



REVISTA MULTIDISCIPLINAR EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

Volumen 2, Número 2
Abril - Junio 2025

Edición Trimestral

CROSSREF PREFIX DOI: 10.71112

ISSN: 3061-7812, www.omniscens.com

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 2, Número 2
abril- junio 2025

Publicación trimestral
Hecho en México

La Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias acepta publicaciones de cualquier área del conocimiento, promoviendo una plataforma inclusiva para la discusión y análisis de los fundamentos epistemológicos en diversas disciplinas. La revista invita a investigadores y profesionales de campos como las ciencias naturales, sociales, humanísticas, tecnológicas y de la salud, entre otros, a contribuir con artículos originales, revisiones, estudios de caso y ensayos teóricos. Con su enfoque multidisciplinario, busca fomentar el diálogo y la reflexión sobre las metodologías, teorías y prácticas que sustentan el avance del conocimiento científico en todas las áreas.

Contacto principal: admin@omniscens.com

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación

Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido de la publicación sin previa autorización de la Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.



9773061781003

Cintillo legal

Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias Vol. 2, Núm. 2, abril-junio 2025, es una publicación trimestral editada por el Dr. Moises Ake Uc, C. 51 #221 x 16B , Las Brisas, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97144 , Tel. 9993556027, Web: <https://www.omniscens.com>, admin@omniscens.com, Editor responsable: Dr. Moises Ake Uc. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-121717181700-102, ISSN: 3061-7812, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Dr. Moises Ake Uc, fecha de última modificación, 1 abril 2025.



Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias

Volumen 2, Número 2, 2025, abril-junio

DOI: <https://doi.org/10.71112/z2de9631>

**BIODIGESTORES COMO RECURSO DIDÁCTICO PARA FOMENTAR EL
APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA
UNIDAD EDUCATIVA SAN CARLOS, ECUADOR**

**BIODIGESTERS AS A TEACHING RESOURCE TO PROMOTE LEARNING ABOUT
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF ORGANIC WASTE AT THE SAN CARLOS
EDUCATIONAL UNIT, ECUADOR**

Roberto Johan Barragan Monrroy

Katherine Domenica Malave Quila

Carla Maria Sabando Cedeño

Jesus Alicia Monrroy Arellano

Doris Ivonne Vergara Monrroy

Ecuador

Biodigestores como recurso didáctico para fomentar el aprendizaje de la gestión ambiental de residuos orgánicos en la Unidad Educativa San Carlos, Ecuador
Biodigesters as a teaching resource to promote learning about environmental management of organic waste at the San Carlos Educational Unit, Ecuador

Roberto Johan Barragan Monrroy¹

roberto.barragan2014@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4682-5529>

Universidad Técnica Estatal de
Quevedo
Ecuador

Carla Maria Sabando Cedeño³

csabandoc2@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-0925-0159>

Universidad Internacional de la Rioja
Ecuador

Doris Ivonne Vergara Monrroy⁵

dorisy99@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-7586-4291>

Universidad Estatal de Milagro
Ecuador

Katherine Domenica Malave Quila²

kmalaveq@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-4522-6809>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador

Jesus Alicia Monrroy Arellano⁴

aliciamonrroy61@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0000-9561-4176>

Escuela de Educación Básica 18 de Octubre
Ecuador

RESUMEN

La presente investigación evaluó el uso de biodigestores como recurso didáctico para fortalecer el aprendizaje de la gestión ambiental de residuos orgánicos en la Unidad Educativa San Carlos, Ecuador. Se diseñó e implementó un taller educativo basado en un enfoque experimental pretest-posttest, dirigido a estudiantes de bachillerato. La metodología incluyó encuestas, actividades prácticas y la construcción de un biodigestor a escala. El análisis estadístico empleó pruebas de fiabilidad, correlación de Spearman, clústeres y prueba de Wilcoxon. Los resultados evidenciaron un incremento significativo en el conocimiento de los estudiantes sobre biodigestión anaeróbica, producción de biogás y sostenibilidad ambiental. La experiencia permitió integrar teoría y práctica, fomentando competencias ambientales y científicas mediante metodologías activas. Se concluye que el uso de biodigestores en contextos educativos rurales es una estrategia efectiva para promover conciencia ecológica y habilidades técnicas vinculadas al manejo sostenible de residuos.

Palabras clave: residuos; biodigestión anaerobia; biodigestores; didáctica; educación

ABSTRACT

This research evaluated the use of biodigesters as a didactic resource to strengthen the learning of environmental management of organic waste in the San Carlos Educational Unit, Ecuador. An educational workshop based on a pretest-posttest experimental approach was designed and implemented for high school students. The methodology included surveys, practical activities and the construction of a scale biodigester. Statistical analysis employed reliability tests, Spearman's correlation, cluster and Wilcoxon tests. The results showed a significant increase in the students' knowledge of anaerobic biodigestion, biogas production and environmental sustainability. The experience allowed the integration of theory and practice, promoting environmental and scientific competencies through active methodologies. It is

concluded that the use of biodigesters in rural educational contexts is an effective strategy to promote ecological awareness and technical skills related to sustainable waste management.

Keywords: waste; anaerobic biodigestion; anaerobic biodigestion; biodigesters; didactics; education

Recibido: 24 de mayo 2025 | Aceptado: 13 de junio 2025

INTRODUCCIÓN

La problemática del manejo inadecuado de residuos orgánicos es especialmente visible en entornos rurales, donde el acceso a tecnologías limpias es limitado y los desechos agropecuarios representan una fuente significativa de contaminación ambiental. En países latinoamericanos, los residuos orgánicos constituyen más del 50% de los residuos sólidos urbanos y su disposición en vertederos genera gases de efecto invernadero y lixiviados contaminantes (Wei et al., 2017; Sáez & Urdaneta, 2014). En este escenario, el biodigestor no solo representa una alternativa tecnológica sostenible, sino también un instrumento pedagógico eficaz para promover el pensamiento sistémico, el trabajo colaborativo y la apropiación de saberes científicos (Rivera & Ossa, 2017; Medina et al., 2019).

En el contexto actual de crisis ambiental, los sistemas educativos tienen la responsabilidad de formar ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad. La educación ambiental crítica promueve la reflexión, la acción transformadora y el aprendizaje situado, particularmente cuando se incorporan metodologías activas que conectan la teoría con la práctica (Gavilanes & Tipán, 2021; Dieguez & Paredes, 2023; González & Ramírez, 2022). Una de estas estrategias es la utilización de recursos didácticos contextualizados como los biodigestores, los cuales permiten a los estudiantes comprender, a través de la experimentación, los procesos de gestión de residuos y producción de energía renovable

(González, 2024; Sotelo et al., 2023; Salesianos, 2023).

El aprendizaje basado en proyectos, especialmente aquellos relacionados con problemáticas del entorno, ha demostrado ser altamente efectivo en la enseñanza de ciencias ambientales, ya que facilita la comprensión de procesos ecológicos y el desarrollo de competencias transversales (Casasola, 2020; Olmedo et al., 2024). La incorporación de un biodigestor en la dinámica educativa permite a los estudiantes explorar conceptos como la digestión anaeróbica, el ciclo del carbono, la energía limpia y la economía circular, favoreciendo así una educación ambiental integral (Ruiz, 2024; Corrales et al., 2015).

La Unidad Educativa San Carlos, ubicada en la zona rural del cantón Quevedo, cuenta con ganado vacuno, lo cual ofrece condiciones ideales para implementar un proyecto educativo con biodigestores. Esta propuesta no solo permite aprovechar los residuos orgánicos de manera eficiente, sino también integrar a estudiantes y docentes en un proceso de aprendizaje activo y transformador. Por tanto, esta investigación tiene como objetivo evaluar el uso de biodigestores como recurso didáctico para fomentar el aprendizaje sobre la gestión ambiental de residuos orgánicos, vinculando el conocimiento científico con las prácticas locales y el desarrollo sostenible.

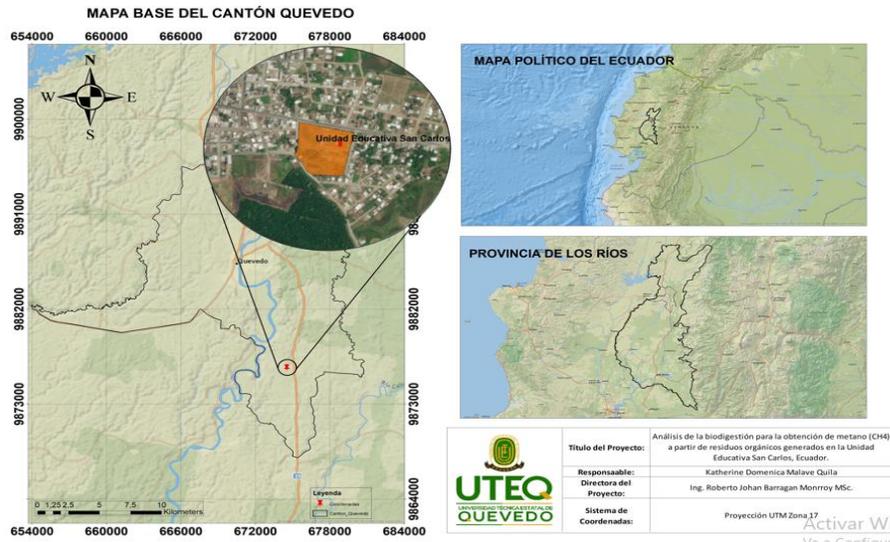
METODOLOGÍA

Localización

La Unidad Educativa San Carlos se localiza en la provincia de Los Ríos, específicamente en el cantón de Quevedo, dentro de la parroquia de San Carlos en el Barrio 3 de noviembre, Avenida Estenio Burgos, una vía principal de la zona. Es un centro educativo de Ecuador, se encuentra clasificado dentro de la Zona 5 y se caracteriza por ser un establecimiento rural (figura 1). Las coordenadas geográficas aproximadas del centro educativo son latitud -1.1163° y longitud -79.43629 .

Figura 1

Localización de la zona de estudio “Unidad Educativa San Carlos”



Análisis de la digestión anaeróbica de las deyecciones bovinas procedentes del área de estudio

Para el análisis de la digestión anaeróbica de las deyecciones bovinas se llevó a cabo varios procedimientos:

Talleres educativos

La presente investigación se desarrolló en la Unidad Educativa San Carlos, donde se implementó un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por el ganado vacuno. La metodología se estructura en dos componentes fundamentales: la aplicación de encuestas para evaluar el conocimiento de los estudiantes y el desarrollo de talleres educativos sobre la biodigestión anaeróbica y la producción de metano.

- **Diseño del estudio**

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y experimental, utilizando un diseño pretest-postest de 10 preguntas en el que se midió el nivel de conocimiento de los estudiantes antes y después de la intervención educativa. Se empleó una escala de Likert de cuatro puntos para la

evaluación del conocimiento, facilitando la comparación de los resultados obtenidos antes y después de los talleres.

- **Población y muestra**

La población estuvo conformada por estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos, quienes fueron seleccionados de forma no probabilística por conveniencia, considerando su relación con el proyecto del biodigestor. La muestra estuvo integrada por Tercero de bachillerato "A" especialidad en producción, con un total de 39 estudiantes. quienes participaron activamente en los talleres.

- **Implementación de los talleres**

Los talleres educativos estuvieron diseñados para proporcionar a los estudiantes una comprensión teórica y práctica sobre la biodigestión y su importancia. Se desarrollaron en cuatro fases, con una duración total de 4 horas, divididas en dos sesiones de 2 horas cada una.

Fase 1: Introducción y diagnóstico inicial (30-40 min)

- Presentación del taller y su importancia en la sostenibilidad.
- Aplicación de la encuesta inicial (pretest) para evaluar conocimientos previos.
- Lluvia de ideas para explorar conceptos previos sobre biodigestión.

Fase 2: Explicación teórica con material visual (40-50 min)

- Explicación del proceso de biodigestión y producción de biogás con apoyo de diapositivas.
- Identificación de los residuos orgánicos adecuados para un biodigestor.
- Beneficios ambientales del biogás y su comparación con combustibles tradicionales.

Fase 3: Actividad práctica y demostración (1h 30 min)

- Demostración del biodigestor en construcción
- Experimento práctico: simulación de la producción de biogás
- Reflexión grupal sobre la importancia del biodigestor en el colegio y la comunidad.

Fase 4: Evaluación final y cierre (30 min)

- Resolución de dudas y discusión de los aprendizajes adquiridos.
- Análisis de datos

Los resultados de las encuestas pretest y postest fueron analizados mediante estadística descriptiva, comparando la distribución de respuestas en ambas mediciones. Se aplicó un análisis de fiabilidad de alfa de cronbach en las encuestas pretest. Posteriormente se aplicó un análisis de correlación de spearman y clústeres. Para comparar los resultados de las encuestas del pretest y postest se utilizó una prueba t de Student para muestras relacionadas para determinar si existe una diferencia significativa en el nivel de conocimiento tras la implementación del taller. Para la aplicación de esta prueba, es necesario que los datos presenten una distribución normal. En caso de que no se cumpla este supuesto, se optó por utilizar la prueba de Wilcoxon como alternativa.

Construcción del biodigestor

Para fortalecer el aprendizaje basado en proyectos se construyó en conjunto con los estudiantes un biodigestor a escala piloto en la Unidad Educativa San Carlos (figura 2), considerando criterios técnicos como el diseño del sistema, la capacidad de almacenamiento y la eficiencia en la producción de biogás (Gutiérrez et al., 2021):

Se seleccionó un recipiente de metal de un tamaño adecuado para la escala piloto que deseas construir.

- Se realizó un orificio en la parte superior del recipiente donde se instaló la válvula de gas. Asegúrate de que el orificio tenga el diámetro correcto para que la válvula encaje correctamente.
- Se aplicó sellador en el orificio y se fijó la válvula de gas en su lugar. Es crucial dejar secar el sellador completamente, siguiendo las instrucciones del fabricante para asegurar una fijación duradera y segura.

- Se conectó una manguera a la válvula de paso, cuya función es transportar el biogás producido hacia el sistema correspondiente.
- En la conexión de la manguera junto a la válvula de paso, se agregó un soplete que se utilizó para encender el gas metano cuando se produzca.

Figura 2

Biodigestor a escala piloto



RESULTADOS

Talleres educativos

Previamente a la aplicación de los talleres educativos se realizó una encuesta a los 39 estudiantes de tercero de bachillerato "A" para medir el nivel de conocimiento previo de los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos sobre el aprovechamiento de residuos orgánicos para la obtención de biogás, posterior a ellos se realizaron los siguientes análisis:

Análisis de fiabilidad

A partir de la tabulación de los datos obtenidos en las encuestas aplicadas a los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos, la información fue registrada en un archivo en formato XLSX, estructurando las preguntas y opciones de respuesta en una escala nominal. Posteriormente, se calculó el coeficiente de confiabilidad Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0.669, lo que indica una fiabilidad moderada. Dado que este índice no alcanzaba un nivel

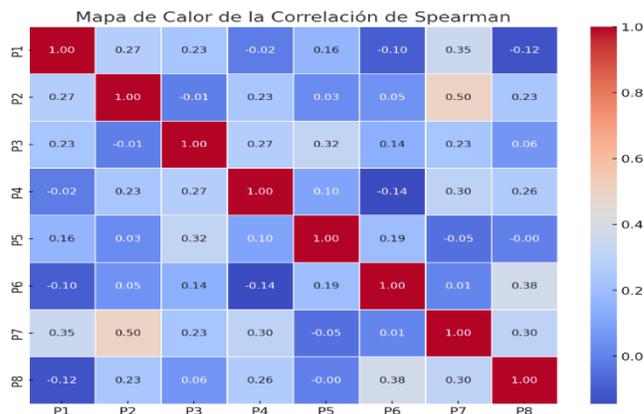
óptimo, se realizó un análisis de mejora, eliminando las preguntas 2 y 7, lo que permitió incrementar el coeficiente a 0.731, mejorando así la consistencia interna del cuestionario.

Correlación Spearman

El análisis de la matriz de correlación de Spearman obtenida de las respuestas de los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos revela relaciones significativas entre diversas variables evaluadas en el cuestionario tal como se evidencia en la figura 3. En este análisis de correlación entre los ítems restantes (P1 a P8), observándose asociaciones significativas entre varias preguntas, lo que respalda su coherencia temática. En función de la consistencia estadística y del contenido, se identificaron como preguntas clave las siguientes: P1, P3, P5, P6, P8 y P10 ya que abordan aspectos fundamentales sobre el conocimiento técnico, los beneficios ambientales y la aplicabilidad de los biodigestores en el contexto educativo y cotidiano.

Figura 3

Análisis de correlación de Spearman



Clusteres

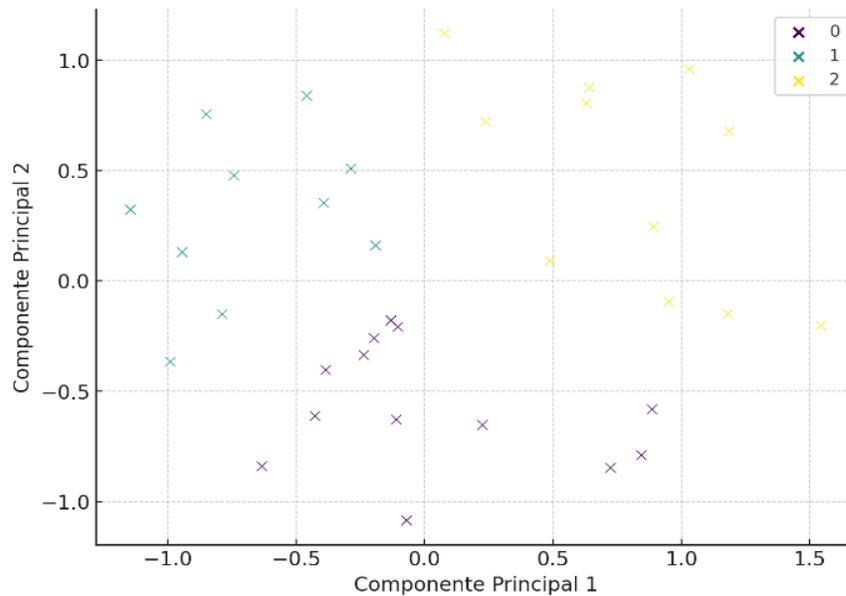
El análisis de clústeres aplicado a las respuestas de los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos permitió identificar patrones en su nivel de conocimiento sobre biodigestores y biogás. Se utilizó el algoritmo K-means, una técnica ampliamente empleada

para la segmentación de datos en el ámbito educativo, lo que facilitó la clasificación de los estudiantes en tres grupos con características diferenciadas, tal como se evidencia en la figura 4.

Clúster 0: Este grupo concentra a 13 estudiantes con respuestas mayoritariamente bajas, lo que sugiere una falta de familiaridad con los conceptos evaluados. La alta concentración de estudiantes en este clúster indica que la enseñanza del tema no ha sido lo suficientemente efectiva y que se requiere una intervención pedagógica específica para mejorar su comprensión.

Clúster 1: Los 14 estudiantes en este clúster mostraron respuestas moderadas, lo que indica que tienen una idea general de los conceptos, pero sin un dominio profundo. Este grupo puede beneficiarse de actividades complementarias, como la experimentación y el aprendizaje basado en proyectos, que han demostrado ser estrategias efectivas para reforzar conocimientos en ciencias ambientales.

Clúster 2: En este clúster se agruparon los 10 estudiantes con respuestas mayormente altas, lo que indica un nivel de conocimiento mayor sobre el tema. Estos estudiantes podrían ser aprovechados como líderes en actividades de aprendizaje colaborativo o mentores de sus compañeros, lo que contribuiría a fortalecer el conocimiento en el aula.

Figura 4*Análisis de clústeres*

Implementación de los talleres

Se realizaron talleres de Educación dirigidos a estudiantes, docentes y personal administrativo de la Unidad Educativa San Carlos, donde se explicaron los conceptos fundamentales de la biodigestión y el manejo de las deyecciones de bovinos. Durante estas sesiones, se identificaron los principales desafíos que enfrentan en la gestión de residuos orgánicos y se discutió cómo el biodigestor puede ofrecer soluciones efectivas a estos problemas.

Fase 1: Introducción y diagnóstico inicial

En esta fase, se buscó crear un ambiente participativo y estimular el interés de los estudiantes sobre el tema de la biodigestión. Se comenzó con una presentación del taller, destacando su relevancia en el contexto de la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos renovables. Para evaluar los conocimientos previos de los estudiantes, se aplicó una encuesta inicial pretest, permitiendo medir su comprensión sobre el tema antes de la intervención.

Posteriormente, se llevó a cabo una dinámica de lluvia de ideas, utilizando el juego didáctico

"Tingo Tingo Tango" en la pizarra, lo que facilitó que los estudiantes compartieran sus ideas y percepciones previas sobre la biodigestión. Esta actividad permitió identificar conceptos erróneos o desconocidos, creando una base sobre la cual se profundizó en las siguientes fases (figura 5).

Figura 5

Fase 1



Fase 2: Explicación teórica con material visual

Durante esta fase, se proyectó una explicación del proceso de biodigestión y la producción de biogás, apoyada por material visual en forma de diapositivas. Se abordaron los principios básicos del proceso anaeróbico, destacando los tipos de residuos orgánicos adecuados para ser procesados en un biodigestor. El uso de las diapositivas permitió ilustrar conceptos complejos de manera visual, facilitando su comprensión. Además, se discutieron los beneficios ambientales del biogás, haciendo una comparación con los combustibles tradicionales, como el gas natural y la gasolina, para resaltar sus ventajas en términos de sostenibilidad y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta explicación teórica brindó a los estudiantes el conocimiento necesario para entender la importancia y aplicabilidad de la biodigestión en la vida cotidiana (figura 6).

Figura 6*Fase 2***Fase 3: Actividad práctica y demostración**

En la fase práctica, se llevó a cabo una demostración del proceso de construcción de un biodigestor, donde los estudiantes pudieron observar de cerca los materiales y pasos involucrados en su fabricación. Para fortalecer la comprensión, se utilizó un globo que contenía gas metano producido por el biodigestor tubular construido y aplicado en la Unidad Educativa San Carlos, permitiendo que un estudiante participara activamente en la demostración. Este experimento práctico no solo mostró la viabilidad del sistema, sino que también permitió visualizar la producción de biogás en tiempo real. La actividad estuvo acompañada de una reflexión grupal en la que los estudiantes discutieron la importancia de los biodigestores, tanto en el ámbito escolar como en la comunidad, destacando su potencial para contribuir a la sostenibilidad y al manejo adecuado de residuos orgánicos (figura 7).

Figura 7*Fase 3*

Construcción del biodigestor

Con la colaboración de los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos, se llevó a cabo la construcción del biodigestor a escala piloto utilizando un tanque de metal con una capacidad de 90 cm de altura y 59 cm de diámetro. En la parte inferior del tanque se instaló una llave de paso para la salida del biol, mientras que en la parte superior se colocó una llave de paso de metal conectada a una manguera y a una válvula de gas, permitiendo así la correcta salida del biogás.

Se realizó 3 orificios en la parte superior el primero es para poder colocar la mezcla del estiércol bovino y agua donde se instaló un tubo para la alimentación del biodigestor, además se colocó un termómetro digital para controlar la temperatura diaria y por último en la parte del medio se instaló una manivela donde se usó un tubo galvanizado de 3 pulgadas, en la parte superior del tubo se ubicó un ruliman y en la parte del medio se puso un tubo de media galvanizado por ultimo en la parte inferior se colocó dos aspas simulando un molinillo como se evidencia en figura 8 y 9.

Figura 8

Biodigestor con sus partes identificadas (inferior)

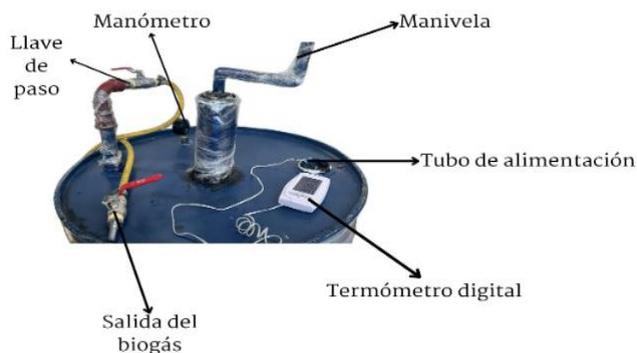


Figura 9

Biodigestor con sus partes identificadas



Evaluación final y cierre

Se llevó a cabo una sesión enfocada en la resolución de dudas y la discusión de los aprendizajes adquiridos. Durante esta etapa, los participantes tuvieron la oportunidad de expresar sus inquietudes, compartir reflexiones sobre los temas abordados y consolidar su comprensión a través del diálogo y la retroalimentación. Esta dinámica permitió reforzar los conocimientos adquiridos, aclarar conceptos clave y fomentar un aprendizaje significativo basado en la interacción y el análisis conjunto de los contenidos trabajados (figura 10).

Figura 10

Fase final



Capacitación de la evaluación final de resultados

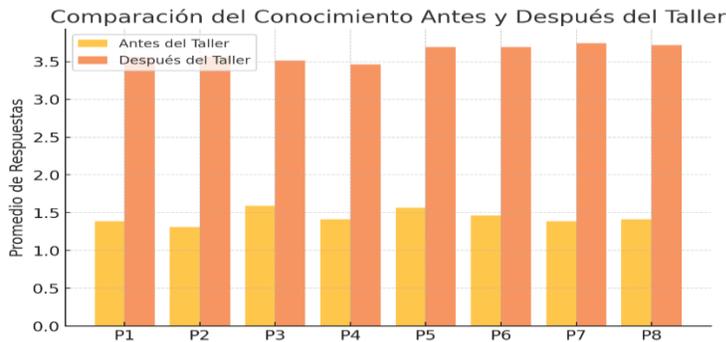
Durante la socialización del proyecto de capacitación, se enfatizó la aplicación de la misma encuesta al finalizar el proceso. Este procedimiento permitió analizar de manera objetiva el impacto generado por el proyecto y los talleres en los estudiantes, por lo que se aplicó el Postest y se obtuvo como resultado lo siguiente:

Postest

En este estudio, se realizó una evaluación del impacto de la investigación y el taller educativo sobre biodigestores en los estudiantes de la Unidad Educativa San Carlos. Para ello, se aplicó la misma del pretest, después de culminar el proyecto, permitiendo medir el cambio en el nivel de conocimiento.

Inicialmente, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si las respuestas seguían una distribución normal. Los resultados mostraron valores p menores a 0.05 en todas las preguntas, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se descartó el uso de la prueba t de Student y se optó por un análisis no paramétrico. Dado que los datos no eran normales, se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar las respuestas antes y después del taller. Los resultados mostraron valores p extremadamente bajos (< 0.05) en todas las preguntas, lo que sugiere una diferencia significativa en el conocimiento de los estudiantes tras el taller. Esto indica que la intervención educativa tuvo un impacto positivo y mejoró la comprensión del tema.

La figura 11 compara los valores promedio de las respuestas antes y después del taller. Se observa un aumento generalizado en todas las preguntas, lo que confirma que los estudiantes adquirieron más conocimientos tras la capacitación.

Figura 11*Comparación del conocimiento del taller*

DISCUSIÓN

Relación entre la identificación de residuos y los beneficios ambientales: Existe una correlación baja ($\rho = 0.27$) entre la identificación de residuos aptos para biodigestores y la percepción de los beneficios ambientales de esta tecnología. Dado el desconocimiento generalizado, esto sugiere que los estudiantes no tienen claridad sobre el impacto positivo de los biodigestores en la reducción de residuos orgánicos. Las instituciones educativas desempeñan un papel clave en la promoción de conocimientos y actitudes hacia el desarrollo sostenible, integrando metodologías activas que fomenten la participación y el compromiso ambiental (Gavilanes & Tipán, 2021; Guachichullca et al., 2024).

Desconocimiento sobre el papel de las bacterias anaerobias en la biodigestión: La correlación baja ($\rho = 0.16$) entre el conocimiento del concepto de biodigestión y la importancia de las bacterias anaerobias indica que los estudiantes no comprenden los fundamentos microbiológicos del proceso. Este hallazgo es preocupante, ya que la biodigestión depende de la actividad de estos microorganismos. La integración de metodologías activas y recursos digitales en el aula puede fomentar el desarrollo de competencias vinculadas a la sostenibilidad y mejorar la comprensión de procesos biotecnológicos (Goyoaga et al., 2023; VIU, 2025).

Además, se sugiere la implementación de talleres interactivos y el uso de recursos digitales para presentar el tema de manera más dinámica. La integración de tecnologías digitales en el aula, en el marco de metodologías activas, puede fomentar el desarrollo de competencias vinculadas a la sostenibilidad y mejorar la comprensión de procesos biotecnológicos (López et al., 2023). La correlación observada entre diversas variables también sugiere que los estudiantes podrían beneficiarse de estrategias educativas que conecten de manera más clara los conceptos teóricos y sus aplicaciones prácticas.

Los hallazgos de esta investigación reflejan la necesidad de fortalecer la enseñanza sobre biodigestores y biogás en la Unidad Educativa San Carlos. La predominancia de respuestas bajas en el cuestionario sugiere que los estudiantes no han recibido formación suficiente en este ámbito. La implementación de estrategias didácticas que promuevan la educación ambiental es esencial para formar ciudadanos comprometidos con la conservación del medio ambiente (Morocho et al., 2024). Por ello, es recomendable incorporar actividades prácticas, como la construcción de un biodigestor a escala dentro de la institución educativa, para reforzar el aprendizaje.

La experiencia de implementar biodigestores como herramienta didáctica en la Unidad Educativa San Carlos encuentra respaldo y enriquecimiento en las propuestas metodológicas descritas por (Rivera & Ossa, 2017) sobre su experiencia didáctica con las pacas biodigestoras en entornos educativos del estado de México. En ambos casos se visibiliza la importancia de vincular el quehacer educativo con prácticas ambientales transformadoras, que fomentan no solo el aprendizaje técnico, sino también una conciencia crítica hacia los problemas socioambientales. Ambas experiencias coinciden en que los residuos orgánicos, lejos de representar un problema, pueden convertirse en un recurso valioso mediante procesos adecuados de transformación. Al igual que las pacas biodigestoras, el biodigestor escolar actuó como un microecosistema educativo, donde se fomentó la observación, el análisis científico y el

compromiso social, en concordancia con los principios de la educación ambiental crítica. Esto cobra especial relevancia en contextos rurales y urbanos, donde los problemas de gestión de residuos impactan directamente en la salud y calidad de vida.

Conceptos básicos y procesos de biodigestión: Se evidencia un aumento en la comprensión sobre la biodigestión y su importancia. Estudios previos han demostrado que el uso de metodologías activas, como talleres prácticos, favorece la adquisición de conocimientos en biotecnología ambiental (Ruiz, 2024).

Factores involucrados en la biodigestión: Se registra un incremento en el reconocimiento de residuos adecuados para biodigestores y la función de las bacterias anaerobias, lo cual es clave para la sostenibilidad ambiental (Corrales et al., 2015).

Aplicaciones prácticas y disposición para enseñar: La mejora en estos aspectos sugiere que los estudiantes no solo comprendieron mejor el tema, sino que también se sienten más preparados para explicar la información a otros. Este resultado es consistente con la literatura, que destaca el aprendizaje basado en proyectos como una estrategia efectiva para fortalecer la apropiación del conocimiento en educación ambiental (Casasola, 2020).

El incremento en el nivel de conocimiento refleja la efectividad del taller como estrategia educativa. Investigaciones previas han indicado que los enfoques tradicionales de enseñanza suelen generar baja retención de conocimientos en temas ambientales, mientras que las metodologías activas, como experimentos y simulaciones, mejoran significativamente la comprensión y el compromiso de los estudiantes (Olmedo et al., 2024).

CONCLUSIONES

La implementación de biodigestores como recurso didáctico en la Unidad Educativa San Carlos demostró ser una estrategia educativa efectiva para fortalecer el aprendizaje sobre la gestión ambiental de residuos orgánicos. A través de talleres participativos y la construcción de un biodigestor a escala, los estudiantes lograron una comprensión más profunda de los

procesos de biodigestión anaeróbica, producción de biogás y sostenibilidad ambiental. El análisis estadístico confirmó mejoras significativas en el nivel de conocimiento posterior a la intervención, lo cual evidencia el impacto positivo de las metodologías activas en contextos rurales. Esta experiencia reafirma el valor de integrar herramientas tecnológicas con enfoques pedagógicos contextualizados, permitiendo no solo la apropiación de contenidos científicos, sino también el desarrollo de conciencia crítica y compromiso ambiental. Se recomienda replicar este tipo de proyectos en otras instituciones educativas, especialmente en zonas rurales, para fomentar una educación ambiental integral alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés relacionado con esta investigación.

Declaración de contribución a la autoría

Roberto Johan Barragan Monrroy: conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación.

Katherine Domenica Malave Quila: metodología, administración del proyecto, recursos.

Carla Maria Sabando Cedeño: software, supervisión, validación.

Jesus Alicia Monrroy Arellano: visualización, redacción del borrador original.

Doris Ivonne Vergara Monrroy: revisión y edición de la redacción.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que utilizaron la Inteligencia Artificial como apoyo para este artículo, y también que esta herramienta no sustituye de ninguna manera la tarea o proceso intelectual. Después de rigurosas revisiones con diferentes herramientas en la que se comprobó que no existe plagio como constan en las evidencias, los autores manifiestan y

reconocen que este trabajo fue producto de un trabajo intelectual propio, que no ha sido escrito ni publicado en ninguna plataforma electrónica o de IA.

REFERENCIAS

- Casasola, W. (2020). El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. *Scielo*, 29(1). <https://doi.org/10.18845/rc.v29i1-2020.5258>
- Corrales, J., Pérez, M., & Gómez, L. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *Scielo*, 13(24). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007
- Dieguez, K., & Paredes, J. (2023). Gestión de los residuos sólidos en áreas rurales: un análisis de una parroquia de la Amazonía ecuatoriana. *Revista Científica Pensamiento y Acción*, 29(2), 45–60. <http://orcid.org/0000-0003-4064-0566>
- Gavilanes, S., & Tipán, R. (2021). La Educación Ambiental como estrategia para enfrentar el cambio climático. *Revista de Educación*, 16(2). Retrieved from <https://www.redalyc.org/journal/4677/467767722010/467767722010.pdf>
- González Avellaneda, E. (2024). Compostaje, estrategia pedagógica para el manejo de residuos orgánicos en el restaurante escolar. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 7(5), 2597–2613. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9936510.pdf>
- González, L., & Ramírez, M. (2021). Compostaje y biodigestores como solución al problema de los residuos orgánicos. *Ciencia Latina: Revista Científica Multidisciplinar*, 5(2), 112–125. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2641>
- Goyoaga, R., Pérez, J., & Torres, M. (2023). Integración de la sostenibilidad y el desarrollo de competencias transversales a través de metodologías activas en educación

- superior. *Revista Andina de Educación*, 6(2). <https://doi.org/10.32719/26312816.2022.6.2.2>
- Guachichullca Barrera, F. P., Sánchez Ochoa, D. C., Henríquez Antepara, E. J., & Rodríguez Caballero, G. A. (2024). El Aprendizaje Basado en Proyectos como vía para la educación ambiental en los estudiantes de séptimo año de EGB. *Sinergia Académica*, 7(Esp. 3). <https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/download/183/366/730>
- López, M., Reyes, S., & Díaz, F. (2023). E-sostenibilidad y metodologías activas. Innovando en el aula con recursos digitales. *Revista de Innovación Educativa*, 15(1), 78–95. https://www.researchgate.net/publication/380368097_E-sostenibilidad_y_metodologias_activas_Innovando_en_el_aula_con_recursos_digitales
- Medina, G., Monzón, V., Sogari, N., Mena, C., & Ricciardi, E. (2019). Producción de biogás en escuelas rurales. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*, 4(2), 1–10. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/download/3771/3392/12174>
- Morocho, P., Suárez, L., & Carrillo, D. (2024). Estrategias didácticas para fortalecer la educación ambiental en los estudiantes. *Revista Ciencia Latina*, 8(2), 45–60. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2
- Olmedo, R., Vargas, M., & Pacheco, S. (2024). Innovación en métodos de enseñanza: estrategias y desafíos para el compromiso y motivación estudiantil. *Revista InveCom*, 4(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10655843>
- Rivera, P., & Ossa, J. (2017). Experiencia didáctica con las pacas biodigestoras en entornos educativos del estado de México. *Scielo*(69). <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.69.005>
- Ruiz, G. (2024). Políticas educativas para el fortalecimiento de sociedades democráticas en América Latina y el Caribe: desafíos, experiencias y estrategias innovadoras. *Revista*

Latinoamericana de Estudios Educativos,

54(3). <https://doi.org/10.48102/rlee.2024.54.3.664>

Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el

Caribe. *Omnia*, 20(3), 121–135. <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

Salesianos Catemu. (2023). Construcción de un biodigestor en la escuela: un avance más hacia un futuro

sostenible. https://salesianoscatemu.cl/index.php?Itemid=726&id=231%3Aconstruccion-de-un-biodigestor-en-la-escuela-un-avance-mas-hacia-un-futuro-sostenible&lang=es&option=com_k2&view=item

Sotelo Galfrascoli, L. V., Sogari, N., & Ricciardi, E. (2023). Diseño, construcción y

funcionamiento de biodigestores en formato kit para su implementación en laboratorios escolares. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica,*

8. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/download/6882/6310>

Universidad Internacional de Valencia [VIU]. (2025). El aprendizaje situado frente a la

enseñanza tradicional. <https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/el-aprendizaje-situado-un-enfoque-social-y-orientado-al-contexto>

Wei, C., Li, H., & Zhang, J. (2017). Environmental challenges impeding the composting of

biodegradable municipal solid waste: A critical review. *Resources, Conservation & Recycling*, 122, 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.024>