

# ¿Energía nuclear, biomásica o eólica? Una aproximación desde el enfoque de ciclo de vida

## Nuclear, biomass, or wind energy? An approach from the life cycle perspective

Daniel Rodriguez-Rivas<sup>1</sup>, Deborah Colombo-Vegas<sup>2</sup>,  
Julio Rojas-Gómez<sup>3</sup>, Gustavo Richmond-Navarro<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 20 de diciembre, 2024

Fecha de aprobación: 23 de abril, 2025

Rodriguez-Rivas, D; Colombo-Vegas, D; Rojas-Gómez, J;  
Richmond-Navarro, G. ¿Energía nuclear, biomásica o eólica?  
Una aproximación desde el enfoque de ciclo de vida. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° 4. Octubre-Diciembre, 2025.  
Pág. 182-190.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i4.7742>

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [d.rodriguezrivas@gmail.com](mailto:d.rodriguezrivas@gmail.com)

 <https://orcid.org/0009-0001-9492-4647>

2 PALFINGER AG - Salzburg, Austria.

 [dcolombovegas@gmail.com](mailto:dcolombovegas@gmail.com)

 <https://orcid.org/0009-0001-2407-0041>

3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [jrojas@tec.ac.cr](mailto:jrojas@tec.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0003-1375-2191>

4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [grichmond@tec.ac.cr](mailto:grichmond@tec.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-5147-5952>



## Palabras clave

Ciclo de vida; energía nuclear; energía eólica; biomasa; huella de carbono; matriz EPM; EPD.

## Resumen

Las fuentes de energía renovables han representado una alternativa para evitar recurrir a los combustibles fósiles y el alto impacto ambiental que estos conllevan. Sin embargo, estas fuentes de energía no están exentas de producir emisiones de carbono al ambiente. Con el fin de cuantificar la huella de carbono generada por la producción de energía mediante fuentes como la energía nuclear, biomásica o eólica; se abordó un análisis de las emisiones de carbono dadas en cada etapa del ciclo de vida de cada una de estas, consultando distintas fuentes bibliográficas y delimitando la información recopilada a datos publicados a partir del año 2010. Dicha información se distribuyó en tres cuadros para realizar una comparativa entre cada etapa de las distintas fuentes de energía y determinar cuál de estas produce una menor huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida. Se consultaron además distintos registros de la utilización de las fuentes de energía en cuestión dentro del contexto de la región de América Latina, esto con el fin de analizar el impacto de los distintos factores socioeconómicos presentes y determinar la viabilidad de la utilización de estas fuentes de energía.

## Keywords

Life cycle; nuclear energy; wind energy; biomass; carbon footprint; EPM Matrix; EPD.

## Abstract

Renewable energy sources are an alternative to reduce reliance on fossil fuels and mitigate the high environmental impact associated with them. However, these energy sources are not exempt from generating carbon emissions. To quantify the carbon footprint associated with energy generation from sources such as nuclear, biomass, and wind energy, an analysis was conducted on the carbon emissions at each stage of the life cycle of each source. A variety of bibliographic sources were consulted, focusing on data published from 2010 onward. The information was organized into three tables to facilitate comparisons across each life-cycle stage of the different energy sources and to determine which produces a lower carbon footprint overall. Additionally, records on the use of these energy sources in the Latin American region were consulted to analyze the impact of various socioeconomic factors and assess the feasibility of adopting these energy sources.

## Introducción

Toda actividad humana genera impactos en el entorno, y con el crecimiento de la población y su consumo, igualmente se aumenta la necesidad de agua, alimentos y energía, pudiendo atribuirse a cada uno de ellos una huella ambiental, siendo la huella de carbono una de las más comúnmente estudiadas [1]. Particularmente la energía, es crucial para el desarrollo de prácticamente todas las actividades vitales económicas: producción de bienes y prestación de servicios, calefacción o refrigeración de edificios y fábricas, transporte, construcción, preparación y conservación de alimentos, entre otros. Sin embargo, globalmente se estima que 660 millones de personas carecen de acceso a fuentes energéticas consolidadas, o bien cerca de 2000 millones de personas dependen de fuentes contaminantes. Lo anterior hace que aproximaciones mundiales atribuyan al sector energético el 60% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. En consecuencia, propuestas como los Objetivos de Desarrollo

Sostenible (ODS) plantean en su ODS no. 7 la búsqueda de energía asequible y no contaminante, y amparados en esquemas como el Acuerdo de París, las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (o NDC por sus siglas en inglés) presentan el compromiso voluntario de que los países establezcan acciones para adaptarse al cambio climático, garantizar financiación para este fin, y limitar así el aumento medio de la temperatura global a 1,5°C [2]. Siendo el sector energético la principal causa del cambio climático [3], las NDC sin duda incluyen el estudio y las acciones respecto a la energía como uno de sus capítulos.

La discusión en torno a cuál fuente energética resulta más sostenible es intensa y las decisiones requieren de fundamento para que un país, o una región se decante por una u otra alternativa. Por esto es vital estudiar esta materia desde bases científicas y metodológicas sólidas.

En esta investigación se responden a las interrogantes: ¿Cuál es el impacto medioambiental resultante de la energía nuclear, biomásica y eólica en todo su ciclo de vida? ¿Cuál de estos tres tipos diferentes de energía genera la menor huella de carbono? Por lo anterior, la importancia de este artículo reside en la realización de un análisis de datos secundarios destinado a abordar, al menos en parte, las interrogantes previamente planteadas.

En primer lugar, es necesario abordar conceptos como el análisis del ciclo de vida. “El análisis del ciclo de vida (ACV) es una metodología de evaluación ambiental mediante la cual se pueden analizar y cuantificar todos los aspectos ambientales de un producto, proceso o servicio a lo largo de su ciclo de vida. El estudio incluye todas las etapas de su existencia, es decir, las etapas que van desde la extracción y procesamiento de las materias primas, su manufactura, transporte, distribución, uso, reutilización o reciclaje y la disposición final de los residuos.” [4]. En síntesis, el ACV trata de un análisis cuantitativo sobre el ciclo de vida de un producto o servicio.

La cuantificación del impacto suele medirse a través de distintas metodologías, principalmente “ReCiPe midpoint” y “ReCiPe endpoint”, usadas en países de la Unión Europea, y “Environmental Performance Indicators (EPD)”, el cual se utiliza de manera más globalizada y en Latinoamérica. En el caso de este artículo se utilizó EPD como metodología base para suministrar información sobre el impacto ambiental del ciclo de vida [5] de la producción energética a partir de distintas fuentes.

El artículo se centró en cuantificar mediante uno de los impactos negativos mayormente estudiados, la huella de carbono o potencial de calentamiento global de la producción de energía, considerando cuatro fases de su ciclo de vida: extracción y recolección de materiales, construcción de la planta de producción de energía, operación y desmantelamiento.

La huella de carbono según [6] es definida como la cuantificación del efecto del impacto sobre el clima y la producción de gases de efecto invernadero durante el ciclo de vida de todos los productos y servicios consumidos. Asimismo, como fue expuesto en [7], esta se refiere de una manera más frecuente a la huella de carbono como el peso de las emisiones de GEI, y es común que sea dado en  $CO_2$  equivalente ( $CO_2e$ ) al considerar el potencial de calentamiento global de los GEI emitidos en el caso en estudio y expresarlos en dicha unidad equivalente [8].

Sobre este tipo de análisis existen algunas investigaciones, como en el caso de la tesis “Comparación del impacto ambiental de los sistemas energéticos a base de nuclear, biomasa y gas utilizando el análisis del ciclo de vida” [9]. En esta se realiza un análisis de la energía obtenida a partir del gas natural, con un enfoque a la utilización de estas energías en su país. El autor siguió la siguiente metodología: primero realizó una revisión bibliográfica sobre las energías, esto lo hizo con artículos y publicaciones desde el año 2000 hasta el 2016, luego identificó los impactos y estrategias de mitigación del impacto ambiental con el fin de realizar una comparación de los resultados de la huella de carbono de los ciclos de vida y una cualificación

de estos utilizando la metodología de la matriz EPM (Evaluación de Proyectos, Metodología Arbolada). Al final, el autor concluyó que la energía biomásica destaca entre las tres analizadas, como la de menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, añadió que la nuclear cuenta con una cantidad de emisiones similares pero sus riesgos asociados siempre deben de ser considerados.

Teniendo como premisa el enfoque desarrollado por Galvis [9], la presente investigación tiene por objetivo comparar de manera general (no por país), de cuál tipo de energía, nuclear, biomásica o eólica, genera menor huella de carbono por kilowatt-hora. Si bien no presenta alternativas de mitigación, ofrece un insumo para avanzar en la discusión en Costa Rica y en el contexto latinoamericano, sobre los impactos y las posibles decisiones por tomar cuando se consideren alternativas de generación de energía, las cuales deben ser abordadas según metas y contexto del país.

## Materiales y métodos

Siguiendo la metodología propuesta por el ACV en la norma 14044 [10], se definió que el objetivo y alcance se basarían en comparar la huella de carbono en un sistema delimitado por las siguientes etapas del ciclo de vida estudiado: la recolección y extracción de los materiales, la construcción, el tiempo de operación, el fin de vida o desmantelamiento y la durabilidad promedio. En el caso de la energía biomásica, se decidió enfocar la búsqueda solo para el proceso de combustión y el proceso de co-combustión, además de que sea con fines energéticos. La unidad funcional (UF) se determinó como la emisión de gramos de dióxido de carbono equivalentes entre la producción eléctrica por hora ( $gCO_2e / kWh$ ). Esto se le conoce como mix eléctrico, lo cual es un factor de emisión de la energía eléctrica, esto según la Oficina Catalana de Cambio Climático [11].

Para la fase de análisis del inventario (ICV) y Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV) en estudio, se realizó un análisis de tipo cuantitativo basado en una revisión de literatura no sistemática, a partir de publicaciones con fecha desde el año 2010. Se ejecutó la búsqueda en las bases de datos “ScienceDirect”, “Scielo”, “Google Scholar” y “Scopus”, y se enriqueció la investigación desde algunos sitios web de organizaciones mundiales como lo son la “United Nations Economic Commission for Europe” (UNECE). Se utilizaron las palabras claves “huella de carbono”, “ciclo de vida”, “energía eólica”, “biomasa”, “biomásica”, “energía nuclear”, “impacto ambiental de las energías renovables”, “impacto ambiental de la energía nuclear”, “EPD”, “combustión”, “co-combustión”, “potencial de calentamiento global”, “carbon footprint”, “life cycle”, “wind energy”, “biomass”, “biomassic”, “nuclear energy”, “environmental impact of renewable energy”, “environmental impact of nuclear energy”, “global warming potential”.

De esta recopilación de documentos y artículos web, se seleccionaron los datos por utilizar para la comparación de cada una de las etapas del ciclo de vida de cada una de las energías tratadas en el artículo y se procedió a la interpretación de los resultados.

Con los datos mencionados se construyeron cinco cuadros. Los tres primeros cuadros recopilaron la información individual de las etapas de cada una de las energías, además de contar con la cantidad total generada de huella de carbono, este número se obtuvo realizando la suma de los datos de las cuatro etapas, asimismo se añadió el promedio de cada etapa y del total. El cuarto cuadro se construyó utilizando los datos promedios de las fases y el total de los tres métodos de transformación de energía juntos. Por último, el quinto cuadro se realizó con la referencia de la durabilidad de los tres métodos.

## Resultados

Para el primer caso, la energía eólica, se obtuvo la información del ciclo de vida de cuatro distintos modelos, dos terrestres y dos marinos, cuyos resultados/cifras se encuentran en el Cuadro 1. Se pueden observar datos negativos en la sección de fin de vida, esto es según [12], debido al reciclaje de materiales.

**Cuadro 1.** Datos de las emisiones de huella de carbono durante el ciclo de vida de plantas de energía eólica. Fuente: Autor mediante datos de [12].

Tipo	Modelo	Materiales ( $gCO_2e / kWh$ )	Construcción ( $gCO_2e / kWh$ )	Operación y mantenimiento ( $gCO_2e / kWh$ )	Fin de vida ( $gCO_2e / kWh$ )	Total ( $gCO_2e / kWh$ )
Terrestre	SWT-2.3-108	4,65	0,25	0,10	-1,00	5,00
	SWT-3.2-113	3,72	0,16	0,12	-0,76	4,00
Marino	SWT-4.0-130	7,30	1,40	1,30	-1,70	10,00
	SWT-6.0-154	5,25	0,84	0,91	-1,26	7,00
Promedio	----	5,23	0,66	0,61	-1,18	6,50

En el caso de la energía nuclear, se obtuvieron los datos promedio a nivel mundial de su ciclo de vida. Estos datos fueron recopilados en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Dato promedio de las emisiones de huella de carbono durante el ciclo de vida de plantas de energía nuclear. Fuente: Autor mediante datos de [13].

Tipo	Materiales ( $gCO_2e / kWh$ )	Construcción ( $gCO_2e / kWh$ )	Operación y mantenimiento ( $gCO_2e / kWh$ )	Fin de vida ( $gCO_2e / kWh$ )	Total ( $gCO_2e / kWh$ )
Promedio	2,83	0,82	1,49	0,36	5,50

Los datos de la energía biomásica, durante el proceso de combustión y el de co-combustión, se encuentran recopilados en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Datos de las emisiones de huella de carbono durante el ciclo de vida de la biomasa. Fuente: Autor mediante datos de [14].

Tipo	Materiales ( $gCO_2e / kWh$ )	Construcción ( $gCO_2e / kWh$ )	Operación y mantenimiento ( $gCO_2e / kWh$ )	Fin de vida ( $gCO_2e / kWh$ )	Total ( $gCO_2e / kWh$ )
Combustión	8,60	0,08	3,02	0,04	11,74
	18,14	0,08	3,02	0,04	21,28
Co-combustión	9,44	0,11	14,14	0,04	23,73
	18,14	0,11	13,50	0,04	31,79
Promedio	13,58	0,10	8,42	0,04	22,14

En el Cuadro 4 se puede observar una recopilación de los datos promedio de los tres métodos de transformación de energía en cada una de sus fases de ciclo de vida. En el caso de la biomasa, se considera únicamente la producción de esta para fines energéticos.

**Cuadro 4.** Cuadro comparativo de los ciclos de vida de la energía eólica, nuclear y biomasa. Fuente: Autor mediante datos de [12], [13], [14].

Fases	Eólica	Nuclear	Biomásica
Materiales ( $gCO_2e / kWh$ )	5,23	2,83	13,58
Construcción ( $gCO_2e / kWh$ )	0,66	0,82	0,10
Operación y mantenimiento ( $gCO_2e / kWh$ )	0,61	1,49	8,42
Fin de vida ( $gCO_2e / kWh$ )	-1,18	0,36	0,04
Total ( $gCO_2e / kWh$ )	6,50	5,50	22,14

En el Cuadro 5 se compiló la durabilidad general de las plantas generadoras de energía de los tres tipos tratadas en este artículo.

**Cuadro 5.** Durabilidad de las plantas de energía eólica, nuclear y biomasa.  
Fuente: Autor mediante datos de [13], [14], [15].

Tipo	Durabilidad (años)
Eólica	20 a 25
Nuclear	60
Biomásica	20 a 30

Observando el Cuadro 4, se puede afirmar que en el total de mix eléctrico generado durante todo su ciclo de vida, la que genera una menor huella de carbono es la energía nuclear, seguida de la eólica y por último la biomásica. Se puede observar que en los tres métodos de generación de energía la fase que más genera huella de carbono es la recolección de materiales, esto en la mayoría de los casos es porque se toma en cuenta todo lo relacionado, desde la extracción de recursos, la construcción de las herramientas necesarias para ello, el combustible utilizado para su transporte, entre otras.

Asimismo, en el Cuadro 4 se observa que la fase que menor huella de carbono por kilowatt hora genera en los tres tipos de energía es la última fase, el fin de vida, la cual cuenta con el desmantelado de la planta, hasta el reciclado de materiales.

Cabe recalcar que, en cada caso estudiado, las emisiones generadas son de carbono biogénico, lo cual significa que este no incide en los niveles de concentración de  $CO_2$  en la atmósfera como lo haría el carbono generado por combustibles fósiles. El carbono biogénico está presente en el ciclo natural del carbono donde el  $CO_2$  liberado es equivalente al que será reabsorbido por nuevas plantas posteriormente [16].

Para analizar estos datos dentro del contexto nacional, se toma como referencia el estudio realizado por Galvis [9], el cual compara el impacto ambiental de las fuentes de energía utilizadas en Colombia. En el caso de la biomasa, el principal material base para la generación de este tipo de energía proviene de los residuos producto de los diferentes cultivos realizados por el sector agrícola del país, lo cual significa que el aprovechamiento de estos residuos para la producción energética ayuda a reducir la huella de carbono para ambos sectores implicados

en el proceso. Por otro lado, la energía nuclear no presenta muchos casos de aplicación a gran escala en la región que puedan ser utilizados como referencia, en el caso de Colombia, solamente cuenta con un reactor nuclear con una capacidad de 30 kilovatios, el cual es empleado para investigación solamente. Factores como el costo de inversión inicial, manejo de desechos y el mantenimiento exhaustivo que representa la energía nuclear podrían ser los causantes de que no haya tantos casos presentes de esta en la región latinoamericana, lo cual representaría un reto a superar si se quiere lograr una mayor capacidad energética con menor impacto de carbono en la región.

## Conclusiones

Después de analizar el ciclo de vida de las fuentes de energía nuclear, eólica y biomásica, considerando sus principales etapas —extracción y recolección de materiales, construcción, operación y mantenimiento, y fin de vida—, se identificaron y compararon las huellas de carbono asociadas a cada tecnología. Este análisis permitió establecer un marco cuantitativo que evidencia las diferencias en el impacto ambiental de estas fuentes energéticas.

Con base en los datos obtenidos y una revisión bibliográfica exhaustiva, se presentan a continuación las conclusiones clave de este estudio:

1. La energía que genera menor huella de carbono durante su ciclo de vida según los resultados es la energía nuclear. Generando un total de  $5,5 \text{ gCO}_2e / \text{kWh}$  durante todo su ciclo de vida y esto durante su tiempo de vida de 60 años.
2. La energía eólica es la segunda de las tres analizadas que genera menor huella de carbono. Generando un total de  $6,5 \text{ gCO}_2e / \text{kWh}$  durante su ciclo de vida y con un tiempo de vida promedio de 20 a 25 años.
3. La energía que más genera huella de carbono de las tres estudiadas es la biomásica, generando un total de  $22,14 \text{ gCO}_2e / \text{kWh}$  durante su ciclo de vida y con un tiempo de vida promedio de 20 a 30 años.

El análisis presentado se basa en datos específicos y casos de estudio, lo que ofrece una referencia general sobre el impacto ambiental de las fuentes de energía evaluadas. Sin embargo, es esencial considerar que cada planta de producción energética puede presentar particularidades únicas derivadas de factores tecnológicos, económicos, geográficos y sociales, los cuales influyen significativamente en los resultados finales.

Por lo tanto, la adopción y comparación de estas tecnologías deben realizarse en función del contexto específico de cada región. Este enfoque permite tomar decisiones informadas y adaptadas a las necesidades particulares del entorno energético.

Además, este estudio proporciona una visión comparativa integral sobre las emisiones de carbono asociadas a cada fuente energética a lo largo de su ciclo de vida. Aunque los resultados reflejan los casos específicos analizados, subraya la importancia de factores contextuales que determinan tanto las emisiones finales como la viabilidad de implementación. En este sentido, el presente análisis se posiciona como una herramienta valiosa para la toma de decisiones en el sector energético y un punto de partida para futuras investigaciones orientadas a la sostenibilidad y la adaptación regional y global de estas tecnologías.

## Agradecimientos

Se agradece a los asistentes del LIENE, Laboratorio de Investigación en Energía Eólica del TEC, quienes brindaron su apoyo y colaboración en la realización de esta investigación. Adicionalmente, se extiende un sincero agradecimiento a Laura Brenes-Peralta por su valiosa contribución y orientación en este trabajo.

## Referencias

- [1] Omolola A. Ogbolumani y Nnamdi I. Nwulu, "Environmental impact assessment for a meta-model-based food-energy-water-nexus system", Energy Reports, vol. 11, pp. 218-232, 2024, doi: <https://doi.org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1016/j.egyr.2023.11.033>
- [2] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, "¿Qué son las NDC y cómo impulsan la acción climática?", Climate Promise, 2023. Accedido el 11 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/que-son-las-NDc-contribuciones-determinadas-nivel-nacional-cambio-climatico>
- [3] Naciones Unidas, "Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna" Objetivos de desarrollo sostenible, 2023. Accedido el 11 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- [4] M. Rodriguez. "Análisis del ciclo de vida: ISO 14040 - geoinnova". GeoInnova, 2016. Accedido el 30 de julio de 2023. [En línea]. Disponible: [https://geoinnova.org/blog-territorio/analisis-del-ciclo-de-vida-iso-14040/?gclid=Cj0KCQjAnsqdBhCGARIaAYjYjSrXrJbM80zAMYoWtsORgAk05\\_YVENfkDluaO7xLr3c1H9SF4tuSlcaAtprEALw\\_wcB](https://geoinnova.org/blog-territorio/analisis-del-ciclo-de-vida-iso-14040/?gclid=Cj0KCQjAnsqdBhCGARIaAYjYjSrXrJbM80zAMYoWtsORgAk05_YVENfkDluaO7xLr3c1H9SF4tuSlcaAtprEALw_wcB)
- [5] The International EPD System. "Environmental performance indicators | EPD international". EPD International. Accedido el 21 de abril de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.environdec.com/resources/indicators>
- [6] J. O. Valderrama, C. Espíndola y R. Quezada, "Huella de Carbono, un Concepto que no puede estar Ausente en Cursos de Ingeniería y Ciencias", Formación Universitaria, Vol. 4(3), pp. 3-12, 2011.
- [7] T. Wiedmann y J. Minx, "A Definition of Carbon Footprint", Durham: ISAUK Research & Consulting, 2007.
- [8] United States Environmental Protection Agency, "Understanding Global Warming Potentials", Greenhouse Gas Emissions, 2023. Accedido el 11 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: [https://www.epa.gov/ghg-missions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20\(GWP,carbon%20dioxide%20CO2\)](https://www.epa.gov/ghg-missions/understanding-global-warming-potentials#:~:text=The%20Global%20Warming%20Potential%20(GWP,carbon%20dioxide%20CO2))
- [9] J. F. Galvis, "Comparación del impacto ambiental de los sistemas energéticos a base de nuclear, biomasa y gas utilizando el análisis del ciclo de vida", resumen extendido de tesis, Univ. Pontif. Boliv. Secc. Bucaramanga, Bucaramanga, 2016.
- [10] INTECO (2007). INTE/ISO 14044:2007. Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y Directrices.
- [11] Oficina Catalana del Cambio Climático. "Factor de emisión de la energía eléctrica: El mix eléctrico". Cambio climático. Accedido el 16 de julio de 2023. [En línea]. Disponible: [https://canviclimatic.gencat.cat/es/actual/factors\\_demissio\\_associats\\_a\\_la\\_energia/](https://canviclimatic.gencat.cat/es/actual/factors_demissio_associats_a_la_energia/)
- [12] J. L. Canga. "La huella de carbono de las energías renovables. 2- eólica". Comunidad ISM. Accedido el 16 de julio de 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.comunidadism.es/la-huella-de-carbono-de-las-energias-renovables-2-eolica/>
- [13] T. Gibon, Á. Hahn y M. Guiton, "Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options", UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, GENEVA, 2022.
- [14] F. Sebastián, J. Royo y M. Gómez, "Cofiring versus biomass-fired power plants: GHG (Greenhouse Gases) emissions savings comparison by means of LCA (Life Cycle Assessment) methodology", Energy, Vol 36, Issue 4, pp. 2029-2037, 2011.
- [15] J. Menéndez y J. Loredo. "An economic assessment of lignocellulosic biomass power plants". E3S Web of Conferences, 2020. Accedido el 10 de enero de 2024. [En línea]. Disponible: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/51/e3sconf\\_reee2020\\_02003.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/51/e3sconf_reee2020_02003.pdf)
- [16] E. Vikjær-Andresen, "CO2 biogénico: una posible solución a la crisis climática", Foro Económico Mundial, 2023. Accedido el 11 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible: <https://es.weforum.org/agenda/2023/10/co2-una-solucion-a-la-crisis-climatica-siempre-que-sea-del-tipo-verde-y-frondoso/>

### **Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)**

Para la revisión gramatical y ortográfica de este artículo, empleamos la herramienta de IA ChatGPT. Esta nos permitió identificar errores y mejorar la fluidez del texto. No obstante, realizamos una revisión final para garantizar que el artículo cumpliera con los estándares de calidad de la revista.