

01

BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICA CON FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN COMUNIDADES RURALES



BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICA

CON FILTRACIÓN DE CARBÓN ACTIVADO EN COMUNIDADES RURALES

HYDRAULIC RAM PUMP WITH ACTIVATED CARBON FILTRATION IN RURAL COMMUNITIES

Julexis del Carmen Torrez-Torrez¹

E-mail: torresjulexis18@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6480-7922>

Fernando José Uriarte-Bellorín¹

E-mail: feruriarte0098@icloud.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5290-7261>

Bayron Rolando Rivera-Moreno¹

E-mail: byronrivera809@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1742-9720>

Judith Bernavelia Rodríguez-López¹

E-mail: marverodriguez271123@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9225-0304>

Cliffor Jerry Herrera-Castrillo²

E-mail: cliffor.herrera@unan.edu.ni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7663-2499>

¹ Universidad Nacional Multidisciplinaria Ricardo Morales Áviles. Nicaragua.

² Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Nicaragua.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Torrez-Torrez, J.C., Uriarte-Bellorín, F. J., Rivera-Moreno, B. R., Rodríguez-López, J. B., & Herrera-Castrillo, C. J. (2026). Bomba de ariete hidráulica con filtración de carbón activado en comunidades rurales. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 9(5), 5-14.

Fecha de presentación: 17/06/2026

Fecha de aceptación: 05/08/2026

Fecha de publicación: 01/09/2026

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo diseñar una bomba de ariete hidráulica de bajo costo integrada a un sistema de filtración con carbón activado, para mejorar el acceso y la calidad del agua en la comunidad rural Palo de Agua, municipio de Ciudad Darío, Matagalpa. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con método fenomenológico, aplicando encuestas antes y después de la intervención, observación directa y talleres comunitarios. El universo estuvo conformado por 70 habitantes y la muestra fue no probabilística e intencional, integrada por 10 personas seleccionadas por su relación directa con el problema. El sistema propuesto aprovecha la energía del agua en movimiento sin requerir electricidad y utiliza materiales locales de bajo costo, facilitando su construcción, operación y mantenimiento. Los resultados evidenciaron mejoras en el conocimiento comunitario sobre métodos de purificación, uso del carbón activado y funcionamiento de la bomba, así como una mayor percepción de seguridad del agua para consumo. Se concluye que la integración de la bomba de ariete con filtración de carbón activado constituye una alternativa tecnológica sostenible, viable y pertinente para fortalecer la salud pública y el acceso a agua segura en comunidades rurales con recursos limitados.

Palabras clave:

Bomba de ariete, filtración, carbón activado, sostenibilidad y comunidades rurales.

ABSTRACT

The objective of this study was to design a low-cost hydraulic ram pump integrated into an activated carbon filtration system to improve water access and quality in the rural community of Palo de Agua, municipality of Ciudad Darío, Matagalpa. The research was conducted using a qualitative approach and a phenomenological method, applying surveys before and after the intervention, direct observation, and community workshops. The universe consisted of 70 inhabitants, and the sample was non-probabilistic and intentional, comprising 10 people selected for their direct relationship to the problem. The proposed system harnesses the energy of moving water without requiring electricity and uses low-cost local materials, facilitating its construction, operation, and maintenance. The results showed improvements in community knowledge about purification methods, the use of activated carbon, and the operation of the pump, as well as a greater perception of water safety for consumption. It is concluded that the integration of the ram pump with activated carbon filtration is a sustainable, viable, and relevant technological alternative for strengthening public health and access to safe water in rural communities with limited resources.

Keywords:

Ram pump, filtration, activated carbon, sustainability, and rural communities.

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable constituye un derecho humano esencial, crucial para mantener la salud y asegurar el bienestar de las personas. No obstante, millones de personas en áreas rurales enfrentan dificultades para acceder a fuentes de agua seguras, debido a factores como la pobreza, el aislamiento geográfico y la falta de infraestructura adecuada (Alvarenga Sandoval & Herrera Castrillo, 2025). Este es el caso de numerosas comunidades del municipio de Ciudad Darío, como Palo de Agua, donde los residentes enfrentan problemas cotidianos para acceder a agua potable.

Mediante la evaluación de un sistema de filtración que utiliza carbón activado extraído del epicarpio de la crecenta sujete, se busca mejorar la calidad del agua subterránea, específicamente en sus características físico-químicas y microbiológicas, reduciendo la presencia de contaminantes orgánicos, olores, sabores y microorganismos patógenos, con el fin de garantizar un recurso hídrico más seguro para el consumo humano y contribuir a la prevención de enfermedades de origen hídrico en comunidades rurales (Bartra-García & Ordoñez Sánchez, 2025).

En las regiones rurales, especialmente en las zonas montañosas, las personas enfrentan diversos inconvenientes relacionados con el empleo de energía convencional. La energía no convencional representa una respuesta adecuada a dichos desafíos. La bomba hidráulica de ariete es un tipo de equipo energético que no es común. La bomba hidráulica de ariete es un aparato que convierte la energía potencial en energía cinética, lo que le permite bombear agua desde un nivel inferior a uno superior (Cordero-Moreno et al., 2026; Usquiza Cruz et al., 2022).

En comunidades rurales como Palo de Agua, en el municipio de Ciudad Darío, el acceso al agua potable continúa siendo una problemática estructural, ya que la población depende principalmente de pozos artesanales que no cuentan con procesos adecuados de tratamiento. Esta situación favorece el consumo de agua contaminada con agentes biológicos, lo que incrementa la incidencia de enfermedades gastrointestinales, especialmente en la población infantil, y genera una condición de vulnerabilidad sanitaria que impacta negativamente en la calidad de vida y en el bienestar social de las familias (Ramos Mancheno, 2024).

A pesar de la existencia de iniciativas comunitarias orientadas a mejorar el acceso al agua, persisten vacíos relacionados con la disponibilidad de tecnologías accesibles, sostenibles y de bajo costo para la potabilización del recurso hídrico. La limitada capacidad económica de las comunidades impide la implementación de sistemas comerciales, lo que evidencia la necesidad de soluciones alternativas que integren criterios técnicos, económicos y sociales, capaces de garantizar agua segura y de

fortalecer la prevención de enfermedades asociadas al consumo de agua contaminada.

Según la Organización Panamericana de la Salud (2021), el suministro de agua potable segura continúa siendo uno de los principales desafíos en las comunidades rurales de Nicaragua, donde la limitada infraestructura de saneamiento incrementa la prevalencia de enfermedades de origen hídrico y afecta directamente la calidad de vida, la salud pública y las condiciones socioeconómicas de la población. La carencia de sistemas adecuados de potabilización expone de manera constante a las familias, especialmente a niños y adultos mayores, a riesgos sanitarios que repercuten en mayores gastos médicos, disminución de la productividad y deterioro del bienestar social.

Frente a esta problemática, la implementación de tecnologías apropiadas, económicas y sostenibles se constituye como una estrategia fundamental para optimizar la calidad del agua sin depender de sistemas eléctricos ni de infraestructura compleja. En este contexto, la bomba de ariete hidráulica destaca por su capacidad de operar exclusivamente con energía hidráulica, sin requerir combustible ni electricidad, lo que la convierte en una alternativa viable para el transporte de agua en zonas rurales. Al integrar un sistema de filtración con carbón activado, material ampliamente reconocido por su efectividad en la remoción de contaminantes químicos, compuestos orgánicos, pesticidas y sustancias que alteran el sabor y olor del agua, se fortalece la capacidad comunitaria para disponer de un recurso hídrico más seguro y apto para el consumo humano.

Desde una perspectiva de desarrollo nacional, esta propuesta se articula directamente con los lineamientos del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y Desarrollo Humano, al contribuir al eje estratégico de acceso a servicios básicos, particularmente agua potable y saneamiento (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua, 2021). El diseño e implementación de tecnologías de bajo costo y apropiadas para comunidades rurales promueve la equidad social, la reducción de brechas territoriales y el fortalecimiento del desarrollo humano sostenible, al mejorar las condiciones de salud, disminuir la pobreza estructural y potenciar las capacidades comunitarias para la autogestión de sus recursos.

Diversos estudios a nivel internacional han demostrado la efectividad de los sistemas de bombeo hidráulico integrados a filtros de carbón activado como soluciones sostenibles para mejorar la calidad del agua en comunidades rurales (Granda Parrales & Chica Robalino, 2023; Verde Basilio, 2025). Entre las experiencias más relevantes se encuentra el proyecto *LifeStraw Family*, desarrollado por Vestergaard Frandsen, el cual incorpora un sistema de bombeo manual combinado con filtros de carbón activado y membranas de ultrafiltración, logrando la eliminación de microorganismos, contaminantes orgánicos y olores,

así como una mejora significativa en las propiedades sensoriales y microbiológicas del agua potable (Frandsen, 2005). De igual forma, programas implementados en África y Asia evidenciaron que el uso de bombas hidráulicas manuales con filtros de arena y carbón activado contribuye a reducir la carga de contaminantes y fortalece la aceptación del agua tratada en contextos de alta vulnerabilidad sanitaria (Ortega Pozo, 2024; Peñaloza Espejo, 2025).

En Nicaragua, diferentes investigaciones han evidenciado que el agua destinada al consumo humano en zonas rurales presenta limitaciones en su calidad debido a procesos de contaminación natural y antrópica. Estudios realizados en Chinandega mediante el análisis de parámetros físico-químicos en pozos perforados revelaron que, aunque el agua cumple con ciertos estándares básicos, persisten problemas de dureza y salinidad que requieren tratamientos complementarios (Aguirre, 2022). Asimismo, en zonas como Momotombo se han reportado dificultades asociadas a la sobreexplotación de pozos, disminución del caudal y problemas técnicos en los sistemas de bombeo, lo que pone en evidencia la necesidad de implementar tecnologías alternativas, eficientes y de bajo costo para el abastecimiento de agua en comunidades rurales (Aguilar Romero et al., 2010).

A nivel local, en el municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, se han desarrollado estudios orientados al diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable que identifican brechas significativas en el acceso al agua segura, limitaciones en la infraestructura y condiciones socioeconómicas que dificultan la implementación de soluciones convencionales. Investigaciones realizadas en comunidades como Las Montañitas evidenciaron deficiencias estructurales en el suministro de agua y sus efectos negativos sobre la salud y la calidad de vida, proponiendo alternativas sostenibles como el bombeo solar frente a la ausencia de una red formal (Castillo Meza, 2022; Centeno Rodríguez, 2019). Estos antecedentes refuerzan la pertinencia de diseñar e implementar tecnologías apropiadas, como la bomba de ariete hidráulica integrada a sistemas de filtración con carbón activado, adaptadas a las condiciones reales y necesidades de las comunidades rurales de Ciudad Darío en Matagalpa, Nicaragua.

En este sentido, la investigación se enfoca en el diseño de una solución técnica que no solo responda a la necesidad de acceso al agua, sino que también sea coherente con las capacidades reales de las comunidades rurales (Torremocha, 2018). La bomba de ariete hidráulica integrada a un sistema de filtración con carbón activado se plantea como una alternativa viable, al combinar simplicidad estructural, bajo costo y funcionamiento autónomo, permitiendo mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico sin generar dependencia de fuentes externas de energía o de infraestructuras complejas.

De igual manera, la incorporación del carbón activado como componente central del sistema de filtración permite fortalecer los procesos de purificación del agua, al favorecer la remoción de impurezas, compuestos orgánicos y sustancias responsables de alteraciones en el olor y sabor (Piñancela-Márquez et al., 2024). Este mecanismo contribuye de forma directa a elevar la calidad del agua destinada al consumo humano, reduciendo la exposición de la población a factores de riesgo sanitario y promoviendo condiciones más seguras para la salud colectiva.

Este estudio asume un enfoque orientado a la participación activa de la comunidad, reconociendo que la sostenibilidad de cualquier intervención tecnológica depende en gran medida del nivel de apropiación social y del fortalecimiento de capacidades locales. La formación de los habitantes en el uso y mantenimiento del sistema se concibe como un eje transversal del proyecto, ya que favorece procesos de aprendizaje, autonomía y corresponsabilidad, elementos esenciales para garantizar la permanencia y efectividad de la propuesta en el tiempo.

Por todo lo anterior el objetivo de este artículo es diseñar una bomba de ariete hidráulica de bajo costo integrada a un sistema de filtración de agua con carbón activado, el objetivo de optimizar la calidad del agua y facilitar el acceso a agua segura en comunidades rurales del municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se enmarca dentro de un paradigma interpretativo, especialmente desde un enfoque cualitativo, el cual se orienta a comprender los fenómenos sociales desde la perspectiva de las personas involucradas. Este párrafo no busca la generación de resultados, sino la interpretación profunda de las experiencias, percepciones y significados de las personas que atribuyen a una realidad particular (Medina Romero et al., 2023). Se llevó a cabo en la comunidad Palo de Agua en Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, se encuentra a 18 km de Ciudad Darío.

La presente investigación es de enfoque cualitativo, ya que busca comprender y describir de manera profunda las experiencias, percepciones y opiniones de los participantes respecto al diseño de la bomba de ariete hidráulica.

La modalidad cualitativa se constituye como una estrategia y enfoque particular de producción de conocimiento en el campo de la educación (Caballero Merlo, 2025). Aquí se presentan de manera articulada aspectos que hacen a la fundamentación de la misma, según supuestos epistemológicos-teóricos paradigmáticos que se asocian a la naturaleza del problema y el objeto de estudio vinculantes a nuestra labor en el campo educativo (Hernández et al., 2014).

La Tabla 1 presenta la relación entre los métodos, técnicas e instrumentos empleados en la investigación. Se observa que el estudio adopta un método fenomenológico como enfoque central, complementado con diversas técnicas de recolección de información, como la observación directa, las encuestas, los talleres comunitarios, el registro de campo y el análisis de la calidad del agua. Cada técnica se apoya en un instrumento específico que permite recopilar información sobre el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulica, la efectividad del sistema de filtración, el nivel de conocimiento de la comunidad y los cambios en la calidad del agua, proporcionando una evaluación integral de la intervención desarrollada.

Tabla 1. Métodos, técnicas e instrumentos de la investigación.

Método	Técnica	Instrumento	Propósito
Fenomenológico	Observación directa	Guía de observación	Registrar el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulica y el uso del sistema de filtración en condiciones reales.
Fenomenológico	Encuesta antes y después	Cuestionario estructurado	Identificar el nivel de conocimiento de la población sobre purificación del agua, uso de la bomba y percepción de calidad del agua.
Fenomenológico	Taller comunitario	Guía de capacitación	Capacitar a la población en la instalación, uso y mantenimiento del sistema de bombeo y filtración.
Fenomenológico	Registro de campo	Diario de campo	Documentar experiencias, percepciones y cambios observados durante la intervención.
Fenomenológico	Análisis de calidad del agua	Ficha de análisis físico-químico y microbiológico	Evaluar los cambios en la calidad del agua antes y después del proceso de filtración con carbón activado.

La población de estudio estuvo conformada por los habitantes de la comunidad rural Palo de Agua, ubicada en el municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, la cual está integrada por un total de 70 personas. Esta población se caracteriza por depender principalmente de fuentes de agua subterránea para el consumo doméstico, sin contar con sistemas formales de potabilización.

La muestra fue de tipo no probabilística e intencional, seleccionada en función de criterios de pertinencia y disponibilidad, considerando a aquellas personas con mayor relación directa con el problema de acceso al agua y disposición para participar en la investigación (Dávila González & Herrera Castrillo, 2026; Quispe Romero, 2020). La muestra estuvo conformada por 10 habitantes

de la comunidad, quienes participaron activamente en la aplicación de encuestas, talleres de capacitación y procesos de observación, aportando información relevante para el análisis del funcionamiento del sistema y su impacto en el acceso al agua segura.

Variables o Componentes

» Diseño del sistema hidráulico

Incluye la planificación, modelado y construcción de la bomba de ariete hidráulica, considerando caudal, altura de elevación, presión generada y materiales de bajo costo.

» Sistema de filtración de agua con carbón activado

Comprende la selección, preparación y montaje de filtros, asegurando la reducción de turbidez, olores, sabores y contaminantes orgánicos presentes en el agua.

» Eficacia del sistema integrado (bomba + filtro)

Medida mediante indicadores como caudal obtenido, calidad del agua filtrada, continuidad del funcionamiento sin electricidad y costo operativo del sistema.

» Capacitación comunitaria para su uso y mantenimiento

Incluye talleres prácticos, educación sobre el uso seguro del sistema, mantenimiento preventivo y adopción de hábitos de consumo saludable (Figura 1).



Figura 1. Etapas de la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se orienta a analizar e interpretar los principales hallazgos obtenidos a partir de la implementación de la bomba de ariete hidráulica integrada a un sistema de filtración con carbón activado en la comunidad de Palo de Agua, municipio de Ciudad Darío. En este apartado se contrastan los resultados empíricos con los objetivos planteados y los referentes teóricos revisados, valorando el impacto del sistema en el acceso al agua segura, el nivel de apropiación comunitaria de la tecnología y los cambios observados en los conocimientos y prácticas relacionadas con la purificación del agua. De esta manera, se busca identificar el alcance, las fortalezas y las limitaciones de la intervención, así como su pertinencia como alternativa sostenible para comunidades rurales con recursos limitados.

A partir de la aplicación de los instrumentos técnicos, se evidenció la eficacia de la bomba de ariete hidráulica integrada al sistema de filtración con carbón activado, demostrando su funcionamiento adecuado para el transporte de agua en comunidades rurales como Palo de Agua. Los resultados obtenidos reflejan que el sistema permitió un aprovechamiento eficiente del recurso hídrico sin requerir energía externa, lo que confirma su viabilidad como alternativa tecnológica de bajo costo para contextos con limitaciones de infraestructura.

Asimismo, los instrumentos de recolección documental y de campo permitieron constatar la efectividad del proceso de filtración, observándose una mejora en la calidad del agua mediante la reducción de impurezas, olores y contaminantes. El uso del carbón activado resultó clave en este proceso, ya que su estructura porosa favoreció la retención de sustancias indeseables, fortaleciendo el nivel de seguridad del agua destinada al consumo humano.

Por otra parte, los resultados de las encuestas aplicadas antes y después de la capacitación evidenciaron un incremento significativo en los conocimientos de los habitantes sobre el uso, mantenimiento y beneficios del sistema implementado. Este cambio refleja la importancia de la educación comunitaria como estrategia para promover la apropiación social de la tecnología y la adopción de prácticas saludables relacionadas con la purificación y consumo seguro del agua.

Las encuestas se aplicaron a 10 personas de la comunidad que se encontraban en el punto de reunión, con el objetivo de identificar los conocimientos previos y posteriores a la capacitación sobre el uso de la bomba de ariete hidráulica y los métodos de purificación del agua (Figura 2).

Figura 2. Conocimiento sobre métodos de purificación del agua antes y después de la capacitación.

Antes de iniciar la capacitación, los resultados evidenciaron que el 70% de los participantes no poseía conocimientos sobre métodos de purificación del agua, lo que refleja una limitada alfabetización hídrica en la comunidad y coincide con lo reportado por estudios que señalan que en contextos rurales persiste un bajo nivel de información sobre prácticas seguras de tratamiento del agua (Organización Panamericana de la Salud, 2021; Ramos Mancheno, 2024). Esta situación reafirma que la falta de conocimiento constituye un factor determinante en la exposición a riesgos sanitarios, especialmente en poblaciones que dependen de fuentes subterráneas sin procesos formales de potabilización.

Después de la capacitación, el 100% de los encuestados manifestó comprender los distintos métodos de purificación y la efectividad de cada uno, lo que evidencia un cambio significativo en el nivel de conocimiento comunitario. Este resultado es consistente con lo planteado por Piñancela-Márquez et al. (2024), quienes destacan que los procesos formativos en tecnologías de tratamiento de agua generan mejoras sustanciales en la comprensión de los mecanismos de filtración y en la adopción de prácticas saludables. De igual manera, coincide con lo señalado por Torremocha (2018) quien sostiene que la capacitación favorece la apropiación social de tecnologías simples y fortalece la sostenibilidad de los sistemas de purificación.

En este sentido, los hallazgos confirman que la educación comunitaria no solo mejora el nivel de conocimiento, sino que actúa como un eje transversal para la efectividad de las intervenciones tecnológicas. Tal como se evidencia en investigaciones previas, los procesos participativos y formativos permiten transformar percepciones, promover el uso adecuado de los sistemas implementados y consolidar prácticas de consumo seguro del agua, contribuyendo directamente a la prevención de enfermedades de origen hídrico y al fortalecimiento del desarrollo humano en comunidades rurales (Castillo Meza, 2022; Verde Basilio, 2025).

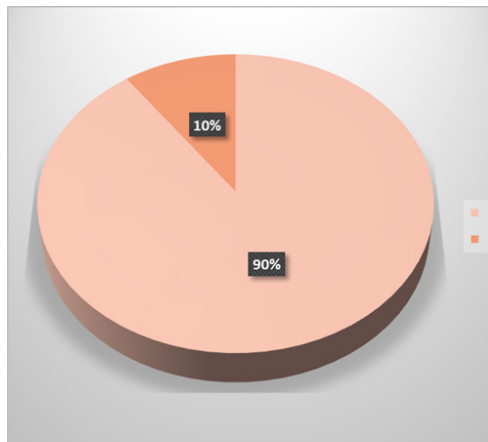


Figura 3. Percepción de seguridad del agua para consumo antes y después de la capacitación.

Antes de la capacitación, el 90% de los encuestados (Figura 3) manifestó que el agua que consumía no era segura para la salud, debido principalmente a las condiciones del lugar de captación y a la ausencia de procesos de tratamiento, mientras que solo el 10% consideró que el agua era segura, argumentando no haber presentado problemas de salud asociados a su consumo. Estos resultados reflejan una percepción negativa generalizada sobre la calidad del agua, lo cual coincide con lo señalado por la Organización Panamericana de la Salud (2021); y Ramos Mancheno (2024), quienes indican que en comunidades rurales el consumo de agua sin tratamiento genera desconfianza y una alta percepción de riesgo sanitario.

Después de la capacitación, el 100% de las personas encuestadas afirmó que el agua era más segura para el consumo, estimando en un 80% su nivel de seguridad, lo que evidencia un cambio significativo en la percepción comunitaria. Este resultado es coherente con lo reportado por Castillo Meza (2022); y Verde Basilio (2025), quienes sostienen que la implementación de tecnologías de purificación acompañadas de procesos formativos mejora la confianza de la población en la calidad del agua tratada y fortalece la aceptación social de los sistemas implementados.

En este sentido, los hallazgos confirman que la percepción de seguridad del agua no depende únicamente de la calidad técnica del sistema, sino también del nivel de información, comprensión y participación de la comunidad en el proceso. Tal como lo señalan Piñancela-Márquez et al. (2024); y Torremocha (2018) la capacitación permite reducir la incertidumbre, fortalecer la confianza en las tecnologías de filtración y promover prácticas sostenibles de consumo, aspectos clave para garantizar el impacto real de las intervenciones en la salud pública rural.

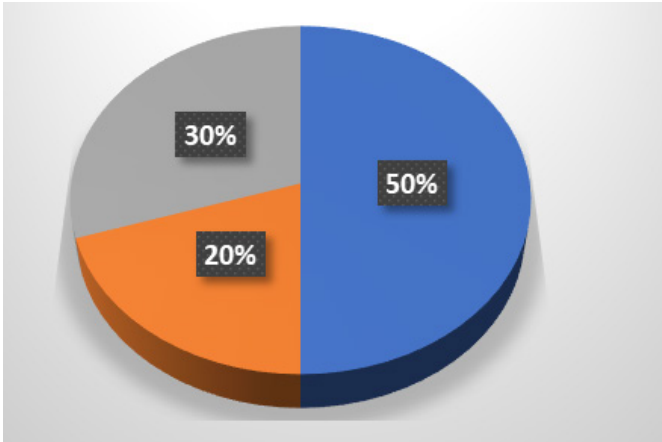


Figura 4. Conocimiento sobre el carbón activado como método de purificación antes y después de la capacitación.

Antes de la capacitación, el 50% de las personas encuestadas (Figura 4) manifestó haber escuchado sobre el carbón activado como método de purificación del

agua, mientras que el 30% indicó no conocer este tipo de tecnología y el 20% no respondió a la pregunta. Estos resultados evidencian un nivel de conocimiento parcial y limitado sobre el uso de materiales filtrantes, lo cual coincide con lo señalado por Piñancela-Márquez et al. (2024), quienes afirman que en comunidades rurales persiste un bajo nivel de información técnica sobre los mecanismos de tratamiento de agua disponibles y sus beneficios.

Después de la capacitación, el 100% de los encuestados expresó conocer el carbón activado, su función y su eficacia como método de purificación, lo que refleja un incremento significativo en el nivel de comprensión sobre esta tecnología. En este sentido, los resultados confirman que la capacitación comunitaria constituye un componente clave para fortalecer el conocimiento sobre tecnologías de purificación del agua, especialmente aquellas basadas en materiales de bajo costo y fácil acceso. Tal como señalan Castillo Meza (2022); y Verde Basilio (2025), la educación técnica no solo incrementa el nivel de información, sino que también promueve la aceptación social de los sistemas implementados, facilitando su uso adecuado y su sostenibilidad a largo plazo en comunidades rurales.

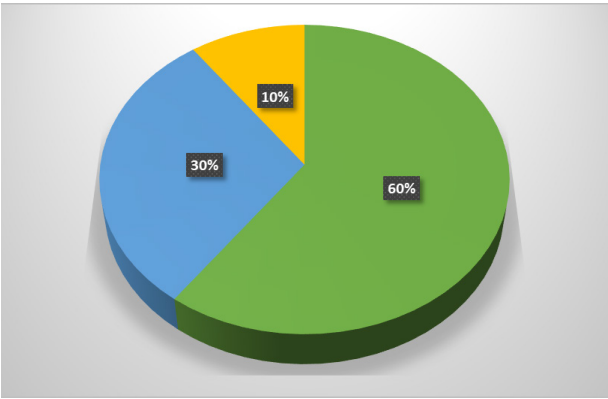


Figura 5. Percepción sobre la utilidad de la bomba de ariete hidráulica para mejorar el acceso al agua antes y después de la capacitación.

Previo a la capacitación, una parte significativa de los encuestados (60%) manifestó (Figura 5) que la bomba de ariete hidráulica podía facilitar el acceso al agua, principalmente por representar una alternativa más práctica frente al uso de cubetas; no obstante, el 30% expresó dudas sobre su utilidad y el 10% no emitió respuesta. Esta distribución evidencia una percepción inicial heterogénea, marcada por el desconocimiento técnico del sistema y la limitada experiencia previa con este tipo de tecnología.

Posteriormente, tras el proceso formativo, el 90% de los participantes reconoció que la bomba de ariete mejora el acceso al agua de manera más rápida y eficiente, mientras que el 10% no respondió. Este cambio refleja una mayor comprensión y aceptación de la tecnología, lo que pone de manifiesto el papel de la capacitación como elemento clave para fortalecer la confianza comunitaria y

favorecer la adopción de soluciones técnicas orientadas a mejorar las condiciones de vida en comunidades rurales (Tabla 2).

Tabla 2. Hallazgos antes y después.

Hallazgos Antes	Hallazgos Después
Dificultad para mover el agua de un lugar a otro	Mayores posibilidades de mover el agua
El difícil acceso seguro de las calles	El agua va a poder llegar hasta sus casas.
La cantidad de habitantes que se abastecen con el mismo lugar.	Hay más abastecimiento de agua a los habitantes por el diseño de la bomba.
Problemas de la economía	Va a aumentar la economía por las menos personas con enfermedades diarreicas
Gran cantidad de niños con secuelas de enfermedades infecciosas.	A través de la purificación del agua con carbón activado va a disminuir las enfermedades infecciosas.
La mala higiene por no tener agua	Mejor higiene en los habitantes.

Evaluación del proyecto

La ejecución del presente proyecto permitió alcanzar de manera satisfactoria los objetivos planteados, demostrando la importancia de la bomba de ariete hidráulica en comunidades rurales.

La investigación resultó altamente pertinente, dado el papel fundamental que desempeñan las tecnologías destinadas al abastecimiento y la purificación del agua en la mejora de las condiciones de la salud en una comunidad.

La correcta implementación de una bomba de ariete hidráulica con un sistema de filtración mediante carbón activado tiene un impacto directo en la calidad del agua disponible para el consumo, lo que, a su vez, incide en la calidad del servicio de salud (Figura 6, Tabla 3).

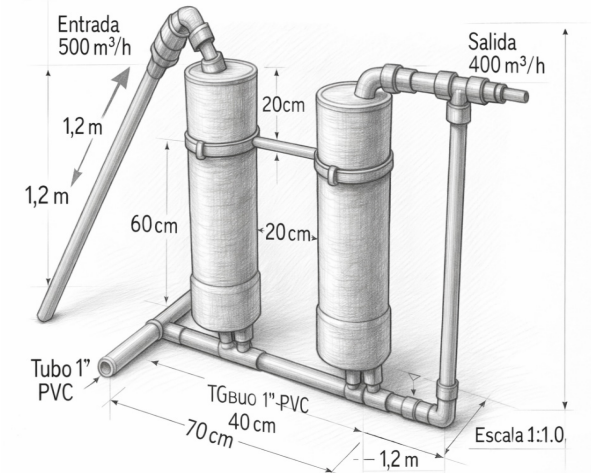


Figura 6. Esquema del sistema de filtración con carbón activado integrado a bomba de ariete hidráulica.

Tabla 3. Descripción de la construcción del sistema de bomba de ariete hidráulica con filtración.

Componente	Material	Dimensiones aproximadas	Función en el sistema
Tubería de entrada	PVC 1"	1.2 m de longitud	Conduce el agua desde la fuente hacia el sistema de filtración.
Primer filtro vertical	PVC 4"	60 cm de altura	Contiene el carbón activado para la primera etapa de purificación.
Conector horizontal	PVC 1"	20 cm de longitud	Permite el paso del agua del primer al segundo filtro.
Segundo filtro vertical	PVC 4"	60 cm de altura	Refuerza el proceso de adsorción de contaminantes.
Tubería de salida	PVC 1"	1.2 m de longitud	Conduce el agua filtrada hacia el punto de almacenamiento o consumo.
Válvulas y codos	PVC 1"	Según diseño	Regulan la dirección y presión del flujo de agua.
Base estructural	PVC 1"	70 cm de longitud	Soporta y estabiliza el sistema completo.

CONCLUSIONES

La implementación de la bomba de ariete hidráulica integrada a un sistema de filtración con carbón activado demostró ser una alternativa tecnológica viable, sostenible y de bajo costo para mejorar el acceso al agua en la comunidad rural Palo de Agua, sin requerir energía eléctrica ni infraestructura compleja.

El sistema de filtración con carbón activado permitió mejorar la calidad del agua destinada al consumo humano, evidenciándose una reducción de impurezas, olores y contaminantes, lo que contribuye a fortalecer la seguridad sanitaria y a la prevención de enfermedades de origen hídrico.

La capacitación comunitaria fue un componente fundamental del proyecto, ya que permitió incrementar el nivel de conocimiento de los habitantes, mejorar la percepción de seguridad del agua y promover la apropiación social de la tecnología, favoreciendo su uso adecuado, mantenimiento y sostenibilidad a largo plazo.

REFERENCIAS

Aguilar Romero, R. A., Obando González, F. J., & Brenes Ruíz, R. E. (2010). *Mejoramiento y ampliación del sistema de abastecimiento de agua potable en la comarca Momotombo-La Paz Centro, departamento de León en el período 2009-2029* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].

- Aguirre, C. (2022). Calidad del agua en fuentes usadas para consumo humano en 14 comunidades de El Viejo, Chinandega, Nicaragua, 2020. *La Calera*, 22(39), 70–77. <https://doi.org/10.5377/calera.v22i39.14920>
- Alvarenga Sandoval, D. M., & Herrera Castrillo, C. J. (2025). Calidad de agua marina para la sostenibilidad de golfos de zonas tropicales: Una revisión bibliográfica. *Agua y Conocimiento*, 6(1), 3–23. <https://revistas.unan.edu.ni/index.php/RevAgua/article/view/5085/7724>
- Bartra-García, W. E., & Ordoñez Sánchez, L. A. (2025). Mejoramiento del agua subterránea mediante filtrado con carbón activado de *Crescentia cujete* en el sector Cumbacillo. *Revista Biodiversidad Amazónica*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.55873/rba.v4i1.387>
- Caballero Merlo, J. N. (2025). Metodología de la investigación desde un enfoque cualitativo, resultados y experiencias. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(2), 16–26. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v9.n2.2025.16-26>
- Castillo Meza, O. A. (2022). *Propuesta de un sistema para el suministro de agua potable mediante la energía solar en la comarca La Montañita, Ciudad Darío, Matagalpa, en el año 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- Centeno Rodríguez, C. B. (2019). *Diseño del sistema de saneamiento en la comunidad El Horno, municipio de San Ramón* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua].
- Cordero-Moreno, A., Alarcón-Martínez, A., & Herrera-Castrillo, C. (2026). Propuesta innovadora de generación de energía mediante baldosas de presión para espacios educativos. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 13(25), 9–19. <https://doi.org/10.29057/estr.v13i25.15470>
- Dávila González, J. M., & Herrera Castrillo, C. J. (2026). Nivel de conocimiento sobre la metodología de investigación cuantitativa con estudiantes universitarios. *DISCE. Revista Científica Educativa y Social*, 3(1), 29–59. <https://doi.org/10.69821/DISCE.v3i1.50>
- Frandsen, V. (2005). *LifeStraw Family 1.0: Dispositivo de purificación de agua*. Vestergaard Frandsen.
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional de Nicaragua. (2021). *Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026*. [https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026\(19Jul21\).pdf](https://www.pndh.gob.ni/documentos/pnlc-dh/PNCL-DH_2022-2026(19Jul21).pdf)
- Granda Parrales, B. A., & Chica Robalino, H. V. (2023). *Diseño y construcción de un sistema para el tratamiento de aguas servidas para uso agrícola mediante carbón activado y nanopartículas de cobre* [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Medina Romero, M., Rojas León, R., Bustamante Hoces, W., Loaiza Carrasco, R., Martel Carranza, C., & Castillo Acobo, R. (2023). *Metodología de la investigación*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
- Organización Panamericana de la Salud. (2021). *Agua y saneamiento: Información esencial para la salud pública*. OPS. <https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento-e-higiene-wash>
- Ortega Pozo, J. L. (2024). *Factores técnicos y ambientales en la implantación de tecnología de depuración en el norte de África* [Tesis doctoral, Universidad de Granada].
- Peñaloza Espejo, J. C. (2025). *Desarrollo de un sistema de captación y distribución de agua lluvia potabilizada de bajo costo para vivienda unifamiliar en Chocó, Colombia, gestionado bajo los dominios de desempeño del Estándar para la Dirección de Proyectos del PMI* [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
- Piñancela-Márquez, K. Y., Armijos-Aguilar, D. A., Celi-Córdova, J. E., Chamba-Macas, L. K., & León-Cueva, W. P. (2024). Tipos de filtros que se utilizan para el tratamiento de aguas residuales. *Multidisciplinary Latin American Journal*, 2(3), 195–207. <https://doi.org/10.62131/MLAJ-V2-N3-012>
- Quispe Romero, A. (2020). *Población y muestra en investigación: Conceptos, tipos y aplicaciones*. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/20-poblacion-y-muestra/239733831>
- Ramos Mancheno, A. D. (2024). Efectos del consumo de agua contaminada en la calidad de vida de las personas. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 614–632. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6396>
- Torremocha López, C. (2018). *Diseño y puesta en marcha de una planta piloto de filtración, para el estudio de la capacidad de adsorción de sustancias sápidas presentes en el agua destinada a consumo humano, en diferentes tipos de carbón activo granular, basado en la metodología Rapid Small-Scale Column Test (ASTM D6586)* [Trabajo de fin de grado, Universitat Politècnica de València].
- Usquiza Cruz, B., Meregildo, S. R., & Olivares Muñoz, S. V. (2022). Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(2), 37–41. <https://doi.org/10.25127/ucni.v5i1.887>

Verde Basilio, C. N. (2025). *Eficacia de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia mediante la filtración de carbono activado para mejorar la calidad del agua pluvial en el caserío Venerillo, Pueblo Nuevo, 2024* [Tesis de maestría, Universidad de Huánuco].

Declaración de conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores:

Julexis del Carmen Torrez-Torrez: Conceptualización, investigación, metodología, trabajo de campo, redacción del borrador original y validación.

Fernando José Uriarte-Bellorín: Curación de datos, análisis formal, diseño metodológico, supervisión y revisión del manuscrito.

Bayron Rolando Rivera-Moreno: Recolección de información, apoyo técnico en el diseño del sistema hidráulico, visualización y revisión del manuscrito.

Judith Bernavelia Rodríguez-López: Aplicación de instrumentos, sistematización de resultados, capacitación comunitaria y edición del manuscrito.

Cliffor Jerry Herrera-Castrillo: Supervisión académica, análisis formal, validación metodológica, revisión crítica, edición científica y aprobación final del manuscrito.

Declaración ética:

El estudio se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica. La participación de los sujetos fue voluntaria y se obtuvo el consentimiento informado de los participantes. Se garantizó la confidencialidad, el anonimato y el respeto a los derechos de poblaciones consideradas vulnerables.