

ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS BIODIGESTORES EN FORMATO KIT Y SU APLICACIÓN DIDACTICA PARA LA ENSEÑANZA EN NIVEL MEDIO

Lucia V. Soltelo Galfrascoli¹, Noemi Sogari², Silvia C. Coronel²

^{1,2 y 3}Grupo de Investigación, Desarrollo y Transferencia Tecnológica de las Energías Sustentables y Medio Ambiente (GIESMA). Dpto. de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la UNNE.

Av. Libertad 5460, CP 3400. Corrientes. Argentina
e-mail: luciavanesa.sotelogalfrascoli@gmail.com

RESUMEN: En este trabajo se presenta el análisis del funcionamiento de biodigestores en formato de kit como herramientas para la enseñanza de contenidos relacionados con las energías renovables en la educación básica. El objetivo fue evaluar el diseño, el funcionamiento y la efectividad de esta tecnología para lograr un aprendizaje integral. Los destinatarios fueron docentes y alumnos de 3er. año de secundaria, de entre 14 y 17 años, que asisten a una institución educativa de la ciudad de Corrientes. La metodología consistió, inicialmente, en la construcción de prototipos en el laboratorio de la universidad y en una intervención en el aula para evaluar la motivación, el aprendizaje y la participación de los estudiantes en clases de fisicoquímica. Los resultados indicaron que los biodigestores presentan un alto potencial pedagógico para la comprensión de conceptos relacionados con la naturaleza de los compuestos químicos. Los estudiantes pudieron vincular este conocimiento a la composición química del biogás y reconocer su importancia en la producción de energía renovable. En conjunto, estos hallazgos sugieren que el uso de biodigestores en el aula contribuye a fomentar un aprendizaje integral y desarrollar una mayor conciencia ambiental entre los estudiantes.

Palabras clave: biogás, biodigestor, didáctica energética.

INTRODUCCION

La creciente degradación del entorno natural, impulsada por la contaminación, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático, exige que las nuevas generaciones estén equipadas con el conocimiento y las habilidades necesarias para abordar estos desafíos. Para ello, no solo es crucial mantener una actualización constante sobre las cuestiones ambientales, sino también adaptar las estrategias educativas a los diferentes niveles de enseñanza. (Plaza *et al*, 2012).

A nivel global, el sistema educativo desempeña un papel crucial en la educación ambiental de la sociedad. En la actualidad, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, el reto educativo consiste en integrar la educación ambiental para el desarrollo sostenible en los currículos de los diferentes niveles educativos. Esto debe abordarse como un proceso sistémico y organizado que involucre todas las disciplinas y saberes existentes (Simões *et al*, 2019).

Aguilera, J (2022) menciona que existe la necesidad de que el proceso de enseñanza de las energías alternativas se promueva mediante el uso de prototipos o elementos que permitan experimentar cómo funcionan estos sistemas. Es por ello, que esta investigación se centra puntualmente en el estudio del funcionamiento de biodigestores en formato kit escolar que pueden ser utilizados como herramientas efectivas para facilitar este proceso educativo.

El biogás generado en estos dispositivos está formado principalmente por metano y dióxido de carbono, además de otros gases en cantidades menores. El metano, principal componente del biogás,

es el gas que le confiere las características combustibles al mismo, bastante eficiente que puede ser utilizado directamente (Hidalgo Osorio *et al.*, 2019).

Por otro lado, el proceso de fermentación anaeróbica brinda otros subproductos: abono orgánico rico en nutrientes como nitrógeno fosforo y potasio un material sólido (digestato) que puede usarse como acondicionador del suelo; agua de proceso o biol que es un líquido que, tras un tratamiento adecuado, puede reutilizarse en el proceso o ser descargado en cuerpos de agua.

Los biodigestores pueden ser construidos con diversos materiales como ladrillos y cemento, metales o plásticos, y diseñarse a diferentes escalas, según los objetivos y los recursos de los interesados, la cantidad de materia prima disponible como sustrato y las demandas energéticas de los beneficiarios (García Páez, s.f., p. 10).

En este sentido, los reactores discontinuos o de tipo Bach a escala de laboratorio son los que mejor se ajustan al entorno educativo ya que se cargan una sola vez de forma total, son de fácil construcción y manejo. Generalmente, se componen de tanques sellados con una salida de gas que se conecta a un gasómetro flotante, donde se guarda el biogás. Este sistema es adecuado cuando los materiales a procesar están disponibles de manera irregular como, por ejemplo, una industria que utiliza materia prima agrícola, como frutas o verduras, que solo están disponibles en temporadas específicas. Así, el sistema de producción debe adaptarse a la disponibilidad intermitente de esos recursos para poder operar eficientemente. (Hidalgo Osorio *et al.*, 2019).

En Latinoamérica, se han realizado aportes vinculados al uso de biodigestores para la enseñanza de contenidos relacionados con las energías renovables en escuelas de nivel básico (Quintero, 2016; Barboza *et al.*, 2021; Cartaxo *et al.*, 2020). En Argentina, si bien no se han realizado estudios específicos a gran escala que documenten la implementación generalizada de biodigestores en escuelas, existen experiencias aisladas y proyectos piloto en diversas instituciones educativas del país. Como antecedente, se menciona un trabajo llevado a cabo por Plaza G *et. al.* (2017) en la provincia de Salta, que lleva por título: “El biodigestor como recurso didáctico en la educación”, proyecto en el cual se propuso diseñar y construir un modelo de biodigestor escolar de tipo discontinuo, simple, económico y de fácil operación para trabajar dentro y fuera del aula. Las estrategias desarrolladas evidenciaron que la comunicación y educación ambiental se efectivizan con diversos mecanismos de articulación como es el uso de un modelo demostrativo de digestión anaeróbica y material gráfico con información general y específica de la temática abordada.

Por otra parte, en la provincia de Corrientes, el grupo de Investigación Desarrollo y Transferencia de las Energías Sustentables y del Medio Ambiente (GIESMA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensora (FaCENA) de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), dirigido por la Dra. Noemí Sogari, desde el año 1998, ha participado en proyectos de investigación y extensión, construyendo, instalando y ensayando distintos tipos de sistemas generadores de biogás utilizando distintas materias orgánicas provenientes de medios rurales y urbanos, con finalidad educativa y productiva (Sotelo *et al.*, 2023). En esta ocasión, se hace mención a una propuesta de extensión llevada a cabo en escuelas rurales, pertenecientes a localidad del Chaco, sobre el uso de las energías renovables, mediante el desarrollo de talleres de difusión y capacitación para docentes y alumnos con el objetivo de proporcionar el uso de las energías renovables, en particular la generación de biogás a partir de la degradación de efluentes de corrales y tambos. La experiencia se basó en la realización de una práctica de laboratorio sencilla, que consistió en el armado de equipos reactores simples usando botellas, mangueras, selladores. Esta actividad permitió abordar conceptos fisicoquímicos como: volumen, principio de Arquímedes, presión, entre otros; lo que logró un aprendizaje integral en los estudiantes (Monzón, Sogari, 2018).

La aplicación de los biodigestores anaeróbicos como elemento didáctico implica adaptar su construcción y manejo a diferentes escenarios educativos, lo que permite desarrollar proyectos prácticos y participativos. Esto fomenta la conciencia ambiental y la sostenibilidad en los estudiantes.

Teniendo en cuenta la necesidad de consolidar la relación causal entre educación, energía y ambiente, el objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial educativo de los biodigestores discontinuos en formato kit para la enseñanza en el nivel medio de la educación.

METODOLOGIA

Se evaluó el desempeño de dos diseños de biodigestores, para lo cual se consideraron aspectos claves que abarcan tanto la funcionalidad técnica como la aplicabilidad educativa.

Etapa 1. Etapa de construcción y manejo de prototipos de biodigestores en formato kit

Se analizó la facilidad de construcción, de montaje y control de los biodigestores considerando cuán sencillo es ensamblar el biodigestor en un entorno escolar, y el método de medición de producción de biogás.

Para esto, se construyeron dos series de reactores de tipo Bach a partir de materiales reutilizables en el Departamento de Física de la FaCENA de la UNNE.

Serie 1: constituido por 5 reactores elaborados con botellas de plástico PET (250ml) y jeringas descartables (5 ml y 10ml), como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Minibiodigestores de tipo Bach

Los reactores fueron alimentados por diferentes cantidades de sustrato (cáscaras de papa) con la misma cantidad de agua (90ml) (Tabla 1)

Tabla 1. Cantidad de sustrato que se utilizaron para cada muestra.

Muestra	1	2	3	4	5
Cantidad de sustrato en gramos (grs)	4	6	8	10	90

La producción de biogás se midió mediante el desplazamiento del émbolo de la jeringa que indica el volumen de gas producido.

Serie 2: 3 sistemas reactores fabricados a partir de frascos de vidrio de café de las mismas dimensiones (800ml), mangueras y botellas de tipo PET (Figura 2). Cada sistema consistió en dos partes fundamentales: la cámara de digestión o digestor propiamente dicho, donde los microorganismos degradan la materia orgánica generando el biogás, y el gasómetro donde se acumula el biogás generado. Se utilizó el mismo sustrato que la serie 1.

Además, se estudió el efecto de la composición del sustrato y de la temperatura en el proceso, y que los/as estudiantes se familiaricen con el uso del termómetro, además de representar la variación de la temperatura en función del tiempo, se realizaron algunas modificaciones en cada uno de los equipos: el sustrato del sistema 1 (Figura 2a) se mezcló con agua a temperatura inicial de aprox. 38°C, para el equipo 2 (Figura 2b) se empleó biol (líquido obtenido de una fermentación anaeróbica anterior de restos vegetales y frutas) en lugar de agua; al equipo 3 (Figura 2c) se le adicionó un termómetro para medir la temperatura interna de la mezcla durante el proceso.



Figura 2. Biodigestores discontinuos. a) Reactor 1, b) Reactor 2; c) Reactor 3

Durante 21 días se controló la producción de biogás en cada reactor observando el desplazamiento del líquido almacenado en el gasómetro, la temperatura externa y la temperatura interna en el equipo 3.

Etapa 2. Intervención áulica

En esta etapa, se examinó el uso de sistemas reactores para enseñar conceptos relacionados con energías renovables, química y sostenibilidad al grupo de alumnos (28 integrantes) de 3er año de secundaria, con edades que oscilan entre los 14 y 17 años, que asisten al Colegio “José María Ponce” de la ciudad de Corrientes.

La propuesta educativa tuvo como objetivo desarrollar e implementar un programa que incorpora metodologías activas y participativas, como el uso de tecnologías sostenibles, con el fin de aumentar la motivación de los estudiantes en las clases de ciencias. Esta iniciativa surgió a partir de la identificación de una problemática por parte del equipo docente del departamento de ciencias de la institución, quien observó que los alumnos mostraban desmotivación ante las clases tradicionales. Esta falta de interés se traduce en una escasa participación en los debates en el aula, actitudes apáticas y el incumplimiento de las tareas asignadas.

La intervención se llevó a cabo en dos fases: uno de exploración y otro de intervención propiamente dicho, las cuales se detallan a continuación:

A. El periodo de exploración se realizó mediante una encuesta de Google Forms a docentes y alumnos del 3er. año de secundaria de la institución educativa considerada. La misma tuvo como objetivo evaluar el nivel de conocimientos previos sobre la temática abordada, para obtener información desde la mirada docente, y desde la perspectiva del alumno.

El cuestionario para los docentes incluyó preguntas relacionadas con las tecnologías y los recursos utilizados para la enseñanza, contenidos relacionados con el biogás y a los biodigestores. La encuesta para los alumnos abordó cuestiones vinculadas con la contaminación ambiental por residuos sólidos, energías renovables, biogás y biodigestores.

B. En la fase de intervención áulica se desarrolló una propuesta didáctica que consistió en una clase presencial de dos horas cátedras (80min).

La clase tuvo como inicio la explicación expositiva del tema “Compuestos Covalentes”, por parte de la docente a cargo, utilizando una presentación interactiva elaborada con la herramienta digital Genially, que incluyó un video de Educaplay sobre compuestos covalentes, brindando ejemplos, como el metano, el dióxido de carbono, entre otros. Esta actividad tuvo una duración aproximada de 40min.

El colegio intervenido cuenta con tecnologías de la información y comunicación (TIC) y conectividad. Sin embargo, si no se dispone de estos recursos, se pueden considerar alternativas como el uso de material impreso, la realización de experimentos simples para ilustrar conceptos de compuestos covalentes mediante modelos moleculares con esferas de poliestireno o plastilina, y el uso de pizarras

para dibujar estructuras moleculares y explicar conceptos en tiempo real, promoviendo la participación activa de los estudiantes.

Posteriormente, con el propósito de facilitar la comprensión de los procesos físico-químicos que ocurren en la producción de compuestos covalentes en la naturaleza, así como de promover habilidades interpersonales, estimular el aprendizaje activo y reforzar el compromiso con el trabajo en equipo, se propuso a los alumnos formar grupos de 4 o 5 integrantes para la construcción de biodigestores con el diseño de la serie 1 (mediante botellas de plástico, jeringas y globos). Este modelo se elige porque es un sistema simple que permite introducir la temática de manera efectiva.

Como cierre de la clase se llevó a cabo una puesta en común sobre los contenidos abordados.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Etapa 1. Serie 1. Como se observa en la Figura 3 se logró la producción de biogás en los 5 mini reactores de la serie 1.



Figura 3. Minibiodigestores de tipo Bach con producción de biogás

La cantidad de biogás generado por cada equipo se resume en la Tabla 2.

Tabla 2: Volumen de biogás obtenidos por los reactores del set 1

Muestra	1	2	3	4	5
Volumen de biogás generado en ml	2,2	10	2,7	0,5	10

Serie 2. Se evidenció la producción de biogás en dos de los equipos de la serie. El volumen total de biogás acumulado por el equipo 1 fue de 20ml (Figura 4a), y por el equipo 3 de 110ml (Figura 4c). Estas diferencias observadas en la producción pudieron ser ocasionadas por las variaciones bruscas de temperatura en el digestor 1 que dio lugar a la desestabilización del proceso. Es por esto que se debe garantizar una temperatura homogénea en el digestor (Varnero Moreno, 2011).

Por otra parte, no se observó producción de biogás en el equipo 2 (Figura 4b), y se infiere que la mezcla inicial (sustrato con biol, en vez de agua) presentó las condiciones necesarias para el desarrollo de los microrganismos implicados en la fermentación anaeróbica.

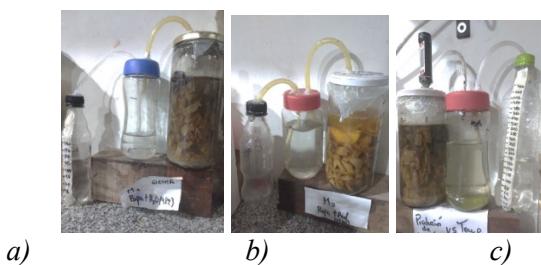


Figura 4. Producción de biogás en reactores de la serie 2

Respecto de la variación de la temperatura en función del tiempo, en la Figura 5 se observa que en el sistema 3 la temperatura interna indicó un mínimo de 20,1°C y un máximo de 30,50°C (rango mesofílico); y la temperatura externa estuvo comprendida entre 15°C y 25°C.

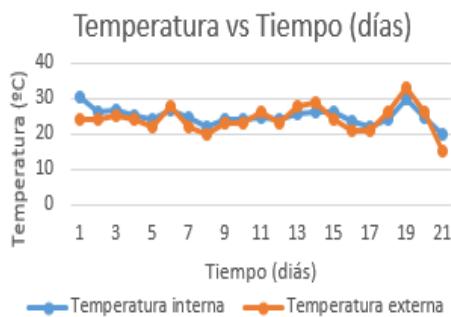


Figura 4: Variación de Temperatura en función del tiempo

La producción de biogás en biodigestores demuestra su efectividad y viabilidad como tecnología para la transferencia educativa en escuelas de nivel medio. Para escalar su producción hacia el almacenamiento y uso, se propone varias acciones: instalar tanques de almacenamiento seguros, implementar medidores de flujo para gestionar el biogás, generar energía eléctrica a partir del biogás para alimentar sistemas de iluminación y otros equipos, adaptar cocinas escolares para usar biogás como fuente de energía, y utilizarlo en sistemas de calefacción para mejorar el confort en climas fríos. Además, se sugiere realizar talleres educativos para enseñar a estudiantes y docentes sobre el manejo y aplicaciones del biogás, promoviendo así el aprendizaje práctico y la conciencia sobre energías renovables.

Etapa 2. Intervención áulica

A) Período de exploración de conocimientos sobre la temática abordada.

El formulario *Google forms* a docentes proporcionó la siguiente información:

El total de docentes encuestados (100%) considera que es muy importante la utilización de recursos tecnológicos para el aprendizaje de distintas temáticas, (Figura 5).

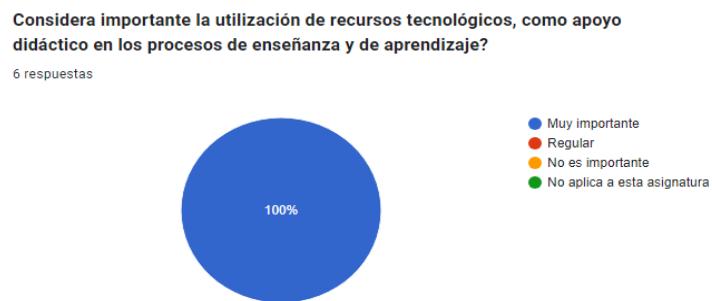


Figura 5. Importancia sobre utilización de recursos didácticos tecnológicos

Entre las herramientas utilizadas por estos docentes para el desarrollo de sus clases se encuentran: los videos, presentaciones, juegos, simuladores, videos interactivos, infografías, experimentos, plataformas digitales como Canva y dossier, entre otros (Figura 6).

¿Que tipos de recursos didácticos utiliza como soporte para desarrollar los contenidos de su planificación ?

6 respuestas

- Videos, presentaciones, juegos,etc
- Simuladores, videos interactivos, utilización de infografías, experimentos.
- Infografías
- Canvas y dossier
- Videos, infografías, experimentos, etc , etc
- Presentaciones en Canvas, simuladores, etc

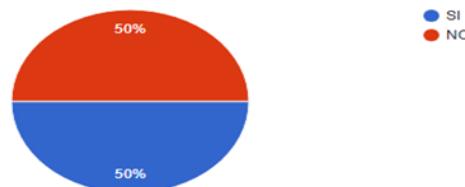
Figura 6. Recursos que los docentes utilizan como soporte para desarrollar sus clases

La mitad de encuestados (50%) (Figura 7a) reportó que presentaba cierta información previa acerca del biogás y de los biodigestores. Sin embargo, el total de participantes considera la posibilidad de implementar el uso del biodigestor como recurso didáctico en la enseñanza, por ejemplo, realizando trabajos colaborativos con otras materias mediante talleres, o como tema de investigación para los alumnos sobre los problemas ambientales actuales, y sustentabilidad ecológica, o para el aprendizaje de temas tales como: el estudio de reacciones químicas, los recursos renovables, etc. (Figura 7b).

El **biogás** es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos (biodigestores), por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico).

Anteriormente, tuvo alguna información sobre el biogás y los sistemas digestores de fermentación anaeróbica?

6 respuestas



(a)

¿Considera que se podría implementar esta tecnología como recurso didáctico? Según la materia que enseña, ¿cómo lo haría?

6 respuestas

Si, se podría realizar algún trabajo colaborativo con otra materia como biología por ejemplo y relacionarlo a otros temas del currículum.

Si se podría implementar. A través de una enseñanza interdisciplinaria relacionando con química orgánica y educación ambiental. También mediante la realización de talleres.

Si podría utilizarse

Investigando sobre la actualidad . Lo que ble está pasando a la naturaleza....presentando alternativas s de sustentabilidad ecológica

Sería interesante implementar en el estudio de los procesos químicos que intervienen en una fermentación anaeróbica.

Si, por ejemplo para el estudio de los recursos renovables

Figura 7. a) Conocimientos previos sobre biogás y biodigestor; (b) formas posibles de implementar el uso del biodigestor en el aula.

El total de docentes encuestados consideran que mediante de uso de los sistemas digestores, como soporte didáctico, los alumnos podrían adquirir competencias y aprendizajes sobre el tratamiento de

los residuos sólidos, la construcción y el uso de biodigestores, su importancia para el ambiente; además de poder formar alumnos con un pensamiento crítico que les permita actuar frente a situaciones problemáticas de la actualidad como es la contaminación ambiental (Figura 8).

¿Cuales son las competencias y los aprendizajes que sus alumnos podrían alcanzar después del uso de los sistemas digestores como parte de su planificación aulica ?

6 respuestas

Podrían aprender a reciclar y aplicarlo a su vida cotidiana o el tratamiento de residuos y al uso y creación de estos sistemas digestores.

Responder preguntas tales como: ¿Qué es un biodigestor? Su utilización. ¿Qué importancia tiene en el ambiente? ¿Cómo lo puedo fabricar? ¿Con que objetivos?

Aprender a aprender.adquirir competencias científicas y tecnológicas

Todo depende el contexto Como contenido bien puro sería más aplicado a escuelas técnicas y rurales. Acá en la ciudad sería grato comprimido el tema y dando otras alternativas relacionadas

Adquirir un pensamiento crítico ante situaciones problemáticas como es la contaminación ambiental

Que los alumnos puedan aprender sobre la importancia de los recursos naturales renovables y no renovables.

Figura 8. Competencias y aprendizajes que los alumnos podrían adquirir luego de la construcción y uso de los biodigestores.

Por otra parte, en el formulario de Google forms participaron 14 alumnos, de entre 14 y 17 años, de los cuales 7 fueron del género masculino y 5 del género femenino.

Ante la pregunta “¿Qué crees que sucede con los residuos orgánicos después de que lo tiramos a la basura?”, los alumnos demostraron tener conocimiento variado respecto de lo que sucede con los residuos orgánicos tras su disposición inicial (Figura 9). En general, los estudiantes entienden que los residuos orgánicos atraviesan una etapa de descomposición que produce mal olor, y la aparición de microorganismos. Algunos mencionan que esto trae como conciencia la contaminación del ambiente; y otros indican que estos desechos se transforman en abono para las plantas.

¿Qué crees que sucede con los residuos orgánicos después de que los tiramos a la basura?

11 respuestas

se van a quemar

Pienso que se descomponen

Se pudren y cuando van al basural no sirve de nada xq empeora el olor y los micro organismos se alimentan de los residuos

los residuos orgánicos se pudren

Se descomponen y contaminan el medio ambiente

Algunos se producen en abonos

Los residuos orgánicos una vez que se utiliza se descarta y se tiran a la basura después se van descomponiendo

Los residuos orgánicos son cosas que no tienen intuición

Los residuos orgánicos son cosas que no tienen ningún tipo de utilización

Cuando tiramos residuos orgánicos a la basura, ocurre lo siguiente: - Descomposición por microorganismos - Fermentación en ausencia de oxígeno - Putrefacción y degradación en compuestos químicos simples - Emisiones de gases de efecto invernadero como metano y dióxido de carbono Pero, si se compostan, se convierten en abono, reduciendo residuos y emisiones.

Cuando tiramos residuos orgánicos a la basura, ocurre lo siguiente: - Descomposición por microorganismos - Fermentación en ausencia de oxígeno - Putrefacción y degradación en compuestos químicos simples - Emisiones de gases de efecto invernadero como metano y dióxido de carbono

Figura 9. Disposición final de los residuos sólidos.

El 75% de los estudiantes conoce algún problema ambiental relacionado con los desechos (Figura 10)

¿Conoces algún problema ambiental relacionado con los desechos?
12 respuestas

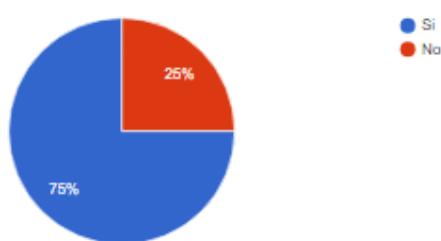


Figura 10. Porcentaje de alumnos con conocimientos

Como se observa en la Figura 11, el 54,5% del total de estudiantes encuestados, tiene noción de que algunos residuos pueden producir un gas, llamado biogás, y que presenta propiedad comburente.

¿Sabías que algunos desechos pueden producir un gas, llamado biogás, que se puede quemar?
11 respuestas

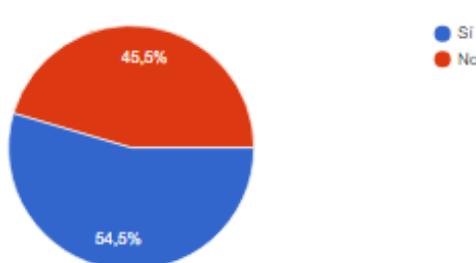


Figura 11. Porcentaje de alumnos con conocimientos de la producción de biogás

En esta línea, el 36,4% de los participantes cree que la producción de biogás, además puede ayudar a reducir la contaminación ambiental, sin embargo, el 9,1 % opina que no. (Figura 12). En este punto, sería interesante organizar un debate guiado sobre este tema, señalando que, si el biogás producido no se utiliza de manera efectiva y se libera a la atmósfera, puede ser mucho más contaminante que el CO₂.

¿Crees que la producción de biogás puede ayudar a reducir la contaminación ambiental?
11 respuestas

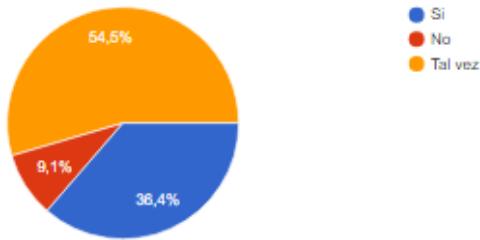


Figura 12. Porcentaje de alumnos con conocimientos de la producción de biogás

La Figura 13 evidencia que al 83,3% de los alumnos les interesaría aprender cómo se pueden aprovechar los residuos para generar energía limpia. En línea con esto, sería conveniente guiar una discusión sobre lo que significa "energía limpia" y el impacto ambiental del biogás fundamental para promover una comprensión crítica entre los estudiantes sobre las energías renovables. Al guiar a los alumnos hacia una reflexión profunda sobre estos conceptos, se fomenta un diálogo educativo enriquecedor que puede llevar a soluciones más sostenibles y responsables en el manejo de residuos y producción energética.

¿Te gustaría aprender cómo podemos aprovechar los desechos para generar energía limpia?
12 respuestas

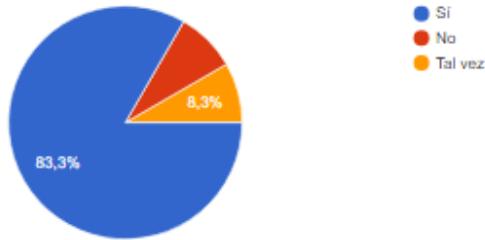


Figura 13. Porcentaje de alumnos con conocimientos de la producción de biogás

B) Intervención áulica

Mediante la utilización de los recursos digitales para el desarrollo del tema “Compuestos Covalentes” se logró la construcción del conocimiento por medio de la participación activa del alumnado (Figura 14)



Figura 14. Presentación del tema “Compuestos Covalentes”

Además, los alumnos lograron construir biodigestores utilizando botellas PET de 500 ml, globos y jeringas de 5 y 10 ml, como se observa en la Figura 15. Con esto se consiguió que los alumnos logren

vincular los contenidos curriculares con temas relacionados con las energías renovables, específicamente el biogás y su importancia como recurso sostenible. A través de esta conexión, los estudiantes comprendieron la relevancia de compuestos como el dióxido de carbono y el metano en la producción de biogás y en los procesos de digestión anaeróbica que ocurren en los biodigestores. Esta comprensión se evidenció en el debate generado en clase, donde los alumnos presentaron argumentos sobre la importancia de estos compuestos en la naturaleza.



Figura 15. Construcción de Biodigestores en formato kit

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación revelan que los biodigestores en formato kit tienen un alto potencial educativo, superando las clases tradicionales expositivas que utilizan fibra y pizarra. Al permitir a los estudiantes interactuar directamente con conceptos científicos, se fomenta un aprendizaje más profundo y se promueve una mayor conciencia ambiental. Estos sistemas son fáciles de construir y manejar, lo que facilita la realización de experiencias áulicas y permite abordar diversas temáticas, integrando áreas como tecnología, física, química, matemática, biología, ecología y educación ambiental.

Además, el biogás producido por estos biodigestores puede aprovecharse como combustible para cocinar o calentar agua en las instalaciones educativas, lo que reduce la dependencia de combustibles fósiles y proporciona una fuente de energía renovable. Este recurso representa una parte significativa de la matriz energética eléctrica del país y su desarrollo no solo mejora la sostenibilidad ambiental, sino que también fortalece la economía local. Por lo tanto, que estas actividades insertadas en el sistema educativo contribuyen a la concientización de los jóvenes brindándoles nuevas oportunidades para su inserción laboral ante las nuevas necesidades del sistema energético.

REFERENCIAS

- Aguilera, J (2022). Enseñanza de las energías alternativas como modelo praxeológico en la educación ambiental. Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología de la Universidad Politécnica Territorial de Maracaibo. Vol. 9 N°1, 29-44. <http://recitiutm.iutm.edu.ve/index.php/recitiutm/article/view/230/html>
- Barbosa de Lima, Cerílio; Monskolski, Alexandre; Galvão de França, Jakeline; Mendes, Marciane Maria. Uso de biodigestor didáctico e técnica de animação para ensino de Química aos educandos indígenas. Revista Educação Pública, v. 21, nº 1, 12 de janeiro de 2021. <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/1/uso-de-biodigestor-didatico-e-tecnica-de-animacao-para-ensino-de-quimica-aos-educandos-indigenas>
- Cartaxo, A.D., Leite, V.D., Albuquerque, M.V., Lopes, W.S., & Cartaxo, M.A. (2020). Biodigestor caseiro como ferramenta metodológica para o ensino de educação ambiental nas escolas. R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 2, p. 214-230. <https://www.semanticscholar.org/reader/866a99722397d6b8ebb1e1886be7d42a5e53e9b9>
- García Páez, Virginia (s.f.). MANUAL DE BIOGÁS. Conceptos básicos. Beneficios de su producción y la aplicación de sus sub-productos. Direccin de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático. Provincia de Buenos Aires. https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_de_Biogas01.pdf

- Hidalgo Osorio, W. A., Vásquez Carrera, P. J., Espinosa Cunuhay, K. A., & Morales Tamayo, Y. (2019). Desechos orgánicos que generan gas a través de un biodigestor diseño experimental en la parroquia Guasaganda de la ciudad de la Maná. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 190-205. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.558>
- Monzón V, Sogari N (2018) Biogás: Una alternativa sustentable para su implementación en laboratorios escolares rurales. *Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*. V5.2018/2019.
- Pereira, M. (2015). Las energías renovables ¿Es posible hablar de un derecho energético ambiental? Elementos para una discusión. *Jurídicas CUC*, 11(1), 221-242. doi: <http://dx.doi.org/10.17981/juridcuc.11.1.2015.10>
- Plaza, G., Otero, M. del C., y Ruiz, C. (2012). El biodigestor como recurso didáctico en la educación. *Avances En Energías Renovables Y Medio Ambiente - AVERMA*, 9–14. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2381>
- Quintero Puentes, J. D. (2016). Construcción de un biodigestor y sus implicaciones en la enseñanza de la química: una experiencia de aula basada en una cuestión socio científica (CSC). *P.P.D.Q. Boletín*, (54). <https://doi.org/10.17227/PPDQ.2015.num54.4049>
- Simões Cacuassa, A. S., Yanes López, G., & Álvarez Díaz, M. B. (2019). Transversalidad de la educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(5), 25-32.
- Sotelo Galfrascoli, L.;Sogari, N y Ricciardi, E. (2023). Diseño, construcción y funcionamiento de biodigestores en formato kit para su implementación en laboratorios escolares. *Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica*. 8. 29-42. 10.30972/fac.3306842.
- Varnero Moreno, M. T (2011). “Manual de Biogás”. Mineregía /PNUD/FAO/GEF. Chile 2011. ISBN 978-95-306892-0. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>.

STUDY OF THE OPERATION OF KIT FORMAT BIODIGESTERS AND THEIR DIDACTIC APPLICATION FOR TEACHING AT THE SECONDARY SCHOOL

ABSTRACT: This paper presents the analysis of the operation of biodigesters in kit format as tools for teaching content related to renewable energies in basic education. The objective was to evaluate the design, operation and effectiveness of this technology to achieve integral learning. The target audience were teachers and students in the 3rd year of secondary school, between 14 and 15 years old, attending an educational institution in the city of Corrientes. The methodology consisted, initially, in the construction of prototypes in the university laboratory and in a classroom intervention to evaluate the motivation, learning and participation of students in physicochemistry classes. The results indicated that the biodigesters present a high pedagogical potential for understanding concepts related to the nature of chemical compounds. Students were able to link this knowledge to the chemical composition of biogas and recognize its importance in the production of renewable energy. Taken together, these findings suggest that the use of biodigesters in the classroom contributes to fostering comprehensive learning and developing greater environmental awareness among students.

Key words: biogas, biodigester, energetic didactic.