Recibido:10/09/2026 Aprobado:16/10/2026

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v6.n3.624

Construcción y evaluación demostrativa de un biodigestor doméstico para aprovechar residuos orgánicos

Henry Marcelo Salgueiro Flores
pedestal.srl.or@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-9172-404X
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Bolivia

Williams Elvis Quispe Segales
qspelvisq@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-4211-9112
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Bolivia

Juan Carlos Soria Pacheco
soria4400@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0005-6042-9110
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Bolivia

Limber Condori Blanco
imbercond726@gmail.com
https://orcid.org/0009-0002-3533-9699
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica
Bolivia

RESUMEN

El aprovechamiento de residuos orgánicos para producir energía constituye una alternativa de interés ambiental y educativo, especialmente en contextos donde estos materiales se desechan sin tratamiento. El objetivo del trabajo fue construir y demostrar el funcionamiento de un sistema doméstico de biogás mediante materiales accesibles, empleando estiércol fresco, residuos vegetales triturados y agua. Se desarrolló una experiencia demostrativa de carácter descriptivo, con un digestor hermético de plástico de 60 L, tuberías de conducción y un recipiente de almacenamiento de gas. El sistema operó a temperatura ambiente y se realizaron observaciones visuales de la acumulación de gas, la combustibilidad y las características del material digerido. Durante la experiencia se observó formación de burbujas, acumulación de gas y una llama al realizar la comprobación de combustión; asimismo, el efluente presentó color pardo oscuro y textura homogénea. Debido a que no se registraron volúmenes de gas, composición química, tiempo exacto de retención ni parámetros agronómicos del efluente, los resultados no permiten cuantificar la eficiencia energética ni confirmar la calidad fertilizante. Se concluye que el prototipo cumplió una función demostrativa y ofrece una base para futuras evaluaciones cuantitativas, incorporando protocolos de seguridad y mediciones controladas.

Palabras clave: biodigestor, digestión anaerobia, energía renovable, residuos orgánicos, sistema doméstico

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.
El editor y los revisores declararon no tener conflicto de intereses.

Licencia: CC BY NC ND

Construction and demonstrative evaluation of a household biodigester for organic waste recovery

ABSTRACT

Recovering organic waste to produce energy is an environmentally relevant and educational alternative, particularly in settings where such materials are discarded without treatment. This study aimed to build and demonstrate the operation of a household biogas system using accessible materials, fresh manure, shredded plant residues, and water. A descriptive demonstration was conducted using an airtight 60-L plastic digester, gas-conveying tubes, and a gas-storage container. The system operated at ambient temperature, and visual observations were made of gas accumulation, combustibility, and the characteristics of the digested material. Bubble formation and gas accumulation were observed during operation, and a flame was produced during a combustion check. The final effluent was dark brown and homogeneous in texture. Because gas volume, chemical composition, exact retention time, and agronomic parameters of the effluent were not recorded, the results do not allow energy efficiency to be quantified or fertilizer quality to be confirmed. The prototype is therefore considered useful for demonstration and as a basis for future quantitative assessments, provided that safety procedures and controlled measurements are incorporated.

Keywords: anaerobic digestion; biogas; domestic system; organic waste; renewable energy

The authors declare no conflict of interest.
The Editor and the Reviewers declared no conflict of interest.

License:

INTRODUCCIÓN

La generación cotidiana de residuos orgánicos en los hogares representa un desafío para la gestión ambiental cuando los restos de alimentos, cáscaras de frutas y verduras y excretas animales se mezclan con otros desechos o se depositan sin tratamiento. Estas prácticas pueden contribuir a la aparición de olores, la atracción de insectos y el deterioro de las condiciones sanitarias del entorno. Al mismo tiempo, parte de esta materia orgánica contiene energía y nutrientes que podrían recuperarse mediante procesos biológicos.

Una alternativa para valorizar estos residuos es la digestión anaerobia, proceso mediante el cual comunidades de microorganismos degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno y producen una mezcla gaseosa conocida como biogás. El gas puede contener metano y dióxido de carbono, además de cantidades menores de otros componentes; la proporción exacta depende de la materia prima y de las condiciones de operación. El residuo que permanece en el digestor, denominado digestato o efluente digerido, puede conservar nutrientes, aunque su uso agrícola requiere evaluar su estabilidad e inocuidad.

La digestión anaerobia comprende etapas bioquímicas relacionadas entre sí: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. El desempeño del proceso está influido por la temperatura, la humedad, el pH, la composición del sustrato, el tiempo de retención y la ausencia de sustancias que inhiban la actividad microbiana. Por ello, el diseño y operación de un biodigestor deben considerar tanto las condiciones biológicas como la hermeticidad y la seguridad del sistema.

En este contexto, la construcción de un prototipo de bajo costo permite acercar estos principios a estudiantes y comunidades. Sin embargo, una demostración visual no equivale a una evaluación de rendimiento: para establecer cuánto biogás se genera, su composición o el valor fertilizante del efluente se requieren mediciones específicas. El presente trabajo documenta una experiencia demostrativa desarrollada en la Carrera de Construcciones Civiles de la Facultad Técnica de la Universidad Técnica de Oruro.

METODOLOGÍA

Se construyó una unidad de digestión anaerobia de tipo discontinuo, adaptada a una escala doméstica y con fines demostrativos. El sistema se instaló en dependencias de la institución educativa y funcionó a temperatura ambiente, sin calefacción artificial. La experiencia se organizó en las fases de montaje, preparación de la mezcla, carga inicial, observación del proceso, verificación cualitativa de la combustibilidad y observación del efluente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1

Momento	Observación reportada	Interpretación prudente
Carga inicial	Mezcla oscura, pastosa y con olor propio del material fresco.	Describe las características iniciales del sustrato; no constituye una medición de composición.
Durante el proceso	Aparición de burbujas y aumento del volumen aparente de gas almacenado.	Es compatible con producción y acumulación de gas, aunque no cuantifica su caudal ni composición.
Prueba de combustión	Se reportó formación de una llama estable de color azulado.	La combustión sugiere presencia de componentes combustibles; por sí sola no confirma el porcentaje de metano.
Efluente observado	Material pardo oscuro, homogéneo y sin grumos visibles; se describió olor semejante a tierra húmeda.	Son características sensoriales reportadas; no prueban por sí mismas estabilidad, inocuidad ni eficacia fertilizante.

Fuente: elaboración propia a partir de las observaciones descritas en el informe de la experiencia

La observación de burbujas y el incremento aparente del gas almacenado constituyeron indicios de actividad biológica dentro del sistema. La prueba de combustión reportada indicó que el gas obtenido contenía componentes combustibles. Asimismo, se describió un cambio en el aspecto del material tras su permanencia en el digestor. Estos resultados respaldan el cumplimiento del objetivo demostrativo, pero no permiten estimar la cantidad de energía producida ni comparar el rendimiento con otros diseños.

No se dispone de datos sobre el volumen de biogás producido, porcentaje de metano, temperatura diaria, pH, masa de sustrato introducida, proporción exacta de mezcla, tiempo de retención medido ni propiedades del digestato. Esta ausencia de datos limita la reproducibilidad técnica y debe abordarse en una fase posterior.

La experiencia muestra que un montaje sencillo puede servir como recurso didáctico para explicar la valorización de residuos orgánicos mediante digestión anaerobia. La acumulación de gas observada

es coherente con el funcionamiento esperado de un digestor cerrado, donde la actividad microbiana transforma parte de la materia orgánica en una mezcla gaseosa. Sin embargo, el hecho de obtener una llama no permite determinar la calidad del biogás ni atribuir su combustibilidad exclusivamente al metano sin un análisis de composición.

El trabajo tiene valor principalmente educativo y de demostración tecnológica. El uso de materiales disponibles localmente puede facilitar la construcción de prototipos en espacios formativos. No obstante, la escala del equipo, la operación a temperatura ambiente y la ausencia de mediciones controladas impiden concluir que el sistema pueda cubrir una demanda doméstica de combustible. Para realizar esa evaluación se necesitarían, al menos, mediciones del volumen diario de gas, tiempo de retención, temperatura y composición, además de un cálculo de la demanda energética del hogar.

La observación del efluente como material homogéneo y con menor olor desagradable constituye un dato descriptivo, no una certificación de que sea seguro o adecuado para aplicarlo directamente a cultivos. La digestión puede modificar características del sustrato, pero la calidad del digestato depende de la materia prima y de las condiciones del proceso. Antes de recomendar su uso agrícola, sería conveniente analizar nutrientes, pH, conductividad eléctrica, estabilidad y riesgos microbiológicos según el uso previsto.

Entre las principales limitaciones se encuentran el uso de una sola unidad, la falta de repeticiones, la ausencia de un grupo de comparación, el registro cualitativo y la descripción incompleta de la duración del proceso. Estas limitaciones no invalidan la utilidad de la demostración, pero sí delimitan las conclusiones que pueden extraerse. Una siguiente etapa podría incorporar una ficha de seguimiento diario, medición volumétrica del gas, registro de temperatura y pH, caracterización del sustrato y análisis de laboratorio del efluente.

La seguridad también debe considerarse como parte del diseño. El biogás puede formar mezclas inflamables y el digestor puede acumular presión; por ello, un prototipo doméstico requiere conexiones adecuadas, control de fugas, ventilación, alivio de presión y procedimientos de prueba seguros. La

demostración educativa no debe confundirse con una instalación apta para uso doméstico continuo sin evaluación técnica.

CONCLUSIONES

Se construyó y puso en funcionamiento un prototipo demostrativo de digestión anaerobia con un recipiente plástico de 60 L, tuberías de conducción y un sistema de almacenamiento de gas, utilizando estiércol fresco, residuos vegetales triturados y agua.

Durante la experiencia se observaron burbujas y acumulación aparente de gas, y el informe original reportó una llama durante la prueba de combustión. Estos indicios son compatibles con la producción de gas combustible, pero no determinan la concentración de metano ni el rendimiento energético.

El material final fue descrito como homogéneo y de color pardo oscuro. Debido a que no se realizaron análisis de laboratorio, no es posible confirmar su inocuidad ni establecer su calidad como fertilizante únicamente a partir de sus características visuales y olfativas.

El prototipo es útil como herramienta educativa para ilustrar la recuperación potencial de recursos a partir de residuos orgánicos. Para demostrar su viabilidad técnica a escala doméstica se requieren mediciones cuantitativas, ensayos repetidos, evaluación de la calidad del digestato y un protocolo de seguridad claramente definido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2020). Manual técnico de biodigestores para Bolivia. La Paz, Bolivia: Estado Plurinacional de Bolivia.

Pinto, R., & Chávez, E. (2018). Biodigestores familiares: Guía de diseño y construcción. Soluciones Prácticas.

López, A., & Mendoza, D. (2021). Energías renovables para el hogar: Biogás y residuos orgánicos. Editorial Técnica Universitaria