente ligada al desarrollo sostenible que significa añadir cada vez más valor a los productos y servicios, consumiendo menos materias primas, generando cada vez menos contaminación a través de procedimientos ecológica y económicamente eficientes (MINAM, 2013). Las medidas propuestas en el manual de buenas prácticas ambientales para el AARNR están enfocadas a reducir el consumo de energía eléctrica, papel, agua; emisiones por movilidad; así como disminuir la generación de residuos. Para la participación activa de la comunidad universitaria y promover la cultura ambiental, se planteó tres estrategias con sus respectivas líneas de acción que son: 1) promover los marcos éticos, valores y cultura del desarrollo sustentable ante la comunidad universitaria, con la finalidad de cultivar conocimiento y conciencia ambiental, 2) impulsar y fortalecer los espacios y mecanismos de la participación de la comunidad universitaria en el calendario ecológico nacional y 3) propiciar la creación de políticas ambientales

institucionales para disminuir la generación de residuos; con sus respectivas líneas de acción y responsables de la ejecución.

DISCUSIÓN

La cantidad de t CO₂/año generados en una institución difieren por el tamaño de población así como por las categorías de análisis. El AARNR se emite a la atmósfera 0,38 t CO₂/año/persona. Estos valores son inferiores a los reportados por las Universidades de Málaga y Santiago de Compostela. La primera reporta 1,24 t CO₂/año/persona (UMA, 2011); mientras que la segunda 1,01 t CO₂/año/persona (López y Blanco, 2008). Los resultados del presente estudio son similares a los reportados en la Universidad de Granada que emite 0,35 t CO₂/año/persona (Cárdenas et al., 2011).

La categoría de movilidad es la que mayor cantidad de t CO₂/año aporta a la atmósfera con 122,37, seguido del consumo de agua con 104,83 t CO₂/año y posteriormente la generación de residuos sólidos, consumo de energía eléctrica y construcción de edificios con 41,08; 33,47 y 20,24 t CO₂/año respectivamente. El consumo de papel es el que reporta la menor cantidad con 8,98 t CO₂/año. El alto valor de movilidad se debe a que en el área de estudio se trabaja y estudia con doble jornada (7:30-12:30 y 15:00-18:00) lo cual provoca que estudiantes, docentes y personal administrativo y de servicio tengan que realizar cuatro veces el mismo trayecto. Por otro lado las Universidades de Santiago de Compostela y Granada reportan que la categoría que mayor cantidad de t CO₂/año emiten a la atmósfera es la correspondiente a energía eléctrica, mientras que la Universidad de Málaga reporta la categoría de construcción de edificios (López y Blanco, 2008; UMA, 2011). Estos valores se deben a que las universidades Santiago de Compostela, Granada y UNL tienen horarios de día y noche que incrementan

el consumo de energía eléctrica (López y Blanco, 2008; Cárdenas et al., 2011), mientras que la universidad de Málaga se debe a las dimensiones de la infraestructura (UMA, 2011).

Las diferencias en el valor de la HE se deben principalmente a las categorías de análisis consideradas, la metodología utilizada y de cierta forma la disponibilidad de información. Doménech (2006), menciona que queda a criterio del investigador el número y tipo de categorías a ser consideradas en el cálculo de la HE, sin embargo la información generada debe ser verídica y confiable, para lo cual las instituciones deben tener un inventario de las entradas, procesos y salidas que se desarrollen en función de las actividades académicas, administrativas y de mantenimiento. Sin embargo López y Blanco (2008) describe una metodología que abarca cinco categorías (consumo de energía eléctrica, papel y agua, construcción de edificios, movilidad y generación de residuos) para el caso del cálculo de la HE en Universidades.

Las instituciones de educación superior deberían contar con una manual buenas prácticas ambientales (BPAs) donde se fomente la aplicación de medidas eco-eficientes con la finalidad de evitar construcciones innecesarias a través de la optimización de la infraestructura disponible, reducir el consumo de recursos como agua, papel y energía eléctrica, disminuir la generación de residuos, promover el uso de medios de transporte alternativos; con lo cual se contribuirá a mitigar los impactos ambientales generados y atenuar la presión que la naturaleza soporta por el elevado consumo de recursos naturales, la generación de residuos que ello conlleva y la contaminación.

■ CONCLUSIONES

La huella ecológica del AARNR fue de a 0,13 hag/persona/año con un total de 330,97 t CO₂/año emitidas a la atmósfera, siendo un valor aceptable con respecto a los reportes de otras universidades. La movilidad y el consumo de agua fueron las categorías que aportaron en mayor medida al valor de la huella ecológica con 37% y 32% respectivamente, mientras que el que menor aporte tuvo fue el consumo de papel (3%), valor que debe ser aún reducido. El área que se requiere para absorber la cantidad de CO₂ emitida por año es de 75,15 ha. La aplicación de medidas eco-eficientes permitirá mantener un ritmo sustentable de las actividades y servicios que presta la comunidad universitaria.

LITERATURA CITADA

Aguirre N. y Z. Aguirre. (2004). Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador. Loja, Ec. Universidad Nacional de Loja. 54 p.

Arroyo P., J. Alvares, J. Fernández, C. Martínez, G. Ansola y E. Calabuig. (2009). Huella Ecológica del Campus Vegazana. Seguridad y Medio Ambiente. 113:38-51.

Cárdenas C., A. Peinado, A. Mora y L. Moreno. (2011). Cálculo de la huella ecológica. Unidad de Calidad Ambiental. Universidad de Granada. 41 p.

Carpio M. (2013). Huella Ecológica y ecosistemas estratégicos: indicadores de sostenibilidad para el ordenamiento territorial. Análisis en el cantón Cuenca. Universidad de Cuenca. 40 p.

CEPAL. (2010). Huella ecológica: conceptos básicos y metodología. Centro de Educación Ambiental del Paisaje de Aranjuez. Fundación Aranjuez Paisaje Cultural. España. 1-7.

Doménech J. (2006). Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa. En terceros encuentros sobre desarrollo sostenible y población. 46 p.

Doménech J. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. AENOR. Madrid. 377 p.

Doménech J. y G. Arenales. (2008). La huella ecológica de las empresas: 4 años de seguimiento en el puerto de Gijón. OI.DLES. Universidad de Málaga. 21 p.

Ferrer A. y A. Muñoa. (2010). Sistemas de gestión ambiental. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). España. 88 p.

Flint K. (2001). Institutional ecological footprint analysis: a case study of the University of Newcastle. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 2: 48-62. García L. y C. Cuesta. (2007). El Protocolo de Kioto y los

costos ambientales. *Instituto Internacional de Costos*. 1: 9-31.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change: The Physical Science Basis*. Cambridge Press, New York. 104 p.

Leiva J., I. Rodríguez y P. Martínez. (2012). Cálculo de la huella ecológica de la Universidad Central "Marta Abreu" de las villas. Santa Clara, Cuba. 30-34.

López N. y D. Blanco. (2008). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. *Cumbre del Desarrollo Sostenible*. Madrid. 24 p.

Martin S. y R. Jucker. (2003). *Education for a Sustainable Future. Educating earth-literate leaders*. Prague, Czech Republic. 10 p.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). (2013). *Reporte de la Huella Ecológica Ecuador: 2008 y 2009*. Quito, Ecuador. 30 p.

Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM). (2013). *Instituciones Públicas Ecoeficientes*. Lima, Perú. Disponible en: <http://ecoeficiencia.minam.gob.pe/public/docs/31.pdf>

Tomasellí M. (2004). *Investigación de la Huella Ecológica en la Universidad de San Francisco: cálculo y creación de un reportaje*. Quito, Ecuador. 57 p.

Universidad de Málaga (UMA). (2011). *Huella Ecológica de la Universidad de Málaga*. Vicerrectorado de Infraestructuras y Sostenibilidad. 16 p.

Wackernagel M. y W. Rees. (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on Earth*. New Society Publishers. 17 p.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2010). *Vision 2050: a new agenda for business*. Switzerland. 80 p. Disponible en <http://www.wbcsd.org/>

World Wildlife Fund (WWF). (2008). *Informe planeta vivo*. 48 p. Disponible en <http://assets.panda.org/>