

Análisis de las técnicas de aprovechamiento de biomasa en América Latina

Analysis of biomass utilization techniques in Latin America

Análise das técnicas de utilização da biomassa na América Latina

Sandra Emperatriz Peña Murillo*

Ana María Santamaria Robles*

Eddie Manuel Zambrano Nevárez*

Kengy Lisbeth Castillo Tomalá*

Resumen

Latinoamérica cuenta con recursos de biomasa para combatir el cambio climático y generar energía limpia a partir de residuos agrícolas y urbanos. El objetivo es analizar el aprovechamiento y uso de biomasa en América Latina, mediante investigaciones recopiladas de la Universidad de Guayaquil. Se identificaron proyectos en varios países, destacando Argentina con 60-80 plantas de biogás, Brasil utilizando caña de azúcar, y Colombia con un 17% de residuos forestales. Otros países como Ecuador, Bolivia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Perú y Uruguay también están avanzando en este ámbito. A pesar de los desafíos legales y tecnológicos, hay un creciente compromiso hacia la biomasa en la región.

Palabras Clave: Biomasa; Residuos; Biogás; Energía renovable

Abstract

Latin America has biomass resources to combat climate change and generate clean energy from agricultural and urban waste. The objective is to analyze the exploitation and use of biomass in Latin America, through research compiled from the University of Guayaquil. Projects are identified in several countries, highlighting Argentina with 60-80 biogas plants, Brazil using sugar cane, and Colombia with 17% forest waste. Other countries such as Ecuador, Bolivia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Peru and Uruguay are also advancing in this area. Despite legal and technological challenges, there is a growing commitment to biomass in the region.

Keywords: Biomass; Waste; Biogas; Renewable energy

How to cite:

Apellido, N. (2025) Título de Artículo. *Revista Iberoamericana De educación*, 9 (1).

Received: April, 2024

Approved: July, 2024

DOI: <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.289>

<http://www.revista-iberoamericana.org/index.php/es>

Universidad de Guayaquil
<https://orcid.org/0000-0002-7848-8021>

sandra.penam@ug.edu.ec
Ecuador – Guayaquil

Universidad de Guayaquil
<https://orcid.org/0000-0002-7733-723X>

ana.santamariar@ug.edu.ec
Ecuador – Guayaquil

Universidad de Guayaquil
<https://orcid.org/0000-0003-0358-0402>

eddie.zambranon@ug.edu.ec
Ecuador – Guayaquil

Universidad de Guayaquil
kengy.castillot@ug.edu.ec
Ecuador – Guayaquil
<https://orcid.org/0000-0003-0237-6872>

INTRODUCTION

La biomasa, fuente de energía renovable derivada de materia orgánica, ha ganado prominencia en América Latina como una alternativa sostenible para la generación de electricidad y calor. Esta región, rica en recursos naturales, ha experimentado un crecimiento significativo en la utilización de biomasa debido a su potencial para reducir la dependencia de fuentes no renovables y mitigar los impactos ambientales asociados (Arroyo, 2016).

América Latina se destaca por su diversidad biológica, lo que brinda oportunidades para aprovechar una amplia gama de biomateriales, como residuos agrícolas, forestales y urbanos, así como cultivos energéticos específicos. La creciente conciencia sobre la importancia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero ha impulsado iniciativas en muchos países latinoamericanos para fomentar el desarrollo de tecnologías y proyectos relacionados con la biomasa. A pesar de los avances, desafíos como la falta de infraestructura adecuada, la financiación limitada y la necesidad de regulaciones específicas aún persisten. Sin embargo, América Latina se presenta como un escenario propicio para el crecimiento continuo de la biomasa como fuente de energía renovable, contribuyendo así a la transición hacia un futuro más sostenible y resiliente en la región (Vargas et al., 2021).

Potencial de la biomasa en Latinoamérica

El potencial de la biomasa en América Latina es esencial para abordar las necesidades energéticas y combatir el cambio climático en la región. Este recurso renovable ofrece diversas aplicaciones, desde la generación de electricidad y calor hasta la producción de biocombustibles, destacándose por su versatilidad y valor. A pesar del gran potencial de la biomasa, persisten desafíos que requieren atención, como la necesidad de tecnologías adecuadas, inversiones en infraestructura y la superación de obstáculos logísticos y económicos. No obstante, mediante la implementación de políticas sostenibles, la dedicación a la investigación y desarrollo, América Latina está bien posicionada para optimizar el potencial de la biomasa y avanzar hacia una economía más sostenible, diversificando su matriz energética en el proceso (Tauro et al., 2022).

Aspectos económicos y ambientales de la biomasa

El uso industrial de biomasa para generar energía implica una importante inversión de recursos humanos y financieros para

mantener un suministro constante de materia prima. La bioenergía contribuye a la preservación ambiental al reducir las emisiones de CO₂ al sustituir combustibles fósiles y gestionar los residuos de biomasa que emiten metano. Esta actividad descentralizada beneficia a las comunidades rurales al mantener poblaciones locales y ecosistemas, y ayuda a prevenir incendios forestales y plagas al reducir la acumulación de residuos forestales (Arnabat, 2020).

MATERIALS AND METHODS

La recolección de información para este estudio se llevó a cabo mediante una exhaustiva revisión de diversas fuentes especializadas, haciendo hincapié en la consulta de bibliotecas virtuales que albergan revistas científicas reconocidas, tales como SCIELO, DsPace UG y ScienceDirect. Estas plataformas, conocidas por su rigurosidad académica, proporcionaron una base sólida de datos derivados de estudios e investigaciones enfocados en la generación de energía verde en América Latina.

Además, para esclarecer los conceptos relacionados a la biomasa fue necesario detallar los tipos de biomasa que existen y cómo se clasifican, principalmente en la región de Latinoamérica, ya que es el área de estudio pertinente.

Biomasa en Latinoamérica

La biomasa, como fuente preeminente de energía renovable, se erige como un pilar esencial en la matriz energética global al capitalizar la energía solar a través del proceso de fotosíntesis. Este fenómeno transforma la luz solar en energía química almacenada en materiales biológicos, iniciando un ciclo que se extiende a lo largo de la cadena alimentaria hasta llegar a los seres humanos (Peña y López, 2020).

La biomasa en Latinoamérica se divide en biomasa residual y cultivos energéticos Figura 1 . La primera proviene de subproductos orgánicos como residuos agrícolas, forestales y municipales; la segunda abarca cultivos destinados a la bioenergía, como oleaginosos, azucareros y algas (AOP, 2021).

Figura 1. Clasificación de la biomasa



Fuente: (Vargas, Pazmiño, & Dávila, 2021)

Tipos de biomasa

Biomasa forestal

La biomasa forestal, esencial para la energía renovable, proviene de trabajos en masas forestales y subproductos de la industria maderera. Se divide en dos vertientes: combustibles de madera directos, obtenidos de bosques, y combustibles de madera indirectos, derivados de la industria maderera. Mientras la madera directa es extraída de bosques, los subproductos de la industria, considerados a menudo como residuos, desempeñan un papel crucial en la generación de energía, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo la huella ambiental (Vargas et al., 2021). Las propiedades físicas y químicas de la biomasa forestal se encuentran detalladas en las Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1

Propiedades físicas de la biomasa forestal primaria (leña).

Forma y aspecto	Densidad y peso	Humedad	Superficie específica y porcentaje de corteza
La forma y el diámetro de la leña afectan a su	El volumen de leña se mide en estéreos, que	La humedad influye en el poder	La superficie específica es el área por unidad

combustión. Diámetros pequeños se queman más rápido y tienen menor densidad. La homogeneidad en la forma influye en el apilado y el color de la madera varía según la especie, humedad y adherencias.	incluyen los espacios entre las maderas apiladas. El peso depende de la forma, dimensiones, humedad, densidad y habilidad del operario para maximizar el espacio.	calorífico de la leña. A mayor humedad, menor poder calorífico, ya que parte del calor se usa para evaporar el agua. Además, la humedad afecta a los costos de transporte.	de masa, y una mayor superficie específica resulta en una combustión más rápida. La madera y la corteza tienen diferentes propiedades químicas y físicas, y el porcentaje de corteza varía a lo largo del tronco, siendo mayor en las partes bajas de los árboles.
---	---	--	--

Adaptado: (De Lucas, Del Peso, & Rodríguez, 2012)

Tabla 2

Propiedades químicas de la biomasa forestal primaria (leña).

Composición química	Composición química de compuestos	Poder calorífico
La leña es un material heterogéneo que contiene principalmente carbono (alrededor del 49%) y oxígeno (alrededor del 44%). También contiene cantidades menores de hidrógeno (alrededor del 6%), nitrógeno (alrededor del 0.3%) y trazas de azufre. El azufre y el nitrógeno pueden generar dióxidos de azufre y óxidos de nitrógeno durante la combustión, pero en cantidades menores que los combustibles fósiles.	La leña está compuesta principalmente de madera, que a su vez se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. La composición química de estos compuestos y su porcentaje influyen en los gases emitidos durante la combustión y en la composición química de las cenizas generadas.	El poder calorífico es la cantidad de energía liberada por unidad de masa cuando se quema un combustible y se expresa en kcal/kg o MJ/kg. Esta propiedad es fundamental para determinar la eficiencia energética de la leña como fuente de calor.

Adaptado de: (De Lucas, Del Peso, & Rodríguez, 2012)

Biomasa de residuos agrícolas

La biomasa de los residuos agrícolas se refiere a la materia orgánica generada como subproducto de las actividades agrícolas. Estos residuos son una fuente de materia prima renovable que puede utilizarse para diversas aplicaciones, tal como se indica en la Tabla 3

incluyendo la producción de energía, la fabricación de productos biodegradables y la mejora de la fertilidad del suelo (DESQBRE, 2020).

Tabla 3

Beneficios de la biomasa de residuos agrícolas

Producción de energía	Fabricación de productos biodegradable	Fertilizantes y enmiendas del suelo	Alimentación animal
Los residuos agrícolas se utilizan como biocombustibles (biomasa y biogás) para generar electricidad y calor, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y mitigando el cambio climático.	Los residuos agrícolas se convierten en bioplásticos y productos sostenibles, reduciendo la necesidad de plásticos no biodegradables.	La biomasa se composta y mejora la fertilidad del suelo, aumentando la retención de humedad.	Algunos residuos agrícolas, como rastrojos de maíz, se utilizan como alimento para el ganado tras un procesamiento adecuado.

Adaptado de: (DESQBRE, 2020)

Biomasa de residuos orgánicos urbanos

La biomasa de residuos orgánicos urbanos se refiere a la materia orgánica generada en áreas urbanas como resultado de actividades cotidianas, como la producción de alimentos, jardinería, y la gestión de residuos sólidos. Estos residuos orgánicos comprenden una amplia gama de materiales biodegradables, como restos de alimentos, poda de árboles, césped, papel, cartón, pañales desechables, y más (Ministerio del ambiente, 2020).

Composición de la biomasa de residuos orgánicos urbanos

Es diversa y varía según la fuente y la región. Incluye restos de alimentos como desperdicios de cocina, cáscaras de frutas, verduras, carne, pescado y otros productos comestibles, además, se suman materiales vegetales como césped cortado, hojas, ramas y podas de árboles y arbustos (Ministerio del ambiente, 2020).

Producción de biogás

La biomasa de residuos orgánicos urbanos se puede aprovechar mediante la producción de biogás a través de la digestión anaeróbica, lo que genera energía renovable para electricidad y calor, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. La gestión adecuada de estos

residuos no solo reduce la cantidad de desechos en vertederos, sino que también recicla nutrientes y mejora la calidad del suelo en la agricultura, promoviendo una gestión más sostenible en áreas urbanas (Coello et al., 2021).

Biomasa de cultivos energéticos

El uso de la biomasa como fuente de energía ofrece varias ventajas, como un balance energético positivo, el fomento del desarrollo económico en zonas rurales y la descontaminación de residuos, lo que contribuye a la prevención de incendios y beneficios medioambientales. La biomasa es renovable ya que su consumo se enmarca en un ciclo sostenible, y las emisiones de CO₂ resultantes de su combustión se equilibran con la absorción de CO₂ por las plantas durante su crecimiento (Cabrera et al., 2021).

RESULTS

Tipos de cultivos energéticos para biomasa en América latina

Caña de Azúcar

La caña de azúcar, una biomasa ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales es conocida por su alta capacidad de fotosíntesis. El bagazo de caña, un subproducto de este cultivo se ha identificado como una valiosa fuente de biomasa aprovechable para la cogeneración de energía. Este enfoque contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles, mejorando la eficiencia de los procesos y generando energía a partir de fuentes renovables (Hernández et al., 2017).

Transesterificación

La transesterificación forma parte de un proceso químico en el cual un aceite vegetal reacciona con un alcohol teniendo presencia un catalizador, dando lugar a la formación de productos como ésteres de ácidos grasos y glicerina. Esta reacción se utiliza comúnmente en la fabricación de biodiesel (Pérez et al., 2022).

Proyectos de Biomasa en Diversos Países de América Latina

Argentina

En Argentina, Tabla 4 se encuentran en funcionamiento aproximadamente entre 60 y 80 instalaciones de biomasa, las más destacables son alrededor de 20 plantas de gran envergadura. El objetivo principal de estas instalaciones es la de gestionar residuos

urbanos y producir biogás, teniendo en vista principalmente en la región del norte de Buenos Aires y el Litoral. Sin embargo, diversas provincias como Jujuy, Salta, Misiones, San Juan, Mendoza, Chubut, Tierra del Fuego y Tucumán también han iniciado proyectos relacionados con la biomasa.

Tabla 4

Plantas que en Argentina se mantienen operativas

Origen	Tecnología	Nombre del proyecto	Provincia
Renovar Ronda 1	Biogás	C.T. Río Cuarto I	Córdoba
Renovar Ronda 1	Biogás	C.T. Yanquetruz	San Luis
Renovar Ronda 1	Biogás	C.T. San Pedro Verde	Santa Fe
Renovar Ronda 1	Biomasa	C.T. Pindó Eco-Energía	Misiones
Renovar Ronda 1	Biogás	C.T. Río Cuarto II	Córdoba
Renovar Ronda 2	Biomasa	C.T. Ticino	Córdoba
Renovar Ronda 2	Biomasa	C.T. Prodeman Bioenergía	Córdoba
Renovar Ronda 2	Biogás	C.T. Ampliación bioeléctrica Dos	Córdoba
Renovar Ronda 2	Biogás de Relleno sanitario	C.T. Ensenada	Buenos Aires
Renovar Ronda 2	Biogás de Relleno sanitario	C.T. Avellanada	Santa Fe
GENREN	Biomasa	C.T. San Martín Norte	Buenos Aires
GENREN	Biomasa	C.T. San Miguel Norte	Buenos Aires
GENREN	Biomasa	C.T. Tabacal	Salta
GENREN	Biomasa	C.T. Ing. Sta. Bárbara	Tucumán
Anterior a ley 26.190	Biomasa	C.T.A.P. Pto. Piray	Misiones
Anterior a ley 26.190	Biomasa	C.T. La Providencia Arcor	Tucumán
Anterior a ley 26.190	Biomasa	C.T. Nidera	Buenos Aires

Fuente: (Gubinelli, 2019).

Brasil

La biomasa forma parte de un papel significativo en la matriz energética de Brasil, dando una ayuda con un 17,5% en electricidad

y un 23% en el sector de transporte. Su aporte se fundamenta en el uso de la caña de azúcar para la generación de electricidad y etanol, así como en la utilización de leña y carbón vegetal en la industria siderúrgica y la generación eléctrica Tabla 5. Asimismo, se puede marcar la importancia de implementar proyectos que hagan uso de los residuos agrícolas, los cuales forman parte de solo el 18% del suministro global de biomasa. Esto generaría ventajas y beneficios tanto para los consumidores finales como para los agricultores al diversificar sus actividades y aumentar sus ingresos (ABIB, 2023).

Tabla 5

Plantas a biomasa más grandes de Brasil.

Plantas	Potencia
Suzano	1177MW
Klabin	515MW
Tereos Açúcar e Energia Brasil	367MW
Bioenergia Barra	323MW
Companhia Brasileira de Energia Renovável	305MW
Cofco International do Brasil	295MW
Biosev	288MW
CMPC Celulose Riograndense	251MW
Usina de Açúcar Santa Terezinha	220MW
Eldorado Brasil Celulose	214MW

Adaptado de: (BNamericas, 2021).

México

México se compromete a duplicar su capacidad de poder generar energía renovable para 2030 con varios proyectos en el cual tenemos la planta de biomasa en el vertedero conocida como La Perseverancia. Desde un punto de vista en la biomasa no solo promueve la sostenibilidad ambiental, sino también respalda el desarrollo rural y la reducción de emisiones de CO₂ (Paredes et al., 2020).

Colombia

El país de Colombia posee un gran potencial para emplear la biomasa, incluyendo residuos forestales y agrícolas teniendo como ejemplo: la caña de azúcar, plátano, café, palma de aceite y estiércol animal, para la generación de energía ya que, en 2017, estos residuos representaban el 17% de la matriz energética nacional, sin embargo, todavía hay espacio para un mayor desarrollo en este ámbito. Además, existen regiones que se encuentran aisladas que podrían obtener beneficios significativos al utilizar la biomasa como fuente de electricidad Tabla 6 (Ministerio del ambiente, 2020).

En Ecuador, el aprovechamiento de la biomasa también representa una oportunidad significativa, especialmente en zonas rurales y comunidades aisladas donde el acceso a fuentes tradicionales de energía es limitado. (Mejía et al., 2023). Residuos agrícolas como el banano, el cacao y la caña de azúcar, junto con subproductos de la industria ganadera, poseen un gran potencial para ser utilizados en la generación de energía renovable. Según el Ministerio de Energía, el desarrollo de proyectos basados en biomasa podría no solo diversificar la matriz energética del país, sino también reducir la dependencia de combustibles fósiles y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. (Aristizábal et al., 2024). Sin embargo, este potencial está limitado por la falta de infraestructura adecuada, así como por la necesidad de políticas públicas que incentiven la inversión en tecnologías para el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos. Aprovechar este recurso de manera estratégica podría contribuir significativamente al desarrollo sostenible y a la seguridad energética de Ecuador (Calero et al., 2019).

Tabla 6
Proyectos destacados en Colombia

Proyecto	Descripción
Bioenergy	Ubicada en los Llanos Orientales, produce etanol a partir de la caña de azúcar y utiliza residuos de caña de azúcar, madera, cascarilla de arroz y otras cosechas para generar energía. Contribuye a la red eléctrica nacional con al menos 19MW hora.
RefoEnergy	Situada en Puerto Carreño (Vichada), fue la primera en proporcionar energía a una ciudad a partir de fuentes completamente renovables, reduciendo 50.000 toneladas de CO ₂ anualmente al mismo tiempo.
SmurfitKappa	Anunció una inversión de USD 100 millones en octubre de 2022 para construir una caldera de biomasa que reduciría 200.000 toneladas de CO ₂ al año. Se centra en el uso de residuos de corteza de pinos y planta de eucalipto para producir energía limpia y biocombustible.
Parque Bolívar (Bogotá)	Este proyecto en proceso busca ser uno de los primeros parques urbanos ecológicos en Latinoamérica. Aprovecha la biomasa de residuos de

restaurantes locales, abono orgánico y recicladores locales para su funcionamiento.

Adaptado de: (Visionarios Magdalena, 2023).

Ecuador

En Ecuador, nos encontramos con una abundancia de recursos agrícolas ha impulsado la búsqueda de aprovechamiento de su biomasa para la generación de energía renovable. El Atlas Bioenergético del Ecuador, elaborado por entidades gubernamentales, se presenta como una herramienta integral para identificar y cuantificar el potencial bioenergético en el país. En la Tabla 7 indica los proyectos de biomasa en el Ecuador. Este programa abarca sectores agrícolas, pecuarios y forestales, proporcionando información georreferenciada con el objetivo de impulsar políticas y futuras investigaciones en el campo de la bioenergía (esinconsultoras.a, 2018).

La biomasa, que proviene de diversas fuentes agrícolas y residuos pecuarios, es empleado para la generación de energía. El profesor Juan Peralta de la ESPOL se encuentra liderando investigaciones sobre el uso de la biomasa como combustible de segunda generación, así como proyectos alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ESPOL, 2019).

Tabla 7

Proyectos de biomasa en Ecuador

Proyecto	Financiamiento	Duración	Estado
Implementación de Laboratorio para Termo valorización de biomasa y residuos sólidos urbanos.	SENPLADES-IIGE	15-06-2012 al 31-12-2013	Finalizado
Estudio de alternativas para el aprovechamiento energético de biomasa residual del proyecto Piñón para Galápagos	SENPLADES-IIGE	01-01-2014 al 31-12-2018	Finalizado
Modelo Cinético e Implementación de Reactor Piloto para Cogasificación de Residuos Sólidos y Carbón Vegetal para producción de Combustibles	SENESCYT-IIGE	25-06-2013 al 24-04-2015	Finalizado

Producción de Hidrógeno a partir de la biomasa procedente de los residuos de la planta de banano mediante gasificación catalítica en agua a temperatura	SENESCYT-IIIGE	16-05-2015 al 16-05-2018	Finalizado
Estudio de la viabilidad de producción de bioetanol a partir de la hidrólisis enzimática de la cáscara de la semilla de <i>Jatropha Curcas</i> (Fase 1)	AECID-IIIGE	01-01-2017 al 31-12-2018	Finalizado
Implementación de una planta prototipo para producción de etanol a partir de la cáscara de piñón (Fase 2)	AECID-IIIGE	11-02-2019 al 18-08-2021	Finalizado
Implementación de una planta de cogeneración a partir de los residuos generados en la industria de la palma africana	SENESCYT-IIIGE	29-03-2019 al 29-07-2021	Finalizado
Estudio de captura de carbono para la producción de biocombustibles a partir de biomasa microalgal, <i>Chlorella Sp</i> , empleando fotobiorreactores	AECID-IIIGE	01-01-2020 al 26-12-2023	En ejecución

Adaptado de: (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2023).

Bolivia

En Bolivia, diferentes centrales de generación eléctrica basadas en biomasa, como Guabirá Energía, UNAGRO, EASBA y Aguaí, usan el bagazo de la caña de azúcar como una fuente de combustible. Estas centrales han sido integradas al Sistema Interconectado Nacional (SIN) en distintos años, sumando una capacidad instalada de 46,57 MW hasta 2018. En ese año, la biomasa aportó 77,2 GWh al SIN, constituyendo el 2,1% de la capacidad instalada y el 0,84% de la generación eléctrica total. Para el año 2019, se proyecta duplicar la generación gracias a la incorporación de nuevas plantas (GUABIRÁENERGIAS.A., 2017).

Chile

Chile enfrenta desafíos asociados a la biomasa forestal, que representa aproximadamente el 25% de la oferta en la matriz primaria de energía del país. Un aproximado del 40% de los hogares chilenos depende principalmente de la leña como fuente de calefacción, obteniendo beneficios económicos a nivel regional. Sin embargo, la eficiencia de esta actividad se ve afectada por el uso de leña húmeda, equipos obsoletos y viviendas con deficiente aislación térmica, la biomasa forestal ocupa el segundo lugar en la matriz primaria, después de los combustibles fósiles. El 53.8% se destina a la producción eléctrica, utilizada por la gran industria forestal. El restante 46.2% se emplea en el sector industrial no eléctrico (23.2%) y en el sector comercial, público y residencial (22.9%) para calefacción (Yáñez et al., 2017) tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Balance Nacional de Energía en Chile

ITEM	ENERGÉTICOS PRIMARIOS								
	Petróleo Crudo	Gas Natural	Carbón	Biomasa	Energía Hidrica	Energía Eólica	Energía Solar	Biogás	Geotermia
OFERTA									
Producción Primaria	838,71	10.919,39	2.012,76	75.976,48	18.680,00	4.817,98	6.855,28	841,18	1.857,60
Importación	78.454,08	42.266,71	63.127,05	-	-	-	-	-	-
Variación de Stock	-960,83	-429,00	-1.471,95	-232,23	-	-	-	-	-
Error Estadístico	- 0,00	- 1.900,89	- 592,74	- 2.673,40	- 0,00	0,00	0,00	- 25,28	-
Oferta Total	80.253,61	53.615,09	66.611,76	76.208,71	18.680,00	4.817,98	6.855,28	841,18	1.857,60
Participación Oferta Total	25,9%	17,3%	21,5%	24,6%	6,0%	1,6%	2,2%	0,3%	0,6%
CENTROS TRANSFORMACIÓN									
Electricidad Servicio Público	-	-26.854,42	-61.948,92	-5.542,22	-18.630,53	-4.817,58	-6.839,09	-461,46	-1.857,60
Electricidad Autoproducción	-	-1.166,73	-	-36.933,60	-49,47	-0,40	-16,19	-145,88	-
Siderurgia	-	-	-3.665,08	-	-	-	-	-	-
Hornos de Coque	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Refinería y Extracción Petróleo	-80.253,61	-	-	-	-	-	-	-	-
Producción de Metanol	-	-6.565,54	-	-	-	-	-	-	-
Consumo Final	- 20.104,29	1.486,53	36.406,29	-	-	-	143,30	-	-
DEMANDA DE ENERGÍA POR SECTOR									
Energético: Consumo Propio Industrial y Minero	- 4.233,13	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre, Salitre y Hierro	-	2.111,75	244,05	-	-	-	-	-	-
Papel y Celulosa	-	1.338,24	-	14.736,16	-	-	-	-	-
Siderurgia, Petroquímica y Cemento	-	281,53	16,16	-	-	-	-	-	-
Pesca	-	77,21	17,30	0,16	-	-	-	-	-
Agroindustria y Azúcar	-	204,53	534,30	93,01	-	-	-	-	-
Construcción	-	438,61	-	-	-	-	-	-	-
Industrias Varias	-	3.971,50	621,97	3.464,31	-	-	-	7,92	-
Minas Varias	-	338,87	52,75	27,68	-	-	-	-	-
Transporte Comercial, Público y Residencial	- 80,78	-	-	-	-	-	-	-	-
Comercial	-	7.028,14	-	18.084,97	-	-	-	135,39	-
Público	-	1.025,95	-	59,85	-	-	-	20,84	-
Sanitarias	-	309,11	-	75,94	-	-	-	-	-
Residencial	-	-	-	0,02	-	-	-	107,06	-
	-	5.693,08	-	17.949,16	-	-	-	7,49	-

Fuente:(Iturra, Celia, 2022).

Costa Rica

Costa Rica enfoca sus esfuerzos especialmente la dendroenergía, para reducir los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Proyectos liderados por el Tecnológico de Costa Rica, respaldados por entidades gubernamentales, buscan aprovechar la biomasa forestal (Tecnológico de Costa Rica, 2021). La Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste también contribuye a la diversificación de la matriz energética mediante la conversión de desechos sólidos en electricidad (Energía Estratégica, 2023).

En este contexto, Costa Rica también ha comenzado a explorar el uso de cultivos energéticos, como el eucalipto y la melina, para fortalecer la producción de biomasa forestal de forma sostenible. Estos cultivos no solo permiten la generación de energía, sino que también contribuyen a la recuperación de suelos degradados y a la captura de carbono, lo que refuerza el compromiso del país con sus metas de carbono neutralidad. Además, se están desarrollando iniciativas comunitarias que promueven el uso de biodigestores en áreas rurales para transformar residuos agrícolas y pecuarios en biogás, proporcionando una fuente de energía limpia y accesible para pequeños productores. Estas acciones reflejan la estrategia integral de Costa Rica para consolidar su liderazgo en energías renovables y demostrar que la transición energética puede ir de la mano con el desarrollo rural y la conservación ambiental (Fonseca González et al., 2023).

El Salvador

A pesar de un crecimiento del 18.7% en la producción total de energía en 2022, El Salvador experimenta una disminución en la proporción de energía renovable, que baja al 76%. La biomasa, representando el 15% de la matriz, sigue creciendo. Proyectos gubernamentales de inversión en energías renovables, liderados por la administración del presidente Nayib Bukele, han logrado una disminución significativa en la importación de energía y una reducción del 30% en los precios (Presidencia de la República de El Salvador, 2021).

Honduras

Honduras ha experimentado un desarrollo positivo en el aprovechamiento de biomasa en la última década, CAHSA, se fundó en 1938 como una azucarera, estas instalaciones evolucionaron hacia ingenios cogeneradores de energía eléctrica. La biomasa, que representó el 7.8% en 2017, ha experimentado un aumento

significativo. La planta más reciente, HONDURAS GREEN POWER CORPORATION, inició su operación en 2016 representando el 56% del total del país, se destaca que la biomasa aún no ha alcanzado su máximo potencial, y su contribución se ve influenciada por el crecimiento de otras fuentes de energía renovable en el país, como se indica en la Tabla 8 (Vásquez y Álvarez, 2019).

Tabla 8
Proyectos de Honduras

Nº	Nombre del Proyecto	Ubicación	Potencia Estimada en MW
1	LA GRECIA	Marcovia, Choluteca	12.0
2	CAHSA	Bufalo, Villanueva, Cortés	25.8
3	CHUMBAGUA	San Marcos, Santa Bárbara	7.0
4	EECOPALSA	Aldea El Castaño, El Progreso, Yoro	3.4
5	CELSUR	Marcovia, Choluteca	18.8
6	YODECO	Yoro, Yoro	1.0
7	MERENDON	Carretera a la Jutosa, Choloma, Cortés	18.6
8	AZUNOSA /2004	Guanchias, Yoro	4.0
9	AZUNOSA /2012	Guanchias, Yoro	10.0
10	BIOGAS Y ENERGÍA	Comunidad los Leones, Trujillo, Colón	1.2
11	CARACOL KNITS	Potrerillos, Cortés	18.0
12	HONDURAS GREEN POWER CORPORATION	Carretera a la Jutosa, Choloma, Cortés	38.0
13	TRES VALLES /2001	Aldea El Porvenir, San Juan de Flores, Francisco Morazán	12.3
14	TRES VALLES /2014	Aldea El Porvenir, San Juan de Flores,	7.5

15	ACEYDESA	Francisco Morazán Comunidad los Leones, Trujillo, Colón	1.2
----	----------	--	-----

Fuente:(Vásquez & Álvarez, 2019).

Perú

A pesar de avances en el uso de biomasa en el Perú, con ocho centrales ubicadas en Lima y Piura. La falta de nuevas subastas gubernamentales desde hace siete años amenaza con limitar el impulso de las energías renovables, incluida la biomasa, en la matriz energética peruana. Destaca la central Paramonga, que utiliza el bagazo de caña de azúcar desde su inicio en 2010 (Salazar, 2021).

Uruguay

Uruguay, líder en la transición hacia fuentes renovables, ha logrado una descarbonización casi total de su matriz eléctrica. Con un 97% de electricidad generada por fuentes renovables entre 2017-2020, el país busca desarrollar una economía del hidrógeno verde y aspira a ser un destacado productor, contribuyendo a la transición energética global (CAF, 2021).

Hallazgos sobre la utilización de biomasa en América Latina

En América Latina, según la Tabla 9 la biomasa desempeña un papel esencial en la matriz energética. Argentina destaca con 60-80 plantas enfocadas en residuos urbanos y biogás, mientras que Brasil contribuye significativamente con caña de azúcar. México se compromete a duplicar su capacidad renovable, incluyendo la biomasa. Colombia utiliza un 17% de residuos forestales en su matriz, Ecuador apunta a recursos agrícolas respaldados por el Atlas Bioenergético, y Bolivia emplea bagazo de caña de azúcar. Chile enfrenta desafíos en biomasa forestal, Costa Rica busca reducir GEI con dendroenergía, El Salvador ve un crecimiento del 15%, Honduras aumenta en un 7.8%, Perú avanza con ocho centrales de biomasa, y Uruguay lidera la transición renovable hacia una economía de hidrógeno verde y descarbonización.

Beneficios y Desafíos Asociados con el Aprovechamiento de Biomasa

En Argentina, destaca el aumento de plantas de biomasa, especialmente en residuos urbanos y biogás, con una planta notable

de 10 MW en Córdoba. Brasil utiliza caña de azúcar de manera significativa, aunque con potencial sin explotar. México se compromete a duplicar su capacidad renovable, incluyendo proyectos de biomasa. Colombia busca aprovechar la biomasa, Ecuador utiliza el Atlas Bioenergético para recursos agrícolas, Bolivia cuenta con centrales de biomasa, y Chile enfrenta desafíos con biomasa forestal. Costa Rica ve en la biomasa forestal una oportunidad para reducir emisiones, El Salvador experimenta una disminución en energía renovable, Honduras ha tenido un desarrollo positivo en biomasa, Perú avanza con ocho centrales, pero la falta de subastas gubernamentales amenaza. Uruguay lidera la transición hacia fuentes renovables y busca desarrollar una economía de hidrógeno verde.

Comparación de la aplicación de biomasa en diferentes países

Tabla 9

Aplicación de biomasa en América latina.

País	Situación Actual	Principales Proyectos	Desafíos y Oportunidades
Argentina	60-80 plantas de biomasa, con 20 de gran magnitud.	Planta de 10 MW en Córdoba que utiliza cáscaras de maní.	Carencia de un marco legal y financiero sólido.
Brasil	Contribuye con 17,5% en electricidad y 23% en transporte.	Uso de caña de azúcar para electricidad y etanol.	Gran potencial no aprovechado, especialmente residuos agrícolas.
México	Compromiso de duplicar capacidad de generación renovable.	Planta de biomasa en La Perseverancia.	Promueve sostenibilidad y desarrollo rural.
Colombia	Residuos agrícolas representan 17% de matriz en 2017.	Potencial en residuos forestales y agrícolas.	Regiones aisladas podrían beneficiarse.
Ecuador	Atlas Bioenergético identifica y cuantifica potencial.	Uso de biomasa agrícola y residuos pecuarios.	Impulsa políticas y futuras investigaciones en bioenergía.
Bolivia	Centrales de biomasa contribuyen con 2,1% en 2018.	Proyecta duplicar generación en 2019.	Diferencias en cifras y preocupaciones ambientales en Amazonía.
Costa Rica	Biomasa forestal, especialmente dendroenergía, se destaca.	Proyectos para reducir GEI y avanzar hacia neutralidad de carbono.	Eficiente al no requerir procesos de secado.

El Salvador	Biomasa representa alrededor del 15% de matriz energética.	Crecimiento en producción de energía, pero menor porcentaje renovable.	Proyectos para reducir importación de energía.
Honduras	Biomasa aportó el 2,1% en 2010 y ha aumentado desde entonces.	Desarrollo positivo en la última década.	Contribución fluctuante debido al desarrollo de otras fuentes.
Perú	Uso de biomasa en centrales en Lima y Piura.	Falta de nuevas subastas gubernamentales y plan detallado.	Avances amenazados por falta de planificación.
Uruguay	Líder en transición energética, 98% de matriz renovable en 2019.	Desarrollo de economía del hidrógeno verde.	Busca continuar descarbonización y ser productor de hidrógeno verde.

CONCLUSIONS

La situación de la biomasa en América Latina revela un panorama diverso, con oportunidades y desafíos en diversos países de la región. En Argentina, a pesar de la falta de marcos legales y financieros sólidos, el crecimiento de plantas de biomasa en el norte de Buenos Aires y el Litoral refleja un compromiso con la energía limpia. Brasil destaca por su gran potencial en biomasa, especialmente en la bioelectricidad de caña de azúcar, mientras que, en México, el enfoque en la biomasa respalda la sostenibilidad ambiental y el desarrollo rural.

Colombia posee un considerable potencial en biomasa, Ecuador busca aprovechar sus recursos agrícolas, y Bolivia contribuye al Sistema Interconectado Nacional a través de centrales de biomasa, aunque con preocupaciones en la región amazónica. En Chile, la biomasa forestal presenta desafíos, mientras Costa Rica ve oportunidades para reducir gases de efecto invernadero. El Salvador, Honduras y Perú experimentan diversos niveles de contribución de biomasa a sus matrices energéticas, enfrentando retos y oportunidades específicos.

Uruguay se destaca como líder en la transición hacia fuentes renovables, especialmente en el desarrollo de una economía del hidrógeno verde. Aunque la biomasa tiene un potencial significativo en la región, es evidente que se requieren esfuerzos adicionales en términos de marcos legales, financiamiento y desarrollo tecnológico para maximizar su aprovechamiento como fuente de energía renovable.

Las recomendaciones para la promoción del aprovechamiento de la biomasa en cada país son específicas y apuntan a fortalecer los marcos legales, impulsar proyectos exitosos, diversificar geográficamente las instalaciones, y fomentar el uso de residuos agrícolas, urbano, etc. para maximizar la contribución de la biomasa. Además, se sugiere evaluar las implicaciones ambientales y sociales, promover el desarrollo de proyectos mediante atlas bioenergéticos, establecer regulaciones para garantizar la sostenibilidad y eficiencia, y promover la participación pública y privada, es así que la biomasa en América Latina presentaría un potencial significativo para contribuir a la matriz energética y promover la sostenibilidad. Sin embargo, para materializar plenamente estos beneficios, es imperativo que los países de la región trabajen en fortalecer sus marcos regulatorios, fomentar la inversión, y promover la innovación y la colaboración público-privada.

REFERENCES

- A. Cabrera, G. Ragaglini, P. Silva, Ó. Bustos y R. Santelices, «Eficiencia en el uso de nutrientes (N, P, K) y balance de nitrógeno en una plantación bioenergética del clon Lux de *Populus deltoides* en San Piero A Grado (Pisa), Italia,» Scielo, vol. 42, n° 2, 2021.
- A. De Lucas, C. Del Peso y E. Rodríguez, «Biomasa, biocombustibles y sostenibilidad,» ResearchGate, 2012.
- A. Hernández, V. González y F. María, «Aprovechamiento de las posibles fuentes de biomasa para entregar más electricidad en la fábrica de azúcar antonio sánchez,» Scielo, vol. 44, n° 4, 2017.
- ABIB, 2023. [En línea]. Available: <https://www.abibbrasil.com.br/>.
- AOP, «Biocombustibles de primera, segunda y tercera generación: ¿qué son? ¿cómo contribuyen a reducir emisiones?,» Asociación Española de Operadores de Productos, 2021.
- Aristizábal, J., Gómez, A., Aristizábal, J., & Gómez, A. (2024). La fracción no renovable de la biomasa como indicador de degradación forestal: Colombia como estudio de caso. Colombia Forestal, 27(1). <https://doi.org/10.14483/2256201X.20122>
- BNamericas, «Generación eléctrica a biomasa se expande en Brasil,» BNamericas, 2021.
- C. Iturra, «Bioenergía: oportunidades y desafíos de la biomasa forestal como biocombustible regulado,» ODEPA, 2022.

- C. Méndez, «Producción de Hidrógeno a partir de la biomasa procedente de los residuos de la planta de banano mediante gasificación catalítica en agua a temperatura,» Repositorio UCE, 2019.
- C. Yáñez, A. Fissore y A. Leiva, 2017. [En línea]. Available: https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/informe_final_caracterizacion_residencial_2018.pdf.
- CAF, «Uruguay: líder en el uso de fuentes renovables en América Latina,» Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe, 2021.
- CAHSA, «COMPAÑIA AZUCARERA HONDUREÑA,S.A.,» GRUPO CAHSA., 2023.
- DESQBRE, «Residuos agrícolas, una alternativa al plástico en vasos desechables - Biodiversidad. Los enlaces de la vida.,» FUNDACION ANDALUZA., 2020.
- E. Machuca, «La prensa gráfica,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.laprensagrafica.com/economia/Generacion-de-energia-crecio-18.7--20230326-0058.html>.
- E. Salazar, «El lento avance del Perú para renovar su matriz energética por recursos limpios,» Ojo público, 2021.
- ENEL Argentina, 2018. [En línea]. Available: <https://www.enel.com.ar/es/Historias/a201802-biomasa-en-argentina-con-80-plantas.html#:~:text=Crece%20la%20biomasa%20en%20Argentina&text=Estad%C3%ADsticas%20del%20Comit%C3%A9%20de%20Biomasa,cuales%20%20son%20grandes%20instalaciones..>
- Energía Estratégica, «Costa Rica construirá el primer proyecto de generación de electricidad a partir de desechos sólidos no valorizables en Centroamérica,» Energía Estratégica, 2023.
- ESINCONSULTORAS.A, «ATLAS BIONERGETICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR,» ARIAE, 2018.
- ESPOL, «Encuentro internacional sobre Biomasa para uso energético,» 2019.
- Fonseca González, W., Rojas Vargas, M., Villalobos Chacón, R., Alice Guier, F., Fonseca González, W., Rojas Vargas, M., Villalobos Chacón, R., & Alice Guier, F. (2023). Estimación de biomasa y carbono en árboles de *Cupressus lusitanica* Mill. en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(2), 1–17. <https://doi.org/10.15359/RCA.57-6>
- G. Gubinelli, 2019. [En línea]. Available: <https://www.energiaestrategica.com/datos-actualizados->

- existen-17-centrales-de-bioenergias-en-funcionamiento-en-argentina-por-mas-de-140-mw/.
- GUABIRÁENERGIAS.A., GUABIRÁ, 2017.
- I. Arnabat, «El valor económico, social y medioambiental de la biomasa.,» Caloryfrío.com, 2020.
- I. d. I. G. y. Energético, «Proyectos - Portal Web Biomasa - Catálogo Virtual 3D.,» 2023.
- IIGE, «Estudio de alternativas para el aprovechamiento energético de biomasa residual del proyecto Piñón para Galápagos,» Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2016.
- IIGE, «<https://www.geoenergia.gob.ec/el-iige-estudiara-generacion-de-energia-a-partir-de-residuos-de-la-palma-africana/>,» Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020.
- IIGE, «Implementación de una planta prototipo para producción de etanol a partir de la cáscara de piñón,» Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2017.
- IIGE, «Producción de etanol a partir de la cáscara de piñón,» Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2017.
- IIGE, «Proyecto “Estudio de captura de carbono para la producción de biocombustibles a partir de biomasa microalgal, *Chlorella* sp, empleando fotobiorreactores”,» Geoenergía, 2022.
- J. Arroyo, «Aprovechamiento del recurso biomasa a partir de los desechos de madera para una caldera de vapor,» DSPACE UPS, 2016.
- L. Faba, E. Díaz y S. Ordóñez, «Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación,» Scielo, vol. 20, nº 3, 2014.
- L. Vásquez y H. Álvarez, «Estado Actual de la Generación de Energía Eléctrica a través de Biomasa en Honduras. Análisis de 2007 al 2017,» Revista de la Escuela de Física, vol. 7, nº 1, 2019.
- Mejía, C. E., Andrade, H. J., & Segura, M. (2023). Estimación de biomasa y carbono con herramientas de teledetección en bosques secos tropicales del Tolima, Colombia. *Revista de Teledetección*, 2023(62), 57–70. <https://doi.org/10.4995/RAET.2023.19242>
- MIEM, «¿Qué es el hidrógeno verde y por qué Uruguay?,» Ministerio de Industria, Energía y Minería., 2023.
- Ministerio del ambiente, 2020. [En línea]. Available: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS->

MUNICIPAL.pdf.

- PARAMONGA, «Generación de Energía,» Agro Industrial Paramonga. , 2023.
- Presidencia de la República de El Salvador, «Vicepresidente Félix Ulloa, visita planta de generación de energía de Biomasa en San Vicente.,» 2021.
- R. Tauro, L. Caballero, M. Salinas, O. Álvarez, A. Ghilardi y J. Arroyo, «Evaluación del potencial energético de los recursos biomásicos en Costa Rica,» 2022.
- S. Coello, B. Rodríguez, Y. González y J. Hidalgo, «Aprovechamiento energético de la biomasa residual caso de estudio de los restos de comida de familias de estudiantes de la Universidad de Guayaquil, para producción de biogás,» Dialnet, vol. 12, nº 2, pp. 15-25, 2021.
- S. Paredes, L. Barahona, F. Barroso y D. Ponce, «Biocombustibles y su potencial en el mercado energético mexicano,» Revista de Economía , vol. 37, nº 94, pp. 35-56, 2020.
- S. Peña y J. López, «Resumen de Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: una alternativa de la biomasa,» Dialnet, pp. 401-413, 2020.
- S. Pérez, L. Aguilera, M. Castañeda y N. Gallardo, «Condiciones del proceso de transesterificación en la producción de biodiésel y sus distintos mecanismos de reacción,» Scielo, vol. 25, 2022.
- Senescyt, «Inauguración del primer Laboratorio para Termovalorización de Biomasa y Residuos Sólidos Urbanos,» Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, 2017.
- Smurfit Kappa, «Smurfit Kappa Colombia anuncia inversión de USD \$100 millones para la construcción de una caldera de biomasa,» 2022.
- V. Sánchez, «Modelo Cinético e Implementación de Reactor Piloto para Gasificación de Residuos Sólidos y Carbón Vegetal para producción de Combustibles,» Repositorio EPN, 2016.
- Visionarios Magdalena, «Proyectos de biomasa en Colombia y lo que nos enseñan,» Artículos y noticias, 2023.
- Y. Vargas, J. Pazmiño y J. Dávila, «otencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una Revisión,» Revista Politécnica , vol. 48, nº 2, 2021.