

Liquid Biofuels in Latin America: Perspectives

# BIOCOMBUSTIBLES LIQUIDOS EN LATINOAMERICA: PERSPECTIVAS

Gloria María Aponte Figueroa<sup>1</sup>

*Este estudio analiza el mercado de biocombustibles líquidos en Latinoamérica, centrándose en el biodiésel y bioetanol como alternativas para descarbonizar el transporte. El objetivo es evaluar el panorama regional, los mercados líderes de Brasil y Argentina, y el estado de la investigación científica en la materia. La metodología consistió en una investigación documental con análisis cuantitativo de publicaciones (2016-2025) y revisión de datos de organismos internacionales como IEA e IRENA. Los resultados destacan que Brasil lidera la región, representando el 90% de la producción total de biocombustibles. Se identificó un crecimiento regional sostenido del 3,7% de biocombustibles en la última década, impulsado por políticas como RenovaBio. Finalmente, se concluye que la falta de marcos regulatorios estables en otros países es el principal reto para atraer inversión privada.*


*Palabras clave: biocombustibles líquidos, biodiésel, bioetanol, Latinoamérica.*

*This study analyzes the liquid biofuels market in Latin America, focusing on biodiesel and bioethanol as alternatives for decarbonizing transportation. The objective is to evaluate the regional landscape, the leading markets of Brazil and Argentina, and the state of scientific research in this area. The methodology consisted of a literature review with quantitative analysis of publications (2016-2025) and a review of data from international organizations such as the IEA and IRENA. The results highlight that Brazil leads the region, accounting for 90% of total biofuel production. A sustained regional growth of 3.7% in biofuels was identified over the last decade, driven by policies such as RenovaBio. Finally, the study concludes that the lack of stable regulatory frameworks in other countries is the main challenge to attracting private investment.*

*Keywords: liquid biofuels, biodiesel, bioethanol, Latin America.*

Recibido: 18 de febrero de 2026. Aceptado en forma final: 27 de abril de 2026

Cómo citar este artículo: Aponte Figueroa, Gloria M.: "Biocombustibles Líquidos en Latinoamérica: Perspectivas". *Revista de Química*, 2026, 40 (1), 2-12. DOI: <https://doi.org/10.18800/quimica.202601.001>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería - Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela  
 <https://orcid.org/0000-0002-1029-8264> ([gapontef@ucab.edu.ve](mailto:gapontef@ucab.edu.ve))



## INTRODUCCIÓN

La preocupación por el cambio climático y sus impactos ambientales ha inspirado los esfuerzos globales para reducir el uso de combustibles fósiles. Asimismo, la seguridad energética también incentiva a los países a buscar soluciones sostenibles para la producción de energía<sup>1</sup>. Además, la creciente demanda de energía en los países en desarrollo para satisfacer su crecimiento económico y social ha atraído considerable atención. Por lo tanto, la bioenergía desempeña un papel importante en el desarrollo de estrategias de desarrollo sostenible<sup>1</sup>.

Las economías emergentes y en desarrollo representaron más del 80 % del crecimiento de la demanda energética mundial en el año 2024; en el caso de China siguió registrando el mayor crecimiento de la demanda en términos absolutos en ese año. Con respecto a la India experimentó el segundo mayor aumento de la demanda energética en términos absolutos, superior al incremento de todas las economías avanzadas juntas<sup>2</sup>. En ese sentido, es importante evaluar el potencial de estos mercados emergentes para producir bioenergía que sustituya a los combustibles fósiles de forma sostenible, así como los impactos ambientales relacionados con estas actividades.

De todos los sectores que constituyen la matriz energética, el transporte es el principal consumidor de combustibles fósiles, representando aproximadamente el 60% de la demanda total de petróleo<sup>2</sup>. Se han puesto en marcha algunas iniciativas para descarbonizar la industria del transporte, y los biocombustibles líquidos se han convertido en opciones viables<sup>3</sup>. La razón por la que los biocombustibles representan una opción viable en comparación con los combustibles fósiles es debido a que producen menos emisiones netas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ya que provienen de fuentes renovables (biomasa y otros residuos). Aunque las emisiones que resultan de su combustión están igualmente conformadas por CO<sub>2</sub>, en menor cantidad, por gases como metano, óxidos nitrosos y gases fluorados, estas emisiones forman parte del ciclo natural ya que provienen de la biomasa y son asimilables por las plantas (el CO<sub>2</sub> en este caso) a través de la fotosíntesis. La combustión de combustibles fósiles, sin embargo, produce GEIs nuevos, que no estaban presentes en la biomasa pues provienen de una fuente subterránea que se suma a la contaminación natural.<sup>4</sup> Es por ello que se afirma que el uso de estos biocombustibles descarboniza el transporte.

### Tipos de biocombustibles

Existen diferentes tipos de biocombustibles: biodiésel, bioetanol, biogas, hidro biodiésel y bioetanol; en este trabajo solo se tratará con el biodiésel y el bioetanol que son los utilizados en los combustibles diésel y gasolina. El biodiésel se utiliza en motores diésel en estado puro o mezclado con el diésel en diferentes proporciones, mientras que el bioetanol se usa en motores de explosión de gasolina hasta una mezcla

del 15%. La nomenclatura de estos combustibles hace referencia a los porcentajes en las mezclas. Por ejemplo, se denomina E5 a un biocombustible con un 5 % de etanol y el resto de gasolina; el E10 implica un 10% y el E85 un 85 %; igual ocurre en el caso del biodiésel, B5 hace referencia a una mezcla de diésel con 5% de biodiésel, B10 al 10% y B20 al 20%<sup>5</sup>.

La producción mundial de biocombustibles aumentó anualmente en 3,7% entre el 2014 y 2024 (excepto en 2020), siendo los países de América Central y del Sur los responsables de aproximadamente el 27 % de la producción mundial de biocombustibles. Brasil, el segundo mayor productor mundial de etanol<sup>6</sup>, representa aproximadamente el 90 % del total de biocombustibles en América Central y del Sur; otros países de Latinoamérica como Argentina y Colombia presentan un potencial significativo para la producción de biocombustibles. Además, Brasil ha puesto en marcha una nueva política pública para biocombustibles: el programa *RenovaBio*, que promueve la producción sostenible de bioenergía para cumplir con el Acuerdo de París sobre el cambio climático<sup>7</sup>. Este liderazgo de Brasil en el área se debe a una combinación de ventajas competitivas, como la disponibilidad de recursos naturales, una sólida capacidad agroindustrial y una sólida trayectoria en la producción sostenible de bioetanol y biodiésel.

La importancia de estos combustibles en la región se refleja en su crecimiento sostenido durante la última década: entre 2013 y 2023 la producción de biodiésel creció un 163%, mientras que la de bioetanol aumentó un 36%. En este contexto, el desarrollo de estrategias integrales que faciliten la descarbonización del transporte en América Latina y el Caribe contribuirá a los objetivos climáticos globales y fortalecerá la seguridad energética de la región. Esto último será clave para la consolidación del sector de los biocombustibles para avanzar hacia una matriz energética más limpia y resiliente<sup>8</sup>.

En el presente estudio se muestra un análisis sobre el mercado latinoamericano relacionado con los biocombustibles, principalmente los líquidos como el biodiésel y el bioetanol. Se presenta un panorama de los mercados más importantes de producción de biocombustibles en la región de Latinoamérica representados, principalmente, por los países Brasil y Argentina. También se presenta un análisis global sobre el esfuerzo de investigación llevado a cabo en Latinoamérica en la materia objetivo de estudio. Asimismo, se realizó un análisis de los aspectos más relevantes de cada uno de dichos mercados, así como los retos y oportunidades más relevantes de los biocombustibles en la región de Latinoamérica.

Este estudio se llevó a cabo mediante una investigación documental, complementada con un análisis cuantitativo y de contenido de las publicaciones realizadas en el periodo 2016 y 2025 relacionadas con los biocombustibles líquidos. Las fuentes de información utilizadas fueron la base de datos *Lens.org* donde se utilizaron las estrategias de búsquedas pertinentes para obtener el universo de información en la materia objeto de estudio. Se acotó la estrategia de

búsqueda a los campos título, resumen, palabras clave y campo de estudio, a los documentos del tipo publicaciones en revistas y actas de congreso publicados en el periodo 2016-2025. También se utilizaron, fuentes de información que publican datos en el área de mercado tales como IRENA, International Energy Agency (IEA), Energy Institute, US Foreign Agriculture & Services, OECD/FAO, IEA Bioenergy, entre otras. Todas estas fuentes contienen la información más relevante relacionada con el área de combustibles en el mundo y, en este caso en particular, con biocombustibles.

## PANORAMA REGIONAL

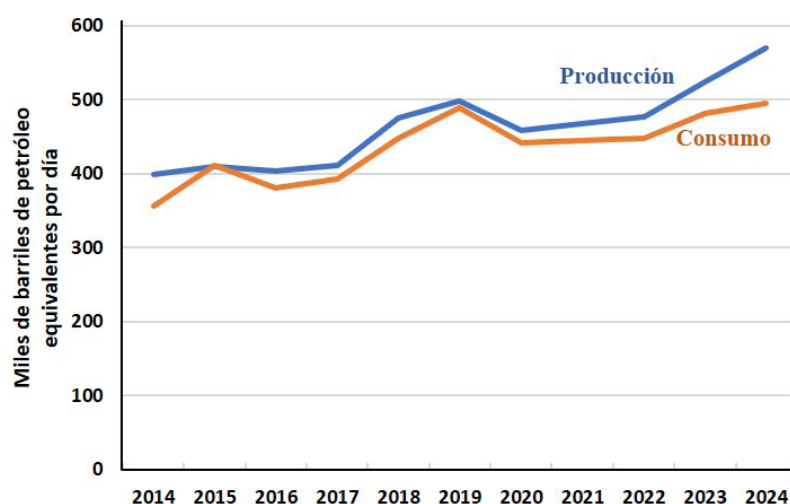
El mercado latinoamericano de biocombustibles experimenta actualmente una transformación dinámica, impulsada por una confluencia de factores que incluyen el apoyo regulatorio, los avances tecnológicos y las cambiantes preferencias de los consumidores. Los gobiernos de la región implementan cada vez más políticas que promueven el uso de fuentes de energía renovables, en particular los biocombustibles, como parte de su compromiso con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la seguridad energética. Este entorno regulatorio parece fomentar la innovación y la inversión en tecnologías de producción de biocombustibles, lo que podría conducir a prácticas más eficientes y sostenibles en el sector. Además, la creciente concienciación de los consumidores sobre los problemas ambientales parece estar impulsando la demanda de biocombustibles, ya que tanto particulares como empresas buscan alternativas más ecológicas a los combustibles fósiles tradicionales. Además de los cambios regulatorios e impulsados por el consumidor, el mercado latinoamericano de biocombustibles también está experimentando avances en el desarrollo de materias primas y tecnologías de procesamiento<sup>9</sup>.

La exploración de diversas opciones de materias primas, como residuos agrícolas y cultivos no alimentarios, indica un posible cambio hacia una producción de biocombustibles más sostenible y económicamente viable. Esta diversificación no solo puede mejorar la producción energética, sino también contribuir al desarrollo rural al proporcionar nuevas fuentes de ingresos a los agricultores. A medida que el mercado evoluciona, es probable que la colaboración entre las partes interesadas, incluyendo gobiernos, actores del sector privado e instituciones de investigación, desempeñe un papel crucial en la configuración del futuro panorama de los biocombustibles en América Latina, asegurando que la región se mantenga a la vanguardia de la innovación en energías renovables<sup>8</sup>.

La producción de biocombustibles en Latinoamérica presenta una tendencia creciente en los últimos diez años (2014-2024) con un 3,7% de crecimiento en el periodo; mientras que el consumo presenta una tasa de aumento de 3.4% en el mismo periodo<sup>9</sup> (ver **Figura 1**).

El consumo de biocombustibles en América Latina ha aumentado un 80% en la última década y se prevé que crezca un 37% en los próximos cinco años, mientras que la demanda mundial de biocombustibles podría aumentar un 20% en el mismo periodo, según la Agencia Internacional de Energía<sup>2</sup>. Esto significa que se prevé que la bioenergía crezca casi el doble de rápido en América Latina que en otras regiones<sup>10</sup>.

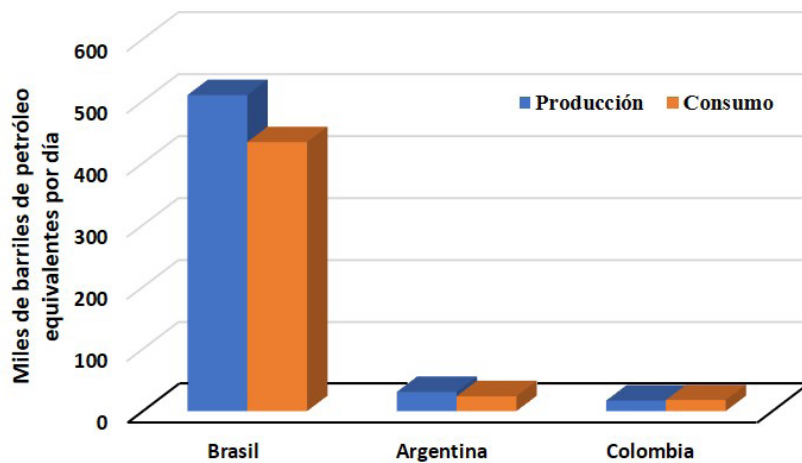
Sin embargo, este crecimiento aún es muy desigual, y Brasil es el país que presenta la mayor producción y consumo de biocombustibles comparado con Colombia y Argentina, que son los tres países con los mercados más importantes en la región (ver **Figura 2**). En la **Tabla 1** se presenta la producción de biocombustibles para la mayoría de los países de la región<sup>11</sup>.



**Figura 1.** Producción de biocombustibles en Latinoamérica (miles de barriles de petróleo equivalentes por día). Elaboración propia a partir de los datos de [Energy Institute Statistical Review of World Energy.2025](#).

Con respecto al establecimiento de programas para fortalecer la producción y uso de biocombustibles en los países de Latinoamérica se tiene que, de los países que han realizado mayor esfuerzo en este sentido, pueden mencionarse Brasil, Argentina, Colombia y también Guatemala, (ver **Tabla 2**). En el caso de Argentina, cuenta con una Nueva Ley de Biocombustibles que regula las mezclas

y actualmente está adoptando los combustibles E12 (mezcla de 12% de etanol y 88% de diésel proveniente del petróleo) y B5 (5% de biodiésel puro y 95% de diésel proveniente del petróleo), utilizando etanol de maíz y biodiésel de soja<sup>12</sup>. Brasil cuenta con la Política Nacional de Biocombustibles *RenovaBio*, que certifica y recompensa a los productores que reducen sus emisiones con créditos de descarbonización.



**Figura 2.** Producción y consumo de etanol en Brasil, Argentina y Colombia año 2024. Elaboración propia con la información de *Energy Institute Statistical Review of World Energy*, 2025.

**Tabla 1.** Producción de biocombustibles a nivel de la región

País	Etanol (Millones de litros)	Biodiesel (Millones de litros)	Otros biocombustibles (Millones de litros)
Brasil	40000	5000	1000
Argentina	5000	3000	0.5
Colombia	1000	1000	0.2
México	1500	0.5	0.1
Chile	0.5	0.8	0.1
Perú	0.3	0.2	0.05
Ecuador	0.2	0.1	0.02
Guatemala	0.1	0.05	0.01
República Dominicana	0.05	0.02	0.005
Uruguay	0.00	0.2	0.00
Paraguay	0.00	0.1	0.00
Panamá	0.00	0.05	0.00
Honduras	0.00	0.02	0.00
Nicaragua	0.00	0.01	0.00
Costa Rica	0.00	0.005	0.00
El Salvador	0.00	0.002	0.00
Belize	0.00	0.001	0.00

Fuente: Hilbert (2025). [Estado actual y desarrollo potencial de los biocombustibles de bajas emisiones en Latinoamérica.](#)

Tabla 2. Programas para fortalecer la producción de biocombustibles

País	Programa de biocombustible	Estatus
Argentina	Nueva Ley de Biocombustibles 27640 (julio de 2021) para la mezcla de biocombustibles. Actualmente se adoptan los biocombustibles E12 y B5 utilizando etanol de maíz y biodiésel de soja.	Implementado. Argentina exporta biodiésel a EE. UU., Europa y países de América Latina.
Brasil	La Política Nacional de Biocombustibles de RenovaBio, Ley n.º 13.576/2017 (desde 2020), certifica y recompensa a los productores con créditos de descarbonización (véase la Fig. 3 para una explicación sobre RenovaBio). Actualmente se adopta etanol hidratado puro, E27 con etanol anhidro de caña de azúcar y B10 con biodiésel, principalmente de aceite de soja y sebo.	Los biocombustibles están consolidados en la matriz energética del transporte brasileño. Los mandatos se han implementado plenamente. Los vehículos de combustible flexible representan aproximadamente el 80 % de la flota de vehículos ligeros (37,9 millones de unidades).
Colombia	Ley 939/2004 para el biodiésel y Ley 693/2001 para el etanol. Actualmente se están adoptando las normas E10 y B10 con etanol de caña de azúcar y biodiésel de aceite de palma.	Implementado
Guatemala	Guatemala aprobó el Acuerdo ministerial número 457-2025 el 09 de diciembre sobre el uso de etanol	Está planificado iniciar comercialización de etanol a partir de junio 2026

Fuente: IEA Bioenergy (2023). Biofuels in Emerging Markets: Potential for sustainable production and consumption. Ministerio de Gobernación. ACUERDO MINISTERIAL NÚMERO 457-2025

Brasil utiliza etanol hidratado, E27 (27% de etanol y 73% de diésel proveniente del petróleo) con etanol anhidro de caña de azúcar y con biodiésel B10 (10% de biodiésel y 90% de diésel proveniente del petróleo), principalmente de aceite de soja y sebo. Colombia cuenta con legislación vigente para etanol y biodiésel y actualmente está adoptando los combustibles E10 (10% de etanol y 90% de diésel proveniente del petróleo) y B10, utilizando caña de azúcar y palma aceitera<sup>12</sup>. Guatemala aprobó el Acuerdo Ministerial número 457-2025 el 09 de diciembre de 2025 donde se autorizó la comercialización del uso del etanol en los combustibles, denominado etanol avanzado, y se refiere al alcohol carburante que se utiliza para la obtención de la mezcla, conforme a la siguiente clasificación: 1. Etanol Avanzado A, es el alcohol carburante con una emisión de gases de efecto invernadero menor o igual a veintiocho puntos seis gramos de dióxido de carbono equivalente por Mega Joule (28.6 g CO<sub>2</sub>eq/MJ). 2. Etanol Avanzado B: Es el alcohol carburante con una emisión de gases de efecto invernadero mayor a veintiocho puntos seis gramos de dióxido de carbono equivalente por Mega Joule (28.6 g CO<sub>2</sub>eq/MJ) y menor o igual a cincuenta y seis punto ocho gramos de dióxido de carbono equivalente por Mega Joule (56.8 g CO<sub>2</sub>eq/MJ). Etanol Convencional: Es el alcohol carburante con una emisión de gases de efecto invernadero mayor a los cincuenta y seis puntos ocho gramos de dióxido de carbono equivalente por Mega Joule (56.8 g CO<sub>2</sub>eq/M. J). Estos combustibles se comenzarán a comercializar en junio de 2026<sup>13</sup>. En la **Tabla 3** se presenta un resumen con los diferentes aspectos que rigen en diferentes países de Latinoamérica<sup>14</sup>.

Con respecto al uso de la tierra en la región para producir biocombustibles, esta corresponde entre el 4,6% y 6,3% de la que está destinada a pasturas. La conversión de

pequeñas porciones de pasturas (del 0,1% al 10%) podría añadir una cantidad significativa de tierra para la producción de biomasa y duplicar la producción de biocombustibles. El tiempo de recuperación de las reservas de carbono del suelo durante la transición de pasturas a caña de azúcar es de aproximadamente 2 a 3 años<sup>15</sup>.

El Análisis del Ciclo de Vida indica una reducción del 70% en las emisiones de GEI cuando el etanol de caña de azúcar sustituye a la gasolina y del 37% cuando el etanol de maíz la sustituye. A su vez, se observa una reducción del 73% en las emisiones cuando el biodiésel de soja sustituye al diésel fósil y del 84% cuando el biodiésel de aceite de palma sustituye al diésel fósil. El análisis de sensibilidad muestra que el uso de fertilizantes es el principal factor que contribuye a las emisiones de GEI en la producción de biocombustibles<sup>16</sup>.

Las evaluaciones tecno-económicas muestran una industria consolidada y viable en todos los casos de biocombustibles reportados analizados. Los precios mínimos de venta muestran competitividad con los precios de la gasolina y el diésel, así como una alta sensibilidad a los precios de las materias primas<sup>16</sup>.

En relación al avance de la investigación en materia de biocombustibles líquidos, analizado mediante las publicaciones en artículos científicos y actas de congresos especializados en el área, se observa una evolución del esfuerzo de investigación cuyo promedio es una tendencia creciente, sin embargo, después del año 2021 presenta un descenso acelerado (ver **Figura 3**). Por otra parte, desde el punto de vista geográfico, Brasil es también el líder de la investigación en el área (ver **Figura 4**).

Tabla 3. Marcos regulatorios y porcentajes de mezcla de biocombustibles

País	Etanol en gasolina (%)	Biodiésel en Diesel (%)	Ley
Argentina	12	7.5	27.640 / 2021
Bolivia	25	25	Decreto Supremo 5.135 /2024
Brasil	27	14	8.723 / 1993 y 11.097 / 2005
Chile	N/A	5	20.257 / 2008
Colombia	10	10	Resolución 40447 de 2022
Costa Rica	7	N/A	36.447 – MINAE
Ecuador	5	5	Ley de Fomento Biocombustibles
El Salvador	10	N/A	Promoción de Bios 2011
Guatemala	5	N/A	Promoción de Bios 2008 + AG-159-2023
Jamaica	10	N/A	Programa Nacional Etanol 2008
México	10	N/A	Promoción de Biocombustibles 2008
Panamá	5	N/A	42 / 2011
Paraguay	30	5	2.748 / 2005
Perú	7.8	5	28.054 / 2003
República Dominicana	15	N/A	57-07
Uruguay	8.5	N/A	18.195 / 2007 y 2022

Fuente: [OLADE \(2025\). NOTA TÉCNICA N° 5. Una introducción al sector de los biocombustibles en América Latina y el Caribe.](#) "N/A": datos no disponibles.

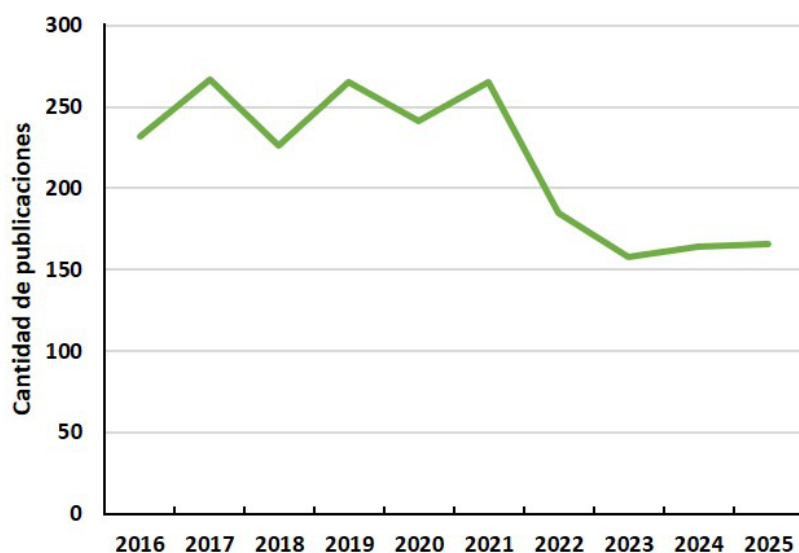
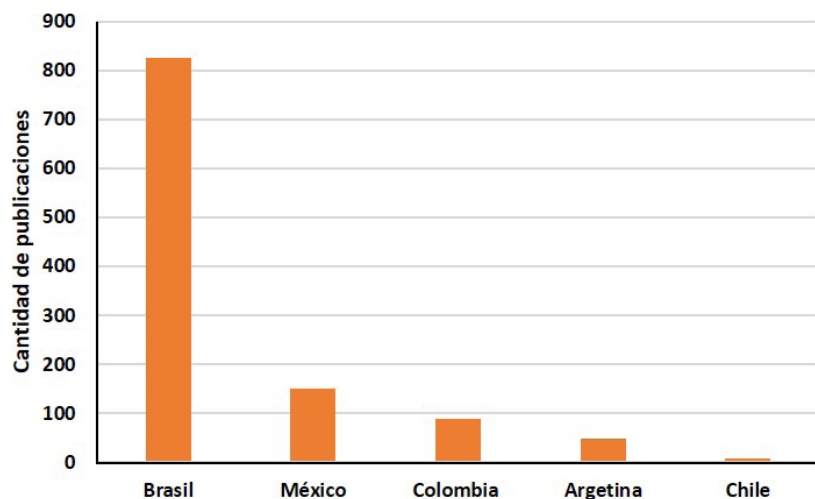


Figura 3. Evolución de las publicaciones relacionadas con biocombustibles líquidos. Elaboración propia con la información obtenida de la base de datos Lens.org

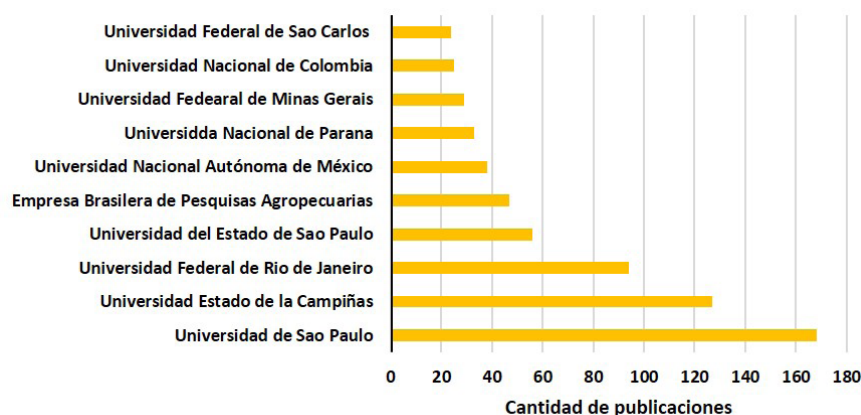
Asimismo, se observa que el esfuerzo en investigaciones por instituciones involucradas está centrado por parte de Brasil en las universidades de Sao Paulo, Campiñas y Rio de Janeiro como las tres principales. También es importante mencionar a la Universidad Autónoma de México y la Universidad Nacional de Colombia dentro de las diez primeras instituciones que realizan investigaciones en

materia de biocombustibles líquidos en la región (ver **Figura 5**).

Con respecto al enfoque de los esfuerzos de la investigación, se tiene que las principales áreas de en las que han venido trabajando los países Brasil, México y Colombia son las relacionadas con la producción de energía renovable,



**Figura 4.** Distribución geográfica de las publicaciones relacionadas con biocombustibles líquidos. Elaboración propia con la información obtenida de la base de datos Lens.org



**Figura 5.** Instituciones con mayor cantidad de publicaciones relacionadas con biocombustibles líquidos en Latinoamérica. Elaboración propia con la información obtenida de la base de datos Lens.or

la sustentabilidad y la calidad del ambiente. En general el esfuerzo de investigación de Brasil, México y Colombia es prácticamente el mismo exceptuando el área de ingeniería en general que está presente solo en Colombia (ver **Tabla 4**).

En cuanto a las investigaciones más relevantes se observa que las cinco investigaciones más influyentes están enmarcadas en las vías tecnológicas para producir el biocombustible desde un punto de vista industrial tomando como referencia el aporte de los biocombustibles en la matriz energética de los países participantes. Se observa que son trabajos de investigación donde existe la cooperación entre la academia y la industria cuyo esfuerzo está centrado en la producción comercial del biocombustible (ver **Tabla 5**).

### Mercados más importantes

Los mercados más importantes en Latinoamérica, como ya se ha ido mencionando anteriormente, están representados por Brasil y Argentina, con una producción del 95 % en la región (90% Brasil y 5% Argentina)<sup>17</sup>.

En Brasil el biocombustible se genera principalmente a partir del bagazo de caña de azúcar, residuos de madera y cascarilla de arroz. Además, la política nacional de biocombustibles (RenovaBio), un programa establecido por la Ley n.º 13576 de 2017, busca fortalecer las inversiones para aumentar la producción de biocombustibles y su participación en la matriz del transporte. De esta manera, Brasil se ha destacado a nivel mundial en la producción y el uso de biocombustibles, principalmente biodiésel derivado de aceites o grasas, tanto de origen animal como vegetal, y bioetanol derivado de la caña de azúcar<sup>18</sup>.

Brasil es el primer productor de biocombustibles en Sudamérica y el segundo a nivel mundial, siendo pionero en la generación de energía a partir de sólidos, seguido de los biocombustibles líquidos<sup>19</sup>. En este país, el biodiésel tiene como principal materia prima la soja, aunque también se han utilizado ricino, sésamo, girasol y palma aceitera. Actualmente, la producción de biodiésel se concentra principalmente en las regiones sur y central del país<sup>19</sup>. Sin embargo, varias plantas realizan transesterificación alcalina para obtener biodiésel y otras utilizan procesos como la esterificación o el craqueo.

Tabla 4. Principales áreas de investigación para Brasil, México y Colombia.

País	Área de Investigación	Cantidad de publicaciones
Brasil	• Energías renovables, sustentabilidad y ambiente	177
	• Agronomía y Ciencia de los Cultivos	90
	• Disposición y gestión de desechos	53
	• Ingeniería química	52
	• Gestión, monitoreo, políticas y leyes	52
México	• Energías renovables, sustentabilidad y ambiente	31
	• Ingeniería química	16
	• Agronomía y Ciencia de los Cultivos	13
	• Gestión, monitoreo, políticas y leyes	13
	• Disposición y gestión de desechos	13
Colombia	• Energías renovables, sustentabilidad y ambiente	15
	• Agronomía y Ciencia de los Cultivos	8
	• Disposición y gestión de desechos	8
	• Energías renovables, sustentabilidad y ambiente	6
	• Ingeniería	6

Fuente: elaborado con la información obtenida de la base de datos Lens.org

Tabla 5. Investigaciones más relevantes en el campo de los biocombustibles líquidos en Latinoamérica.

Título de la investigación	Institución/empresa/autor	País	Cantidad de citas
Producción de etanol en Brasil: un puente entre la ciencia y la industria	Fermentec, Piracicaba de Brasil/ Lopes, M. et al (2016)	Brasil	299
Nuevo catalizador heterogéneo para la producción de biodiesel a partir de cáscaras residuales de tucumã ( <i>Astrocaryum aculeatum</i> Meyer): Estudio de optimización de parámetros	Universidad Federal de Amazonas/ Mendonca, L. et al. (2019).	Brasil	231
Biorrefinerías multiproducto a partir de lignocelulosas: una vía para la revitalización de la industria azucarera	Stellenbosch University; Imperial College of London/ Farzad, S. et al. (2017)	Reino Unido	212
Potencial de los biocombustibles a partir de algas: comparación con combustibles fósiles, etanol y biodiésel en Europa y Brasil a través de la evaluación del ciclo de vida	Universidad Católica Pontificia de Rio de Janeiro; Peugeot Citroën do Brasil Automóveis Ltda./ Carneiro, M. et al. (2017)	Brasil	211
Transiciones del sistema energético y vías bajas en carbono en Australia, Brasil, Canadá, China, UE-28, India, Indonesia, Japón, República de Corea, Rusia y Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E3Modelling S.A., Greece</li> <li>• Netherlands Environmental Assessment Agency</li> <li>• Federal University of Rio de Janeiro</li> <li>• Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</li> <li>• Imperial College London</li> <li>• ECCC, Canada</li> <li>• E3Modelling, Greece</li> <li>• NCSC and ERI, China</li> <li>• The Energy and Resources Institute (CREP-ITB), Indonesia</li> <li>• Kyoto University</li> <li>• UOS, Republic of Korea</li> <li>• HSE, Russia</li> <li>• Pacific Northwest National Laboratory/ Frankos, P. Et al. (2021)</li> </ul>	Investigación multinacional	207

Fuente: elaborado con la información obtenida de la base de datos Lens.org

El proceso de transesterificación casi siempre se realiza con metanol, pero algunas empresas utilizan etanol. Esto permite separar la glicerina y el éster del aceite vegetal para finalmente producir biodiésel B100 (puro), que cumple con los requisitos fisicoquímicos establecidos por la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles. En 2025, Brasil produjo 9,1 millones de metros cúbicos de biodiésel B100 versus 3,9 millones de metros cúbicos en 2015, lo que representa un aumento de más del 200% de la producción de este combustible renovable en la última década, con una capacidad de planta nominal de 41.347 m<sup>3</sup>/día<sup>20</sup>.

En relación al bioetanol, actualmente, Brasil produce bioetanol, tanto de primera como de segunda generación, y junto con Estados Unidos, produce el 85% del bioetanol mundial, especialmente a partir de caña de azúcar. En 2024, se registró una producción de 36.952 millones de metros cúbicos<sup>19</sup>. Gracias a su vocación agrícola y a su biodiversidad, Brasil tiene un gran potencial para el desarrollo de bioetanol de segunda y tercera generación. El bioetanol de segunda se produce con los mismos residuos lignocelulósicos provenientes de la producción de bioetanol, como el bagazo de caña de azúcar. Sin embargo, la producción actual de bioetanol en Brasil proviene, principalmente, de la caña de azúcar y ello representa un problema de sostenibilidad debido a su competencia con los cultivos alimentarios.

En Brasil, el bioetanol es más costoso que la gasolina a pesar de las economías de escala utilizadas en su producción. Sin embargo, este biocombustible abastece a los automóviles que utilizan dos tipos de etanol: hidratado y anhídrido. En 2024, Brasil produjo 36.952,66 millones de metros cúbicos de etanol, de los cuales 24.137 millones fueron hidratados y 12.815 millones de anhídrido<sup>20</sup>. El hidratado se utiliza directamente en automóviles con motores que lo permiten, y el anhídrido se mezcla con gasolina. La Agencia Nacional de Petróleo de Brasil establece que este combustible debe contener al menos un 27,5 % de bioetanol<sup>21</sup>. Esta medida

busca frenar las importaciones de petróleo crudo y gasolina y fortalecer la industria local del bioetanol.

RenovaBio es una política pública que reconoce la importancia de los biocombustibles para el cumplimiento de los compromisos brasileños de reducción de emisiones acordados en la COP 21 (21.ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). Anualmente, el gobierno federal establece objetivos nacionales de descarbonización y distribuye el objetivo para el sector del transporte entre los distribuidores de combustibles según su cuota de mercado. Por otro lado, los productores de etanol, biodiésel y biogás cuentan con la certificación de la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub> de su producción por empresas independientes, basándose en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) proporcionado por el modelo RenovaCalc, obteniendo calificaciones proporcionales a la eficiencia ambiental de sus procesos. Esta calificación permite a los productores de biocombustibles emitir créditos de mitigación (CIBIO) según su producción. Estos créditos son negociables en el mercado de valores para que los distribuidores de combustibles puedan cumplir con sus objetivos de descarbonización; de lo contrario, se exponen a acciones legales. Desde el inicio del programa en 2020, se han emitido 75 millones de CIBIO<sup>12</sup>. En la **Tabla 6** se presentan los proyectos más importantes a realizar para el año 2032 en Brasil en los mercados de los biocombustibles.

En relación con Argentina, la producción de biocombustibles no se encuentra entre las primeras de Sudamérica. Sin embargo, la producción de combustibles líquidos está bien posicionada en la región<sup>21</sup>. En este país, la producción de biodiésel es de primera generación, ya que se obtiene del aceite del cultivo de soja. La cadena de producción está controlada por empresas del sector agroindustrial, que se encargan de transformar la soja en harina o aceite y utilizan una fracción del aceite producido para la fabricación de biocombustibles. Este combustible, utilizado en motores

Tabla 6. Proyectos de inversión en biocombustibles líquidos en Brasil hasta 2032.

Proyecto/unidades de expansión	Alcance	Inversión (\$)
Siete nuevas unidades	Producción de etanol/ 24 millones de toneladas en expansión	2.1 miles de millones
33 nuevas unidades	Producción de etanol proveniente de maíz/capacidad total de producción: 6.6 miles de millones de litros	2.1 miles de millones
Ocho nuevas unidades	Etanol de segunda generación con una capacidad promedio de 82 millones de litros/año	1.4 miles de millones
Producción de etanol para transporte	Capacidad de 9 miles de millones de litros /año	800 millones
Once nuevas unidades	Producción de biodiesel con una capacidad de producción de 3,6 millones de m <sup>3</sup> /año	800 millones
Cuatro unidades de procesamiento de soja	Capacidad total de 5,8 millones de toneladas métricas/año	

Fuente: IRENA (2024). Sustainable bioenergy pathways in Latin America Promoting bioenergy investment and sustainability.

diésel, se obtiene mediante la tecnología de transesterificación del aceite de soja para generar ésteres metílicos, lo cual origina subproductos como la glicerina. Este biodiésel puede utilizarse en cualquier motor diésel y puede mezclarse en un mínimo del 10% con diésel derivado del petróleo (resolución 660 de 2015 de la antigua Secretaría de Energía del entonces Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios<sup>22</sup>). La nueva ley de biocombustibles, reglamentada en agosto de 2021, estableció el uso obligatorio del 5 % en el consumo de biodiésel para el diésel<sup>16</sup>.

Con respeto al bioetanol, su producción en Argentina es menor que la del biodiésel. Sin embargo, se ha observado un crecimiento significativo en la producción de bioetanol de primera generación en el país<sup>16</sup>. Este se elabora principalmente a partir de caña de azúcar y maíz, y, en menor medida, de sorgo y residuos lignocelulósicos. En general, el bioetanol de primera generación se produce a partir de sacarosa y almidón de caña de azúcar y maíz; el de segunda generación proviene de materia lignocelulósica; el de tercera generación, de biomasa de algas (micro y macro); y el de cuarta generación, de cianobacterias modificadas genéticamente.

Actualmente existen diecisiete empresas productoras de bioetanol en Argentina, de las cuales seis lo producen a partir de maíz y once de caña de azúcar<sup>23</sup>. El proceso a partir de la melaza, uno de los subproductos de la producción de azúcar, se lleva a cabo mediante fermentación alcohólica con levaduras, de la cual se recuperan el etanol. En 2019, Argentina produjo 1.072.000 m<sup>3</sup> de bioetanol, de los cuales 553.000 fueron a base de maíz y 519.000 a base de caña de azúcar; en 2020, la producción fue de 808.725 m<sup>3</sup>, en 2021, de 1.008.057 m<sup>3</sup>, y en 2022, de 1.154.856 m<sup>3</sup> y otros productos<sup>24</sup>. El bioetanol así obtenido se mezcla con gasolina para uso automotriz<sup>25,26</sup>.

## RETOS Y OPORTUNIDADES

América Latina posee condiciones climáticas excepcionales, junto con una vasta disponibilidad de tierra y recursos hídricos, que permiten expandir la producción de biomasa sin comprometer la seguridad alimentaria ni las áreas protegidas. Esta capacidad se apoya en una industria agrícola robusta que genera sinergias naturales para el desarrollo de la bioenergía, un potencial ampliamente reconocido por organismos internacionales y bancos de desarrollo. No obstante, este despliegue ha sido heterogéneo en la región; mientras que naciones como Brasil cuentan con mercados consolidados, otros países se encuentran en fases iniciales de exploración. Uno de los obstáculos críticos para cerrar esta brecha es la carencia de marcos regulatorios estables. Las ventajas biofísicas y el atractivo económico no son suficientes por sí solos; la transición hacia una explotación sostenible requiere un puente jurídico que defina con certeza la evolución de la demanda, garantice condiciones comerciales remunerativas y minimice el riesgo financiero para los inversores privados<sup>27</sup>.

En este contexto, la región se está consolidando como un nodo global de soluciones de bajo carbono gracias a avances en biocombustibles de nueva generación. El desarrollo de combustibles sostenibles de aviación y aceites vegetales hidrotratados representa la oportunidad más estratégica para el periodo 2025-2026, dado que sectores como el transporte marítimo y aéreo carecen de alternativas eléctricas viables a corto plazo. Actualmente, América Latina lidera el consumo interno con los promedios de mezcla de etanol más altos del mundo, alcanzando niveles cercanos al 18%. Esta evolución se potencia con la aparición de biorrefinerías avanzadas que integran la producción de bioenergía con hidrógeno verde y tecnologías de captura de carbono, logrando reducciones de gases de efecto invernadero de hasta un 80% en comparación con los combustibles fósiles. Asimismo, el enfoque en la economía circular permite aprovechar residuos forestales, grasas animales y bagazo de caña, diversificando los ingresos de comunidades rurales y pequeños productores sin desplazar los cultivos alimentarios<sup>28</sup>.

A pesar de estas fortalezas, la expansión del sector enfrenta desafíos determinantes, especialmente ante la entrada en vigor de normativas internacionales más estrictas en la Unión Europea y Estados Unidos. Estos mercados exigen pruebas rigurosas de que la producción no deriva de la deforestación ni del cambio indirecto en el uso del suelo. Para cumplir con estos estándares, la región debe invertir urgentemente en sistemas de trazabilidad digital, como el monitoreo satelital y el blockchain, que aseguren la transparencia de toda la cadena de suministro. Paralelamente, la inestabilidad política en países como Argentina y México sigue elevando el riesgo de inversión, lo que subraya la necesidad de políticas sugeridas por la CEPAL que reconozcan las externalidades positivas mediante incentivos fiscales claros. En última instancia, para dejar de ser una exportadora de materias primas y convertirse en una potencia bioenergética certificada, América Latina debe fortalecer la cooperación regional en innovación y establecer mecanismos de financiamiento sólidos que acompañen el proceso desde el cultivo hasta la comercialización final<sup>27</sup>.

## CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de este trabajo llevan a mencionar que Brasil es el mayor productor de la región (90%) y además es el segundo productor mundial de etanol y un referente global en investigación y políticas públicas como RenovaBio. Por otra parte, el uso de biocombustibles en la región demuestra reducciones significativas de GEI, alcanzando hasta un 73% en el caso del biodiésel de soja y un 70% con el etanol de caña de azúcar en comparación con combustibles fósiles. Con respecto a las barreras, una de las principales es el vacío referente a marcos legales y regulatorios estables y bien definidos, lo que incrementa el riesgo financiero para los inversores privados. En cuanto a condiciones climáticas, Latinoamérica posee dichas condiciones y disponibilidad de tierras (especialmente

pasturas) que permitirían duplicar la producción de biomasa sin comprometer la seguridad alimentaria ni las áreas protegidas. En materia de investigación, existe una tendencia de investigación creciente liderada por universidades brasileñas con un enfoque en energías renovables, sustentabilidad y procesos de ingeniería química y existe un intercambio de experiencias entre países con mercados maduros (Brasil, Argentina, Colombia) y aquellos con mercados incipientes (Guatemala), lo cual es clave para armonizar políticas regionales y superar prejuicios culturales sobre el uso de mezclas.

## REFERENCIAS

- Canabarro, N.I.; Silva-Ortiz, P.; Nogueira, L.A.H.; Cantarella, H.; Maciel-Filho, R.; Souza, G.M. Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia, and Guatemala. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **2023**, 171, 113019.
- IEA. *Global Energy Review*, 2025.
- Zhang, R. & Zhang, J. Long-term pathways to deep decarbonization of the transport sector in the post-COVID world. *Transport Pol.* **2021**, 110:28–36.
- Alonso-Jaramillo, J.; Alonso-Gomez, L. (2024). Comparison of CO<sub>2</sub> emissions and potential efficiency between biodiesel and renewable diesel fuels. *Revista SPA*. **2024**, 15 (1). e-1055
- Inesem. Tipos de biocarburantes: bioetanol, biodiésel, biohidrodiesel, biogás y biobutanol, 2017.
- OLADE. *Biofuels In Latin America and The Caribbean: Key to The Decarbonization Of Transportation*, 2017.
- National Agency for Petroleum. Natural gas and biofuels - RenovaBio biofuels certification dynamic panel, 2021. Renovabio Panel.
- Market Research. *Latin America Biofuels Market*. 2025.
- Energy Institute. *Statistical Review of World Energy*, 2025.
- IRENA. *Sustainable bioenergy pathways in Latin America Promoting bioenergy investment and sustainability*, 2024.
- Hilbert, J. Estado actual y desarrollo potencial de los biocombustibles de bajas emisiones en Latinoamérica, 2025.
- IEA Bioenergy. *Biofuels in Emerging Markets: Potential for sustainable production and consumption*, 2023.
- Lopes, M.L.; De Lima Paulillo, S.C.; Godoy, R. A.; Lorenzi, M. S.; Carvalho Giometti, F.H.; Domingues Bernardino, C.; De Amorim Neto, H.B. *Brazilian journal of microbiology*. **2016**
- OLADE. Una introducción al sector de los biocombustibles en América Latina y el Caribe, 2025.
- Mendonça, I.M.; Paes, O. A R.L.; Sousa Maia, P.J.; Souza, M.P.; De Almeida, R.A.; Silva, C.; Duvoisin, S.; De Freitas, F. A. *Renewable Energy*. **2019**, 130, pp.103-110.
- Farzad, S.; Mandegari, M.; Guo, M.; Haigh, K. F.; Shah, N.; Görgens, J.F. *Biotechnology for biofuels*. **2017**, 10 (1), pp. 87-87.
- Carneiro, M.L.; Pradelle, F.; Leal Braga, S.; De Paula Gomes, M.S.; Fonseca de Aguiar Martins, A.R.; Turkovics, F.; Chaar Pradelle, R.N. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **2017**, 73, pp. 632-653.
- Fankos, P.; Laura van Soest, H.; Schaeffer, R.; Redman, L.; Köberle, A.C.; Macaluso, N.; Evangelopoulou, S.; De Vita, A. Sha, F.; Qimi, C.; Kejun, J.; Mathur, R. Shekhar, S.; Dewi, R.G.; Oshiro, K.; Fujimori, S.; Park, C.; Safonov, G.; Iyer, G. *Energy system transitions and low-carbon pathways in Australia, Brazil, Canada, China, EU-28, India, Indonesia, Japan, Republic of Korea, Russia and the United States*. *Energy*. **2017**, 216(1).
- Vega, L.P.; Bautista, K. T.; Campos, H.; Daza, S. Vargas, G. *Biofuel production in Latin America: A review for Argentina, Brazil, Mexico, Chile, Costa Rica and Colombia*. *Energy Reports*. **2024**, 11, pp. 28–38.
- Vidal, F.D.F. (2019) *Produção e uso de biocombustíveis no Brasil*. Cad. Set. ETENE. 2019, pp. 1-13.
- Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Oil, Natural Gas and Biofuels Statistical Yearbook 2025*. 2025.
- Degreenia, J. Wynne, G. *Biofuels Annual*. 2023. United States Department of Agriculture, Sep. 2023.
- United Nations. *Energy Statistics Pocketbook 2025*.
- Ciani, M. *Informe Biocombustibles*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y pesca de Argentina. Enero 2020.
- IRENA. *Renewable Energy Statistics 2023*. International Renewable Energy Agency. 2023.
- Cortez, L.A.B.; Leal, M.R.L.V.; Horta Nogueira, L.A. (eds). *Sugarcane Bioenergy for Sustainable Development. Expanding Production in Latin America and Africa*. Routledge: Londres, 2018.
- CEPAL. *Integración energética y transición justa en América Latina y el Caribe: oportunidades y desafíos hacia 2050*. 2025.
- KPMG. *Turning the tide in scaling renewables*. 2023.

## BIBLIOGRAFÍA ESENCIAL

IRENA. *Sustainable bioenergy pathways in Latin America Promoting bioenergy investment and sustainability*, 2024.

IEA Bioenergy. *Biofuels in Emerging Markets: Potential for sustainable production and consumption*, 2023.

Vega, L.P.; Bautista, K. T.; Campos, H.; Daza, S. Vargas, G. *Biofuel production in Latin America: A review for Argentina, Brazil, Mexico, Chile, Costa Rica and Colombia*. *Energy Reports*. **2024**, 11, pp. 28–38.