

## **ESTUDIO DE LA POTENCIAL DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO A PARTIR DEL REEMPLAZO DE GLP POR PELLETS DE MADERA APLICADO A LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS, ARGENTINA**

### **STUDY OF THE POTENTIAL REDUCTION OF THE CARBON FOOTPRINT FROM THE REPLACEMENT OF LPG BY WOOD PELLETS APPLIED TO THE PROVINCE OF ENTRE RÍOS, ARGENTINA**

**Bertoglio Carla<sup>1</sup>, García Mauricio <sup>1</sup>, Figueira Analía<sup>2</sup>, Morris Jonathan<sup>1</sup> y Lafflitto Cristina<sup>1</sup>**

car.bertoglio@gmail.com, mauriciojuliangarcia@gmail.com, anifigueira@gmail.com, jmorris2985@gmail.com, cristinalafflitto@gmail.com

<sup>1</sup> Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora (FI-UNLZ), Camino de Cintura y Juan XXIII, 1832, Lomas de Zamora, Argentina

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Flores, Rivadavia 5741, 1406, CABA, Argentina.

Recibido 22/12/2021; Aceptado: 02/02/2022

**Resumen:** El cambio climático es una de las problemáticas que más preocupa a los países a nivel mundial dado la cantidad de consecuencias que conlleva. El mismo encuentra su causa en las emisiones de gases de efecto invernadero que se emanan a la atmosfera por diversas actividades, aunque una de las principales es la generación de energía. En Argentina esta preocupación no es menor, dado que nuestra matriz energética esta compuesta en su mayoría por combustibles fósiles, los cuales son los principales emisores de estos gases, provocando que aportemos activamente a esta cuestión. En este contexto, el presente artículo busca analizar la huella de carbono generada por la utilización de GLP y compararla con la producida por pellets de madera fabricados en base a residuos de las industrias forestales de la provincia de Entre Ríos. El estudio se realizó comparando la huella de carbono producida por la cantidad de GLP que se estima puede ser reemplazada en la provincia, contra la huella que se produciría de utilizarse estos pellets de madera producidos mediante los residuos de los aserraderos. Teniendo en cuenta que solo se puede reemplazar el 20% del GLP, dada la disponibilidad de estos residuos, y si bien los mismos, generan gases durante su combustión, el análisis demostró que el reemplazo generaría un 14% menos de CO<sub>2</sub> eq.

**Palabras-clave:** huella, carbono, pellets, madera, gas licuado, energía, GEI, efecto, invernadero.

**Abstract:** Climate change is one of the problems that most worries countries worldwide given the number of consequences it entails. It finds its cause in the greenhouse gas emissions that are released into the atmosphere by various activities, although one of the main ones is the generation of energy. In Argentina this concern is not minor, given that our energy matrix is composed mostly of fossil fuels, which are the main emitters of these gases, causing us to actively contribute to this issue. In this context, this article seeks to analyse the carbon footprint generated by the use of LPG and compare it with that produced by wood pellets manufactured based on waste from forest industries in the province of Entre Ríos. The study was carried out by comparing the carbon footprint produced by the amount of LPG that is estimated to be replaced in the province, against the footprint that would be produced if these wood pellets produced, by waste from sawmills, were used. Taking into account that only 20% of the LPG can be replaced, given the availability of these wastes, and although the fact that they generate gases during their combustion, the analysis showed that the replacement would generate 14% less CO<sub>2</sub> eq.

**Keywords:** footprint, carbon, pellets, wood, liquefied gas, energy, GHG, effect, greenhouse.

## 1. Introducción

La sociedad actual se encuentra ante un gran desafío mundial como lo es el cambio climático y todas las consecuencias negativas que este conlleva para la toda la vida del planeta, siendo el mismo potenciado en gran parte de las actividades antrópicas. Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), el cambio climático no hace referencia únicamente al aumento de la temperatura global, sino que también incluye otros cambios como ser los que ocurren en las condiciones climáticas del planeta que dan lugar a catástrofes naturales, la pérdida de biodiversidad y desaparición de especies, entre otros. [1]

Algunos de los gases emitidos por la actividad humana como el óxido nitroso, el metano y el dióxido de carbono son buenos absorbentes de la radiación infrarroja procedente de la tierra o radiación saliente y se los denomina gases de efecto invernadero (GEI). Por lo tanto, una alteración de las concentraciones de los GEI provoca alteraciones en el sistema climático produciendo un cambio que se manifiesta como un aumento de la temperatura global.[8] Según Ballesteros y Aristizabal [8, pp.31] se puede entender al cambio climático como: “el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales”.

En la actualidad la matriz energética mundial se encuentra en su mayoría compuesta por fuentes de energía que producen grandes cantidades de estos gases anteriormente mencionados [9]. En la figura 1 podemos visualizar como se compone la matriz energética mundial, siendo muy preponderante el uso de energías no renovables como el gas, combustibles derivados del petróleo y el carbón, las cuales representan el 86% del total de las fuentes energía consumidas.

Cabe destacar la posición de la biomasa como la fuente de energía renovable más utilizada con un 7% del total, ocurriendo esto debido al esfuerzo de numerosos países que han desarrollado políticas e incentivos para estimular este tipo de energías más limpias, siendo la biomasa tradicional una de las que poseen más fácil acceso en especial para países en desarrollo [14, pp.72].

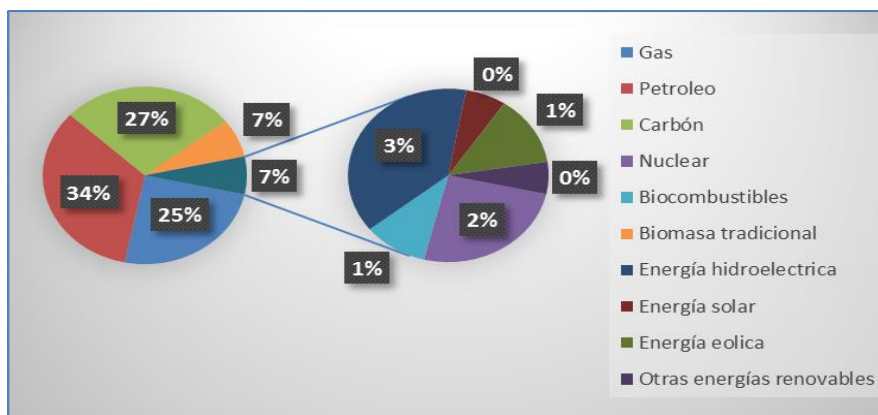


Fig. 1: Porcentaje de consumo de las principales fuentes de energía primaria en el mundo. Elaboración propia en base a los datos extraídos de la web ourworldindata.org [9]

Como se puede observar en la figura 2 el porcentaje de utilización de energías no renovables en Argentina es muy elevado alcanzando aproximadamente un 85% de la matriz energética total. Esto nos indica que se requiere un cambio inmediato en la forma que generamos nuestra energía ya que las mismas son limitadas y poseen un impacto ambiental elevado, dificultando el alcance del desarrollo sostenible. Otro punto importante a tener en cuenta es que la biomasa no aparece dentro del gráfico ya que no existen datos precisos de su utilización en el país debido a que su porcentaje de utilización es casi nulo en comparación al resto de las energías primarias.

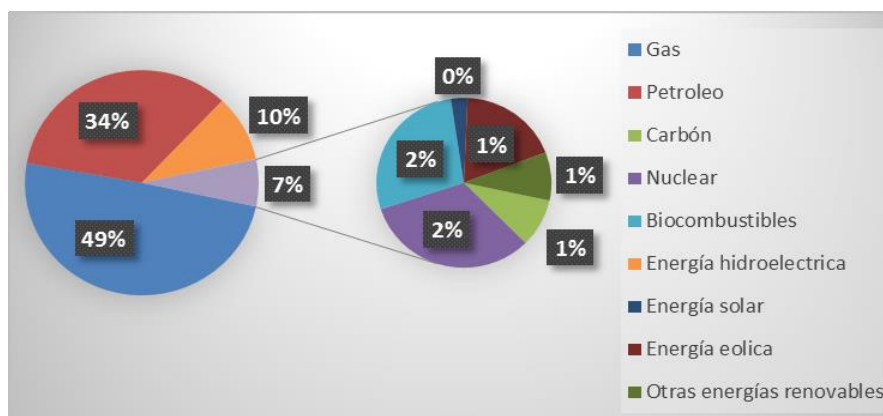


Fig. 2: Porcentaje de consumo de las principales fuentes de energía primaria en Argentina. Elaboración propia en base a los datos extraídos de la web ourworldindata.org [10]

En el año 1997 sucedió que los países industrializados miembros de las Naciones Unidas adhirieron al Protocolo de Kioto comprometiéndose a reducir y limitar las emisiones de GEI. Este protocolo persigue el compromiso de aquellos países industrializados con el objetivo de estabilizar las emisiones de los GEI estableciendo metas vinculadas a dicho objetivo. Gracias a él, los gobiernos han establecido leyes y políticas con el fin de cumplir los compromisos asumidos. También, ha llevado a las organizaciones a tener al ambiente como un pilar fundamental a la hora de la toma de decisiones sobre las inversiones a llevar a cabo. Por lo tanto, este protocolo es considerado como un gran primer paso hacia un régimen verdaderamente mundial de estabilización y reducción de emisiones de GEI [15].

Dado este contexto, y siendo Argentina uno de los países que ha adherido a dicho protocolo, se decidió estudiar la potencialidad de reducción de la huella de carbono aplicada a la provincia de Entre Ríos de dicho país. Esto ocurre debido a que en dicha región se encuentran instalados una gran cantidad de aserraderos, los cuales generan una notable cantidad de residuos que no son utilizados pero que tienen un gran potencial de utilización para la producción de energía de calefacción en los hogares permitiendo así reemplazar parte del consumo del GLP y disminuir el consumo de energías de fuentes no renovables.

Tomando como base el informe nacional del relevamiento censal de aserraderos realizado en el año 2015, se puede afirmar que el rendimiento de dichos aserraderos es aproximadamente del 40% debido a esto, el empleo de los residuos generados en dichos establecimientos tiene una gran potencialidad de ser explotados económicamente siendo utilizados en nuevas fábricas o incluso en hogares para generar energía a base de biomasa derivada de pellets de madera. Por esta razón es que, aunque se mejoren los rendimientos de dichos establecimientos seguiríamos enfrentando la problemática de qué hacer con los residuos que generan [13].

## **B. Huella de carbono**

La huella de carbono hace referencia a la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera y que son generados en las actividades de producción o consumo de bienes y servicios llevadas a cabo por los humanos. [2]. Ésta representa una de las herramientas fundamentales para cuantificar la generación de los GEI [3].

Los gases de efecto invernadero fueron definidos en el protocolo de Kioto en el año 1997 y son considerados fundamentales al estudiar el cambio climático que sufre el globo terráqueo debido a que forman una capa permanente en la zona media de la atmósfera impidiendo que la radiación solar no pueda salir de dicha zona y genere que la temperatura debajo de esa capa aumente. [4]

En relación a la cantidad de GEI producidos por la madera se encontró [11] citado en [12, p.82] donde el autor manifiesta que: “la disposición de la madera en un relleno sanitario genera 0.0036 kg de CO<sub>2</sub>/kg de madera mientras que su incineración 1.47 kg CO<sub>2</sub>/kg de madera, razón por la cual; algunos autores establecen que el balance de dióxido de carbono de la madera no siempre es negativo, pues tarde o temprano la madera tendrá que ser dispuesta en rellenos sanitarios o incinerada.”. En base a lo mencionado podemos notar la importancia de encontrar alternativas para el uso de los residuos industriales de este recurso, ya que inevitablemente terminarán su ciclo en un sitio de disposición final o en hornos de incineración. En cambio, si pudiesen ser utilizados como reemplazo de algún tipo de energía no renovable, se evitaría el desperdicio de dicho recurso y se ayudaría a disminuir el llenado de los rellenos sanitarios.

## **C. Energías renovables: biomasa**

La energía biomásica tiene origen en distintas fuentes biológicas y hace referencia a una fuente renovable que constituye un combustible no fósil y que tiene una ventaja en cuanto al ciclo del carbono al producir emisiones de CO<sub>2</sub> ya que proceden de un carbono en gran parte retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico ya que los árboles absorben el dióxido de carbono durante su crecimiento y luego es emitido en su combustión dando lugar a lo que se conoce como efecto neutro. [5]

Entre los beneficios que se pueden encontrar con el uso de biomasa [14, pp.70-71] expresa que se pueden obtener los siguientes:

- Aumento de la independencia energética mediante la generación de energía local
- Reducción de los gases de efecto invernadero
- Permite convertir un residuo que no tiene valor económico en un recurso
- Se reduce la disposición de residuos en rellenos sanitarios ya que permite revalorizar residuos que no se utilizan
- Reduce el riesgo de incendio dado que al utilizar esos residuos se evita la quema de los mismos ya sea de manera intencional o accidental.
- Aumento del desarrollo económico ya que la biomasa requiere de recolección, transporte y procesado, generando demanda de nuevas actividades, y por ende, de puestos de trabajo
- A diferencia de la energía eólica y solar no posee dependencia de las condiciones climatológicas.

Los pellets de madera consisten en un tipo de energía renovable que se obtiene de la reconversión de los residuos generados en la industria maderera, el aserrín y viruta. [6] Estos residuos allí generados en su mayoría, terminan su ciclo en rellenos sanitarios donde se degradarán mediante procesos naturales, aunque podrían ser utilizados para la generación de energía térmica.

Estos pellets son aptos para el empleo a nivel doméstico como combustible para calefaccionar hogares. Esta fuente de energía, además permite mejorar el control de los residuos, el reciclaje de nutrientes, la creación de empleos, entre otros [14].

Actualmente en Argentina hay un porcentaje de utilización muy bajo con respecto a su potencialidad de uso, demostrándose que es viable su utilización ya que se poseen los recursos e infraestructura como para aprovechar estos recursos. Entre las fuentes más considerables para la obtención de este recurso se encuentran en las industrias forestales dado a que poseen un bajo rendimiento y una alta producción de residuos. [7, p.68]

Por otro lado, citando a [7, p. 69] se manifiesta que los pellets representan la ventaja de ser más económico comparado con el GLP que emplean los hogares lo cual representa una mejora en la calidad de vida económica de los usuarios dado que la obtención de estos combustibles representa un notable gasto mensual en los meses de invierno.

## 2. Desarrollo

### A. Metodología

Para el cálculo de la huella de carbono es necesario realizar el producto entre los datos de consumo de la fuente de energía y el factor de emisión del tipo de combustible o gas empleado. El cálculo de la misma se puede visualizar en la siguiente fórmula [3]:

$$\text{Huella de carbono (Tn CO}_2 \text{ eq)} = \text{Consumo de la fuente energética} \times \text{Factor emisión}$$

Por un lado, el factor de emisión correspondiente a la madera fue obtenido de un informe denominado “Factores de emisión considerados en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa” emitido por la Corporación Ambiental Empresarial de Colombia cuyos datos fueron extraídos de FECOC 2016 y es de 1,15 Tn CO<sub>2</sub> eq / Tn combustible.

Mientras que, por su parte, el factor de emisión del GLP se obtuvo de “Guía práctica para el cálculo de Emisiones de gases de efecto invernadero” desarrollada por la Oficina Catalana del Cambio Climático y el mismo tiene un valor de 2,96 kg CO<sub>2</sub>/kg de GLP.

Tabla 1 - Factores de emisión del combustible (Tn CO<sub>2</sub> eq/Tn)

Madera	1,15
GLP	2,96

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los consumos correspondientes al GLP para calefacción y su potencial de reemplazo para los pellets de madera serán obtenidos del “Estudio de potencialidad para el reemplazo de GLP por pellets de madera a base de residuos forestoindustriales aplicado a la provincia de Entre Ríos, Argentina.” Publicado por la Asociación Argentina de Energías Renovables. En el trabajo mencionado, se han tenido en consideración los poderes caloríficos y las densidades de cada fuente energética para realizar las conversiones requeridas. De allí se determinó que, dada la capacidad instalada en el país para la producción de pellets de madera, el potencial de reemplazo del GLP es del 20%. [7]

Tabla 2 - EQUIVALENTE EN PELLETS DEL CONSUMO DE GLP EN ENTRE RÍOS, ARGENTINA

Kilogramos equivalentes de GLP para el consumo de gas natural por Usuario (m3)	667,5
Kilogramos de GLP consumido al año (Kg)	165.313.020,3
Kilogramos de GLP Empleado para calefacción	82.656.510,1
Litros de GLP empleado para calefacción	147.600.911
Equivalente de GLP para calefacción en pellets (Tn)	182.223,3

Fuente: Elaboración Ing. C. Bertoglio [7]

## B. Cálculo

Teniendo en cuenta que solo se podría reemplazar un 20% del GLP empleando pellets según la capacidad instalada del país para la producción de esta última fuente de energía, los cálculos según los factores de emisiones son:

Tabla 3 - CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DEL GLP

GLP empleado para calefacción (Tn)	16.531,3
Tn CO <sub>2</sub> eq/ Tn GLP	2,96
Total de Tn CO <sub>2</sub> eq GLP	48932,65

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 - CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS PELLETS DE MADERA

Toneladas de pellets equivalentes a las toneladas de GLP reemplazables	36444,66
Factor de emisión de la madera (Tn CO <sub>2</sub> eq / Tn)	1,15
Total de toneladas de CO <sub>2</sub> eq Pellets	41911,36

Fuente: Elaboración propia

### 3. Resultados

Del cálculo realizado, se demuestra que la disminución de emisiones de dióxido de carbono generada por ambas fuentes de energía es:

Tabla 5 - DISMINUCIÓN EN TN DE CO<sub>2</sub> POR EL REEMPLAZO DE GLP POR PELLETS

Total de toneladas de CO <sub>2</sub> generado mediante GLP (Tn)	48.932,65
Total de Toneladas de CO <sub>2</sub> generado mediante pellets (Tn)	41.911,36
Disminución en Toneladas de CO <sub>2</sub> (Tn)	7.021,29

Fuente: Elaboración propia

Entonces, realizando la diferencia de las emisiones de CO<sub>2</sub> generada por el reemplazo del 20% del consumo de GLP por pellets fabricados a base de madera en la provincia de Entre Ríos, Argentina, se obtiene una disminución de las emisiones de dicho gas a la atmósfera que representa el 14%.



Fig. 2: Comparación del CO<sub>2</sub> generado mediante GLP y su equivalente en pellets. Elaboración propia



#### **4. Conclusiones**

Derivado del cálculo mencionado, se puede concluir que, si se pudiera reemplazar el 20% del consumo de GLP por pellets de madera, las emisiones de dióxido de carbono emitidas a la atmósfera como consecuencia de dicho consumo se verían disminuidas en un 14%.

Esta reducción es muy significativa ya que, como se mencionó anteriormente, se contraerían diversas ventajas ambientales además de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Principalmente la disminución de los residuos forestales que se disponen en rellenos sanitarios, ya que el mismo se estaría aprovechando, evitando ocupar volúmenes innecesarios en los sitios de disposición final. Otra de las ventajas de los pellets de madera es que su combustión genera un muy bajo porcentaje de cenizas que a su vez pueden emplearse como abono de la tierra para la disposición final.

Además, cabe destacar el hecho de que los pellets se fabricarán a base de desechos forestoindustriales que hoy en día presentan un problema tanto para las industrias como para el medioambiente dado que no poseen un tratamiento adecuado de disposición final lo cual se traduce en riesgos de incendios, no aprovechamiento de recursos renovables, proliferación de vectores, descomposición que emite gases, entre otras cuestiones.

Con base a todo lo presentado queda demostrado que la biomasa en Argentina además de presentar una potencialidad en cuanto a su uso, la misma presenta oportunidades de mejoras ambientales. Para futuras líneas de investigación se propone:

Calcular la huella de carbono generada por toda la cadena de valor tanto en el caso del GLP como de los pellets de madera.

Realizar un estudio económico con el objetivo de analizar las ventajas y desventajas de presentar un proyecto de esta magnitud a nivel nacional, dado que este tipo de generación presenta diversas ventajas ambientales, pero un factor importante a analizar es si resulta factible económicamente.

## 5. Referencias bibliográficas

[1] Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K. L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S. I., Thomas, A., Warren, R. F., Zhou, G., & Tschakert, P. (2018). Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems [en línea]. UWA School of Agriculture and Environment, Department of Geography, Australia, [2018].

Disponible en:

<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-3/>

[2] Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. Environmental Monitoring and Assessment, 178(1-4), 135-160 (2010)

[3] Wiedmann T. Carbon Footprint and Input-Output Analysis - An Introduction, Economic Systems Research, 21, 175-186 (2009).

[4] Espíndola, César, & Valderrama, José O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. Información tecnológica, 23(1), pp. 163-176.

[5] A. J. Callejón Ferre, “La biomasa procedente de cultivos agrarios: energía renovable,” IDESIA, Vol. 29, no. 1, enero-Abril 2011, pp. 5-6.

[6] N. Ayala-Mendivil, G. Sandoval, “Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera,” Madera y Bosques, vol. 24, no. especial, octubre 2001.

[7] C. Bertoglio, A. Figueira, J. Morris, C. Lafflito, “Estudio de potencialidad para el reemplazo de GLP por pellets de madera a base de residuos forestoindustriales aplicado a la provincia de entre ríos, argentina.”, ASADES, vol. 45, pp. 63-69, 2020.

[8] H. O. Benavides Ballesteros, G. E. León Aristizabal, “Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático,” Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, diciembre 2007, pp. 25.

[9] H. Ritchie, “Energy production and consumption”, Ourworldindata. (Fecha de consulta 26/02/2021)

Disponible en:

<https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

[10] H. Ritchie and M. Roser, “Argentina: Energy Country profile” Ourworldindata. (Fecha de consulta 26/02/2021)

Disponible en:

<https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>

[11] N. P. Escobar Suarez, “Evaluación de la huella de carbono y consumo de energía en el ciclo de vida de la vivienda económica hecha en madera,” Tesis de grado, Universidad de Los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y ambiental, Bogotá, Colombia, Enero 2010.

[12] B. Peuportier, “Life cycle assesment applied to the comparative evaluation of single family house in the French Context,” Energy and buildings, Francia, 2001, pp.443 – 450.

[13] J. P. Nojek Barbieri, “Pellets de madera: una fuente de energía renovable”, Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Bs. As, Argentina, 2009

[14] B. Griffa L. Marcó, E. Goldstein, “Producir electricidad con biomasa: beneficios, experiencias y actualidad en argentina,” revista de la facultad de ciencias económicas - UNNE, no. 19, Primavera 2017, pp. 67-79.

[15] L. Fronti de García, “El protocolo de Kioto y los costos ambientales”, Revista del instituto internacional de costos, vol. 1, pp. 9-31, jan./jun . 2007.