

Titulo:

**Metodología de cálculo de la huella ecológica en industrias**  
**Methodology for calculating the ecological footprint in industries**

**Jorge Leiva Mas<sup>1</sup>, Iván Rodríguez Rico<sup>1</sup>, Pastora Martínez Nodal<sup>2</sup>.**

**Cándido Quintana Pérez<sup>3</sup>.**

**<sup>1</sup> Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.**

**<sup>2</sup> Centro de Estudio de Química Aplicada. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.**

**<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.**

**jorgelm@uclv.edu.cu Teléfono 211825-211826**

**Resumen**

En el trabajo se presenta una metodología que puede ser empleada en la industria para calcular la huella ecológica. El procedimiento toma en cuenta las experiencias a nivel internacional y las adapta a las condiciones de la industria azucarera cubana. La aplicación de la metodología permite medir el desempeño ambiental de la industria, el cual a su vez está influenciado por la tecnología, la disciplina tecnológica y la aplicación de medidas de producción más limpia. Esta herramienta permite evaluaciones espacio-temporal es de diferentes industrias.

Palabras clave: Huella ecológica, desempeño ambiental.

**Abstract.**

The paper presents a methodology that can be used in industry to calculate the ecological footprint. The procedure takes into account international experience and adapting to the conditions of the Cuban sugar industry. The application of the methodology to measure the environmental performance of industry, this performance is influenced by technology, technological discipline and application of cleaner production measures. This tool allows space-time assessments of different industries.

Key words: Ecological footprint, environmental performance.

## Introducción

En 1995, los urbanistas W. Rees y M. Wackernagel introdujeron el concepto de huella ecológica, concepto que podemos definir 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”.<sup>7</sup> 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 la sociedad con la limitada productividad ecológica de la tierra. Su cálculo ha sido adaptado para el sector empresarial.<sup>2</sup>

La huella ecológica evalúa un determinado modelo de vida. Se expresa en hectáreas por persona y año, representando la superficie de planeta necesaria para asimilar el impacto de las actividades del modelo de vida analizado. La huella de una industria 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.

## Desarrollo

Desde el punto de vista del impacto ambiental, una industria se puede considerar como un sistema integrado dentro de su entorno, con entradas asociadas al consumo de recursos naturales: agua, materias primas básicas, materias primas auxiliares, materiales de construcción, 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 tabla 1) 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 necesaria para asimilarlas.

## Resultados y Discusión

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> 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 consumos siguientes: agua, consumos asociados a la construcción de edificios, energía eléctrica, energía calorífica, consumo de combustible fósil asociado a la .....

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 tCO<sub>2</sub>/ha/año<sup>6</sup> A partir de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera, dividiendo por la capacidad de fijación de la masa forestal, se obtiene la superficie de bosque. A esta cantidad de bosque se sumará directamente también el espacio ocupado por los edificios.

**Tabla 1. Categorías contempladas en la metodología propuesta**

Consumos de recursos naturales	Producción de residuos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Urbanos (no peligrosos)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias primas básicas</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materias primas auxiliares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peligrosos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de edificios</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía eléctrica</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía calorífica</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movilidad</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación</li> </ul>	

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

$$Huella \left( \frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones (tonCO_2)}{C.Fijación \left( \frac{tonCO_2}{ha/año} \right)} + Superficie \left( \frac{ha}{año} \right)$$

**Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>**

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 *un* indica las unidades en las que se computa cada consumo considerado:

$$Emisiones (kgCO_2) = consumo (um) * Factor de emisión (kgCO_2/um)$$

Para 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.

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. En el caso de la construcción de edificios se tiene en cuenta que la vida útil de los mismos 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. En el caso de los consumos de alimentos y materia prima de origen agrícola se busca directamente la cantidad de hectáreas necesarias para su producción en función de sus productividades locales.

**Resultado emisiones de CO<sub>2</sub> y áreas requeridas Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de agua**

Se calcula el índice de eficiencia del sistema expresado en Kw-h/m<sup>3</sup>. Para conocer la cantidad de combustible requerido en toneladas de petróleo equivalente (tep) se utiliza el factor de conversión, Fc, consumo específico en uso final, reportado en informes del Ministerio de Economía y Planificación. Fc = 0,352.  
tep = Fc\* (consumo energía eléctrica)

**Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la construcción de edificios**

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

Según el Informe MIES<sup>1</sup> la generación de CO<sub>2</sub> de los edificios, con las consideraciones anteriores, son del orden de 475 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> en las nuevas construcciones y de 104 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> en las renovaciones, esto para una vida útil de 50 años como ha sido explicado anteriormente. Por tanto el índice utilizado anualmente será:

$$Índice anual de emisiones (kg. de CO_2/m^2) = 475/50 = 9,5$$

$$Emisiones de CO_2 = (kg. de CO_2/m^2) * (m^2 superficie construida)$$

Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de energía eléctrica

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, Fc, consumo específico en uso final ( 0,352).

$$tep = Fc* (consumo energía eléctrica)$$

Para obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera con la quema de este combustible utilizamos el índice de 3 t de CO<sub>2</sub> por cada t de petróleo equivalente consumida.

Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la movilidad

Los combustibles utilizados en la industria para fines de movilidad (aquí se incluyen todos los medios de transporte, transporte de materias primas, transporte de personal, administrativos y otros), son llevados a toneladas de petróleo equivalente (tpe). Finalmente para obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera con la quema de este combustible

utilizamos el índice de 3 t de CO<sub>2</sub> por cada t de petróleo equivalente consumida.

### **Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la generación de residuos**

Puede emplearse un dato de emisión local o en su defecto emplear el factor de emisión en kg de CO<sub>2</sub>/kg de residuos de 0,61.<sup>3</sup>

### **Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de materias primas auxiliares**

Se busca el índice local, o en su defecto el reportado internacionalmente de intensidad energética, expresado en (kg CO<sub>2</sub>/um).

Emisiones (kg CO<sub>2</sub>) = consumo (um) \*Factor de emisión (kg CO<sub>2</sub>/um)

### **Área requerida para el consumo de alimentos**

Para este acápite se contabilizan los consumos de los comedores durante el año, en este caso el indicador se calcula básicamente en función de los rendimientos por hectáreas de los cultivos o de la productividad de acuíferos, teniendo en cuenta las condiciones locales.

Área requerida (ha) = Consumo (um) / Productividad (um/ha)

### **Área requerida para el consumo de materia prima**

Para este acápite se contabilizan todos los consumos de materia prima de origen agrícola durante el año, en este caso el indicador se calcula básicamente en función de los rendimientos por hectáreas del cultivo.

Área requerida (ha) = Consumo (um) / Productividad (um/ha).

### **Resumen emisiones totales de CO<sub>2</sub> y de las áreas requeridas para su absorción**

Finalmente debe realizarse una tabla resumen de las emisiones de CO<sub>2</sub> así como de las áreas forestales requeridas para su absorción. De esta forma se puede realizar una comparación espacio temporal en una empresa, además de comparar empresas similares, lo que permite tomar medidas correctoras que incrementen la eficiencia de los procesos productivos a la vez que mejoren su desempeño ambiental. Para su mejor comprensión los resultados pueden representarse gráficamente.

## Conclusiones

1. La huella ecológica es un índice que se distingue por su gran potencial pedagógico mediante el cual es posible evaluar un determinado modelo de producción.
2. Es factible calcular la huella ecológica en instalaciones industriales.

## Bibliografía

1. Cuchí, A. e I. López: 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.
2. Domenech, J. L.: 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., 2004.
3. Iregui, G y E. Marañón: Propuesta de índices de conversión de residuos para la huella ecológica, Universidad de Oviedo, 2008.
4. López Álvarez, N; R. López Rodríguez y J. L. Taboada Fernández: 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.
5. López Álvarez, N.: Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. Universidad de Santiago de Compostela, Oficina de Desarrollo Sostenible.
6. Manso, R.: 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 en ecosistemas forestales, 19 al 20 de octubre de 2001, Valdivia, Chile, 2001. Wackernagel, Mathis and Rees William: Nuestra huella ecológica, Reduciendo el impacto humano sobre la Tierra, Ediciones LOM, Santiago de Chile, 2001