

¿ES LA HUELLA DE CARBONO EL MEJOR INDICADOR AMBIENTAL, O SIMPLEMENTE EL MÁS SENCILLO?

M.J. Bastante-Ceca¹

R. Viñoles-Cebolla¹

J.I. Torregrosa-López²

V. G. Lo Iacono-Ferreira²

S. Capuz-Rizo¹

¹*Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universitat Politècnica de València*

²*Instituto de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental. Universitat Politècnica de València*

Abstract

This paper analyses the suitability of using the “Carbon footprint” indicator as a unique measure to establish the environmental quality of products or processes to other more complex indicators.

Although already seems to be admitted by the scientific community that to carry out a complete Life Cycle Assessment can be both time and money demanding, is the carbon footprint calculation the best tool to get an idea of the polluting potential of a product, process or activity? While at first it was “Ecological footprint” the more appropriate tool, the problems of global warming and the greenhouse effects are increasing their presence in the media, making pollution due to CO₂ as the only important problem and having a “carbon neutral behavior” as the main objective for the companies.

Some authors note already disadvantages of using this indicator as the only important to talk about the environmental goodness, comparing it to a more complex environmental analysis; some of these aspects will be discussed in this article.

Keywords: *carbon footprint; environmental quality; global warming; life cycle assessment*

Resumen

En esta ponencia se analiza la conveniencia de emplear el indicador “Huella de Carbono” como medida principal para establecer la calidad ambiental de productos o procesos, frente a otras herramientas más complejas.

Si bien es cierto que realizar un Análisis de Ciclo de Vida completo puede suponer un gran esfuerzo económico, además de requerir una gran cantidad de tiempo y personal adecuadamente formado, ¿es el cálculo de la Huella de Carbono la herramienta más idónea para hacernos una idea del potencial contaminante de un producto, proceso o actividad? Si bien en principio se habló de la Huella Ecológica como herramienta más adecuada, los problemas debidos al calentamiento global y al efecto invernadero están captando cada vez más atención en los medios, haciendo que la contaminación por CO₂ parezca la única importante, y haciendo que tener un “comportamiento carbono neutral” sea el término de moda entre las empresas.

Algunos autores señalan ya los inconvenientes de ceñirse a este indicador como el único importante a la hora de hablar de la bondad ambiental, frente a un análisis ambiental más complejo; algunos de estos aspectos serán discutidos en este artículo.

Palabras clave: *huella de carbono; calidad ambiental; calentamiento global; análisis de ciclo de vida*

1. Introducción

Este artículo estudia algunas de las herramientas más comúnmente utilizadas actualmente para comunicar la carga ambiental asociada a un producto, actividad u organización, como son el Análisis de Ciclo de Vida, la Huella Ecológica y la Huella de Carbono. El motivo de su elección radica en que todas consideran la perspectiva del ciclo de vida, algo ya establecido en la Política Integrada de Productos (CE, 2003), y porque se han convertido en las herramientas más demandadas por parte de las empresas, que comienzan a ver en ellas una forma muy útil de dar a conocer a la opinión pública, o a los agentes implicados en la toma de decisiones de índole ambiental, las bondades de sus productos o su comportamiento ambiental.

El artículo tiene también, como objetivo, plantear un debate sobre si la medida de la Huella de Carbono, que aparece como el indicador que está ganando la batalla para convertirse en el más empleado, es el indicador ideal, ya que algunos autores comienzan a señalar los inconvenientes de ceñirse a este indicador como el único importante a la hora de hablar de la bondad ambiental, frente a un análisis ambiental más complejo.

Para ello, y tras describir brevemente las características de las herramientas comentadas anteriormente, se presentan algunas ventajas e inconvenientes de la Huella de Carbono, que convendría tener en cuenta a la hora de emplearla como indicador, y de cara a mejorar su potencial como herramienta de comunicación del impacto ambiental asociado, únicamente, a la emisión de gases de efecto invernadero (problema ambiental muy importante, pero no el único).

2. Antecedentes: la medida y comunicación del impacto ambiental

Los primeros intentos por parte de las empresas de comunicar la incidencia ambiental que tenían sus productos o procesos de producción tuvo lugar a través de la implantación de sistemas de gestión medioambiental, donde un organismo certificador externo se encargaba de auditar y corroborar que la empresa cumplía con lo establecido en su política ambiental, declaración de principios donde se plasma su compromiso con el medio ambiente. Los sistemas de gestión ambiental más extendidos son los que especifican la Norma ISO 14001 (a nivel internacional), y el Reglamento EMAS (a nivel comunitario).

Conforme fue cambiando el foco de atención hacia el cual debían dirigirse los esfuerzos para reducir el impacto ambiental, variando desde los mecanismos de control de la contaminación hacia la cultura de la prevención, y con la aparición del marco legislativo europeo conocido como la Política Integrada de Producto, cobró más importancia la comunicación no sólo del impacto ambiental de los procesos de producción, sino también la del propio producto, más allá de su fabricación y puesta en el mercado. En este punto, se comenzó a extender la visión holística de la vida del producto, en lo que se vino a denominar "ciclo de vida físico del producto", que englobaría desde la selección de las materias primas hasta la eliminación del producto final, una vez agotada su vida útil. Así, la herramienta denominada Análisis de Ciclo de Vida se empleó para dar a conocer los impactos ambientales generados por un producto durante todo su ciclo de vida.

A raíz de la aparición del Informe Brundtland “Our Common Future”, en 1987 (Brundtland, 1987), el término “Desarrollo Sostenible” se hizo mundialmente conocido, y se convirtió en el objetivo a alcanzar por los países, que debían cambiar su modelo de desarrollo hacia uno sostenible. Así, la medida de la sostenibilidad se convirtió en una tarea que las empresas debían llevar a cabo para demostrar su compromiso en la consecución de los objetivos del desarrollo sostenible, es decir, lograr que las generaciones futuras estuviesen en igualdad de condiciones que las generaciones actuales para alcanzar su propio desarrollo.

En 1996, Wackernagel & Rees introdujeron el término “Huella Ecológica”, como una medida sencilla de la sostenibilidad en una sociedad de consumo. El cálculo de la “Huella Ecológica” tiene como objetivo traducir todos los impactos ambientales debidos a la actividad humana en las hectáreas de terreno productivo necesarias para producir los recursos consumidos así como los residuos generados, en un periodo de tiempo determinado (normalmente un año) (Neumayer, 2004). Se trata, pues, de un indicador de sostenibilidad medido en unidades de terreno, que compara el consumo de recursos naturales con la capacidad del planeta para proporcionarlos y para absorber los residuos correspondientes (Nourry, 2008).

Dada la complejidad de realizar un análisis de ciclo de vida completo, y la gran cantidad de tiempo que conlleva su realización, han aparecido lo que se conocen como “análisis de ciclo de vida simplificados”, centrados únicamente en alguna categoría de impacto, o en alguna de las etapas de ciclo de vida. Los primeros, según la categoría elegida, pueden recibir distintos nombres; en concreto, cuando la categoría elegida es la de potencial de contribución al calentamiento global, se ha denominado también Huella de Carbono, ya que se trata de una medida, en unidades equivalentes de CO₂, de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.

Así pues, no hay que confundir la Huella Ecológica (indicador de sostenibilidad), con la Huella de Carbono (indicador de emisiones de gases de efecto invernadero). El motivo de la predominancia de esta última se debe a que el problema del calentamiento global ha cobrado importancia en los últimos años, fundamentalmente por los informes realizados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), así como por la entrada en vigor del Protocolo de Kioto y por el compromiso de, entre otros, la Unión Europea, en su lucha contra el cambio climático, habiendo establecido la reducción de los gases de efecto invernadero entre sus objetivos prioritarios y habiendo declarado un compromiso para la reducción del 20% de sus emisiones de gases de efecto invernadero antes de 2020 con respecto a los niveles de 1990 (DOUE, 2009).

Los siguientes apartados se dedican a las herramientas comentadas anteriormente, precedentes de la Huella de Carbono: Análisis de Ciclo de Vida y Huella Ecológica.

2.1 El Análisis de Ciclo de Vida

Cuando se trata de medir el impacto ambiental provocado por un producto a lo largo de toda su vida, una de las herramientas sin duda más potentes es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), ya que considera todos los impactos producidos durante todas y cada una de las fases y/o procesos por las que pasa un producto a lo largo de su vida, desde la selección de las materias primas que posteriormente conformarán el producto hasta la retirada del mismo, una vez finalizada su vida útil. El ACV, es un proceso laborioso que evalúa las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, a través de un balance de entradas y salidas tanto de materia como de energía (Bastante-Ceca, 2006).

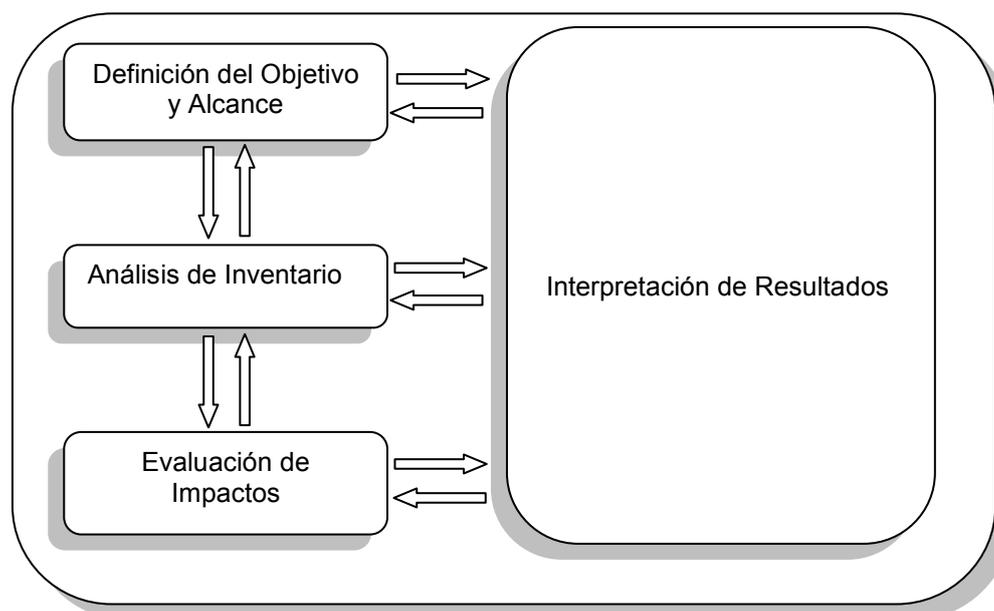
La técnica de ACV tiene sus orígenes en los años 60 del siglo pasado, cuando la comunidad científica, preocupada por el rápido agotamiento de los combustibles fósiles, lo desarrolló como una propuesta para comprender los impactos debidos al consumo de energía (Svodoba, 1995).

En 1993 la Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC, publicó un código de buenas prácticas para el ACV, y en 1997 dicho proceso fue estandarizado por la International Organization for Standardization, ISO, a través de la Norma ISO 14040:1997 “*Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Estructura*”. En 2006 apareció la última versión, que lleva por título UNE-EN ISO 14040:2006 “*Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*”.

Las fases en las cuales se descompone un ACV, según la Norma ISO 14040, se muestran en la Figura 1, y son las siguientes (AENOR, 2006):

- Definición del objetivo y alcance: se indicarán aquí la aplicación pretendida, las razones que justifican su estudio y el destinatario previsto (a quién se van a comunicar los resultados).
- Análisis de inventario: consiste en la obtención de datos y procedimientos de cálculo que permitan cuantificar las entradas y salidas relevantes del sistema-producto.
- Evaluación del impacto: habrá que evaluar la importancia de los impactos ambientales potenciales, utilizando para ello el análisis de inventario elaborado previamente.
- Interpretación de resultados: a partir de los resultados se obtendrán las conclusiones y se realizarán las recomendaciones que permitan la toma de decisiones, de forma coherente con el objetivo y alcance definidos en la primera fase.

Figura 1: Fases de un ACV (AENOR, 2006)



2.2 La Huella Ecológica

La Huella Ecológica (HE), es un indicador ambiental que evalúa dos principios básicos del Desarrollo Sostenible: el principio de sostenibilidad y el principio de equidad (Torregrosa López et al., 2009).

Fue definida por Wackernagel & Rees (1996), como “el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los

recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida”.

Así, podría decirse que la medida de la HE puede emplearse como medida de la sostenibilidad de una actividad u organización. Los pasos a seguir para determinar la HE son básicamente dos (Lo Iacono & Torregrosa, 2009):

1. Recogida de la información sobre los consumos y emisiones de CO₂ equivalente derivado de toda la actividad de la organización a evaluar.
2. Transformación de dicha información a hectáreas de terreno productivo necesarias para su obtención y absorción. Para llevar a cabo esta transformación existen distintas metodologías, y aquí radica el principal inconveniente de este indicador, ya que cada una de ellas emplea un sistema de conversión distinto, hecho que dificulta la comparación de resultados entre distintas actividades y/u organizaciones.

3. Un nuevo indicador: la Huella de Carbono

Conforme ha ido evolucionando la preocupación por el estado del medio ambiente, desde una preocupación general por los problemas ambientales globales hasta una preocupación centrada en el cambio climático y el calentamiento global (fruto, como se ha dicho antes, de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto en 2005), lo ha hecho también el desarrollo de herramientas para proporcionar información sobre estos nuevos aspectos objeto de atención. Así, el cálculo de la Huella Ecológica ha ido perdiendo interés en detrimento de un nuevo indicador: la Huella de Carbono, mucho más específica ya que traduce todas las emisiones de gases de efecto invernadero a equivalentes de CO₂.

Sin embargo, esta nueva herramienta no es nueva, ya que puede considerarse como un ACV simplificado, considerando únicamente la categoría de impacto de Potencial de Calentamiento Global (Global Warming Potential, GWP). La Huella de Carbono considera en su cálculo los gases de efecto invernadero incluidos en el Protocolo de Kioto: CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, HCFs y PFCs.

A continuación se describen dos de las principales herramientas empleadas para determinar la Huella de Carbono, como son la PAS 2050 y las calculadoras de CO₂.

3.1. La Norma PAS 2050

La Norma PAS 2050 (cuyas siglas hacen referencia a Publicly Available Specification), fue publicada por la British Standards Institution en 2008, colaborando en su elaboración organismos tales como la Confederation of British Industry, Carbon Trust, Energy Saving Trust, etc. Tiene como objetivo la evaluación del ciclo de vida de las emisiones de efecto invernadero, empleando para ello técnicas de análisis de ciclo de vida conforme a las normas ISO 14040 e ISO 14044, y considerando un horizonte de 100 años.

La metodología empleada para determinar la Huella de Carbono conforme a PAS 2050 calcula las emisiones de gases de efecto invernadero en 5 etapas (BSI, 2010):

1. Conversión de datos primarios y secundarios en emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, se incluye la lista de todos aquellos gases que deben ser considerados en la evaluación; las emisiones deben medirse en masa y posteriormente convertirse a emisiones empleando los factores de conversión del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).
2. Conversión de las emisiones a CO₂ equivalente.
3. Cálculo del carbono almacenado en el producto en CO₂ equivalente.

4. Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero por unidad funcional de producto (también en CO₂ equivalente).
5. Cálculo final de emisiones considerando materias primas o procesos menores que hayan sido excluidos del análisis de ciclo de vida.

Recientemente ha sido publicada la Norma "PAS 2060 Especificación para la neutralidad del carbono". El objetivo de esta norma, en consonancia con la Norma PAS 2050, es "permitir a las organizaciones asegurar que sus declaraciones sobre la neutralización de las emisiones de CO₂ son correctas, aumentando de esta forma la confianza de sus clientes" (BSI, 2011).

Los mecanismos que permite dicha norma para compensar las emisiones se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 1. Esquemas de compensación dentro de la PAS 2060 (Factor CO₂, 2011)

Mercados	Activos
Kioto	Activos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (CER)
	Activos de la Aplicación Conjunta (ERU)
	Derechos de emisión del comercio europeo de derechos de emisión (EUA)
	Activos con el esquema de aseguramiento de calidad del Gobierno Británico
Voluntarios	Gold Standard (GS)
	Voluntary Carbon Standard (VCS)

3.2. Las calculadoras de CO₂

Las calculadoras de carbono son una herramienta que se está extendiendo cada vez más, sobre todo a nivel particular, ya que proporcionan de forma rápida una idea de la contribución que cada individuo realiza, durante un periodo de tiempo determinado, a las emisiones totales de CO₂. Así, diversas instituciones y empresas han desarrollado su propia calculadora de carbono, que incorporan en sus páginas web, de forma que cualquier particular la pueda emplear.

En 2008, Padgett et al. realizaron un estudio comparativo de diversas calculadoras de carbono existentes, con el objetivo de analizar los distintos resultados que proporcionan cada una de ellas, ya que en muchos casos se emplean distintas metodologías o factores de conversión, encontrando que, en muchos casos, existe una gran falta de transparencia que hace difícil encontrar las razones de los distintos resultados que ofrecen cada una de ellas. Las calculadoras analizadas se ciñeron únicamente al ámbito estadounidense, para poder facilitar las comparaciones, y se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Calculadoras de carbono comparadas en el estudio (Padgett et al., 2008)

Denominación	Ubicación
American Forests	http://www.americanforests.org/resources/cc/
Be Green	http://www.begreennow.com/

Bonneville Environmental Foundation (BEF)	https://www.greenagsusa.org/GreenTags/calculator_intro.cfm
CarbonCounter.org	http://www.carboncounter.org/
Chuck Wright	http://www.chuck-wright.com/calculators/carbon.html
Clear Water	http://www.clearwater.org/carbon.html
The Conservation Fund	http://www.conservationfund.org/gozero
EPA	http://www.epa.gov/climatechange/emissions/
SafeClimate	http://www.safeclimate.net/calculator/
TerraPass	http://www.terrapass.com/

Tras el estudio, los autores determinaron que, si bien las calculadoras de carbono son una herramienta muy útil para estimar las emisiones de CO₂ y proporcionar información válida de cara a promover cambios en políticas y comportamientos individuales, hay que tener cuidado, ya que los resultados difieren en hasta varias toneladas por año, habiendo empleado en todas ellas el mismo perfil de consumidor, con un comportamiento estándar.

Como conclusión, los autores recomendaban aumentar la consistencia y transparencia de dichas herramientas, dado su alto potencial para incrementar la conciencia ambiental de los consumidores hacia la reducción de las emisiones de CO₂.

4. Ventajas e inconvenientes de la Huella de Carbono como indicador ambiental

Tras haber presentado las principales características de la Huella de Carbono la pregunta que se hace ahora la comunidad científica es: ¿es este indicador el mejor reflejo de la contaminación ambiental asociada a un producto, proceso, o institución? ¿Estamos dejando de lado otros problemas que, en un futuro cercano, puedan ser más importantes que el cambio climático?

Finkbeiner (2009), señala que adoptar la Huella de Carbono como única medida de referencia puede conducir a incongruencias tales como escoger la energía nuclear como la menos contaminante, debido a que su huella es inferior, incluso, a la de muchas energías renovables; de esta forma, y si sólo miramos la Huella de Carbono asociada a distintas fuentes de energía, la energía nuclear es la solución y se presenta como la energía más limpia, algo que antes del reciente terremoto ocurrido en Japón parecía estar admitido, pero que ha vuelto a estar, cuanto menos, en discusión, a raíz de los problemas que está ocasionando dicho terremoto en las centrales nucleares japonesas, concretamente en la de Fukushima.

También, y adoptando la Huella de Carbono como indicador de calidad ambiental, deberían eliminarse los procesos de reciclado del papel, ya que el papel virgen posee una huella cercana a cero, a menos que la energía empleada en dichos procesos provenga de fuentes de energía renovables.

Otras acciones a las que podría conducir el considerar la Huella de Carbono como único indicador serían, por ejemplo, prescindir de los sistemas de depuración de agua para eliminar la materia orgánica, o eliminar los catalizadores y los filtros de partículas en los automóviles diesel, ya que en ambos casos se aumenta la Huella de Carbono.

Así, este autor señala que, ante la duda sobre si emplear o no la Huella de Carbono como indicador ambiental, hay mucho que discutir todavía, ya que algunos aspectos no están todavía lo suficientemente claros. Algunos aspectos clave que fueron tratados por el grupo de trabajo que tiene ISO para estos temas han sido los siguientes (Finkbeiner, 2009):

- ¿Qué emisiones incluir, etapas del ciclo de vida considerar, o cuáles son los límites del sistema?
- ¿Debe incluirse la compensación de emisiones en el cálculo?
- ¿Qué tipo de datos deben incluirse en el cálculo y cómo se atribuyen las emisiones, para asignar a cada producto/proceso sus emisiones correspondientes?
- ¿Cómo definir los escenarios de fin de vida?
- ¿Cómo manejar los aspectos relativos al almacenamiento, secuestro o captura de carbono?
- ¿Cómo tratar con los bienes de producción?
- ¿Cómo abordar el tipo de energía empleada?

Sin embargo, y pese a todo, Finkbeiner también señala algunas ventajas:

- La Huella de Carbono ofrece un potencial para que las organizaciones adopten enfoques de ciclo de vida en sus procesos de toma de decisión que el ACV aún no ha sido capaz de ofrecer.
- Ofrece un método práctico y simple que permite analizar un gran número de productos en un corto espacio de tiempo.

5. Conclusiones

Este artículo presenta algunas de las herramientas que se han venido empleando en las últimas décadas para comunicar el impacto ambiental de los productos, procesos u organizaciones. En primer lugar se ha comentado el Análisis de Ciclo de Vida, como técnica más completa y, a la vez, más laboriosa de implementar. Con la aparición del concepto de desarrollo sostenible, la medida de la sostenibilidad (más allá de lo puramente ambiental), se convirtió en el objetivo, y apareció la Huella Ecológica como uno de sus indicadores.

Posteriormente, se presenta la Huella de Carbono, como la herramienta más “de moda” para medir la contribución que realiza un producto, una organización, un país o incluso un ciudadano a nivel individual, al cambio climático, que es uno de los problemas ambientales que mayor atención está recibiendo por parte de las instituciones políticas. Sin embargo, hay aún muchas incógnitas al respecto de cómo usar esta herramienta, por lo que los resultados que ofrece deben emplearse con precaución, sobre todo si proceden de las denominadas “calculadoras de carbono”, algunas de las cuáles se han presentado en este artículo. Finalmente, se presentan algunas de las ventajas de la Huella de Carbono como indicador ambiental, pudiéndose concluir que, en definitiva, la Huella de Carbono es una herramienta totalmente válida, que no debe despreciarse dado su potencial de comunicación para los consumidores y su creciente demanda por parte de las empresas y organizaciones, sino simplemente adaptarla y mejorarla para superar los posibles defectos que pueda tener.

Todo ello sin perder de vista que no ha de ser considerada como la única herramienta válida para comunicar el impacto ambiental, ya que otros problemas ambientales (erosión, lluvia ácida, pérdida de biodiversidad o agotamiento de los recursos naturales), puedan convertirse en prioritarios en los próximos años.

Referencias

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) (2006). *UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia*. AENOR, Madrid.
- Baldo, J.L., Marino, M., & Montani, M. (2009). The carbon footprint measurement toolkit for the EU Ecolabel. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14, 591-596.
- Bastante-Ceca, M.J. (2006). Propuesta metodológica para la cuantificación de la ecoeficiencia de los productos industriales a partir de la evaluación del valor funcional y de los impactos económico y funcional. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València. Valencia.
- BSI (British Standards Institution) (2011). <http://www.bsigroup.es/es>.
- Boguski, T.K. (2010). Life cycle carbon footprint of the National Geographic magazine. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 635-643.
- Carbon Trust (2007a). Nine leading companies commit to carbon footprint products. Carbon Trust. Disponible en http://www.carbontrust.co.uk/news/news/press-centre/2007/Pages/190907_Partner%20announcement.aspx.
- Carbon Trust (2007b). Carbon Trust launches Carbon Reduction Label. Carbon Trust. Disponible en http://www.carbontrust.co.uk/news/news/press-centre/2007/Pages/160307_carbon_label.aspx.
- Carbon Trust (2011). New initiative announced to help ICT industry measure carbon footprint. Disponible en <http://www.carbontrust.co.uk/news/news/press-centre/2011/Pages/ICT-measure-carbon-footprint.aspx>.
- CE (Comisión Europea) (2003). Política de Productos Integrada. Desarrollo del concepto del ciclo de vida medioambiental. Comunicación de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo. COM (2003) 302 final. Comisión Europea. Bruselas.
- Domínguez-Ramos, A., Held, M., Aldaco, R., Fischer, M. & Irabien, A. (2010). Prospective CO₂ emissions from energy supplying systems: photovoltaic systems and conventional grid within Spanish frame conditions. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, 557-566.
- DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea) (2009). Decisión nº 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020. DOUE L 140/136. Estrasburgo. 136-148.
- Factor CO₂. Un estándar para la neutralidad de emisiones: la Norma PAS 2060. Obtenido en marzo, 2011, de <http://www.factorco2.com/comun/docs/19-Documento%20web%2020100520.pdf>
- Fiala, N. (2008). Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 67, 519-525.
- Finkbeiner, M. (2009). Carbon footprinting – opportunities and threats. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14, 91-94.
- Habert, H., Erg, K.H., & Krausmann, F. (2001). How to calculate and interpret ecological footprints for long periods of time: the case of Austria 1926-1995. *Ecological Economics*, 38 (1), 25-45.

- Herva, M., Franco, A., Ferreiro, S., Álvarez, A., & Roca, E. (2008). An approach for the application of the Ecological Footprint as environmental indicator in the textile sector. *Journal of Hazardous Materials*, 156, 478-487.
- Huang, Y.-F., Lin, Y.-C., & Yang, J.-T. (2010). An innovative indicator of carbon dioxide emissions for developing countries: A study of Taiwan. *Energy Policy*, 38, 3257-3262.
- Johnson, E. (2009). Goodbye to carbon neutral: Getting biomass footprints right. *Environmental Impact Assessment Review*, 29, 165-168.
- Laurent, A., Olsen, S.I., & Hauschild, M.Z. (2010). Carbon footprint as environmental performance indicator for the manufacturing industry. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 59, 37-40.
- Lo Iacono Ferreira, V. & Torregrosa López, J.I. (2009). La Huella Ecológica y su estampa. VI Congreso La investigación ante la sociedad del conocimiento. Sostenibilidad y Medio Ambiente. Ed. Marfil, Valencia. 133-136.
- Mamouni, E.A., Ghadouani, A., Schilizzi, S.G.M., & Mazzarol, T. (2009). Giving the consumer the choice: A methodology for Product Ecological Footprint calculation. *Ecological Economics*, 68, 2525-2534.
- Neumayer, E. (2004). Indicators of sustainability. In: Tietenbert, T. & Folmer, H (Eds). *International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2004/05*. Edward Elgar, Cheltenham, UK. Pp 139-188.
- Nourry, M. (2008). ANALYSIS: Measuring sustainable development: some empirical evidence for France from eight alternative indicators. *Ecological Economics*, 67, 441-456.
- Padgett, J.P., Steinemann, A.C., Clarke, J.H., & Vandenberg, M.P. (2008). A comparison of carbon calculators. *Environmental Impact Assessment Review*, 28, 106-115.
- Prescott-Allen, R. (2001). *The Well-Being of Nations: A Country-by-Country index of Quality of Life and the Environment*. Island Press, Washington DC.
- Proops, J.L.R., Atkinson, G., Schlotheim, B.F. & Simon, S. (1999). ANALYSIS: International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment. *Ecological Economics*, 28, 75-97.
- Rees, W.E. (1996). Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment*, 17 (3), 195-215.
- Torregrosa López, J.I., Martí Barranco C., & Lo Iacono Ferreira, V. (2010). La Huella Ecológica y de Carbono como indicador ambiental en las Universidades: estudio del caso en la UPV. *Cuaderno de Investigación en la Ingeniería. Investigación en ingeniería medioambiental. Vol III*. Ed. Marfil, Valencia. 101-114.
- Schmidt, H.J. (2009). Carbon footprinting, labelling and life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 14 (Suppl), S6-S9.
- Scipioni, A., Mastrobuono, M., Mazzi, A., & Manzardo, A. (2010). Voluntary GHG management using a life cycle approach. A case study. *Journal of Cleaner Production*, 18, 299-306.
- Svoboda, S. (1995). Note on Life Cycle Analysis. National Pollution Prevention Center for Higher Education. University of Michigan. Michigan.
- United Nations (1992). Agenda 21: Earth Summit. The United Nations Programme of Action from Rio. United Nations, New York, NY.

United Nations Development Programme (UNDP). (2004). Human Development Report 2004. Disponible en: <http://www.undp.org>.

Wackernagel, M., & Rees, W.E. (1996). Our ecological footprint – reducing human impact on Earth. New Society Publishers, Vancouver.

Wackernagel, M., & Rees, W.E. (1997). Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics*, 20 (1), 3-24.

Wilson, J., Tyedmers, P., & Pelot, R. (2007). Contrasting and comparing sustainable development indicator metrics. *Ecological indicators*, 7, 299-314.

Agradecimientos

Los resultados que se presentan en este artículo son parte del trabajo realizado en el proyecto “**Propuesta de una metodología para el cálculo de la Huella Ecológica y la Huella de Carbono en una Universidad. Aplicación a la Universidad Politécnica de Valencia**”, financiado dentro de la convocatoria 2010-11 del Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la U.P.V. (PAID-05-10).

Correspondencia (Para más información contacte con):

María José Bastante-Ceca
Departamento de Proyectos de Ingeniería – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera, s/n 46022 Valencia
Tf: +34 96 387 70 00 Ext. 75685
Fax: + 34 96 387 98 69
E-mail: mabasce1@dpi.upv.es
URL: <http://www.idea.dpi.upv.es>