

Estimación de la huella de carbono en la industria papelera

Estimation of the carbon footprint in paper production in Cuba

Janet Canciano Fernández*

Máster en Ingeniería Ambiental, Investigadora Agregada. Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, La Habana, Cuba, janetcfdez@gmail.com; **ID:** <http://orcid.org/0000-0002-6698-4386>

Mirtha Reinoso Valladares

Máster en Ingeniería Ambiental, Investigadora Auxiliar. Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, La Habana, Cuba, mirtirei@gmail.com; **ID:** <http://orcid.org/0000-0001-6614-6895>

Xiomara Fernández Martínez

Máster en Comunicación Social, Profesora Asistente. Universidad de Sancti Spiritus José Martí, Sancti Spiritus, Cuba, xiomaraferm@nauta.cu; **ID:** <http://orcid.org/0000-0002-9904-1464>

Para citar este artículo/To reference this article/Para citar este artigo

Canciano Fernández, J., Reinoso Valladares, M. & Fernández Martínez, X. (2021). Estimación de la huella de carbono en la industria papelera. *Avances*, 23(4), 431-442, <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/654/1837>

Recibido: 30 de abril de 2021

Aceptado: 13 de septiembre de 2021

RESUMEN

A medida que el debate sobre los impactos ambientales de productos y servicios crece, se crean mitos y conceptos erróneos, según los cuales la industria de papel es responsable de una deforestación masiva y tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente. Sin embargo, la industria papelera en muchos países está comprometida con la preservación de los recursos naturales que constituyen el origen de la principal materia prima: la madera. La huella de carbono se ha empleado

para evaluar la sostenibilidad de este sector. Esta investigación tiene como objetivo determinar la huella de carbono en una industria dedicada al moldeado de celulosa empleado en la producción de bandejas para huevos. Se emplearon reconocidas metodologías para el cálculo de este indicador como la establecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático y la Metodología para el cálculo de emisiones y auditoría de gases de efecto invernadero. Se

cuantificaron las emisiones de dióxido de carbono equivalentes asociados a la producción de bandejas de huevo. Las mayores emisiones se encontraron dentro del Alcance 1 representando el 84,67 % del total. El mayor aporte dentro de este inventario viene dado por el consumo de queroseno en el horno de secado. En tal sentido, se obtuvo la huella de carbono para la producción de bandejas de huevos la cual arrojó un valor 0,08 tCO₂equivalente/unidades de bandejas producidas. Sobre la base de las propuestas realizadas por otros autores se evaluó la sustitución del queroseno por el gas licuado de petróleo como combustible del horno de secado lográndose evitar 785 tCO₂ equivalente a la atmósfera, lo que representa una reducción del 50 % de este indicador.

Palabras clave: dióxido de carbono equivalente; huella de carbono; moldeado de celulosa; bandejas para huevos.

ABSTRACT

As the debate about the environmental impacts of products and services grows, myths and misconceptions are created, according to which the paper industry is responsible for massive deforestation and has a negative impact on the environment. However, the paper industry in many countries is committed to preserving the

natural resources that constitute the origin of the main raw material: wood. The carbon footprint has been used to assess the sustainability of this sector. This research aims to determine the carbon footprint in an industry dedicated to the molding of cellulose used in the production of egg trays. Recognized methodologies were used to calculate this indicator, such as that established by the Intergovernmental Panel on Climate Change and the Methodology for calculating and auditing greenhouse gases. The emissions of equivalent carbon dioxide associated with the production of egg trays were quantified. The highest emissions were found within Scope 1, representing 84.67 % of the total. The largest contribution within this inventory is given by the consumption of kerosene in the drying oven. In this sense, the carbon footprint for the production of egg trays was obtained, which yielded a value of 0.08 tCO₂ equivalent/units of trays produced. On the basis of the proposals made by other authors, the substitution of kerosene for liquefied petroleum gas as fuel for the drying oven was evaluated, thus avoiding 785 tCO₂equivalent to the atmosphere, which represents a 50 % reduction in this indicator.

Keywords: carbon dioxide equivalent; carbon footprint; cellulose molding; egg trays.

INTRODUCCIÓN

La gestión forestal es la base de la estrategia de sostenibilidad de la industria

papelera, por lo que la madera que se emplea para la fabricación de papel procede de

plantaciones forestales de crecimiento rápido. Estas son utilizadas como materia prima para la industria, aportan diversos beneficios tanto ambientales, forestales, sociales y económicos. Colaboran en el incremento de la superficie forestal arbolada y la preservación de los bosques naturales, y contribuyen a la existencia y permanencia en el tiempo de la madera como recurso renovable, además de actuar como eficientes sumideros de CO₂ pues una hectárea de cultivo de estas especies fija al año 10 toneladas de CO₂, cuatro veces más que los árboles de crecimiento lento. Además, el carbono fijado en las plantaciones permanece en los productos papeleros, que son eficientes almacenes de CO₂, y con los sucesivos reciclajes de las fibras se va prolongando el almacenamiento. Permiten también un control eficaz de la erosión (Aspapel, 2018)

De este modo se cierra y equilibra el ciclo sostenible del papel, que parte de una fuente renovable y natural de materia prima como la madera para fabricar productos papeleros que, una vez usados y recuperados, se transforman en papel nuevo a través del reciclaje, prolongándose así la vida útil de las fibras de celulosa y evitando que acaben en el vertedero o sean incineradas con la consiguiente emisión de gases de efecto invernadero (Aspapel, 2018).

La producción de pulpa y papel está considerada como una de las categorías de las Guías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en

inglés) dentro del módulo Proceso Industriales. Lo que ha originado el compromiso de inventariar y controlar las emisiones de este Sector (IPCC, 2006, 2019).

El indicador Huella de Carbono (HC) se presenta como una vía de cuantificación de la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), medidas en términos de dióxido de carbono equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades agroindustriales (Reinoso *et al.*, 2018; Canciano *et al.*, 2020).

El término huella de carbono proviene de los ambientalistas británicos, que comenzaron hace algún tiempo a adoptar el consumo preferencial de alimentos locales, por no incluir emisiones por transporte desde regiones lejanas. Consecuentemente este vocablo ha sido asumido por países como Alemania, Estados Unidos, Francia, Japón, Reino Unido, los cuales han logrado importantes avances en la definición y aplicación de metodologías orientadas al cálculo de este indicador para incorporarla al etiquetado y así poder contabilizar las emisiones y trabajar con los proveedores para que éstos las reduzcan (Schneider & Samaniego, 2009).

En Cuba, existen estudios de huella de carbono llevados a cabo por Cuza and Garrido (2015), quienes calcularon la huella de carbono en la Empresa Constructora de Obras de Ingeniería (Ecoing 5) para portadores energéticos, una de las organizaciones

mayores consumidoras de la capital por la actividad que realiza, además de ser altamente contaminante al medio ambiente.

Gavilán y Reinoso (2017), estimaron la huella de carbono para el cultivo de la caña de azúcar en Villa Clara. En este caso se cuantificaron los aspectos ambientales asociados a este cultivo. Concluyeron que los sistemas de producción de las unidades productivas seleccionadas presentaron un comportamiento similar en cuanto a la contribución de las mismas al calentamiento global.

Por otra parte, Reinoso *et al.* (2018) cuantifican este indicador para el central azucarero "Argeo Martínez" de la provincia de Guantánamo. Se alcanzaron resultados similares de huella de carbono comparados con los calculados por otros países y regiones para este sector.

Posteriormente, Canciano *et al.* (2020) determinaron la huella de carbono asociada a la producción de vidrio en Cuba. En el estudio se obtuvieron resultados inferiores de huella de carbono a los reportados por países como España para la producción de vidrio, además de una línea base de emisiones que permitirá trazar metas y estrategias dirigidas a la mitigación de los gases de efecto invernadero como una oportunidad de desarrollo para esta industria cubana.

Disponer de indicadores como este en el país resulta un camino que conduce en gran

medida a la sostenibilidad. Sin embargo, existen limitaciones que suelen presentarse cuando se trabaja en la estimación de estos indicadores. Una de ellas está relacionada con la disponibilidad y calidad de los datos. En las industrias esta situación puede resultar un obstáculo, pues aun cuando se cuenten con registros de cada uno de los insumos y procesos, se requiere que los mismos sean confiables y verificables (Reinoso *et al.*, 2021)

La Empresa del Papel CUBAPEL, surge como consecuencia de la reorganización del sector empresarial cubano, al extinguirse la antigua Unión del Papel y sus Unidades Empresariales de Bases (UEB) pasando a formar parte del Grupo Empresarial de la Industria Química (GEIQ).

Entre los procesos que conforman la industria papelera en Cuba se presentan las plantas de celulosa moldeada, material semirrígido obtenido a partir de pasta de papel que se utiliza para el envasado de determinados productos, especialmente, bandejas para huevos.

El empleo de combustibles fósiles en el ciclo productivo de este tipo de industria contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. En el presente trabajo se estimará la huella de carbono con el objetivo de conocer la contribución de este proceso al cambio climático en términos de dióxido de carbono equivalente. Se utilizará, además, este indicador en la evaluación de propuestas realizadas por otros autores orientadas a la

mitigación de las emisiones producidas en el horno de secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el país existen dos plantas de moldeados de celulosa. Este trabajo se realiza en la Planta de moldeados de celulosa UEB “Rene Bedia Morales”, industria destinada fundamentalmente a la producción de envases para huevos. De manera general, la fabricación de los embalajes de pulpa moldeada consta de cinco etapas:

1. Preparación de la pasta
2. Moldeado
3. Secado
4. Apilado

5. Almacenado

La pulpa moldeada consiste en la mezcla de papel recuperado que es triturado y mezclado con compuestos químicos y agua.

Metodologías empleadas

En términos generales, se recomienda que en una evaluación de la huella de carbono de un producto u organización se tengan en cuenta los pasos y las secuencias que se muestran en la Figura 1.

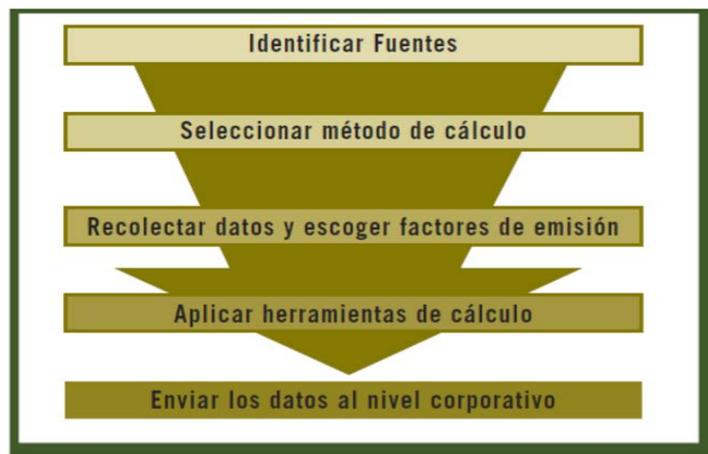


Figura 1. Pasos para identificar y calcular los GEI.

Fuente: IPCC (2006).

Delimitación del alcance

La delimitación del alcance se orientó

a:

- **Emisiones de Alcance 1:** dentro de este alcance se encuentran solamente las emisiones asociadas con el

consumo de combustible en el horno secador, a partir de que las materias primas fundamentales son papel reciclado, cloruro de sodio, antiespumante y cinta adhesiva, los cuales no aportan GEI.

- **Emisiones de Alcance 2:** los GEI asociados al consumo eléctrico, consumo de combustible por los Grupos Electrónicos de Emergencia (G. E. E.) y el transporte.

Se selecciona como indicador de HC, la relación entre la cantidad total de GEI y el total de bandejas de huevos producidas. Los datos de consumo eléctrico y combustible se corresponden con el año 2018.

Para la determinación de la cantidad de CO₂ equivalente en cada uno de los alcances delimitados anteriormente, se consultaron las metodologías siguientes:

- Panel Intergubernamental de Cambio Climático “Directrices del *IPCC* de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI. Enfoque Integrado de Prevención y Control de la Contaminación” (*IPCC*, 2006).

- *International Sustainability et Carbon Certification (ISCC 205)*, 2016. Metodología para el cálculo de emisiones de GEI y auditoría de GEI (*ISCC*, 2016).

En general, las emisiones de cada gas de efecto invernadero de fuentes estacionarias se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión correspondiente. En el método por sectores, se estima el «consumo de combustible» a partir de las estadísticas de utilización de la energía, y se mide en terajulios (TJ). Los datos de consumo de combustible en unidades de masa o de volumen deben convertirse primero en el contenido de energía de estos combustibles.

La Figura 2 muestra el árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria.

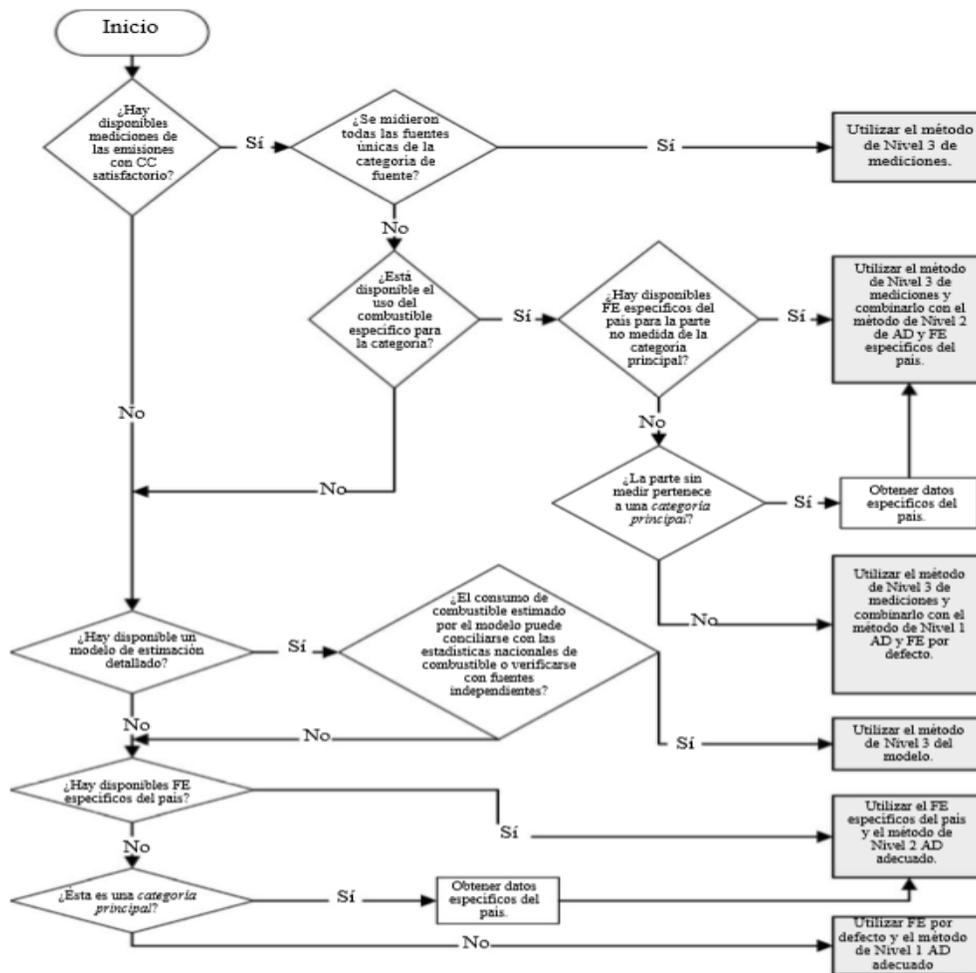


Figura 2. Árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria.

Fuente: IPCC (2006).

Los factores de emisión de CO₂ para todos los combustibles es el total de carbono del combustible menos la fracción no oxidada de carbono contenida en la ceniza, las partículas o en el hollín. Puesto que esta fracción suele ser pequeña, los factores de emisión por defecto del Nivel 1 derivados en el Capítulo 1 del Volumen 2 Energía, de las Guías del IPCC descuidan este efecto al suponer una oxidación total del carbono contenido en el combustible (factor de oxidación del carbono igual a 1).

Dentro de las Guías del IPCC, específicamente en el capítulo de fuentes estacionarias se ubica la categoría de Pulpa, papel e imprenta, en las Industrias manufactureras y de la construcción definiéndose las emisiones por la quema de combustibles en la industria. Incluye, asimismo, la quema para la generación de electricidad y calor para el uso propio en estas industrias.

En la siguiente Tabla 1, se reportan los factores de emisión por defecto para la combustión estacionaria en las industrias

manufactureras y de la construcción (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta).

Tabla 1. Factores de emisión por defecto y propiedades físicas de los combustibles.

Combustible	Factores de emisión por defecto	Gravedad Específica (kg/m³)	Poder calórico inferior (PCI) kJ/kg
Queroseno	71 900	790	43 400
Lubricantes	73 300	910	39 880
Diésel	74 100	849	42 275
Gasolina	69 300	730	43 950

Fuente: IPCC (2006).

En el caso específico de las emisiones relacionadas con el transporte se empleó el factor de emisión de 2,65 kgCO₂/l reportado por la Oficina Española sobre Cambio Climático (OECC) para combustible diésel.

Para el caso del consumo eléctrico se empleó el factor de emisión reportado por la Agencia Internacional de Energía de 0,176 kgCO₂/kWh.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de las emisiones.

Alcance 1

En la Tabla 2 aparecen las cantidades de CO₂ equivalentes vinculadas con el proceso productivo. Las mayores emisiones vienen dadas por el consumo de queroseno en el horno donde se produce el secado de las

bandejas. Este proceso ocurre mediante el suministro de aire caliente producido por las llamas en los tres quemadores del horno que son alimentados por queroseno. Posteriormente tres ventiladores extraen el aire de la parte inferior del horno pasándolo por delante de las llamas y luego se distribuye por la parte superior del mismo.

Tabla 2. Cantidades de CO₂ equivalentes vinculadas con el proceso productivo.

Combustible	kgCO₂equiv
Gasolina	11 028
Grasas y lubricantes	No significativas
Queroseno	2 104 288
Total	2 115 316

Fuente: elaboración propia.

Alcance 2

La Tabla 3 contiene los resultados de las cantidades de CO₂ equivalente asociados con los portadores energéticos relacionados

con el transporte y la electricidad que se encuentran delimitados dentro del Alcance 2 resultando el consumo eléctrico el de mayor aporte dentro del inventario.

Tabla 3. Cantidades de CO₂ equivalente vinculadas con los portadores energéticos.

Portadores energéticos	kgCO₂equiv
Electricidad	292 807
Diésel GEE	25 159
Diésel transporte	64 713
Total	382 679

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se resumen el total de emisiones en unidades de toneladas de CO₂ equivalentes para el Alcance 1 y 2 (Tabla 4).

Tabla 4. Emisiones totales de CO₂ equivalente

Alcance	tCO₂equiv
Alcance 1	2 115
Alcance 2	383
Total	2498

Fuente: elaboración propia.

Las mayores emisiones se encuentran dentro del Alcance 1 representando el 84,67 % del total de emisiones.

A partir de los resultados anteriores se estimó la huella de carbono para la producción de bandejas de huevos la cual arrojó un valor de 0,08 tCO₂ equivalente/unidades de bandejas producidas.

Se consultó la bibliografía con el objetivo de buscar reportes de estimaciones de huella de carbono en bandejas de huevos y verificar que los resultados obtenidos en el

presente trabajo sean comparables con otras investigaciones realizadas en esta temática. La mayoría de los trabajos se han centrado en realizar un análisis global de la industria papelera, como el estudio, "Mejorando la sostenibilidad del sector del papel", realizado por el Clúster del Papel de Euskadi con la colaboración de "Factor CO₂ Ideas" para estudiar la huella de carbono del sector español (Aspapel, 2018).

No obstante, si se compara con las huellas de carbono obtenidas en otras industrias químicas del país (Tabla 5) resulta

muy inferior a la producción de neumáticos y vidrio, sobre la base de que las materias

primas fundamentales de este proceso son a partir de papel reciclado.

Tabla 5. Huellas de carbono de diferentes industrias dentro del sector Químico.

Industria	Huella de carbono
Producción CBFERT	0,22 kgCO ₂ /kgCBFERT
Recapado de Neumáticos	23,38 kgCO ₂ /neumático recapado
Producción de papel (moldeado de celulosa)	80 kgCO ₂ /unidad bandeja huevo
Producción de Neumáticos	264 kgCO ₂ /neumático producido
Producción de Vidrio	8100 kgCO ₂ /t vidrio fundido

Fuente: (Canciano, 2020)

En la Actualización de la memoria de sostenibilidad del papel se plantea que el sector papeler español está comprometido con la descarbonización de la industria, empleando la biomasa como combustible en un 33 % y el biogás y el gas natural en un 66 % (Aspapel, 2018).

Chiralde y Gómez (2020) refieren los resultados de un trabajo de tesis que fundamenta el empleo de alternativas energéticas en el proceso productivo de la fábrica de moldeado de celulosa. El estudio fundamenta la existencia de otros combustibles con una combustión más limpia, lo que posibilita mayor protección al medio ambiente y una mejora en la eficiencia energética. Las opciones de solución más viables, según ese análisis y evaluaciones posteriores, son el diésel tecnológico (conocido como gasóleo o gasoil), gas natural y el GLP.

Los autores de la presente investigación hacen énfasis en utilizar el GLP, ya que tiene el mayor valor calórico entre todos, el costo teórico es similar al del diésel, sin embargo, el GPL no emite material particulado, no genera residuos, productos sulfurados, ni se descompone. Además, está libre de plomo y de otros elementos contaminantes, lo que lo convierte en una alternativa viable desde el punto de vista medioambiental (Chiralde & Gómez, 2020).

A partir de este análisis orientado a la sustitución del queroseno por GLP, se calculó las emisiones evitadas, resultando un valor de 785 tCO₂ equivalente que se dejarían de emitir a la atmósfera. Se recalculó la huella de carbono siendo esta de 0,04 tCO₂ equivalente/unidades de bandejas producidas, alcanzándose una reducción de la huella de carbono del 50 % asociada a la producción de moldeado de celulosa para bandejas de huevo.

Esta metodología puede ser aplicada al resto de las industrias que conforman este sector con el objetivo de conocer el aporte de cada una de ellas a las emisiones de GEI, y de esta manera trazar las medidas de mitigación adecuadas para lograr la sostenibilidad productiva, el equilibrio ambiental global y contribuir a la responsabilidad social corporativa.

En la actualidad se desarrollan nuevos conceptos tecnológicos dentro de la industria del papel sobre la necesidad de emplear procesos que requieran un consumo mínimo de energía y agua, y orientado a la reducción de las emisiones y los residuos, con ciclos cerrados de producción. Además, de otras

CONCLUSIONES

Se determinaron las emisiones de CO₂ equivalentes asociados a la producción de bandejas de huevo. Las mayores emisiones se encuentran dentro del Alcance 1 representando el 84,67 % del total. El mayor aporte dentro de este alcance viene dado por el consumo de queroseno en el horno de secado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aspapel. Organización española de la industria del papel. (2018). *Memoria de Sostenibilidad: La bioindustria circular del papel y su descarbonización*: Aspapel. <http://www.aspapel.es/content/el->

alternativas que sustituyen el empleo de combustibles fósiles y que han incidido en incrementar la sostenibilidad de este sector a nivel internacional.

El indicador huella de carbono puede convertirse en la práctica en un instrumento valioso para evaluar el avance en gestión medioambiental de este sector en el país. Por otra parte, cualquier intervención que se realice en esta industria en Cuba, tiene un significativo impacto social, pues este envase es destinado para un tipo de alimento (huevo) que se ha convertido por razones muy diversas en una parte insoluble de los hábitos dietéticos y alimentarios nacionales.

Se estimó la huella de carbono para la producción de bandejas de huevos la cual arrojó un valor 0,08 tCO₂ equivalente/unidades de bandejas producidas.

Se evaluó la sustitución del queroseno por el GLP como combustible del horno de secado lográndose evitar 785 tCO₂ equivalente a la atmósfera, lo que representa una reducción del 50 % en la huella de carbono.

[observatorio-industrial-del-sector-papel-finanza-los-proyectos](#)

Canciano, J. (2020). *Estimación de la Huella de Carbono en la Industria Química cubana. Casos de estudio* [Maestría en Ingeniería Ambiental]. Universidad

- Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría".
- Canciano, J., Reinoso, M., Hernández, A., Núñez, M. & Ramírez, L. (2020). Estimación de la huella de carbono en la producción de vidrio en Cuba. *Minería y Geología*, 36(4), 428-440. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000400428&Ing=es&nrm=iso
- Chiroldo, L. M. & Gómez, G. L. (2020). La vuelta. *Juventud Técnica*, 10-15.
- Cuza, R. M. C. & Garrido, E. V. (2015). Cálculo de la huella ecológica en la Ecoing 5 para portadores energéticos. *Ecosolar*, 52, 49-62.
- Gavilán, M. E., & Reinoso, P. M. (2017). Estimación cuantitativa de la huella del carbono en el cultivo de la caña de azúcar en Villa Clara. *Centro Agrícola*, 44(1), 71-79. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0253-578520117000100010&Ing=es&nrm=iso>
- IPCC. (2006). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. *Directrices del IPCC de para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*: IPCC.
- IPCC. (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>
- ISSC. (2016). International Sustainability et Carbon Certification (ISSC 205). *Metodología para el cálculo de emisiones de GEI y auditoría de GEI*: ISSC.
- Reinoso, M., Canciano, J., Hernández, A., Ordoñez, Y. C. & Figueroa, I. (2018). Huella de carbono en la industria azucarera. Caso de estudio. *Tecnología Química*, 38(2), 437-445. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852018000200020&Ing=es&nrm=iso
- Reinoso, M., Canciano, J., Ordoñez, Y. C., Ramírez, L. & Pozo, J. (2021). Huella ecológica como indicador de sostenibilidad. Perspectiva en Cuba. *Revista ECOVIDA*, 11(1), 1-19. https://researchgate.net/publication/353086562_Huellaecologica_como_indicador_de_sostenibilidad_Perspectiva_en_Cuba
- Schneider, H. & Samaniego, J. (2009). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).