

Análisis del inventario de gases de efecto invernadero emitidos en la producción de vidrio en Cuba

Analysis of the inventory of greenhouse gases emitted in glass production in Cuba

Lenna Pedroso-Noris

Especialista para la Ciencia Tecnología y el Medio Ambiente, Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, Cuba, lennapn@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0003-0330-6331>

Mirtha Reinoso-Valladares

Investigadora Auxiliar, Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, Cuba, mirtha@ciiq.cu;  <https://orcid.org/0000-0001-6614-6895>

Ileana Pereda-Reyes

Profesora Titular del Centro de Estudios de Ingeniería de Procesos. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba, ileana@quimica.cujae.edu.cu;  <https://orcid.org/0000-0001-6517-4202>

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

Pedroso-Noris, L., Reinoso-Valladares, M., & Pereda-Reyes, I. (2022). Análisis del inventario de gases de efecto invernadero emitidos en la producción de vidrio en Cuba. *Avances*, 24(3), 341-357. <http://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/708/2011>

Recibido: 10 de diciembre de 2021

Aceptado: 7 de junio de 2022

RESUMEN

El desarrollo del hombre y la industrialización de la sociedad traen consigo la generación de una gran

cantidad de sustancias que modifican la composición natural del aire. Entre estos contaminantes se encuentran los gases

de efecto invernadero cuya acumulación provoca efectos perjudiciales al planeta como el cambio climático. Esta investigación se realizó con el objetivo de realizar un inventario de gases de efecto invernadero, expresados en términos de CO₂ equivalentes, emitidos en el proceso de producción de vidrio correspondiente al período 2015-2019. Se recolectaron y analizaron los datos de actividad ofrecidos por la entidad y se identificó las fuentes de gases de efecto invernadero que representan las principales emisiones, empleando la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Se realizó una propuesta técnico-económica para la mitigación de estos gases. Las fuentes estacionarias es la variable que tiene una mayor influencia en las emisiones de CO₂, en el período del 2015-2019, al compararla con las emisiones referidas a la descarbonación de las materias primas y con el consumo de electricidad. El consumo de *fuel oil* influye de forma estadísticamente significativa en las emisiones de CO₂, asociadas a las fuentes estacionarias, a diferencia del consumo de aceites usados y gas natural. La sustitución del *fuel oil* por diésel, logra disminuir las emisiones en 464,48 tCO₂ para el año 2015.

Palabras clave: dióxido de carbono equivalente; emisiones; producción de vidrio; fuentes estacionarias.

ABSTRACT

The development of man and the industrialization of society bring with them the generation of a large number of substances that modify the natural composition of the air. Among these pollutants are greenhouse gases whose accumulation causes harmful effects on the planet such as climate change. This research was carried out with the objective of carrying out a pollutants are greenhouse gases inventory, expressed in terms of equivalent CO₂, emitted in the glass production process corresponding to the period 2015-2019. The activity data provided by the entity were collected and analyzed and the GHG sources that represent the main emissions were identified, using the methodology of Intergovernmental Panel on Climate Change. A technical-economic proposal for mitigation was made of these gases. Stationary sources are the variable that has the greatest influence on CO₂ emissions, in the 2015-2019 period, when compared with emissions related to the decarbonation of raw materials and electricity consumption. The consumption of fuel oil has a statistically significant influence on CO₂ emissions, associated with

stationary sources, unlike the consumption of used oils and natural gas. The substitution of diesel for fuel oil, manages to reduce emissions by 464, 48 t CO₂ for the year 2015.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del hombre y la industrialización de la sociedad traen consigo la generación de una gran cantidad de sustancias que modifican la composición natural del aire. La introducción a la atmósfera de estas sustancias o formas de energía, que tienen efectos nocivos para la seguridad y la salud de las personas, medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza, es el origen del fenómeno denominado contaminación atmosférica (Moya, 2020).

Una vez que los contaminantes se emiten a la atmósfera, ésta actúa como medio receptor donde tienen lugar reacciones químicas. Dentro de estas sustancias se encuentran los Gases de Efecto Invernadero (GEI) cuya acumulación provoca efectos perjudiciales al planeta como el cambio climático. La Convención Marco las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) lo define como el «cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la

Keywords: carbon dioxide equivalent; emissions; glass production; stationary source.

atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.» (Masson-Delmotte et al., 2018, p. 188).

Los impactos ocasionados por el cambio climático están relacionados principalmente con: el aumento de la temperatura promedio del planeta y del vapor de agua en la atmósfera terrestre, que propicia la ocurrencia de precipitaciones más extremas e impredecibles. Además provoca una disminución del rendimiento de las cosechas; aumento del número e intensidad de los desastres naturales como las inundaciones y sequías y cambios en la composición y distribución de los bosques (Bastidas & Hernández, 2019; Espinoza et al., 2018; García, 2011).

El cambio climático, es un potente multiplicador de riesgos, ya que contribuye a las pandemias creándose condiciones favorables para la propagación de ciertas enfermedades infecciosas transmitidas por mosquitos,

como la malaria y la fiebre del dengue (Pinner, Rogers & Samandari, 2020). Además, este fenómeno puede ocasionar epidemias virales, como las fiebres hemorrágicas (de Lassa, del Ébola) y los nuevos coronavirus (CoV) asociados a síndromes respiratorios (SARS-CoV, MERS-CoV) (Beyer, Manica & Mora, 2021; Gomez, 2020).

El 21 de marzo de 1994 entró en vigor la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de los GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático. Para lograr dicho objetivo, todos los países miembros de la CMNUCC deben elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar inventarios de sus GEI en un Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

En Cuba, desde las últimas décadas se denotan los efectos del cambio climático. Con respecto al clima existe un incremento de la temperatura superficial promedio del aire de 0,9°C comparada con la línea base 1961-1990; un ascenso de la temperatura mínima promedio en 1,9°C y una reducción significativa del rango diurno de la misma (Planos et al., 2014). Se ha observado una disminución

en el rango diurno de la temperatura superficial, déficits significativos en los totales anuales de precipitación, incremento de largas y severas sequías con progresión a todo el país, y aumento sin precedentes de huracanes intensos. Por otra parte, se ha reportado un incremento en la ocurrencia de inundaciones moderadas y fuertes para las costas de Cuba, independientemente de los eventos meteorológicos que las generan (Mesa, Correa, & Ortiz, 2021). Los países en desarrollo, como Cuba, los INGEI se deben presentar ante la CMNUCC como parte de las comunicaciones nacionales (cada cuatro años) y de los informes bienales de actualización (cada dos años a partir del 2014).

En la industria del vidrio las principales emisiones atmosféricas generadas vienen dadas en la etapa de fusión por el empleo de combustibles fósiles y las materias primas carbonatadas, aunque en los procesos de conformado y recocidos se emiten ciertas cantidades de estos contaminantes (Mari, 2002). Las principales materias primas del vidrio que emiten CO₂ durante el proceso de fundición son: la piedra caliza (CaCO₃), la dolomita [Ca, Mg(CO₃)₂] y la ceniza de sosa (Na₂CO₃) (Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero, 2018). Estos materiales, allí donde se extraen como carbonatos minerales para ser

utilizados en la industria del vidrio, representan una producción primaria de CO₂ y deben incluirse en las estimaciones de emisiones (Vinos, 1988).

Esta industria se caracteriza, de manera general, por la prevalencia de tecnología obsoleta, lo que conlleva elevados consumos de combustibles fósiles y portadores energéticos, con una marcada incidencia negativa en la eficiencia de los procesos, y por ende, al incremento de los GEI (Cansiano, 2020).

La producción de vidrio constituye una de las subcategorías principales dentro de las Guías establecidas por el IPCC. Los reportes de los INGEI realizados anteriormente en Cuba, como parte de las comunicaciones nacionales, se han visto afectado por la falta de datos que no han permitido completar las series cronológicas en determinados períodos. Además, de emplearse métodos simples

de cálculos que no toman en consideración las materias primas carbonatadas y las emisiones de las fuentes estacionarias, lo que no permite un análisis integral de la situación actual de la industria, caracterizada por una obsolescencia tecnológica, principalmente en el horno de fusión, que conduce en gran medida a elevados consumos de combustibles y a la emisión de GEI. Es por ello que la presente investigación se realizó con el objetivo de completar la serie cronológica del inventario de GEI en la producción de vidrio a partir de la consulta del último informe correspondiente con la Tercera CMNUCC (CMNUCC, 2021), sobre la base de métodos de cálculos que incluyan el análisis de las materias primas utilizadas, fuentes estacionarias y la tecnología empleada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapas para la realización de inventario de GEI.

En la Figura 1 se muestran los pasos empleados en la elaboración del presente inventario para el período

2015-2019. Se reportan en este epígrafe los diferentes métodos de cálculo y los factores de emisión empleados para cada proceso.

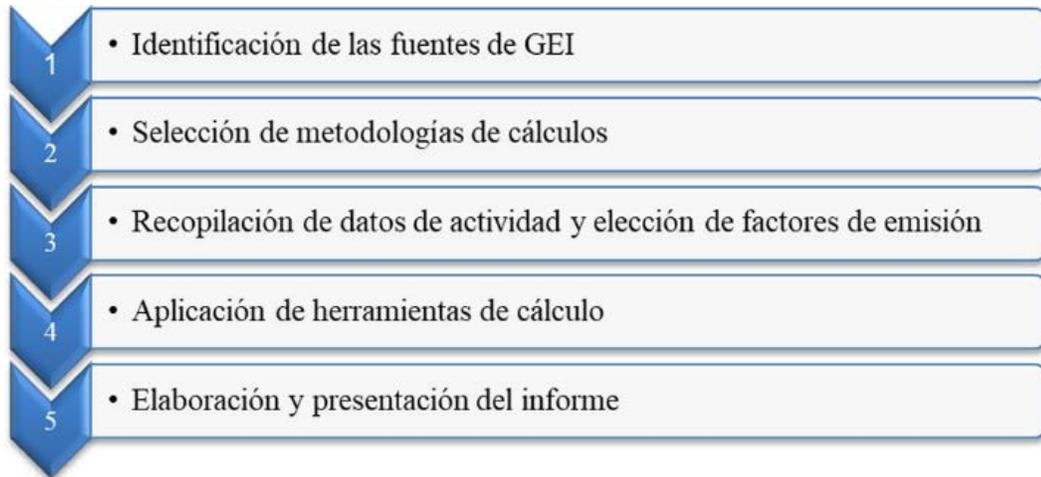


Figura 1. Secuencias que se utilizan en la realización del inventario de GEI. **Fuente:** IPCC (2006).

La delimitación del inventario realizado se orientó a las siguientes fuentes de emisiones de GEI:

- Emisiones asociadas a la producción de vidrio.
- Fuentes estacionaria.
- Consumo eléctrico.

Metodologías de cálculos.

Los datos de actividad correspondiente al período 2015-2019 para la elaboración del inventario fueron suministrados por la industria objeto. En cada año se solicitaron las toneladas de vidrios producidos, además de los datos

Método de nivel 3

Para determinar las emisiones provocadas por las materias primas carbonatadas en el horno de fundición se aplicó la siguiente ecuación (Ecuación 1).

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (M_i * EF_{ic} * F_i) \quad [1]$$

de consumos de materias primas empleadas en la producción, combustibles y energía eléctrica.

Para el cálculo del inventario de GEI se consultó la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). "Directrices del IPCC de 2006" para los Inventarios Nacionales de GEI. Volumen 3: Procesos industriales y uso de productos acorde al árbol de emisiones para la estimación de las emisiones de CO₂. Se comenzó con el nivel 3 y se transitó de un nivel a otro en dependencia de la disponibilidad de datos.

Donde:

Emisiones de CO₂= emisiones provenientes de la producción de vidrio, tonelada.

EF_{ic}= factor de emisión para el carbonato en particular *i*, toneladas de CO₂/ toneladas de carbonato.

M_i = peso o masa del carbonato i consumido (extraído de la mina), toneladas.

F_i = fracción de calcinación alcanzada para el carbonato i .

Método de Nivel 2

El método de Nivel 2 se basa en la aplicación de factores de emisión por defecto y proporciones de *cullet* a los diferentes tipos de vidrio producidos en Cuba (IPCC, 2006). Las emisiones se calcularon con el empleo de la ecuación 2:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \sum_i [M_{g,i} * EF_i * (1 - CR_i)] [2]$$

Donde:

Método de Nivel 1

El método de Nivel 1 se emplea cuando no se disponga de datos sobre el vidrio fabricado por procesamiento de los carbonatos utilizados en la industria. Para determinar las emisiones de CO₂ se utilizó la ecuación 3:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = EF * Mg \quad [3]$$

Cálculo de las emisiones asociadas a las fuentes estacionarias y consumo eléctrico.

Las emisiones de CO₂ relacionadas con los procesos de combustión que tienen lugar en las fuentes estacionarias, se calculan mediante la aplicación de la

Entre las principales materias primas que emiten CO₂ durante el proceso de fundición se encuentran: la piedra caliza (CaCO₃)₂ y la ceniza de sosa (Na₂CO₃), por lo que deben incluirse en las estimaciones de emisiones.

Emisiones de CO₂= emisiones provenientes de la producción de vidrio, toneladas.

$M_{g,i}$ = masa de vidrio fundido de tipo i (p. ej., flotado, recipiente y fibra de vidrio), toneladas.

EF_i = factor de emisión para la fabricación de vidrio del tipo i , toneladas de CO₂/toneladas de vidrio fundido.

CR_i = proporción de *cullet* para la fabricación de vidrio del tipo i , fracción.

Donde:

Emisiones de CO₂= emisiones provenientes de la producción de vidrio, toneladas.

EF = factor de emisión, toneladas de CO₂ / toneladas de vidrio fundido.

Mg = toneladas de vidrio fundido.

ecuación 4 a cada uno de los combustibles empleados y sumando las emisiones resultantes.

$Emisiones\ de\ CO_2(\text{combustión}) =$
 $Consumo\ de\ combustible * PCI * EF_c * FO$ Ec.

[4]

Donde:

Emisiones de CO₂= emisiones asociadas al proceso de combustión, toneladas.

Consumo de combustible: consumo de combustible en la industria, kilogramo.

PCI= poder calórico inferior, Giga Joule/tonelada.

EF_c= factor de emisión, kilogramo de CO₂/Giga Joule.

FO= factor de oxidación.

Para determinar las emisiones de CO₂ asociado al consumo de electricidad en la empresa utilicé la ecuación 5 y se $Emisiones\ de\ CO_2 = EF_e * Ce$ Ec. [5]

Donde:

Emisiones de CO₂= emisiones provenientes de la producción de vidrio, toneladas.

empleó el factor de emisión reportado por la Agencia Internacional de Energía de 0,176 kgCO_{2e}/kWh (Leal, 2015).

EF_e= factor de emisión, kilogramo de CO₂ equivalente/kilowatt hora.

Ce= consumo eléctrico, kilowatt hora.

Procesamiento de los datos

En el análisis inferencial se realizó una correlación lineal donde las variables independientes fueron el consumo de aceites usados, *fuel oil* y gas natural y la variable dependiente es las emisiones de

CO_{2eq} referidas al consumo de fuentes estacionarias, para el período del 2015-2019, utilizando la aplicación *Statgraphics Centurion XVIII*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la aplicación del nivel 3 asociados al consumo de materias primas carbonatadas en la empresa se

muestran en el Tabla 1. Estos resultados son los de mayor complejidad, precisión y menor grado de incertidumbres.

Tabla 1. Toneladas de CO₂ equivalente vinculadas con la descarbonatación de las materias primas. **Fuente:** Elaboración propia

Año	Materia Prima	Cantidad (t)	Toneladas de CO₂ equivalente
2015	CaCO ₃	42,18	41,22
	Na ₂ CO ₃	54,64	
2016	CaCO ₃	35,37	37,07
	Na ₂ CO ₃	51,86	
2017	CaCO ₃	47,03	47,79
	Na ₂ CO ₃	65,33	
2018	CaCO ₃	35,37	34,56
	Na ₂ CO ₃	45,82	
2019	CaCO ₃	34,32	37,22
	Na ₂ CO ₃	53,33	

La Figura 2 muestra que la descarbonatación de las materias primas (carbonato de sodio y carbonato de

calcio) influye significativamente en las emisiones de CO₂; evidenciado en un análisis de regresión lineal.

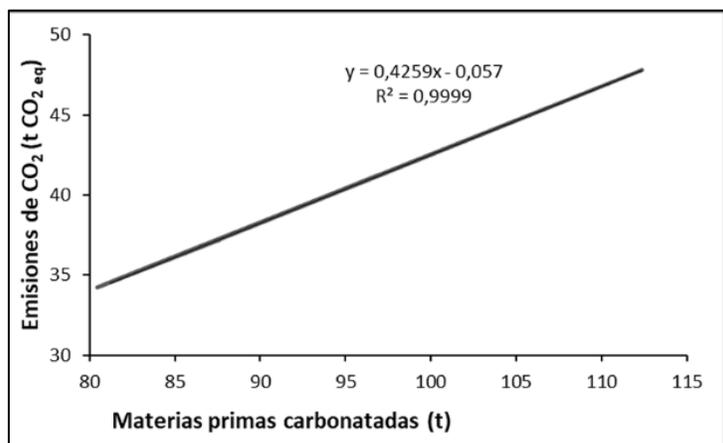


Figura 2. Emisiones de CO₂ y consumo de materias primas carbonatadas. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 2 se expone el porcentaje de *cullet* para la producción de vidrio determinado mediante el empleo de nivel 2, a partir del consumo de materia

prima y las toneladas de vidrio roto, así como las emisiones de CO₂ equivalente, correspondiente a cada año.

Tabla 2. Emisiones de CO₂ equivalente vinculada con el porcentaje de vidrio roto.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Porcentaje de <i>cullet</i>	Emisiones de CO ₂ (toneladas de CO ₂ equivalente)
2015	55,1 %	25,60
2016	55,3 %	24,20
2017	55,2 %	23,72
2018	55,1 %	21,47
2019	50,7 %	22,96

El porcentaje de *cullet* promedio para el período estudiado es de 54,28 %, el cual se encuentra dentro del intervalo típico de 20 – 60 % , reportado por el IPCC para el tipo de vidrio especial (vajillas) (IPCC, 2006). Este porcentaje está muy cercano al límite superior recomendado lo cual minimiza las emisiones de CO₂. Sin embargo, la utilización de estas chatarras de vidrio puede afectar la calidad del producto terminado, lo cual debe tenerse en cuenta en el control operacional del proceso.

Por otra parte, tal como se establece en la Guía, en el epígrafe Garantía de calidad / Control de calidad (GC/CC), si se estiman las emisiones con el empleo del método de Nivel 3, los resultados deben compararse con los del Nivel 2 para ver si poseen un orden de magnitud similar (IPCC, 2006).

El Nivel 2 basado en el cálculo a partir del porcentaje de *cullet* resultó el de menor cantidad de CO_{2eq} al compararse

con lo obtenido en el Nivel 3 para cada año evaluado en el inventario. No obstante, cuando las emisiones de la producción de vidrio se estiman basándose en las entradas de carbonatos (Nivel 3), la incertidumbre del factor de emisión (1 a 3 %) es relativamente baja pues el factor de emisión depende del cociente estequiométrico.

Las emisiones calculadas mediante el método del Nivel 1 están asociadas a la cantidad de vidrio fundido por cada año y a un factor de emisión.

La Tabla 3 muestra la cantidad de vidrio fundido y las emisiones de CO₂, calculadas mediante el método del Nivel 1. Estas emisiones están asociadas a la cantidad de vidrio fundido por cada año y a un factor de emisión relacionado con la cantidad de vidrio producido en cada año.

Tabla 3. Toneladas de CO₂ equivalente vinculada con la producción de vidrio fundido.

Fuente: Elaboración propia.

Año	Vidrio fundido(t)	Emisiones de CO₂ (toneladas de CO₂ equivalente)
2015	570	114,0
2016	541	108,2
2017	529	105,8
2018	478	95,6
2019	466	93,2

La Figura 3 muestra que la cantidad de toneladas de vidrio fundido influye significativamente en las emisiones de CO₂; evidenciado en un análisis de regresión lineal. Como es usual en este

tipo de producción la cantidad de vidrio fundido es directamente proporcional a las emisiones de CO₂ equivalente (Martín, 2013).

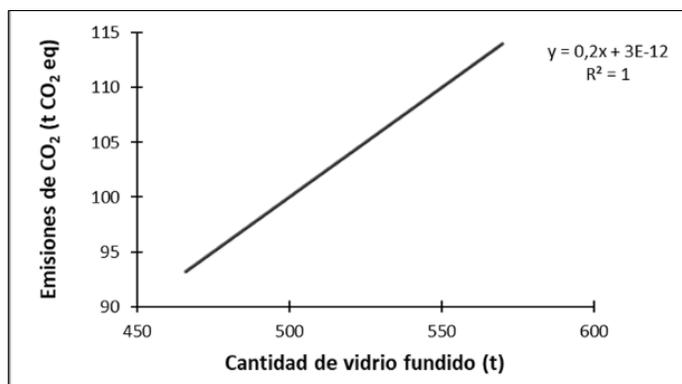


Figura 3. Emisiones de CO₂ y su relación con la cantidad de vidrio fundido. **Fuente:** Elaboración propia.

Emisiones asociadas a las fuentes estacionarias

En la Tabla 4 refleja la contabilización de las cantidades de CO₂eq emitidas por las

fuentes estacionarias para el período 2015-2019.

Tabla 4. Toneladas de CO₂ equivalente asociadas con las fuentes estacionarias. **Fuente:** Elaboración propia.

Fuentes	Combustible	2015	2016	2017	2018	2019
Horno C	Fuel oil	3 132,25	2 972,89	2 626,69	1 926,69	1 793,61
	Aceites usados	829,87	787,65	543,78	822,97	853,01
Horno de recocado	Gas natural	981,37	931,46	804,44	822,97	868,79
Total		4 943,49	4 692,00	3 974,91	3 572,63	3 515,41

La Figura 4 muestra que el consumo de las fuentes estacionaria influye significativamente en las emisiones de

CO₂; evidenciado en un análisis de regresión lineal.

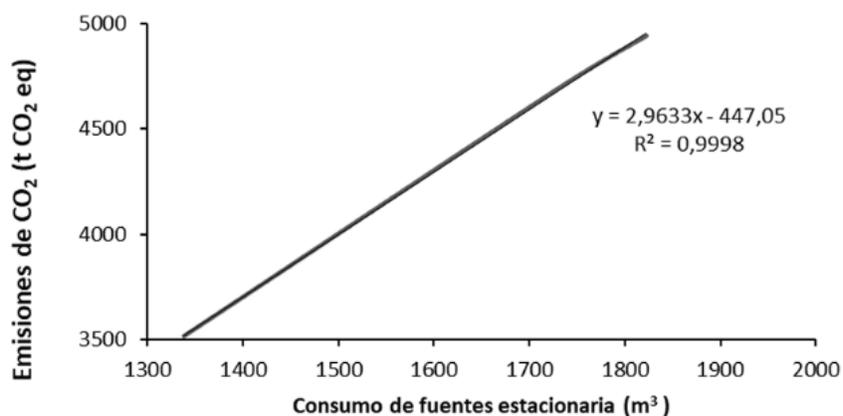


Figura 4. Emisiones de CO₂ y su relación con el consumo de fuentes estacionarias. **Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de ajustar modelos de regresión lineal simple para describir la relación entre las emisiones de CO₂ referidas a las fuentes estacionarias y el

consumo de cada uno de los combustibles (aceites usados, *fuel oil* y gas natural) se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Análisis de las emisiones de CO₂ referidas a las fuentes estacionarias mediante regresión lineal. **Fuente:** Elaboración propia.

Combustibles	Valor-P	Valor R ²
Fuel oil	0,0132*	95,85 %
Aceites usados	0,7652	3,44 %
Gas natural	0,1726	51,28 %

Leyenda: *Diferencia estadísticamente significativa P<0,05.

Se demostró que el consumo de *fuel oil* influye de forma estadísticamente significativa en las emisiones de CO₂ asociadas a las fuentes estacionarias a diferencia del consumo de aceites

usados y gas natural; por lo que las medidas para reducir estas emisiones tienen que estar encaminadas a disminuir el consumo del *fuel oil* o a la sustitución del mismo.

Emisiones asociadas al consumo eléctrico.

Las emisiones de CO₂ equivalentes contabilizadas a partir del consumo

eléctrico correspondiente al período 2015-2019 se registran en la Tabla 6.

Tabla 6. Toneladas de CO₂ equivalentes asociadas al consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia.

Año	Consumo de electricidad (kW)	Toneladas de CO ₂ equivalente
2015	1 763 720	310,41
2016	1 479 990	260,47
2017	1 479 050	260,31
2018	1 479 050	260,31
2019	1 449 592	255,12

La Figura 5 muestra que el consumo de consumo de electricidad influye significativamente en las emisiones de

CO₂; evidenciado en un análisis de regresión lineal.

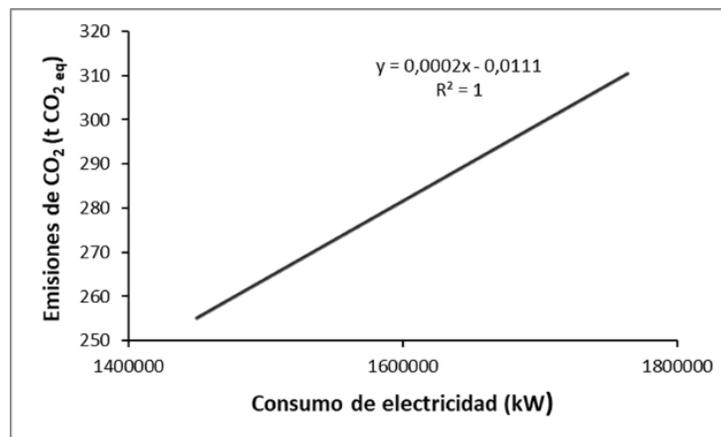


Figura 5. Emisiones de CO₂ y su relación con el consumo de electricidad. Fuente: Elaboración propia.

Las mayores emisiones de CO₂ relacionada al consumo eléctrico se reportan en el 2015 por ser éste el año

de mayor consumo eléctrico y en el cual las toneladas de vidrio fundido fueron superiores. En el resto del

período se observó una tendencia a la estabilidad en cuanto al comportamiento de este portador energético y las toneladas de CO₂ equivalentes.

La Figura 6 resume las cantidades de CO₂ equivalente emitidas en el período

2015-2019 correspondiente con la descomposición de las materias primas carbonatadas en el horno de fusión, las fuentes estacionarias y el consumo eléctrico asociadas con esta industria.

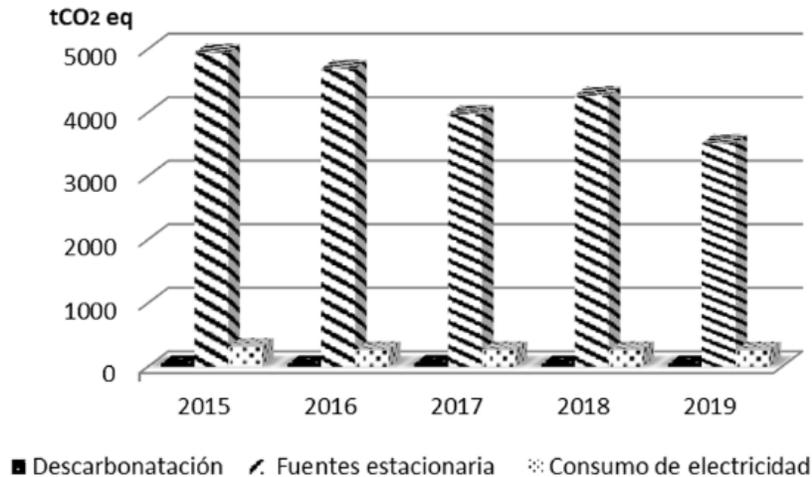


Figura 6. Emisiones de CO₂eq (toneladas). **Fuente:** Elaboración propia.

Las fuentes estacionarias es la variable que tiene mayor influencia en las emisiones de CO₂, en el período de años comprendido del 2015-2019, al compararla con las emisiones referidas a la descarbonación de las materias primas y con el consumo de electricidad.

Durante los años estudiados se observa que la disminución de las emisiones de CO₂ se debe principalmente a la reducción de la producción de vidrio y no porque se hubiesen aplicado estrategias orientadas a la conservación del medio ambiente. Esto avala la importancia de inventariar las emisiones periódicamente.

A partir del análisis de los resultados del presente trabajo se procedió a evaluar las propuestas de medidas de mitigación orientadas a las fuentes estacionarias y dentro de estas el horno de fusión, puesto que el empleo de las materias primas carbonatadas no ejerce un impacto significativo en el inventario de GEI.

Se propone la sustitución del fuel oil por un combustible de menor contenido de carbono, como es el caso del diésel. Para comprobar los beneficios de esta propuesta desde el punto de vista ambiental se determinó las emisiones evitadas a partir de la Ecuación 6.

Emisiones evitadas = Emisiones fuel oil – Emisiones diésel [6]

Se empleó el factor de emisión reportado en las Guías del IPCC, para el combustible diésel, 2,61 kg CO₂ equivalente/L, obteniéndose un valor de

464,48 tCO₂ equivalente como emisiones evitadas por el empleo de este combustible para el 2015 que es el año de mayor aporte (IPCC, 2006).

CONCLUSIONES

Las emisiones de CO₂ equivalentes en la industria del vidrio en Cuba, según metodologías establecidas por el IPCC, apuntan hacia a las fuentes estacionarias como las de mayor aporte dentro del Inventario Nacional de Efecto Invernadero.

En el proceso de producción de vidrio se identificó al horno de fusión y dentro de este el consumo de *fuel oil*, como la

principal fuente de emisión de toneladas de CO₂ equivalentes, no resultando significativas las fuentes de materias carbonatadas y el consumo eléctrico.

La propuesta para la mitigación de GEI en esta industria estuvo orientada a la sustitución del *fuel oil* por diésel, lográndose una disminución de las emisiones en 464,48 tCO₂ para el año 2015.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bastidas, G., & Hernández, R. (2019). Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistemática de la literatura. *Revista Cuidarte*, 10(3).
<https://doi.org/10.15649/cuidarte.v10i3.664>

Beyer, R. M., Manica, A., & Mora, C. (2021). Shifts in global bat diversity suggest a possible role of climate change in the emergence of SARS-CoV-1 and

SARS-CoV- 2. *Science of the Total Environment*, 767(145413), 1-5.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145413>

Cansiano, J. (2020). Estimación de la huella de carbono en la producción de vidrio en Cuba. *Minería y Geología*, 36(4), 428-440.

Naciones Unidas (2021). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

- CMNUCC. COP 26 Summary Report. from <https://www.un.org/es/climatechange/cop26>
- Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero. (2018). *Inventario Nacional de GEI*. Cuba: Instituto de Meteorología.
- Espinoza, A., Seingier, G., Ortiz-Lozano, L., Espejel, I., & Reyna-Fabian, M. (2018). De la evaluación ecológica a la socio-ecológica: la vulnerabilidad de los arrecifes de coral ante los factores de estrés asociados al cambio climático. *Sociedad y Ambiente*, 6(17), 59-92. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i17.1840>
- García, C. (2011). El cambio climático: los aspectos científicos y económicos más relevantes. *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 32(4), 5-32. http://dx.doi.org/10.5209/rev_NOMA.2011.v32.n4.38052
- Gomez, L. M. (2020). El desafío ambiental: enseñanzas a partir de la COVID-19. *MEDISAN*, 24(4), 728-743.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2007). Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,. 22/01/2020, from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI: Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)*
- Leal, J. (2015). Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa,. from https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2018ag/huella_carbono/informe_gei/6_anexo_3Factores_Emission_Herramienta_Inventario_GEI_EAB_2014.
- Mari, E. A. (2002). La industria del vidrio y el medio ambiente: oportunidad y enfoque del Análisis del Ciclo de Vida. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(4), 399-403. <https://doi.org/10.3989/cyv.2002.v41.i4.672>

- Martín, O. (2013). *Medio ambiente e industria del vidrio. Análisis del bref 2012* www.anfevi.com/wp-content/.../medio-ambiente-e-industria-del-vidrio-analisis.pdf
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P., Waterfield, T. (2018). Calentamiento global de 1,5 °C. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://bit.ly/3eY0iDZ>
- Mesa, G., Correa, I., & Ortiz, P. (2021). La dirección en salud frente a la variabilidad y el cambio climático en Cuba. *Información para directivos de la Salud.*, 34(Ene-Abr), 1-17.
- Moya, I. (2020). *Efectos de la contaminación atmosférica en la salud infantil* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Jaén.
- Pinner, D., Rogers, M., & Samandari, H. (2020). Addressing climate change in a post-pandemic world. from <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/addressing-climate-change-in-a-post-pandemic-world>
- Planos, E., Guevara, A. V., Rivero, R., Pérez, R., Centella, A., Fernández, A., Suárez, A. (2014). *Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba* (AMA Ed.). Cuba: Multimedia Instituto de Meteorología.
- Vinos, J. A. (1988). La fabricación de vidrio y la protección del medio ambiente. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 27(5), 283-289. <http://boletines.secv.es/upload/198827283.pdf>

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license