

Biomass as Renewable Energy: A Systematic Literature Review 2020-2023

Rivas-Mendoza, Milagros Isabel, Maestra en Ciencias de la Educación¹; Osorio-Paredes, Liney, Maestra en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras¹; Pala-Vera, Crhistel Maricielo, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Jara-Castillo, Milca Areli, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c23212@utp.edu.pe, c22922@utp.edu.pe, u20300864@utp.edu.pe, u20212736@utp.edu.pe

Abstract– The present research aims to describe the influence of biomass as a source of renewable energy and to outline the issues that lead to proposing biomass as a renewable energy alternative. To this end, a systematic review of scientific literature published between 2020 and 2023 in the Scopus database was conducted. Twenty-one relevant studies meeting the determined eligibility criteria were identified. In this context, the search was conducted using the terms "renewable energy" and "biomass energy." A mixed methodology was utilized. The results show that biomass as a renewable energy resource helps reduce the use of fossil fuels and their derivatives by utilizing agricultural, forestry, and urban waste that would otherwise be discarded. As a renewable energy resource, biomass faces challenges such as negative gas emissions, high costs, energy demand, and massive energy increase. In conclusion, this study highlights the importance of using biomass as a renewable energy source, as a viable and sustainable alternative for the future energy landscape, aiming to mitigate polluting resources, improve efficiency compared to other renewable energy sources, and its positive impact in environmental, social, and economic terms.

Keywords– Energy, biomass, renewable, emissions, waste, sustainable.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).

DO NOT REMOVE

La biomasa como energía renovable: Una revisión sistemática literaria 2020-2023

Rivas-Mendoza, Milagros Isabel, Maestra en Ciencias de la Educación¹; Osorio-Paredes, Liney, Maestra en Gerencia de Industrias Agropecuarias y Pesqueras¹; Pala-Vera, Crhistel Maricielo, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Jara-Castillo, Milca Areli, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c23212@utp.edu.pe, c22922@utp.edu.pe, u20300864@utp.edu.pe, u20212736@utp.edu.pe

Resumen— La presente investigación tiene como objetivo describir la influencia de la biomasa como fuente de energía renovable y describir la problemática que conllevan a proponer una alternativa de energía renovable como la biomasa. Para ello se realizó una revisión sistemática de la literatura científica publicada entre los años 2020 y 2023 en la base de datos Scopus. Identificándose 21 estudios relevantes que cumplieran con los criterios de elegibilidad determinados. En ese sentido la búsqueda se realizó consultando las palabras "renewable energy" y "biomass energy", La metodología utilizada es mixta. Los resultados muestran que la biomasa como recurso energético renovable ayuda a reducir el uso de la energía de combustibles fósiles y sus derivados, aprovechando residuos agrícolas, forestales y urbanos que de otro modo serían descartados. La biomasa como recurso energético renovable, dentro de los problemas que conlleva implementar la biomasa como alternativa de energía tenemos el impacto negativo de los gases, altos costos y demanda de energía, aumento masivo de energía. En conclusión, este estudio evidencia la importancia del uso de la Biomasa como energía renovable, como una alternativa viable y sostenible para el futuro energético buscando mitigación de recursos contaminantes, mejoramiento de eficiencia en comparación con otras fuentes de energía renovable, su impacto positivo en términos ambientales, sociales y económicos.

Palabras clave— Energía, biomasa, renovable, emisiones, residuos, sostenible.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años, la inestabilidad climática y el deterioro del planeta toma mayor prevalencia, pasando a ser un tema muy controversial [1],[2]. Por lo que, las organizaciones de países de gran potencia se han visto en la necesidad de invertir tiempo y recursos, buscando alternativas y soluciones para frenar o revestir esta realidad buscando mitigar efectos negativos permanentes en el planeta tierra [3],[4].

Entre los problemas climáticos resaltantes tenemos el empleo de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero [5], la acumulación de residuos que genera metano y dióxido de carbono en la atmosfera [6]. Estos problemas son causados por el uso irracional del hombre en sus procesos de industrialización y consumismo [7].

Así mismo, la energía es una necesidad básica para la sobrevivencia y es pieza fundamental como enfoque para el

avance económico, social y ambiental. Sin embargo, el suministro mundial de energía es una preocupación constante ya que la demanda global de energía primaria proyectada para 2050 está en el rango de 600 a 1000 Exajoule (EJ), en comparación con aproximadamente 500 EJ en 2008, aumentando de la necesidad de energía globalmente, combinado con la urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [8],[9].

Debido a que se ha detectado, que el uso de fuentes de energía convencionales o no renovables puede provocar una serie de problemas como la degradación ambiental causando una crisis energética en todo el mundo [10], a esto se suma el consumo de energía, la industrialización y la degradación ambiental provocando un fuerte daño al planeta [11].

A raíz de esto, las opciones más factibles es recurrir a optar por la reutilización y el uso de energías renovables pasando a solar, eólica, hidrógeno y biomasa [12],[13]. Entre las opciones de energía renovable, la biomasa es relativamente preferible porque es barata y está fácilmente disponible, también puede ser obtenida a partir de desechos orgánicos así lo señala, la Unión Europea [14], [15], definiendo la biomasa como una fracción biodegradable de descomposición de productos, desechos y residuos provenientes de actividades forestales, municipales y sectores industriales afines, así como a todo tipo de materia orgánica, incluidos residuos de industrias forestales, agrícolas o ganaderas, la rápida rotación de las plantaciones forestales que pueden ser reutilizados en distintas formas para generar energía [16],[17],[18], ofreciendo ventajas medioambientales sobre los combustibles fósiles, porque es una fuente de energía renovable con bajo contenido de azufre y nitrógeno y es neutra en CO₂ durante sus ciclos de producción y utilización [19],[20].

Actualmente, la biomasa se ha convertido en la cuarta fuente de energía del mundo, representando el 14% del suministro energético mundial [19], ejemplo de ello es Suecia, en donde un tercio de la energía generada proviene de la biomasa, mientras que Austria ha logrado utilizar la biomasa con una eficiencia del 90% durante casi tres décadas [21].

Referente a la problemática y lo antes mencionado nace la necesidad de realizar una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) que, busca recurrir y fomentar la búsqueda de fuentes alternativas de energía renovable como un “recurso aprovechable y sustentable” buscando opciones que permitan relacionarse para un mismo fin, como es el utilizar los desperdicios y residuos orgánicos, en este caso BIOMASA para transformarlo en energía (calor u electricidad) o combustible alternativo y reduzca la dependencia y uso de combustible fósil, evitando así la emisión de metano.

En ese contexto, el propósito de la investigación es responder a la siguiente pregunta: **¿Cuál es la influencia de la biomasa y su contribución sostenible como fuente de energía?**

Asimismo, se plantearon las siguientes preguntas complementarias implementando la estructura de PICOC (Población, intervención, comparación, resultados y contexto), las cuales son:

PC1: ¿Cuáles son los factores negativos que conllevan proponer la biomasa como una alternativa de energía renovable?

PC2: ¿Cuáles son los beneficios de la biomasa en calidad de recurso energético renovable?

PC3: ¿Que comparación existe entre el uso de biomasa y otras fuentes de energía renovable en términos de eficacia para mitigar las problemáticas?

PC4: ¿Cuál es impacto positivo ambiental, social o económico de la biomasa como fuente de energía renovable?

Finalmente, la presente RSL tiene como objetivo general de la investigación: Determinar cuál es la influencia de biomasa y su contribución sostenible como fuente de energía y como objetivos específicos: describir los factores negativos que conllevan proponer la biomasa como una alternativa de energía renovable, Identificar los beneficios de la biomasa en calidad de recursos energéticos renovables, establecer la comparación existe entre el uso de biomasa y otras fuentes de energía renovable, detallar el impacto positivo ambiental, social o económico de la biomasa como fuente de energía renovable. Así mismo, surge la necesidad de abordar objetivos bibliométricos: identificar la cantidad de artículos elaborados en el intervalo de año establecido, producción científica según país, ordenar la concurrencia de palabras clave encontradas en los artículos seleccionados, verificar la relación entre país, autor y concurrencia de palabra. También, se considera importante establecer los indicadores relacionados entre la biomasa y la energía renovable, como reconocer los temas más abordados de las investigaciones seleccionadas.

II. METODOLOGÍA

En la presente investigación se desarrolló una metodología basada en una “Revisión Sistemática de Literatura”. La revisión sistemática se entiende como la

recolección de información cuantitativa y cualitativa de investigación realizadas con una previa selección y se presentan mediante el uso de herramientas estadísticas y gráficos dinámicos, con el fin de facilitar su comprensión [22].

En primer, la revisión se empezó consultando las bases de datos de Scopus, encontrando investigaciones recientes desde el año 2020 al año 2023, obteniendo una importante base teórica de estudio y variables a utilizar. Es relevante destacar que ha sido complicado hallar la relación entre ambas variables de estudio, pasando a ser un desafío. En algunos casos, fue necesario realizar búsquedas exhaustivas en diferentes contextos para obtener información relevante.

Durante el proceso de identificación de registros se tuvo en consideración las variables de estudio “energías renovables” y “energía de biomasa”, en el buscador de Scopus. Se seleccionaron 20,824 estudios, de los cuales han sido sometidas a un proceso de selección basado en criterios de elegibilidad, con el propósito de asegurar la adecuación del material científico. Como resultado de este proceso, se obtuvieron 21 estudios que cumplen con los criterios definidos por los autores: (a) el título o resumen contiene una o todas las variables de estudio; (b) las palabras claves se asocian a la variable de estudio; (c) el idioma de estudio corresponde a los idiomas admitidos para la revisión; (d) el área temática se relaciona con la ingeniería y las ciencias ambientales; (e) el tipo de documento se limitó a solo artículos con etapa de publicación final; (f) el estudio está disponible en su versión completa (open Access).

TABLA I
CRITERIOS DE EXCLUSIÓN E INCLUSIÓN PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Código	Descripción del Criterio
CI1	El título o resumen contiene una o todas las variables de estudio.
CI2	Estudios escritos en idiomas de inglés
CI3	Los documentos deben ser de categoría Artículo.
CI4	Estudios que están en la categoría artículo final de publicación
CI5	Los documentos deben presentar el texto completo.
CE1	Los documentos deben presentar el texto completo.
CE2	Estudios que se encuentran fuera de los años 2020 - 2023.
CE3	Los estudios fuera del área temática de ingeniería y ciencias ambientales
CE4	Tipos de documentos distintos del artículo
CE5	No contienen las palabras clave: Energía Renovable, desarrollo sustentable, sustentabilidad, uso energético

Luego de aplicar un riguroso filtro de criterios, se concluyó por incluir 21 estudios con análisis similares siendo excluidos 23 de los estudios por no cumplir con el último criterio de selección, lo que significa que estos estudios se encontraban fuera del contexto de nuestra pregunta principal (PICO) y no hacían énfasis sobre la influencia de energía de la biomasa, entre otros.

Durante el proceso sistematización se hallaron artículos en idioma inglés. Por ende, se aseguró la precisión en la

comprensión del contenido mediante el uso de un traductor confiable, facilitando así la extracción del material científico pertinente para abordar la pregunta de investigación.

El estudio también empleó la guía PRISMA como marco para su desarrollo, la cual estructura la información de manera clara con el objetivo de identificar tanto las fortalezas como las debilidades relacionadas con el tema de investigación, proporcionando así contribuciones significativas al ámbito científico. Esta metodología se utilizó para la búsqueda y selección de registros en la base de Scopus, como se ilustra en la Fig. 1. A través de los estudios seleccionados bajo criterios de exclusión e inclusión, se pudo realizar un análisis bibliométrico de la literatura, considerando aspectos como el año de publicación, los idiomas predominantes en los artículos, las palabras clave utilizadas, las bases de datos más frecuentemente consultadas y la tipología de los documentos.

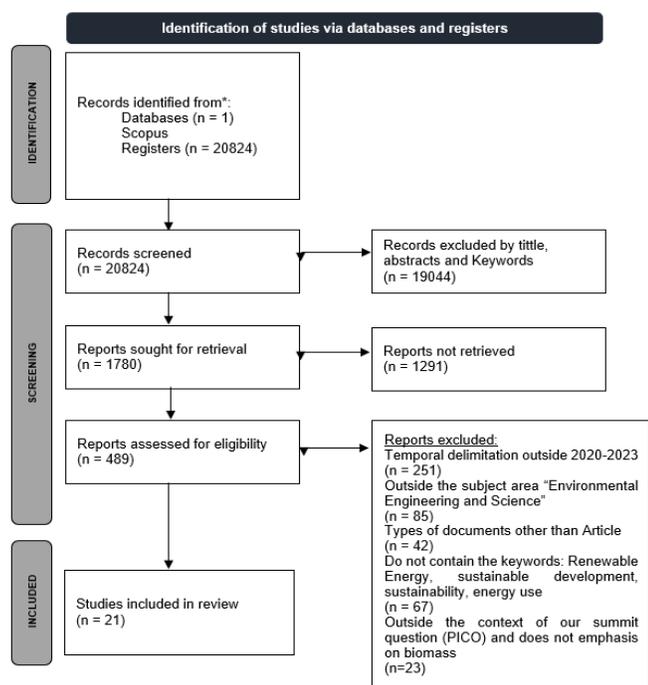


Fig. 1. Diagrama de flujo de PRISMA 2020-2023 para nuevas revisiones sistemáticas que incorporaron exclusivamente búsquedas en bases de datos y registros.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta la etapa de resultados, que inicia con una visión general de la diversidad de trabajos examinados en este estudio sobre La biomasa como energía renovable durante el periodo comprendido entre 2020 y 2023, los cuales ascienden a un total de 21, según se detalla en:

TABLA II
ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA A PARTIR DE BIOMASA Y ENERGÍAS RENOVABLES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA DURANTE EL PERIODO 2019 AL 2023

Autores	Título de Estudio
Sithole et al. (2023) [23]	A Review Of The Combined Torrefaction And Densification Technology As A Source Of Renewable Energy
Sertolli et al. (2023) [24]	Theoretical And Energy Biomass Potencial Of Heat And Electricity Production In Kosovo
Chen et al. (2023) [25]	Comprehensive Analysis And Greenhouse Gas Reduction Assessment Of The First Large-Scale Biogas Generation Plant In West Africa.
Ribeiro (2023) [26]	Bringing To Light A New Energy Path: The Case, Of The State Of Minas Gerais, Brazil Trazendo A Luz Um Noyo Caminho Energético: O Caso De Minas Gerais, Brasil
Hernandez et al. (2023) [27]	Renewable Energies In The Agricultural Sector: A Perspective Analysis Of The Last Three Years
Illankoon et al. (2023) [28]	Agricultural Biomass-Based Power Generation Potencial In Sri Lanka: A Techno Economic Analysis
Abdel & Said (2022) [29]	Energetic, Economic And Environment Perspective Of Power Generation From Residual Biomass In Saudi Arabia
Ali et al. (2022) [30]	How The Use Of Biomass For Green Energy And Waste Incineration Practice Will Affect Gdp Growth In The Less Developed Countries Of The Eu (A Case Study With Visegrad And Balkan Countries)
Olujobi et al. (2022) [31]	Conversion Of Organic Wastes To Electricity In Nigeria: Legal Perspective On The Challenges And Prospects
Nigusie et al. (2021) [32]	Small-Scale Woodlot Growers Interest In Participating In Bioenergy Market In Rural Ethiopia
Zhang et al. (2021) [33]	Modeling And Utilization Of Biomass-To-Syngas For Industrial Multi-Energy Systems
Garcia et al. (2021). [34]	Economic, Environmental And Energetic Analysis Of A Distributed Generation System Composed By Waste Gasification And Photovoltaic Panels
Galik et al. (2021). [35]	Opportunities And Barriers To Forest Biomass Energy: A Case Study Of Four U.S. States
Wang et al. (n.d.). [36]	Research On The Optimal Operation Of A Novel Renewable Multi-Energy Complementary System In Rural Areas
Mutlu et al. (2021). [37]	Combined Use Of Solar And Biomass Energy For Sustainable And Cost-Effective Low-Temperature Drying Of Food Processing Residues On Industrial-Scale
Liu et al. (2021). [38]	Driving And Influencing Factors Of Biomass Energy Utilization From The Perspective Of Farmers
Wang et al. (2021). [39]	A Model For Selecting A Biomass Furnace Supplier Based On Qualitative And Quantitative Factors
Kazak et al. (2020). [40]	Where Renewable Energy Sources Funds Are Invested? Spatial Analysis Of Energy Production Potencial And Public Support
Hossain et al. (2020). [41]	Multi-Objective Optimum Design Of Hybrid Renewable Energy System For Sustainable Energy Supply To A Green Cellular Networks
Hossain et al. (2020). [42]	Solar Pv And Biomass Resources-Based Sustainable Energy Supply For Off-Grid Cellular Base Stations
Havrysh et al. (2020). [43]	Husk Energy Supply Systems For Sunflower Oil Mills

Fuente: Elaboración propia

Durante la sección se estructuran dos aspectos: resultados de contenido que ayudarán a conocer cuál es el avance del conocimiento en el uso y las aplicaciones específicas de la biomasa como alternativa de energía renovable y los resultados bibliométricos, que brindarán alcances cuantificables del estado de literatura en Scopus.

3.1 RESULTADOS DE CONTENIDO

Se presenta gráficas y cuadro del contenido sobre los artículos empleados en la Revisión Sistemática Literaria con el código de referencia de las fuentes. Se ha importado todo el contenido clave que dará respuesta a la pregunta de investigación planteada (PICO).

De acuerdo con la revisión realizada, hay una serie de factores problemáticos que contribuyen a proponer una alternativa de energía renovable. En la Fig. 2, se muestran cuáles son estos factores.

Entre los 21 artículos analizados, ocho señalan como principal factor problema con porcentaje mayor de 32% a la preocupación del impacto negativo que generan los gases (GEI) y CO2 mientras que con un porcentaje menor pero no menos importante de (8%) en 2 artículos identifican el aumento masivo de residuos y vertederos. Ante ello, el utilizar BIOMASA como fuente de energía es una solución factible que permite minimizar o contrarrestar las problemáticas en mención.

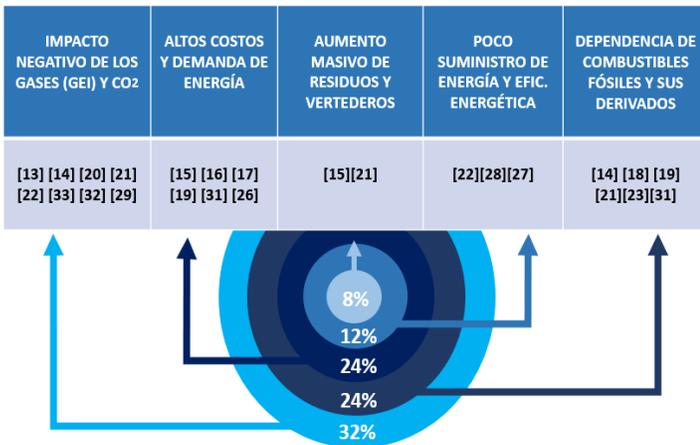


Fig. 2 Factores problemáticos.

La biomasa influye significativamente en la calidad como recurso energético renovable debido a varias características y beneficios asociados con su uso. A continuación, en la Fig. 3 se detallan los principales aspectos que la hacen una opción atractiva, según la cantidad de artículos evaluados.

Además, se aprecia que el 38% de los artículos revisados, mencionan que, la biomasa representa una alternativa con potencial energético, seguido por otra ventaja significativa que es la de su capacidad de reutilización para mitigar problemas específicos ambientales.

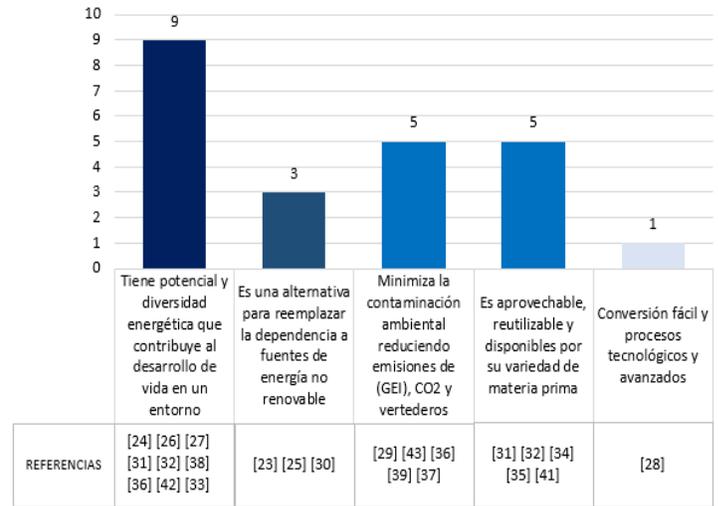


Fig. 3 Ventajas del uso de la biomasa como recurso energético renovable según artículos.

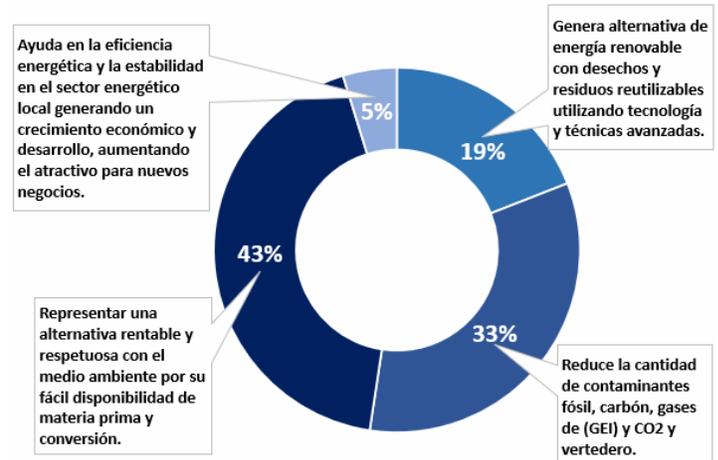


Fig. 4 Impacto ambiental, social o económico positivo de la biomasa como fuente de energía renovable.

De la revisión sistemática, se afirma que la biomasa es un recurso renovable, reutilizable, rentable [26],[28],[29],[30],[32],[34],[36],[37],[38],[39] confiable y con alto potencial y productividad energética [24],[25],[28],[31],[43],[33],[42] la cual se combina con otras fuentes de energía renovable como desechos y residuos orgánicos [23],[25],[27],[31],[32],[35],[40],[41]. El 33 % del alcance de estudio dice que a través de la reutilización de la biomasa se reduce la cantidad de contaminantes fósil, carbón, gases de efecto invernadero y CO2. Mientras que el 43 % de las investigaciones citadas proponen a la biomasa como una alternativa rentable y amigable con el medio ambiente.

TABLA III
COMPARACIÓN ENTRE EL USO DE BIOMASA Y OTRAS FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE EN TÉRMINOS DE EFICACIA PARA MITIGAR LAS PROBLEMÁTICAS

Nº	Criterios de aporte	Referencias
1	La biomasa es un recurso renovable, reutilizable, disponible, rentable y contrarrestar las problemáticas en estudio.	[26][28][29][30] [32][34][36][37] [38][39]
2	La biomasa se combina con otras fuentes de energía renovable y evalúa el suministro energético, el aprovechamiento de residuos orgánicos, la gestión de desechos y la tecnología empleada para la generar de energía.	[23] [25] [27] [31] [32] [35] [40] [41]
3	La biomasa es un suministro confiable con baja contaminación y alto potencial y productividad energética	[24][25][28] [31][43][33][42]

Fuente: Elaboración propia

La tabla III presenta una comparación entre el uso de biomasa y otras fuentes de energía renovables en términos de su eficacia para mitigar problemas específicos. Bajo 3 criterios de aporte e indicando el código de referencia de las fuentes. Siendo el criterio N° 1 el que más destaco indicando que la biomasa es un recurso renovable, reutilizable, disponible y rentable para contrarrestar las problemáticas en estudio. Esta afirmación está respaldada por nueve referencias bibliográficas. Por lo tanto, este grafico sugiere que la biomasa tiene varias ventajas como fuente de energía renovable, incluyendo su versatilidad, sostenibilidad y eficiencia.

3.2 RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

A continuación, se presentan los principales resultados bibliométricos de la revisión sistemática de los artículos finales evaluados.

Para la presente investigación se organizaron los artículos según fecha de publicación y fueron clasificados según la producción científica anual. En la Fig. 5 se observa que el año 2021 tuvo la mayor producción científica, siendo el año con mayor aporte científico con un total de 8 documentos, seguido por el año 2023 con 5 documentos.

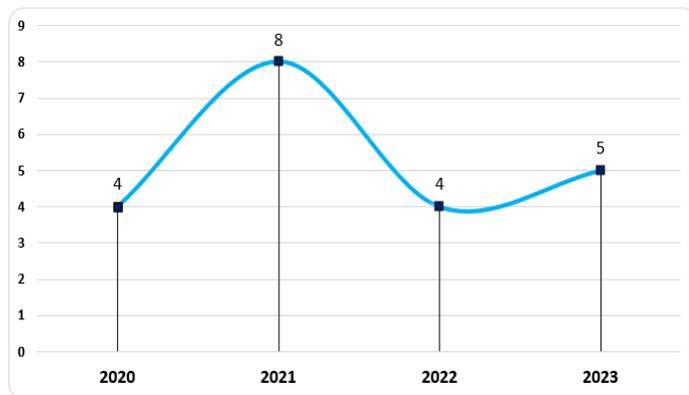


Fig. 5 Producción científica Anual.

Respecto al país de origen, se muestra una variedad de países que contribuyen aportando artículos en diferentes años. En la Fig. 6 se presenta la producción científica mundial durante los años 2020 - 2023. Los principales países con más artículos publicados fueron Polonia y China respectivamente.

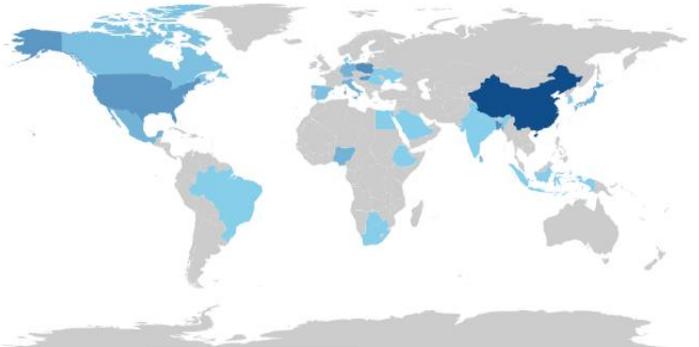


Fig. 6 Producción científica mundial relacionada con las energías renovables con Biomasa (2020-2023).

Asimismo, en este trabajo se realizó un análisis de las palabras clave más utilizadas en todas las publicaciones entre el 2020 y el 2023. La Fig. 7, ilustra las palabras clave más utilizadas por los autores en sus investigaciones sobre energías renovables con Biomasa, donde el tamaño de la palabra clave está relacionado con la frecuencia de aparición de esa palabra clave en los artículos científicos analizados.

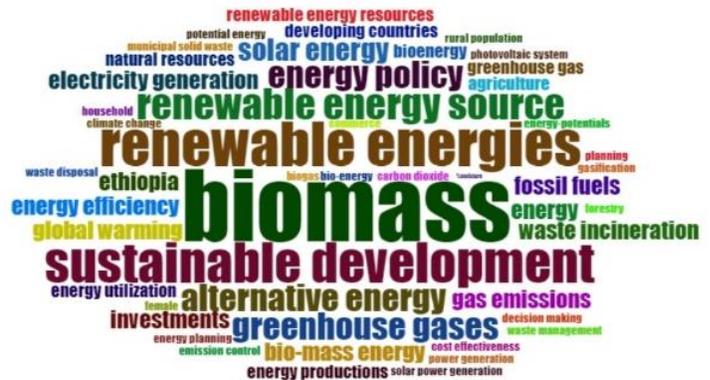


Fig. 7 Palabras clave utilizadas en la investigación sobre energías renovables con biomasa.

En la Fig. 8, se evidencia un diagrama de 3 campos. Este diagrama muestra tres columnas en donde se ilustran las relaciones entre países (AU-CO), autores (AU) y palabras claves (DE). En la primera columna se listan varios países, incluyendo Polonia, Bangladesh, Canadá, Corea, China, Indonesia, Japón, Alemania, Dinamarca, etc. La columna central muestra una lista de autores, que hacen investigaciones en el campo de la energía renovable y la sostenibilidad. La tercera columna presenta una serie de palabras clave relacionados con la investigación, donde destacan a la energía

de biomasa, energía solar, sostenibilidad, eficiencia energética, energía renovable, entre otros. Este diagrama permite visualizar rápidamente qué países están más involucrados en temas de investigación sobre energía renovable y sostenibilidad, así como qué autores están trabajando y en qué áreas específicas.

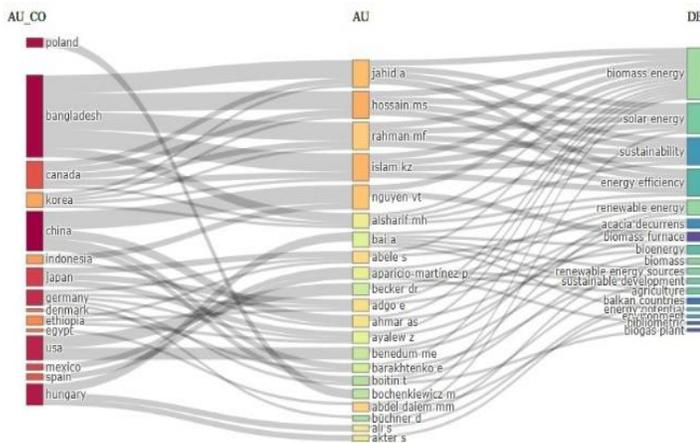


Fig. 8 Gráfico de 3 campos de artículos.

Diversos autores identificaron una serie de problemáticas que conllevaron a proponer una alternativa de energía renovable. Entre estas problemáticas destacan el impacto negativo de los gases de efecto invernadero (GEI) y las emisiones de CO2 [5][23] [24] [30][31][32] [43][42] [39]. Estos hallazgos tienen estrecha relación con otros investigadores, que indican que la aceleración y dependencia del uso de combustibles fósiles y sus derivados en los países desarrollados, es preocupante. También [25][26][27][29][41][36] señalan que la alta demanda y los altos costos de generar energía convencional como la eléctrica se deben a problemas del cambio climático o la industrialización y la urbanización excesiva, estas dos últimas desencadenan un aumento en los desechos generados, en su mayoría provenientes de actividades económicas industriales a gran escala y de la población.

En 10 principales países, los autores en estudio señalan el uso de fuentes de energía de combustibles fósiles o convencionales, de manera que la conversión a fuentes de energía limpia es insuficiente [10]. Por lo que se propone aumentar el uso de energía limpia en la industria con el fin de minimizar el efecto adverso sobre la calidad ambiental, reducir las preocupaciones ecológicas y a analizar el papel del mercado bio económico en el desarrollo sostenible con intención de prevenir problemas energéticos futuros. Estos países están comenzando a desarrollar fuentes de energía renovables como la biomasa [24][28][29][31][33][41] que se refiere a todo tipo de materia orgánica que puede ser reutilizada de diversas formas para generar energía [5][34].

El uso exclusivo de la biomasa como fuente de diversas formas de bioenergía como la térmica, eléctrica o biocombustible como biohidrógeno, biogás, biometano, biodiésel, bioetanol, entre otras exige a que ésta sea modificada haciendo uso de tecnologías de transformación química o bioquímica, bio tratamiento, fermentación oscura, foto fermentación, biofotólisis directa e indirecta, craqueo térmico, hidrólisis enzimática, transesterificación, micro emulsión, digestión anaeróbica, etc., [28]. Por otro lado, otro, resaltan la eficiencia de tecnologías combinadas de torrefacción y densificación para la generación de energía renovable, lo que demuestra la versatilidad y el potencial de la biomasa en diferentes contextos tecnológicos [23].

Sin embargo, autores como [13] enfatizan que, a pesar de todos los avances técnicos, todavía se necesita el apoyo de las políticas y regulaciones gubernamentales para que la biomasa tenga igualdad de condiciones de uso y aplicabilidad como otras energías tradicionales. Y más allá de consideraciones de mejora tecnológica y eficiencia, el panorama económico que configura el desarrollo de la producción de biomasa depende de los desafíos de sostener un esquema de precios relativos competitivo en el tiempo. [9]. No obstante, su adopción generalizada requiere superar estas barreras para alcanzar su pleno potencial en la transición hacia un futuro más sostenible.

Uno de los impactos del uso de la biomasa como fuente de energía renovable se centra en que ésta contribuye en la eficiencia energética y la estabilidad en el sector energético local (industrias o población) mejorando los bienes producidos y aumentando el atractivo para nuevos negocios, [23][24][26][27][28][30][31], conllevando a generar un desarrollo económico en su entorno con un crecimiento variable, pero con una meta a ser sustentable y estable en un periodo de tiempo [39].

Para la Unión europea la biomasa producida por la silvicultura, representa el 60% del total de energía renovable, la cual proporciona energía de manera ambientalmente beneficiosa, a largo plazo [30]. Sin embargo, en Brasil, más del 55% de la energía proviene de la hidroelectricidad, lo que propone el uso de la biomasa como fuente energética, cuyos resultados muestran que el 78% de los municipios podrían cubrir sus necesidades energéticas básicas y el 18% de la demanda de usos productivos con residuos de cultivos y producción silvícola [26]. Se evidencia que en ambos escenarios la silvicultura, es la propuesta de biomasa.

Es importante, la combinación entre diversas fuentes energéticas renovables o no renovables, tal como se muestra en el contexto de redes móviles y la correspondiente demanda de enormes cantidades de energía que plantea desarrollar un sistema de suministro sostenible combinado de energía solar fotovoltaica y biomasa lo que genera una comunicación móvil ecológica, energéticamente eficiente a un costo asequible y

reduce el contenido de carbono [35], [41]. De la misma manera, en otra circunstancia de rápido crecimiento de la demanda de energía, se ve ineludible la generación de un sistema complementario multi-energético distribuido que utilice abundante energía renovable, como la eólica, la solar y la biomasa [36].

Es relevante destacar que ha sido complicado hallar la relación entre las variables de estudio biomasa y energía renovable, optando por realizar búsquedas de manera individual, en diversos contextos y con las palabras clave.

Otra limitación para la investigación es que la biomasa, pese a ser un recurso de fácil disponibilidad, depende de factores estacionales y geográficos, lo que puede llevar a una oferta inconsistente ocasionando una recolección intensiva de biomasa afectando negativamente a los ecosistemas y a la biodiversidad, esto hace que, para fines de estudio de corte experimental, en periodos de escasez de materia prima, se retrase su ejecución y por ende se retrase los resultados buscados.

Para esto como recomendación sería bueno que se pueda invertir en investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia de las tecnologías de conversión de biomasa, como la gasificación, el pirólisis y la fermentación anaeróbica entre otras. Así mismo se recomienda desarrollar políticas y regulaciones que promuevan el uso sostenible de biomasa, incluyendo incentivos para prácticas de gestión sostenible de residuos y desechos orgánicos industriales, etc. y la penalización de prácticas que causen deforestación o degradación de recursos provenientes netamente de cultivos (suelo). Además, se debe promover la integración de la biomasa con otras fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, entre otras para crear sistemas energéticos híbridos que mejoren la fiabilidad y eficiencia general.

Se recomienda promover un enfoque de economía circular en el uso de biomasa, aprovechando residuos agrícolas, forestales y urbanos que de otro modo serían descartados. Esto puede ayudar a reducir los costos de producción y minimizar el impacto ambiental.

IV. CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática extrajo información de las publicaciones científicas más relevantes de la base de datos Scopus, que proponen el estudio de la biomasa como fuente de energía renovable, con la justificación de la mitigación de recursos contaminantes, mejoramiento de eficiencia en comparación con otras fuentes de energía renovable, su impacto positivo en términos ambientales, sociales y económicos. Se constata que la reutilización de la biomasa, reduce el uso de la energía de combustibles fósiles y sus derivados en los países desarrollados, aprovechando residuos agrícolas, forestales y urbanos que de otro modo serían

descartados. Esto puede ayudar a reducir los costos de producción y minimizar el impacto ambiental. Dicho estudio brinda información de las tecnologías actuales de conversión de biomasa, de las cuales aún se necesita alcanzar mejoras significativas para ser competitivas con las fuentes de energía fósil y otras energías renovables. Además, los documentos revisados proponen la integración de la biomasa con otras fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, entre otras para crear sistemas energéticos híbridos que mejoren la fiabilidad y eficiencia general.

Por lo tanto, esta investigación destaca la necesidad de considerar a la biomasa como una alternativa viable y sostenible para el futuro energético. Se espera que este estudio se extienda en el futuro a otros sectores de gran importancia para las energías renovables y que contribuyen en gran medida a su desarrollo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirnos culminar el trabajo; asimismo un agradecimiento especial a nuestras profesoras Rivas Mendoza, Milagros Isabel, y Osorio Paredes, Liney, por su orientación y apoyo desde el primer momento, así como a nuestros padres por ayudarnos a cumplir nuestras metas, todo esto ha sido posible gracias a ellos.

REFERENCIAS

- [1] S. M. Moore, "La nueva geopolítica del cambio climático: de la cooperación a la competencia," Anuario Internacional CIDOB, pp. 133–139, 2021, Accessed: Jul. 28, 2024. [Online]. Available: <https://raco.cat/index.php/AnuarioCIDOB/article/view/400830>
- [2] E. J. González Gaudiano, P. Á. Meira Cartea, E. J. González Gaudiano, and P. Á. Meira Cartea, "Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio?," Perfiles educativos, vol. 42, no. 168, pp. 157–174, Apr. 2020, doi: 10.22201/IISUE.24486167E.2020.168.59464.
- [3] S. Shanmugam et al., "Biohythane production from organic waste: Recent advancements, technical bottlenecks and prospects," Int J Hydrogen Energy, vol. 46, no. 20, pp. 11201–11216, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.IJHYDENE.2020.10.132.
- [4] Y. Richardson, J. Blin, and A. Julbe, "A short overview on purification and conditioning of syngas produced by biomass gasification: Catalytic strategies, process intensification and new concepts," Prog Energy Combust Sci, vol. 38, no. 6, pp. 765–781, Dec. 2012, doi: 10.1016/J.PECS.2011.12.001.
- [5] K. Mishra, S. S. Siwal, S. C. Nayaka, Z. Guan, and V. K. Thakur, "Waste-to-chemicals: Green solutions for bioeconomy markets," Science of The Total Environment, vol. 887, p. 164006, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2023.164006.
- [6] G. K. Veluswamy, C. J. Laycock, K. Shah, A. S. Ball, A. J. Guwy, and R. M. Dinsdale, "Biohythane as an energy feedstock for solid oxide fuel cells," Int J Hydrogen Energy,

- vol. 44, no. 51, pp. 27896–27906, Oct. 2019, doi: 10.1016/J.IJHYDENE.2019.08.256.
- [7] L. R. Amjith and B. Bavanish, “A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment,” *Chemosphere*, vol. 293, p. 133579, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.133579.
- [8] A. B. M. Abdul Malek, M. Hasanuzzaman, and N. A. Rahim, “Prospects, progress, challenges and policies for clean power generation from biomass resources,” *Clean Technologies and Environmental Policy* 2020 22:6, vol. 22, no. 6, pp. 1229–1253, Jun. 2020, doi: 10.1007/S10098-020-01873-4.
- [9] D. Olemberg and A. M. Lupi, “Economic analysis of Eucalyptus biomass cultivation for energy in Argentina,” *Cleaner and Circular Bioeconomy*, vol. 8, p. 100085, Aug. 2024, doi: 10.1016/J.CLCB.2024.100085.
- [10] Z. Liu, H. B. Saydaliev, J. Lan, S. Ali, and M. K. Anser, “Assessing the effectiveness of biomass energy in mitigating CO2 emissions: Evidence from Top-10 biomass energy consumer countries,” *Renew Energy*, vol. 191, pp. 842–851, May 2022, doi: 10.1016/J.RENENE.2022.03.053.
- [11] M. M. Rahman, Z. Khan, S. Khan, and S. Abbas, “Disaggregated energy consumption, industrialization, total population, and ecological footprint nexus: evidence from the world’s top 10 most populous countries,” *Environ Sci Pollut Res Int*, vol. 30, no. 56, pp. 119069–119083, Dec. 2023, doi: 10.1007/S11356-023-30499-4/METRICS.
- [12] T. A. Mamvura, G. Pahlha, and E. Muzenda, “Torrefaction of waste biomass for application in energy production in South Africa,” *S Afr J Chem Eng*, vol. 25, pp. 1–12, Jun. 2018, doi: 10.1016/J.SAJCE.2017.11.003.
- [13] P. Balasubramani, V. Anbumalar, M. S. Nagarajan, and P. M. Prabu, “Biomass briquette manufacturing system model for environment,” *J Alloys Compd*, vol. 686, pp. 859–865, Nov. 2016, doi: 10.1016/J.JALLCOM.2016.06.233.
- [14] C. Sawatdeenarunat, K. C. Surendra, D. Takara, H. Oechsner, and S. K. Khanal, “Anaerobic digestion of lignocellulosic biomass: Challenges and opportunities,” *Bioresour Technol*, vol. 178, pp. 178–186, Feb. 2015, doi: 10.1016/J.BIORTECH.2014.09.103.
- [15] T. Sithole et al., “A review of the combined torrefaction and densification technology as a source of renewable energy,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 82, pp. 330–341, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.09.080.
- [16] V. B. Agbor, N. Cicek, R. Sparling, A. Berlin, and D. B. Levin, “Biomass pretreatment: Fundamentals toward application,” *Biotechnol Adv*, vol. 29, no. 6, pp. 675–685, Nov. 2011, doi: 10.1016/J.BIOTECHADV.2011.05.005.
- [17] E. Cerdá Tena, “Energía obtenida a partir de biomasa,” *Cuadernos económicos de ICE*, ISSN 0210-2633, No 83, 2012, págs. 117-140, no. 83, pp. 117–140, 2012, Accessed: Jun. 18, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3955204&info=resumen&idioma=ENG>
- [18] M. A. Perea-Moreno, F. Manzano-Agugliaro, Q. Hernandez-Escobedo, and A. J. Perea-Moreno, “Sustainable Thermal Energy Generation at Universities by Using Loquat Seeds as Biofuel,” *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 2093, vol. 12, no. 5, p. 2093, Mar. 2020, doi: 10.3390/SU12052093.
- [19] C. Z. Wu, X. L. Yin, Z. H. Yuan, Z. Q. Zhou, and X. S. Zhuang, “The development of bioenergy technology in China,” *Energy*, vol. 35, no. 11, pp. 4445–4450, Nov. 2010, doi: 10.1016/J.ENERGY.2009.04.006.
- [20] P. Ymeri, C. Gyuricza, and C. Fogarassy, “Farmers’ Attitudes Towards the Use of Biomass as Renewable Energy—A Case Study from Southeastern Europe,” *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 4009, vol. 12, no. 10, p. 4009, May 2020, doi: 10.3390/SU12104009.
- [21] J. J. O’Brien Ramos, “Análisis de las diferentes técnicas para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos municipales e industriales,” *Universidad Católica San Pablo*. Accessed: Jun. 18, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.ucsp.edu.pe/item/1505e902-b628-43c6-a829-a9e633347d45>
- [22] M. Gallegos, A. M. Pérez-Acosta, H. Klappenbach, W. L. López, and C. Bregman, “The Bibliometric Studies in the Field of Ibero-American Psychology: A Metabibliometric Review,” *Interdisciplinaria*, vol. 37, no. 2, pp. 95–115, 2020, doi: 10.16888/INTERD.2020.37.2.6.
- [23] T. Sithole et al., “A review of the combined torrefaction and densification technology as a source of renewable energy,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 82, pp. 330–341, 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.09.080.
- [24] A. Sertolli, A. Bai, Z. Gabnai, T. Mizik, and A. Pestisha, “Theoretical and Energy Biomass Potential of Heat and Electricity Production in Kosovo,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 20, 2023, doi: 10.3390/en16207209.
- [25] H. Chen et al., “Comprehensive Analysis and Greenhouse Gas Reduction Assessment of the First Large-Scale Biogas Generation Plant in West Africa,” *Atmosphere (Basel)*, vol. 14, no. 5, 2023, doi: 10.3390/atmos14050876.
- [26] A. P. Ribeiro, “Bringing to light a new energy path: the case of the state of Minas Gerais, Brazil | Trazendo à luz um novo caminho energético: o caso de Minas Gerais, Brasil,” *Sustainability in Debate*, vol. 14, no. 2, pp. 114–133, 2023, doi: 10.18472/SustDeb.v14n2.2023.49635.
- [27] Q. Hernandez-Escobedo et al., “Renewable Energies in the Agricultural Sector: A Perspective Analysis of the Last Three Years,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 1, 2023, doi: 10.3390/en16010345.
- [28] W. A. M. A. N. Illankoon et al., “Agricultural Biomass-Based Power Generation Potential in Sri Lanka: A Techno-Economic Analysis,” *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 23, 2022, doi: 10.3390/en15238984.
- [29] M. M. Abdel Daiem and N. Said, “Energetic, economic, and environmental perspectives of power generation from residual biomass in Saudi Arabia,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 61, no. 5, pp. 3351–3364, 2022, doi: 10.1016/j.aej.2021.08.049.
- [30] S. Ali, S. Akter, P. Ymeri, and C. Fogarassy, “How the Use of Biomass for Green Energy and Waste Incineration Practice Will Affect GDP Growth in the Less Developed Countries of the EU (A Case Study with Visegrad and Balkan Countries),”

- Energies (Basel), vol. 15, no. 7, 2022, doi: 10.3390/en15072308.
- [31] O. J. Olujobi, D. E. Ufua, M. Olokundun, and O. M. Olujobi, "Conversion of organic wastes to electricity in Nigeria: legal perspective on the challenges and prospects," *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 19, no. 2, pp. 939–950, 2022, doi: 10.1007/s13762-020-03059-3.
- [32] Z. Nigussie et al., "Small-Scale Woodlot Growers' Interest in Participating in Bioenergy Market In Rural Ethiopia," *Environ Manage*, vol. 68, no. 4, pp. 553–565, 2021, doi: 10.1007/s00267-021-01524-4.
- [33] K. Zhang et al., "Modeling and utilization of biomass-to-syngas for industrial multi-energy systems," *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, vol. 7, no. 5, pp. 932–942, 2021, doi: 10.17775/CSEEJPES.2020.06190.
- [34] A. Q. Garcia, N. Nishiumi, A. Saito, E. Matsumura, and J. Senda, "Economic, environmental and energetic analysis of a distributed generation system composed by waste gasification and photovoltaic panels," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 13, 2021, doi: 10.3390/en14133889.
- [35] C. S. Galik, M. E. Benedum, M. Kauffman, and D. R. Becker, "Opportunities and barriers to forest biomass energy: A case study of four U.S. states," *Biomass Bioenergy*, vol. 148, 2021, doi: 10.1016/j.biombioe.2021.106035.
- [36] T. Wang, Q. Wang, and C. Zhang, "Research on the optimal operation of a novel renewable multi-energy complementary system in rural areas," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/su13042196.
- [37] Ö. Ç. Mutlu, D. Büchner, S. Theurich, and T. Zeng, "Combined use of solar and biomass energy for sustainable and cost-effective low-temperature drying of food processing residues on industrial-scale," *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 3, 2021, doi: 10.3390/en14030561.
- [38] M. Liu, Z. Sun, Q. Li, Z. Wei, and B. Liang, "Driving and influencing factors of biomass energy utilization from the perspective of farmers," *International Journal of Heat and Technology*, vol. 39, no. 1, pp. 269–274, 2021, doi: 10.18280/ijht.390130.
- [39] C.-N. Wang, H.-P. Fu, H.-P. Hsu, V. T. Nguyen, V. T. Nguyen, and A. S. Ahmar, "A model for selecting a biomass furnace supplier based on qualitative and quantitative factors," *Computers, Materials and Continua*, vol. 69, no. 2, pp. 2339–2353, 2021, doi: 10.32604/cmc.2021.016284.
- [40] J. K. Kazak, J. A. Kamińska, R. Madej, and M. Bochenkiewicz, "Where renewable energy sources funds are invested? spatial analysis of energy production potential and public support," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 21, 2020, doi: 10.3390/en13215551.
- [41] M. S. Hossain, A. Jahid, K. Z. Islam, M. H. Alsharif, and M. F. Rahman, "Multi-objective optimum design of hybrid renewable energy system for sustainable energy supply to a green cellular networks," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 9, 2020, doi: 10.3390/SU12093536.
- [42] M. S. Hossain, A. Jahid, K. Z. Islam, and M. F. Rahman, "Solar PV and Biomass Resources-Based Sustainable Energy Supply for Off-Grid Cellular Base Stations," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 53817–53840, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2978121.
- [43] V. Havrysh, A. Kalinichenko, G. Mentel, U. Mentel, and D. G. Vasbieva, "Husk energy supply systems for sunflower oil mills," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 2, 2020, doi: 10.3390/en13020361.