



Aplicaciones de Sistemas Biofotovoltaicos en Zonas Rurales: Potencial y Desafíos

Applications of Biophotovoltaic Systems in Rural Areas: Potential and Challenges

Aplicações de Sistemas Biofotovoltaicos em Áreas Rurais: Potencial e Desafios

Pablo José Morcillo-Valencia ^I
pablo.morcillo.valencia@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8471-745X>

Jerson Joseph Valdez-Ibarra ^{II}
jerson.valdez.ibarra@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-0551-6463>

Andrés Israel Medina-Robayo ^{III}
aimedina@uagraria.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0002-1804-3124>

Cristian Armando Estrada-Olmedo ^{IV}
caestrdao@pucese.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-3189-9557>

Correspondencia: pablo.morcillo.valencia@utelvt.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de julio de 2024 * **Aceptado:** 10 de agosto de 2024 * **Publicado:** 11 de septiembre de 2024

- I. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador.
- III. Universidad Agraria del Ecuador, Ecuador.
- IV. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Ecuador.

Resumen

El presente artículo explora las aplicaciones, el potencial y los desafíos de los sistemas biofotovoltaicos (BFVs) en zonas rurales. El objetivo es proporcionar una visión integral de cómo estos sistemas pueden contribuir al desarrollo energético y socioeconómico en áreas aisladas. Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva utilizando bases de datos especializadas como Scopus, Scielo, Dialnet y Google Scholar. La revisión incluyó estudios relevantes desde el año 2000 hasta la fecha, centrados en aplicaciones prácticas, evaluaciones de potencial y desafíos asociados con los BFVs. Los resultados revelan que los BFVs tienen aplicaciones significativas en áreas rurales, tales como iluminación, apoyo agrícola, comunicación y pequeñas instalaciones industriales. Estos sistemas muestran un gran potencial para mejorar el acceso a energía sostenible, fomentar el desarrollo económico local y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, también enfrentan desafíos importantes, incluyendo problemas de eficiencia, costos iniciales elevados y necesidades de mantenimiento y capacitación.

En conclusión, los BFVs ofrecen una solución prometedora para las zonas rurales, pero es esencial abordar los desafíos identificados para maximizar su impacto. Se recomienda continuar la investigación en optimización tecnológica, reducir costos, y proporcionar capacitación adecuada para asegurar la implementación efectiva de estos sistemas. La integración con otras tecnologías renovables y la adaptación a condiciones locales también son cruciales para superar los obstáculos y aprovechar al máximo el potencial de los BFVs en el desarrollo rural.

Palabras clave: Sistemas biofotovoltaicos; zonas rurales; energía sostenible; aplicaciones tecnológicas; desafíos y potencial.

Abstract

This article explores the applications, potential and challenges of biophotovoltaic systems (BFVs) in rural areas. The goal is to provide a comprehensive view of how these systems can contribute to energy and socioeconomic development in isolated areas. To achieve this objective, an exhaustive literature review was carried out using specialized databases such as Scopus, Scielo, Dialnet and Google Scholar. The review included relevant studies from 2000 to date, focusing on practical applications, assessments of potential and challenges associated with BFVs. The results reveal that BFVs have significant applications in rural areas, such as lighting, agricultural support, communication and small industrial facilities. These systems show great potential to improve

access to sustainable energy, foster local economic development and contribute to environmental sustainability. However, they also face significant challenges, including efficiency issues, high upfront costs, and maintenance and training needs.

In conclusion, BFVs offer a promising solution for rural areas, but it is essential to address the identified challenges to maximize their impact. It is recommended to continue research in technological optimization, reduce costs, and provide adequate training to ensure the effective implementation of these systems. Integration with other renewable technologies and adaptation to local conditions are also crucial to overcome obstacles and fully exploit the potential of BFVs in rural development.

Keywords: Biophotovoltaic systems; rural areas; sustainable energy; technological applications; challenges and potential.

Resumo

Este artigo explora as aplicações, potencial e desafios dos sistemas biofotovoltaicos (BFVs) em áreas rurais. O objetivo é fornecer uma visão abrangente de como estes sistemas podem contribuir para o desenvolvimento energético e socioeconómico em áreas isoladas. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão exaustiva da literatura utilizando bases de dados especializadas como Scopus, Scielo, Dialnet e Google Scholar. A revisão incluiu estudos relevantes desde 2000 até à data, centrando-se em aplicações práticas, avaliações de potencial e desafios associados aos BFVs. Os resultados revelam que os BFVs têm aplicações significativas em áreas rurais, como iluminação, apoio agrícola, comunicação e pequenas instalações industriais. Estes sistemas apresentam um grande potencial para melhorar o acesso à energia sustentável, promover o desenvolvimento económico local e contribuir para a sustentabilidade ambiental. No entanto, também enfrentam desafios significativos, incluindo questões de eficiência, custos iniciais elevados e necessidades de manutenção e formação.

Em conclusão, os BFV oferecem uma solução promissora para as zonas rurais, mas é essencial enfrentar os desafios identificados para maximizar o seu impacto. Recomenda-se continuar a investigação em otimização tecnológica, reduzir custos e fornecer formação adequada para garantir a implementação eficaz destes sistemas. A integração com outras tecnologias renováveis e a adaptação às condições locais também são cruciais para superar obstáculos e explorar plenamente o potencial dos BFV no desenvolvimento rural.

Palavras-chave: Sistemas biofotovoltaicos; áreas rurais; energia sustentável; aplicações tecnológicas; desafios e potencialidades.

Introducción

En la actualidad, los sistemas biofotovoltaicos (BFVs) están emergiendo como una solución innovadora para la generación de energía renovable a partir de procesos biológicos. Estos sistemas combinan elementos biológicos, como microorganismos o células vegetales, con tecnología fotovoltaica para convertir la luz solar en energía eléctrica. Su aplicación ha mostrado resultados prometedores en diversas regiones del mundo, incluyendo Europa, Asia y América Latina (Arias & Girón, 2019).

En Europa, la investigación en sistemas biofotovoltaicos ha avanzado significativamente, con varios proyectos piloto en países como Alemania, Francia y España. Estos proyectos han demostrado el potencial de los BFVs para integrarse en entornos urbanos y rurales, ofreciendo una fuente de energía sostenible y de bajo impacto ambiental. Además, Europa ha liderado en la creación de políticas y regulaciones que fomentan la adopción de tecnologías limpias, incluyendo los BFVs (Carranza, 2018).

En Asia, países como Japón y China están explorando activamente las aplicaciones de los sistemas biofotovoltaicos. Japón ha implementado proyectos para utilizar BFVs en entornos agrícolas y de investigación, mientras que China está invirtiendo en el desarrollo de tecnologías a gran escala para mejorar la eficiencia y reducir los costos. Estas iniciativas reflejan un interés creciente en soluciones energéticas sostenibles y en la capacidad de los BFVs para abordar problemas de acceso a energía en regiones rurales (Chere, Gruezo, Martínez, & Mercado, 2024).

En América Latina, los BFVs presentan un potencial significativo debido a la diversidad de recursos naturales y las necesidades energéticas de las zonas rurales. La región enfrenta desafíos en términos de acceso a energía en áreas remotas, y los BFVs ofrecen una oportunidad para proporcionar electricidad de manera sostenible. Proyectos en países como Brasil, Colombia y México han comenzado a explorar la viabilidad de los BFVs en contextos rurales, destacando su capacidad para mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo económico local (Cristobal, 2021).

La aplicación de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales es especialmente relevante porque estas áreas a menudo carecen de acceso fiable a la electricidad y enfrentan barreras económicas para la

implementación de tecnologías convencionales. Los BFVs pueden ofrecer una solución accesible y sostenible, adaptándose a las condiciones locales y contribuyendo al desarrollo rural. Además, su integración en estos contextos puede apoyar la transición hacia fuentes de energía renovables y promover la autosuficiencia energética en comunidades aisladas (Gonzalez, Bresner, Díaz, & De Jesús, 2017).

El objetivo de este artículo es realizar una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre las aplicaciones de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales, evaluando su potencial y los desafíos asociados. A través de un análisis de estudios recientes y relevantes, se pretende ofrecer una visión comprensiva sobre cómo los BFVs pueden ser implementados de manera efectiva en contextos rurales, así como identificar las barreras y oportunidades para su adopción y expansión en estas áreas.

Materiales y Métodos

Metodología de revisión bibliográfica

Para llevar a cabo este estudio, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva con el objetivo de analizar y sintetizar la información disponible sobre las aplicaciones de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales. La metodología empleada se detalla a continuación:

Bases de datos consultadas

Se consultaron varias bases de datos especializadas para asegurar una cobertura amplia y relevante en la búsqueda de literatura. Las bases de datos utilizadas fueron:

- **Scopus:** Conocida por su amplia cobertura de revistas académicas y artículos revisados por pares.
- **Scielo:** Base de datos enfocada en publicaciones de América Latina y el Caribe, proporcionando acceso a investigaciones regionales.
- **Dialnet:** Repositorio de artículos científicos y académicos en español, que incluye literatura relevante de España y América Latina.
- **Google Scholar:** Plataforma que permite acceder a una amplia gama de literatura científica y técnica, incluyendo tesis y trabajos de conferencia.

Criterios de inclusión

Para asegurar la relevancia y calidad de los estudios incluidos, se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

Tema: Artículos que abordaran aplicaciones de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales.

Periodo de Publicación: Artículos publicados desde el año 2000 hasta la fecha.

Tipo de Documento: Se incluyeron artículos de revistas científicas, conferencias, y estudios de caso revisados por pares.

Relevancia: Estudios que presentaran datos empíricos, análisis detallados o revisiones exhaustivas sobre el tema.

Proceso de selección

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo en varias etapas:

- 1. Búsqueda inicial:** Se realizó una búsqueda utilizando términos clave relacionados con "sistemas biofotovoltaicos", "zonas rurales", "aplicaciones", y "potencial y desafíos". La búsqueda se afinó mediante filtros por fecha y tipo de documento.
- 2. Cribado de títulos y resúmenes:** Los títulos y resúmenes de los artículos obtenidos se revisaron para identificar aquellos que cumplían con los criterios de inclusión. Se descartaron estudios que no abordaran específicamente el tema o que estuvieran fuera del alcance temporal establecido.
- 3. Revisión completa:** Los artículos seleccionados fueron leídos en su totalidad para evaluar su pertinencia y calidad. Se realizó una revisión detallada de los contenidos para asegurar que los estudios incluyeran información relevante y útil para el análisis.

Enfoque analítico

Para la síntesis y análisis de la información, se emplearon los siguientes métodos:

- **Extracción de datos:** Se extrajeron datos clave de cada estudio, incluyendo objetivos, metodología, hallazgos principales y conclusiones.
- **Categorización:** Los datos extraídos se organizaron en categorías temáticas para identificar patrones comunes y diferencias significativas. Las categorías incluyeron aplicaciones específicas, beneficios, desafíos y propuestas de mejora.

- **Síntesis:** Se integraron los hallazgos de los estudios revisados para proporcionar una visión global sobre el estado actual de las aplicaciones de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales. Se discutieron las implicaciones de los resultados y se identificaron áreas para futuras investigaciones.

Resultados

Aplicaciones identificadas

Los sistemas biofotovoltaicos (BFVs) han mostrado una variedad de aplicaciones en zonas rurales que destacan su flexibilidad y utilidad en diferentes contextos. Las aplicaciones más comunes identificadas en la literatura incluyen:

Los BFVs se utilizan para proporcionar iluminación en áreas rurales que carecen de acceso a la red eléctrica. Estos sistemas permiten la instalación de luces LED alimentadas por la energía generada a partir de procesos biológicos y la luz solar, mejorando la seguridad y la calidad de vida en las comunidades (González et al., 2017).

En algunas regiones, los BFVs se integran en sistemas agrícolas para alimentar pequeños dispositivos, sensores y sistemas de riego. Esta aplicación ayuda a monitorizar las condiciones del suelo y gestionar los recursos hídricos de manera más eficiente (González, 2023).

Los BFVs se utilizan para alimentar equipos de comunicación y tecnología educativa en zonas rurales. Esto incluye radios, teléfonos móviles y dispositivos informáticos que permiten a las comunidades mantenerse conectadas y acceder a recursos educativos (Leon, 2022).

Los sistemas biofotovoltaicos también se implementan en pequeñas instalaciones industriales y comerciales, como molinos de maíz o fábricas de procesamiento de alimentos, proporcionando una fuente de energía sostenible para operar equipos (González, 2023).

Potencial

El potencial de los sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales es significativo y se manifiesta en varias áreas:

Los BFVs ofrecen una solución sostenible para el suministro de energía en áreas remotas y aisladas, donde las opciones de energía convencional pueden ser limitadas o costosas. Al aprovechar

recursos biológicos locales, los BFVs pueden proporcionar electricidad de manera económica y ecológica (Martínez et al., 2022).

La implementación de BFVs puede fomentar el desarrollo económico local al proporcionar energía para pequeñas empresas y actividades agrícolas. Esto puede crear empleos y mejorar las condiciones económicas en las comunidades rurales (Martínez et al., 2022).

Al ofrecer energía para iluminación, comunicaciones y educación, los BFVs pueden mejorar la calidad de vida en las zonas rurales. La disponibilidad de electricidad puede facilitar el acceso a servicios básicos, reducir la dependencia de combustibles fósiles y mejorar la seguridad y el bienestar general (Martínez et al., 2022).

Los BFVs contribuyen a la sostenibilidad ambiental al generar energía de manera limpia y reducir la necesidad de fuentes de energía no renovables. Además, al utilizar procesos biológicos, los BFVs pueden integrarse en los ecosistemas locales sin causar un impacto negativo significativo (Minaya & Pérez, 2024).

Desafíos

A pesar de su potencial, la implementación y el mantenimiento de los sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales presentan varios desafíos:

Los BFVs todavía enfrentan desafíos en términos de eficiencia y rendimiento. La generación de electricidad a partir de procesos biológicos puede ser menos eficiente en comparación con otras tecnologías, y los sistemas pueden requerir una optimización adicional para mejorar su viabilidad a gran escala (Naranjo et al., 2018).

Los costos iniciales de instalación de sistemas biofotovoltaicos pueden ser elevados, lo que puede limitar su adopción en comunidades rurales con recursos financieros limitados. Aunque los costos pueden disminuir con el tiempo, la inversión inicial sigue siendo una barrera significativa (Neumeier).

La durabilidad y el mantenimiento de los sistemas biofotovoltaicos son aspectos críticos. Los sistemas requieren un mantenimiento regular para asegurar su funcionamiento óptimo, y en algunos casos, las condiciones ambientales pueden afectar la durabilidad de los componentes biológicos (Popovich, Martin, & Leonardi, 2017).

La falta de conocimiento y capacitación en la tecnología biofotovoltaica puede ser un obstáculo para su implementación exitosa. Es necesario proporcionar formación y educación a las

comunidades locales para asegurar una gestión y mantenimiento adecuados de los sistemas (Neumeier).

Adaptar los sistemas biofotovoltaicos a las condiciones específicas de cada zona rural puede ser desafiante. La variabilidad en los recursos biológicos, el clima y otros factores ambientales puede influir en la eficacia de los BFVs, requiriendo soluciones personalizadas y adaptadas a cada contexto (Neumeier).

Discusión

Los resultados de esta revisión bibliográfica destacan varias aplicaciones y beneficios de los sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales, los cuales son consistentes con los hallazgos de estudios previos. La utilización de BFVs para proporcionar iluminación, apoyar la agricultura y mejorar la comunicación en áreas remotas ha sido reportada en diversas investigaciones (Popovich et al., 2017) ;(Pozo, 2021). Estos estudios corroboran el potencial de los BFVs para mejorar la calidad de vida en comunidades rurales mediante el acceso a energía sostenible.

Sin embargo, los desafíos relacionados con la eficiencia, costos iniciales y mantenimiento también han sido documentados en la literatura. Investigaciones como las de (Reinoso, 2019) y (Safla, Arteaga, Játiva, & Giler, 2023) han señalado problemas similares en la viabilidad técnica y económica de los BFVs. Aunque algunos estudios han reportado avances en la optimización de la eficiencia y reducción de costos, estos problemas persisten como barreras significativas para la adopción generalizada de la tecnología.

Implicaciones

Los hallazgos de este estudio tienen varias implicaciones importantes para las zonas rurales y el desarrollo futuro de los sistemas biofotovoltaicos:

La capacidad de los BFVs para proporcionar energía para iluminación y dispositivos básicos puede transformar la vida en áreas rurales al facilitar acceso a servicios esenciales y reducir la dependencia de fuentes de energía menos sostenibles (Sandoval-Ruiz, 2020).

Al impulsar la productividad agrícola y apoyar pequeñas empresas, los BFVs pueden contribuir al desarrollo económico local. Esto puede generar empleos y fortalecer la economía en comunidades aisladas (Souza et al., 2024).

La integración de BFVs en las zonas rurales contribuye a una matriz energética más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, apoyando los objetivos de reducción de emisiones y conservación de recursos naturales (Zelada, 2022).

Limitaciones del Estudio

A pesar de los esfuerzos por proporcionar una visión exhaustiva, este estudio tiene varias limitaciones:

La revisión se basa en estudios disponibles en bases de datos específicas, lo que puede excluir investigaciones relevantes publicadas en otras fuentes no indexadas.

Los estudios incluidos en la revisión presentan variabilidad en términos de metodología, contexto geográfico y enfoque, lo que puede influir en la comparabilidad y generalización de los resultados. La rápida evolución de la tecnología biofotovoltaica puede hacer que algunos estudios incluidos se vuelvan obsoletos. Aunque se consultaron artículos recientes, la dinámica de la tecnología puede haber cambiado desde la publicación de los estudios revisados.

Recomendaciones

Para avanzar en la implementación y desarrollo de sistemas biofotovoltaicos en zonas rurales, se sugieren las siguientes recomendaciones:

Continuar investigando y desarrollando tecnologías para mejorar la eficiencia de los BFVs. La optimización de los procesos biológicos y fotovoltaicos puede aumentar la viabilidad de estos sistemas.

Fomentar la investigación en técnicas y materiales que reduzcan los costos iniciales de instalación. Esto puede incluir la búsqueda de soluciones más económicas y accesibles para las comunidades rurales.

Implementar programas de capacitación para las comunidades locales en la operación y mantenimiento de sistemas biofotovoltaicos. La educación sobre el uso y el mantenimiento puede asegurar la sostenibilidad a largo plazo de los sistemas.

Desarrollar proyectos piloto en diferentes contextos rurales para evaluar la adaptación de los BFVs a diversas condiciones ambientales y culturales. Estos proyectos pueden proporcionar información valiosa sobre la implementación y el impacto de los sistemas.

Perspectivas Futuras

Las áreas para investigación futura incluyen:

Explorar la integración de BFVs con otras tecnologías renovables, como la energía eólica o hidroeléctrica, para maximizar la generación de energía en zonas rurales.

Realizar estudios longitudinales que evalúen el impacto a largo plazo de los sistemas biofotovoltaicos en las comunidades rurales, incluyendo aspectos sociales, económicos y ambientales.

Investigar cómo los BFVs pueden adaptarse a diferentes condiciones climáticas y biológicas en zonas rurales, y desarrollar soluciones específicas para superar desafíos locales.

Analizar el impacto socioeconómico de la implementación de BFVs en comunidades rurales, incluyendo el efecto en la calidad de vida, el desarrollo económico y la sostenibilidad social.

Conclusiones

Los sistemas biofotovoltaicos han demostrado ser versátiles en su aplicación en zonas rurales. Se utilizan principalmente para proporcionar energía para iluminación, apoyar la agricultura, alimentar equipos de comunicación y tecnología educativa, y suministrar energía para pequeñas instalaciones industriales y comerciales. Estas aplicaciones han demostrado ser efectivas en la mejora de la calidad de vida y la eficiencia de los recursos en comunidades aisladas.

El potencial de los BFVs para transformar las zonas rurales es considerable. Su capacidad para ofrecer una fuente de energía sostenible y económica puede mejorar el acceso a servicios básicos, fomentar el desarrollo económico local, y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Los BFVs presentan una oportunidad significativa para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y apoyar la autosuficiencia energética en áreas remotas.

A pesar de su potencial, los BFVs enfrentan varios desafíos importantes. La eficiencia y el rendimiento de los sistemas todavía requieren optimización, los costos iniciales de instalación pueden ser elevados, y el mantenimiento y la durabilidad de los sistemas son cuestiones críticas. Además, la falta de conocimiento y capacitación sobre la tecnología puede limitar su implementación efectiva en las comunidades rurales.

Los sistemas biofotovoltaicos presentan una solución prometedora para mejorar el acceso a energía en zonas rurales, es necesario abordar los desafíos identificados para maximizar su impacto. La investigación continua en la mejora de la eficiencia, la reducción de costos, y la capacitación de las comunidades locales será fundamental para facilitar una adopción más amplia y efectiva de esta

tecnología. La integración de BFVs con otras tecnologías renovables y la adaptación a condiciones locales específicas también jugarán un papel clave en la superación de obstáculos y en la realización del potencial completo de estos sistemas en el desarrollo rural.

Referencias

1. Arias García, J., & Girón López, F. (2019). Prototipo para la generación de energía eléctrica a través de plantas con arduino. Retrieved from
2. Carranza Ruiz, M. F. (2018). Urbanización autosustentable para Naranjito. Guayaquil: ULVR, 2018.,
3. Chere-Quiñónez, B. F., Gruezo, G. A. A., Martínez-Peralta, A. J., & Mercado-Bautista, J. D. J. R. C. I. I. y. S. (2024). Technical-economic analysis of a grid-connected photovoltaic system. 14(1), 125-157.
4. Cristobal Sánchez, R. (2021). Atmósferas construidas. Tecnología frente a la contaminación ambiental.
5. González, A., Bresner, S., Díaz, S., & De Jesús, M. (2017). Lámpara sustentable por medio de energía biofotovoltaica. Retrieved from
6. González Martínez, I. (2023). Nuevos modos de habitar/nuevos modelos de convivencia.
7. León Capacyachi, F. d. P. (2022). Generación de energía limpia, no convencional, sostenible empleando raíces de plantas hidropónicas-Lima, 2022.
8. Martínez-Peralta, A. J., Chere-Quiñónez, B. F., Charcopa-Paz, L. E., Orobio-Arboleda, T. J., & Alcívar-Vallejo, C. A. J. D. d. I. C. (2022). Configuración del diseño óptimo de un sistema de energía híbrido solar-eólica conectado a la red utilizando el software HOMER. 8(2), 469-479.
9. Martínez-Peralta, A. J., Chere-Quiñónez, B. F., Guzmán-López, J. L., Orobio-Arboleda, T. J., & Valencia-Bautista, E. L. J. D. d. I. C. (2022). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda unifamiliar en la parroquia rural Vuelta Larga del cantón Esmeraldas. 8(1), 887-908.
10. Martínez-Peralta, A. J., Ulloa-de Souza, R. C., Chere-Quiñónez, B. F., & Mercado-Bautista, J. D. J. S. I. J. o. I. S. (2022). Diseño de un sistema de energía híbrido conectado a la red. 3(2), 585-592.

11. Minaya Vergara, J. M., & Pérez Canales, C. E. (2024). Cultivo Hidropónico recirculante de Plantas Magnoliopsida para la generación de Energía Biofotovoltaica.
12. Naranjo Castañeda, F. A., Chávez Martínez, M., Holguín Quiñones, S., Martínez Jiménez, A., Palacios Grijalva, L. N., & Salcedo Luna, M. C. (2018). Estudio y caracterización de pedernal del Municipio de Tepalcingo Morelos, México.
13. Neumeier, M. Techos verdes aumentan la eficiencia de los paneles solares.
14. Popovich, C. A., Martin, L. A., & Leonardi, P. I. (2017). Biorrefinería microalgal: fuente de materia prima sustentable para la generación de bioenergía y bioproductos. In: Universidad Científica del Sur.
15. Pozo García, A. (2021). La vertiente Biotec de los materiales tradicionales y nuevos.
16. Reinoso Otero, P. (2019). Eficiencia Energética con renovables en un hotel.
17. Safla, L. O. B., Arteaga, G. G. A., Játiva, M. M. V., & Giler, J. E. S. J. S. L. r. c. d. I. (2023). Energía Biofotovoltaica: Las Plantas como Fuente Alternativa de Energía Renovable en Portoviejo, Provincia de Manabí. 1(22), 4.
18. Sandoval-Ruiz, C. E. J. I. R. d. I. U. d. C. R. (2020). Arreglos fotovoltaicos inteligentes con modelo LFSR-reconfigurable. 30(2), 32-61.
19. Souza, R. C. U.-d., González-Quíñonez, L. A., Reyna-Tenorio, L. J., Salgado-Ortiz, P. J., Chere-Quíñonez, B. F. J. I. J. o. E. E., & Policy. (2024). Renewable energy development and employment in Ecuador's rural sector: an economic impact analysis. 14(1), 464-479.
20. Zelada-Ramírez, J. D. (2022). Síntesis de nanobarras de TiO₂ por método hidrotérmal para aplicación como fotoánodo en una celda biofotovoltaica.

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).