

El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local

Wind pumping and its impact on local development

Jorge Álvarez Martínez¹

<https://orcid.org/0009-0000-0209-8601>

Ovadis Faez Castillo²

<https://orcid.org/0009-0006-9816-2252>

Bertha Margarita Platero Guerra³

<https://orcid.org/0009-0000-3695-0989>

Oscar Brown Manrique⁴

<https://orcid.org/0000-0003-3713-3408>

Dayma Carmenates Hernández⁵

<https://orcid.org/0000-0001-5482-7562>

¹Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, Ciego de Ávila, Cuba

²Empresa de Servicios Ingenieros Hidráulicos, Ciego de Ávila, Cuba

³Empresa de Aprovechamiento Hidráulico, Ciego de Ávila, Cuba

⁴Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba.

⁵Universidad Católica Sedes Sapientiae, Lima, Perú

jorge98alvarezmartinez@unica.cu ovadisfaezcastillo@gmail.com

berthamargaritaplateroguerra@gmail.com obrown@unica.cu

dcarmenates@ucss.edu.pe

Recibido: 2025/02/27 **Aceptado:** 2025/06/20 **Publicado:** 2025/10/14

Resumen

Introducción: el acceso al agua es fundamental para el desarrollo socioeconómico, especialmente en comunidades rurales con infraestructura limitada. El bombeo eólico, que utiliza energía renovable para extraer agua, se presenta como una solución sostenible para zonas aisladas, reduciendo costos operativos y la huella de carbono. **Objetivo:** analizar las potencialidades de la utilización del bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. **Método:** se realizaron parámetros técnicos esenciales para el funcionamiento los sistemas de bombeo accionados con energía eólica como la velocidad del viento, la densidad del aire, la altura de bombeo y el

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

caudal de agua. Se describen las ecuaciones para el cálculo de la potencia disponible en el viento, el caudal de bombeo y la eficiencia del sistema. Se muestran las experiencias del diseño de un sistema de bombeo eólico para riego localizado en el poblado de Modesto Reyes, Ciego de Ávila, considerando las necesidades hídricas del cultivo y las características del recurso eólico local. **Resultados:** El bombeo eólico en el poblado de Modesto Reyes demuestra ser una solución eficiente y sostenible para el abastecimiento de agua, aprovechando una velocidad promedio de viento de 5,22 m/s. Con un molino multipala de 3,5 m de diámetro, se logra bombear 25 m³ diarios, almacenando 8 000 L en 15,36 horas. **Conclusiones:** Este sistema resalta la importancia de la energía eólica para zonas rurales, ofreciendo una alternativa ecológica y económica para el acceso al agua y la satisfacción de las necesidades de riego de cultivos hortícolas.

Palabras clave: comunidades rurales; energía renovable; sostenibilidad

Abstract

Introduction: Access to water is essential for socioeconomic development, particularly in rural communities with limited infrastructure. Wind powered pumping, which uses renewable energy to extract water, emerges as a sustainable solution for isolated areas, reducing operational costs and carbon footprints. **Objective:** To analyze the potential of wind-powered pumping and its impact on local development. **Method:** Essential technical parameters for wind powered pumping systems were evaluated, including wind speed, air density, pumping height, and water flow rate. Equations for calculating available wind power, pumping flow rate, and system efficiency were described. The design of a wind powered pumping system for localized irrigation in Modesto Reyes, Ciego de Ávila, was presented, considering crop water requirements and local wind resource characteristics. **Results:** Wind powered pumping in Modesto Reyes proves to be an efficient and sustainable solution for water supply, utilizing an average wind speed of 5.22 m/s. With a multi blade windmill of 3.5 m in diameter, 25 m³ of water is pumped daily, storing 8 000 liters in 15.36 hours. **Conclusion:** This system highlights the importance of wind energy for rural areas,

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

offering an ecofriendly and cost effective alternative for water access and meeting irrigation needs for horticultural crops.

Keywords: renewable energy; rural communities; sustainability

Introducción

El acceso al agua es un factor esencial para el desarrollo socioeconómico, especialmente en comunidades rurales y aisladas donde la falta de infraestructura básica limita las oportunidades de crecimiento y bienestar (Márquez Bedoya et al., 2025). Más de 2 000 millones de personas en el mundo viven en países con estrés hídrico, y se estima que en este año 2025, dos tercios de la población global podrían enfrentar escasez de agua. Esta situación es particularmente grave en zonas rurales, donde el acceso a sistemas de bombeo de agua convencionales es limitado debido a la falta de electricidad o los altos costos de operación (Cabrales Ávila y Mejía Otero, 2022). En este contexto, el bombeo eólico representa una solución sostenible y eficiente, aprovechando la energía renovable del viento para extraer agua de pozos o fuentes superficiales.

El bombeo eólico es una tecnología que ha ganado relevancia en las últimas décadas debido a su capacidad para operar en zonas remotas sin necesidad de conexión a la red eléctrica. A diferencia de los sistemas de bombeo tradicionales, que dependen de combustibles fósiles o electricidad generada por fuentes no renovables, el bombeo eólico utiliza la energía cinética del viento para accionar una bomba mecánica o eléctrica, lo que reduce significativamente los costos operativos y la huella de carbono (Quiñonez Choquecota et al., 2019). Esta tecnología promueve la autonomía energética de las comunidades, al permitirles generar su propia energía de manera sostenible y accesible.

Uno de los principales beneficios del bombeo eólico es su contribución al desarrollo local. En regiones donde el acceso al agua es limitado, esta tecnología puede mejorar la disponibilidad de agua para riego, consumo humano y ganadería, lo que a su vez impulsa la seguridad alimentaria y la productividad agrícola (Korkeakoski y Filgueiras Sainz de Rozas, 2022). Además, el bombeo eólico puede generar empleo

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

local en la instalación, mantenimiento y operación de los sistemas, lo que contribuye al desarrollo económico de las comunidades (Clementi, 2014).

A pesar de sus ventajas, la implementación del bombeo eólico requiere un análisis técnico y económico detallado. Factores como la velocidad del viento, la altura de bombeo y la eficiencia del sistema son críticos para determinar la viabilidad de estos proyectos (Correa Henao y Rojas Zerpa, 2017). Además, es necesario considerar aspectos sociales y culturales, como la aceptación de la tecnología por parte de las comunidades y la disponibilidad de recursos humanos capacitados para su operación (Basán Nickisch *et al.*, 2017).

Este artículo de revisión bibliográfica explora los elementos fundamentales para el diseño de sistemas de bombeo eólico, incluyendo la selección de aerobombas, los componentes del sistema, la potencia disponible en el viento y el cálculo del caudal de bombeo. Además, examina la eficiencia del sistema, sus aplicaciones prácticas y experiencias específicas en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba. El estudio analiza información valiosa para optimizar el uso de la energía eólica en el bombeo de agua, proporcionando una visión integral sobre los parámetros esenciales y las consideraciones técnicas necesarias para su implementación efectiva en contextos reales. El objetivo de este trabajo es analizar las potencialidades de la utilización del bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local.

Desarrollo

Los sistemas de bombeo con energía eólica son esenciales en las comunidades rurales debido a que proporcionan acceso sostenible al agua con fines de abasto y riego agrícola (Palacios Vélez y Escobar Villagrán, 2016). Estos sistemas reducen la dependencia de los combustibles fósiles, los costos operativos y contribuyen a la autosuficiencia energética, la conservación del medio ambiente y el mejoramiento de la calidad de vida (Oswald, 2017).

El bombeo eólico es una tecnología que utiliza la energía del viento para extraer agua de pozos, ríos o embalses, siendo especialmente útil en zonas rurales y aisladas donde el acceso a la electricidad es limitado. Esta técnica ha ganado relevancia en las últimas décadas debido a su sostenibilidad y su capacidad para promover el desarrollo

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

local. Sin embargo, su implementación requiere la medición de parámetros clave, la selección de métodos adecuados y la aplicación de ecuaciones específicas para garantizar su eficiencia y viabilidad (Brown Manrique *et al.*, 2018).

Parámetros fundamentales

La velocidad del viento es el parámetro más importante en el diseño de un sistema de bombeo eólico, ya que determina la cantidad de energía disponible para el bombeo. Se mide en metros por segundo y puede variar significativamente según la ubicación geográfica y la altura sobre el nivel del suelo. La medición se realiza mediante un anemómetro de cazoleta instalado a una altura de dos metros con datos de treinta años tomado de forma sistemática según el sistema trihorario. Es muy importante contar con suficiente información para capturar las variaciones estacionales (Burbano y Narváez, 2021).

Antes de la instalación de un sistema de bombeo eólico, es esencial realizar una evaluación detallada del recurso eólico en la ubicación seleccionada (Guacaneme *et al.*, 2014). En este incluye: el análisis de datos históricos a partir de registros de las estaciones meteorológicas cercanas para estimar la velocidad del viento promedio y la modelación computacional a partir del análisis estadístico de los vientos para predecir el potencial eólico.

La densidad del aire afecta directamente la cantidad de energía que puede ser capturada por un aerogenerador. Se mide en kilogramos por metro cúbico y depende de factores como la altitud, la temperatura y la presión atmosférica. Este parámetro es importante en el bombeo eólico, ya que influye en la cantidad de energía que el viento puede transferir al sistema. Su determinación depende de la presión atmosférica, la constante de los gases ideales y la temperatura (Castro García *et al.*, 2013). La densidad del aire se calcula como se muestra en la Figura 1 a partir de la siguiente ecuación:

Figura 1

Cálculo de la densidad del aire

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T}$$

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

Donde P es la presión atmosférica (Pa), R la constante de los gases ideales (287 J/kg·K para el aire), T la temperatura absoluta (°K).

La altura de bombeo es la distancia vertical entre la fuente de agua y el punto de descarga. Se mide en metros (m) y es un factor determinante en la cantidad de energía requerida para el bombeo. Se determina mediante técnicas topográficas considerando la diferencia entre las cotas de los niveles de agua en la fuente y el reservorio. Es necesario adicionar las pérdidas de energía por que se produce durante la circulación del agua por el interior de la tubería, la cual se determina mediante ecuaciones hidráulicas para la estimación del coeficiente de fricción (f), el cual depende esencialmente de la velocidad del flujo (v), el diámetro del conducto (D), la longitud (L) y la viscosidad dinámica (μ) entre otros (Mesa y González, 2022).

El caudal de agua es el volumen de agua que se puede bombear en un período de tiempo determinado. Se mide en litros por segundo o metros cúbicos por hora. La medición de este parámetro se realiza mediante el aforo volumétrico o la utilización de caudalímetros, que pueden ser de tipo mecánico, electromagnético o ultrasónico.

Selección de la aerobomba

La selección de la aerobomba adecuada es fundamental para garantizar la eficiencia del sistema. Los factores a considerar son los siguientes: la potencia nominal la cual debe ser compatible con la demanda de agua y la velocidad del viento disponible; la altura de la torre; pues a mayor altura, mayor velocidad del viento y tipo de bomba (Rodríguez Borges y Sarmiento Sera, 2015). En Cuba la bomba más utilizada es la volumétrica, clasificada como bomba de desplazamiento positivo.

Diseño del sistema de bombeo

El diseño del sistema de bombeo debe considerar los componentes siguientes: tuberías dimensionadas correctamente para minimizar las pérdidas por fricción; almacenamiento de agua en tanques de almacenamiento para garantizar un suministro continuo y sistema de control mediante sensores de nivel de agua y controladores de velocidad, el cual puede ser incluido para optimizar la operación.

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

La potencia disponible en el viento se calcula teniendo en cuenta el área barrida por las aspas del rotor y la velocidad del viento (Eraso Checa *et al.*, 2018). Para la determinación de este parámetro (Figura 2) se emplea la siguiente ecuación:

Figura 2*Potencia disponible en el viento*

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Donde P es la potencia disponible en el viento (W), ρ la densidad del aire (kg m^{-3}), A el área barrida por las aspas de rotor eólico (m^2) y v la velocidad del viento (m s^{-1}).

Esta potencia se utiliza para calcular el caudal de agua que puede ser bombeado en función de la altura de bombeo y la eficiencia del sistema (Burbano y Narváez, 2021). Para la determinación del caudal (Figura 3) se emplea la siguiente ecuación:

Figura 3*Caudal de agua que puede ser bombeado*

$$Q = \frac{P \cdot \eta}{\rho \cdot g \cdot H}$$

Donde P es la potencia disponible en el viento (W), η la eficiencia del sistema (adimensional), ρ la densidad del agua (1000 kg m^{-3}), g la aceleración debido a la gravedad ($9,81 \text{ m s}^{-2}$), H la altura de bombeo (m).

La energía específica requerida para bombear agua representa la energía necesaria por unidad de masa para elevar el agua a una altura determinada. Para la determinación de la energía específica (Figura 4) se emplea la siguiente ecuación:

Figura 4*Energía específica requerida para bombear agua*

$$E = \rho \cdot g \cdot H$$

La eficiencia del sistema de bombeo eólico incluye a la eficiencia de la bomba (60-80 %), la eficiencia del aerogenerador (30-50 %) y la eficiencia del sistema de

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

transmisión (90-95 %). Para la estimación de la eficiencia del sistema de bombeo eólico (Figura 5) se emplea la siguiente ecuación:

Figura 5*Eficiencia del sistema de bombeo eólico*

$$\eta = \eta_b \cdot \eta_g \cdot \eta_t$$

Donde η es la eficiencia del sistema de bombeo eólico, η_b la eficiencia de la bomba, η_g la eficiencia del aerogenerador, η_t la eficiencia del sistema de transmisión.

Aplicaciones prácticas del bombeo eólico

El bombeo eólico tiene una amplia gama de aplicaciones, incluyendo el riego agrícola para la mejora de la productividad de los cultivos y el abastecimiento de agua potable a comunidades rurales. Este tipo de bombeo ha demostrado ser altamente efectivo en el riego agrícola, especialmente en zonas rurales donde el acceso a la electricidad es limitado, permitiendo el riego de cultivos sin depender de combustibles fósiles o infraestructura eléctrica (Benítez Leyva *et al.*, 2014). El bombeo eólico puede aumentar significativamente la productividad agrícola en regiones con recursos eólicos adecuados, como el norte de África y América Latina.

En países como Argentina y México, proyectos de bombeo eólico han permitido el riego de cultivos como maíz, trigo y hortalizas, mejorando la seguridad alimentaria y reduciendo la dependencia de lluvias. Además, esta tecnología es económica y ambientalmente sostenible, ya que reduce los costos de operación y minimiza la huella de carbono (Idrobo Pacheco *et al.*, 2021). Estudios recientes indican que el bombeo eólico es más económico que los sistemas de bombeo diésel en zonas remotas.

Experiencias del bombeo eólico en la provincia de Ciego de Ávila

Investigaciones realizadas por Brown Manrique *et al.* (2016) para el diseño de un sistema de bombeo eólico con fines de suministro de agua y energía a una instalación de riego localizado en el poblado Modesto Reyes demostraron en el cultivo de hortalizas sembradas con un marco de plantación de 0,85 m² y demanda de 12,30 m³ diarios, que las necesidades hídricas de 186 mm de agua semanales, pueden satisfacerse en 1,32 horas con un caudal de 3,04 mm/h y un volumen de 8 000 L almacenados en un tanque elevado.

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

La literatura internacional actual sobre bombeo eólico destaca su potencial como solución sostenible para el acceso al agua en zonas rurales, alineándose con el objetivo de esta investigación. Estudios recientes enfatizan la importancia de evaluar parámetros técnicos como la velocidad del viento, la altura de bombeo y la eficiencia del sistema para garantizar su viabilidad. Además, se resalta su impacto en el desarrollo local para el mejoramiento de la seguridad alimentaria y la productividad agrícola; sin embargo, se señala la necesidad de considerar aspectos sociales y culturales en su aceptación y operación efectiva. Este análisis proporciona un marco integral para optimizar el diseño e implementación de sistemas de bombeo eólico que contribuyan al desarrollo sostenible.

Conclusiones

El bombeo eólico se presenta como una tecnología sostenible y eficiente, con un impacto positivo en el desarrollo local, especialmente en zonas rurales. Su implementación requiere un análisis técnico riguroso, que incluya la medición de parámetros fundamentales, la selección de métodos adecuados y la aplicación de ecuaciones específicas. En la localidad de Modesto Reyes, provincia de Ciego de Ávila, el potencial eólico disponible garantiza el bombeo de agua para el riego de cultivos hortícolas mediante la técnica de riego localizado. El adecuado diseño y operación esta tecnología puede mejorar significativamente el acceso al agua, contribuyendo al desarrollo agrícola y a la sostenibilidad ambiental en la localidad.

Referencias Bibliográficas

- Basán Nickisch, M., Lahitte, A., Sosa, D., Sánchez, L. y Tosolini, R. (2017). Aguadas para ganadería bovina en los bajos submeridionales y áreas de influencia. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 16(1), 11-38. <https://www.scielo.org.ar/pdf/fave/v16n1/v16n1a01.pdf>
- Benítez Leyva, L. V., De la Rosa Andino, A. A., Jácome Cadena, J. F., y Paredes Palomeque, C. R. (2014). Estrategia de penetración de recursos energéticos renovables en la provincia Granma, a través de Análisis de Procesos Jerárquicos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 18-24. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n1/rcta03114.pdf>

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

Brown Manrique, O., Díaz Ruiz, R., y Díaz Mizo, R. (2016). Sistema de captación de agua de lluvia para la producción hortícola en condiciones de organopónico.

Universidad & ciencia, 5(1), 12-27.

<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/226>

Brown Manrique, O., Méndez Jurjo, N., y Bernal Espinosa, M. (2018). Evaluación de un sistema de micro irrigación accionado por energía eólica. *Revista Ciencias*

Técnicas Agropecuarias, 27(1), 13-21.

<http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v27n1/rcta02118.pdf>

Burbano, V. y Narváez, R. (2021). Evaluación de la pre factibilidad para la generación de energía eléctrica mediante la sinergia entre las energías eólica y almacenamiento por bombeo de agua en la isla San Cristóbal-Galápagos.

Revista Técnica energía, 17(2), 29-43.

<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rte/v17n2/2602-8492-rte-17-02-00029.pdf>

Cabrales Ávila, F.D.C. y Mejía Otero, R. A. (2022). Sistemas fotovoltaicos. solución energética en las comunidades aisladas. *Revista de investigación interdisciplinar en biodiversidad y desarrollo sostenible, ciencia, tecnología e innovación y procesos productivos industriales*, 9(2), 1-25, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8740373>

Castro García, M., Rojas Sola, J. I., y Carranza Cañadas, M. D. P. (2013). Caracterización tecnológica de los molinos de viento mediterráneos españoles.

Dyna, 80(177), 22-30.

<http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n177/v80n177a03.pdf>

Clementi, L. (2014). De molinos y quijotes: Energía eólica y cooperativismo en el sur bonaerense. *Estudios Socioterritoriales*, 15, 77-105.

<https://www.scielo.org.ar/pdf/esso/v15/v15a04.pdf>

Correa Henao, G. J. y Rojas Zerpa, J. C. (2017). Marco de referencia para la planificación de generación distribuida en zonas no interconectadas. *Iteckne*, 14(1), 70-87. <http://www.scielo.org.co/pdf/itec/v14n1/v14n1a09.pdf>

Eraso Checa, F., Escobar Rosero, E., Paz, D. F. y Morales, C. (2018). Metodología para la determinación de características del viento y evaluación del potencial de

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

energía eólica en Túquerres-Nariño. *Revista científica*, (31), 19-31.

<http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n31/2344-8350-cient-31-00019.pdf>

Guacaneme, J. A., Velasco, D. y Trujillo, C. L. (2014). Revisión de las características de sistemas de almacenamiento de energía para aplicaciones en micro redes.

Información tecnológica, 25(2), 175-188.

<https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n2/art20.pdf>

Idrobo Pacheco, H. L., Murillo Arango, W., Lara Galvis, J. D., y Chávez Ruiz, D. F. (2021). Rendimiento de un Sistema Solar Fotovoltaico Mixto (Policristalinos y Amorfo) Usado como Suministro Energético en un Contexto de Tecnificación Cafetera. *Producción+ Limpia*, 16(2), 26-46.

<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v16n2/1909-0455-pml-16-02-26.pdf>

Korkeakoski, M. y Filgueiras Sainz de Rozas, M. L. (2022). Una mirada a la transición de la matriz energética cubana. *Ingeniería Energética*, 43(3), 40-47. <http://scielo.sld.cu/pdf/rie/v43n3/1815-5901-rie-43-03-40.pdf>

Márquez Bedoya, A., Carvajal Quintero, S. y López García, D. (2025). Energía sostenible en zonas aisladas de América Latina: revisión de la integración del enfoque WEF Nexus para impulsar el desarrollo rural. *Revista Información tecnológica*, 36(1), 1-14, <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-07642025000100001>

Mesa, Y. M., y González, E. A. (2022). Evaluación económica de un equipo de bombeo solar para abastecimiento de agua al ganado en Cuba. *Revista Ciencias Agropecuarias (RCA)*, 8(2), 4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9902112>

Oswald, Ú. (2017). Seguridad, disponibilidad y sustentabilidad energética en México. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*, 62(230), 155-195. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcps/v62n230/0185-1918-rmcps-62-230-00155.pdf>

Palacios Vélez, O. L., y Escobar-Villagrán, B. S. (2016). La sustentabilidad de la agricultura de riego ante la sobreexplotación de acuíferos. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(2), 5-16. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v7n2/2007-2422-tca-7-02-00005.pdf>

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>

Quiñonez Choquecota, J., Huanca Callata, E., y Holguino Huarza, A. (2019).

Caracterización del recurso eólico en la ciudad de Juliaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 21(1), 57-68.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n1/a05v21n1.pdf>

Rodríguez Borges, C. y Sarmiento Sera, A. (2015). Competitividad de los sistemas híbridos eólicos-fotovoltaicos para la electrificación rural. *Ingeniería Mecánica*, 18(1), 12-22. <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v18n1/im02115.pdf>

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de los contenidos y no realice modificación de la misma.

e8831

Cite este artículo como:

Álvarez Martínez, J., Faez Castillo, O., Platero Guerra, B.M., Brown Manrique, O. y Carmenates Hernández, D. (2025). El bombeo eólico y su impacto en el desarrollo local. *Universidad & ciencia*, 14(3), e8831.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8831>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1733526>