

10.30972/fac.3306842

# Diseño, construcción y funcionamiento de biodigestores en formato kit para su implementación en laboratorios escolares.

---

Sotelo Galfrascoli, L. V.<sup>1</sup>, Sogari, N.<sup>2</sup> y Ricciardi, E. (\*)

## Resumen

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer el proceso de diseño y elaboración de dispositivos que permitirán la transferencia de tecnología, para realizar experimentos educativos que demuestren las transformaciones de la energía con recursos naturales renovables, además de promover el cuidado ambiental. Teniendo en cuenta las acciones a implementarse en las escuelas con los digestores anaeróbicos como ser: construcción, instalación y carga con residuos orgánicos, operación, descarga del bioabono, observación de la generación de biogás como energía no convencional, se logró la construcción de dispositivos generadores de biogás de carga semicontinua y de sistemas Bach con la reutilización de botellas PET. Para el análisis del funcionamiento de estos sistemas digestores se utilizaron diferentes tipos de sustratos.

**Palabras claves:** Biodigestores. Energía. Biogás. Transferencia. Educación Ambiental.

## Abstract

*The objective of this work is to publicize the process of designing and elaborating devices that will allow the transfer of technology, to carry out educational experiments*

---

1. Becaria de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura de la Universidad Nacional del Nordeste.

2. Directora del proyecto financiado por SGCYT de la UNNE PI: 17F015. Grupo de Investigación de Energía Sustentables y Medio Ambiente (GIESMA). Departamento de Física e Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. E-mail: nsogari@exa.unne.edu.ar

(\*) Cómo citar este artículo: Sotelo Galfrascoli, L. V., Sogari, N. y Ricciardi, E. (2023). Diseño, construcción y funcionamiento de biodigestores en formato kit para su implementación en laboratorios escolares. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica: claves para el desarrollo, 8(1), 29-42. <http://dx.doi.org/10.30972/fac.3306842>

*that demonstrate the transformations of energy with renewable natural resources, in addition to promoting environmental care. Taking into account the actions to be implemented in schools with anaerobic digesters such as: construction, installation and loading with organic waste, operation, biofertilizer discharge, observation of biogas generation as non-conventional energy, the construction of generating devices was achieved. semi-continuous loading biogas and Bach systems with the reuse of PET bottles. For the analysis of the functioning of these digester systems, different types of substrates were used.*

**Keywords:** Biodigesters. Energy. Biogas. Transfer. Environmental education.

## **Introducción**

En el año 1667 Shirley obtuvo los primeros indicios de la existencia del biogás, al observar la presencia de burbujas que emanaban del fondo de los pantanos (“gas de los pantanos”). En el año 1776, Alessandro Volta colectó gas del lago Komo para examinarlo, demostrando que la formación del gas depende de un proceso de fermentación que puede formar con el aire una composición explosiva, fue el primero en relacionar el gas con la descomposición vegetal en los pantanos.

En 1808, fue el punto de partida de la primera investigación, a cargo de Humphry Davy quien detectó gas metano en la descomposición del estiércol vacuno. Posteriormente, en el año 1866, experimentos aislados dirigidos por L. Pasteur demostraron la factibilidad de aprovechar la capacidad de combustión del metano con fines energéticos (Hilbert, s.f.)

Hacia 1890 se construyó el primer biodigestor a escala real en la India, y en 1896, en una pequeña ciudad de Inglaterra, Exeter, el biogás encontró una aplicación pública, permitió iluminar una de sus principales calles a partir del gas recolectado de los biodigestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad.

Actualmente, los países con tecnología más avanzada con la aplicación de biodigestores son China, India, Holanda, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia, EE UU, Filipinas y Alemania. A lo largo de todos estos años, la tecnología para digestión anaeróbica fue especializándose y actualmente se utiliza en diferentes campos con objetivos variables (Peñuela y Cárdenas, 2022).

En la Argentina, los biodigestores, comenzaron a construirse a fines de los años 1980 y desde entonces prosperaron para abastecer escuelas rurales, comedores escolares, guarderías, hogares y centros comunitarios de Santa Fe, Buenos Aires, Córdoba, Chaco, Entre Ríos, Misiones, San Juan. En el año 1988 el Instituto de Estudios de la Energía de la Facultad de Química y la Escuela de Agricultura Ganadería y Granja, instituciones dependientes de la Universidad del Litoral, han construido un biodigestor demostrativo en el tambo de la escuela. El fermentador almacenaba aproximadamente un volumen de 2000 litros de mezcla, generando entre 2.95 y 4.50 m<sup>3</sup> de biogás por día (Gropeli, 2001).

En 2011, se instaló en el matadero municipal La Candelaria, en la provincia de

Salta, un biodigestor de 30 metros cúbicos de seis metros de altura y tres de diámetro, que permite, mediante el proceso anaeróbico, tratar todos los residuos urbanos para generar biogás y fertilizantes reduciendo la contaminación ambiental.

Un año después, en el 2012, también en la provincia de Salta, se propuso construir un modelo de biodigestor escolar demostrativo del tipo discontinuo, simple, económico y de fácil operación, para trabajar dentro y fuera del aula, logrando que el alumno entienda y maneje esta práctica tecnológica que articula con diversos espacios curriculares (Plaza et al., 2012).

Desde 1998, el grupo de investigación GIESMA (Grupo de Investigación, Desarrollo y Transferencia de las Energías Sustentables y del Medio Ambiente), dirigido por la directora del presente trabajo, Dra. Noemí Sogari, 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.

A continuación, mencionaremos algunos trabajos de investigación realizados por GIESMA en relación al Desarrollo y Transferencia de Energías sustentables:

- En el año 2003 se puso en funcionamiento un biodigestor demostrativo de 200 litros en la Granja Ecológica Che Roviá en la provincia de Corrientes. Para la fermentación anaeróbica se utilizó excremento de cerdos como biomasa. La demostración de generación de biogás fue realizada a partir de la combustión del biogás en un mechero De Busen que luego, se utilizó para calentar agua.
- Hacia el 2018, en la FaCENA de la UNNE, se logró construir un sistema generador de biogás con el objeto de abaratar costos, se adaptó un tanque de agua de 200 litros de capacidad (Fig.1), para que funcione como digestor de carga semicontinua. Se utilizó como material de carga, estiércol de vaca proveniente de tambos. El monitoreo del funcionamiento del sistema se llevó a cabo mediante sensores de temperatura, humedad, carga, cantidad de metano conectados a un sistema de control. Además, en el mismo año se iniciaron los primeros ensayos de construcción de un prototipo de kits educativo para laboratorio construido con material reciclable (Fig.2) (Monzón y Sogari, 2018).



Figura 1. Sistema generador de biogás.



Figura 2. Sistema: Biodigestor-gasómetro

- En el 2019, se realizaron talleres de difusión y capacitación de uso y aprovechamiento de energías renovables destinadas a alumnos y docentes de distintos niveles educativos de zonas rurales (Fig. 3). La Escuela de la Familia Agrícola (EFA) “El Zanjón” de Quitilipi, perteneciente a la localidad del Chaco, fue una de las escuelas donde se realizó el taller de construcción de sistemas generadores de biogás a escala de laboratorio, usando materiales reutilizables. La experiencia consistió en el armado de equipos simples usando botellas, mangueras, selladores.



*Figura 3. Desarrollo de talleres taller de construcción de sistemas generadores de biogás a escala de laboratorio, usando materiales reutilizables.*

Los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas por GIESMA fueron de utilidad para orientar el presente trabajo.

Con esta investigación se pretende proponer otros diseños de sistemas de biodigestores de simple armado, funcionales y didácticos para que los alumnos puedan construirlo y perciban las transformaciones químicas, biológicas y físicas que sufre la materia orgánica en el proceso de digestión anaeróbica; y que, no solo conducen a la producción de biogás, sino que, además, pueden generar un residuo estabilizado (digerido) que tiene propiedades adecuadas para ser utilizado como biofertilizante. El biodigestor, además de energía, también contribuye al saneamiento de los hogares, eliminando olores y brotes de contaminación de residuos orgánicos. Otra de las ventajas de trabajar con estos sistemas en los colegios es el bajo costo que tiene su fabricación y de mantenimiento ya que, pueden ser alimentados por material recolectado en los hogares de los alumnos y docentes.

Por otra parte, la transferencia tecnológica de los sistemas anaeróbicos a escuelas, tanto urbanas como rurales, favorecen la reflexión de los estudiantes, incluyendo las implicancias entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA). Esto lleva a pensar en la importancia de la enseñanza de la economía circular en el aula, que implica reflexiones que van desde la forma en que consumimos alimentos hasta cómo nos vestimos, que el/la alumno/a aprenda cómo aprovechar al máximo los recursos, reciclar y revalorizar, innovar, emprender y cuidar el medioambiente. Por eso, la educación y el consumo

responsable son centrales para lograr esta mirada de triple impacto: social, económica y ambiental.

El enfoque pedagógico que orienta la finalidad de este trabajo es el de Enseñanza y Aprendizaje Basados en Proyectos (EABP), implica formar equipos integrados por personas con perfiles diferentes, áreas disciplinares, profesiones, idiomas y culturas que trabajan juntos para realizar proyectos con la finalidad de solucionar problemas reales. Estas diferencias ofrecen grandes oportunidades para el aprendizaje y preparan a los estudiantes para trabajar en un ambiente y en economías diversas y globales (Galeana, 2006). En este sentido, tras la implementación de esta estrategia didáctica, con orientación constructivista, los estudiantes toman un rol protagónico, intelectualmente activo, y aprenden las grandes ideas de las disciplinas desarrollando al mismo tiempo capacidades de planificación, resolución de problemas, colaboración y comunicación. Así, este abordaje apunta a que los alumnos no solamente construyan nuevos saberes, sino que puedan transferir esos aprendizajes a nuevas situaciones y usar el conocimiento en contextos que van más allá del aula y de la escuela.

Además, el desarrollo de estos sistemas de digestión anaeróbica contribuyen a la toma de conciencia sobre el manejo y la reutilización de la basura domiciliaria, en especial de aquellos materiales como el plástico que tienen la particularidad de ser: productos accesibles, duraderos, maleables, fáciles de manipular, extremadamente ligeros, resistentes, utilizados para muchos usos.

## **Metodología**

“Con esta tecnología se lleva a cabo un proceso de digestión anaerobia que trabaja bajo el principio de que en ausencia del oxígeno las bacterias presentes en el residuo orgánico fomentan un proceso de degradación caracterizada por la existencia de 4 fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, interviniendo cinco grandes poblaciones de microorganismos” (Besel, 2007).

*Diseño y construcción de los diferentes sistemas generadores de biogás.*

*Modelo A.* Para este primer diseño (Fig. 4 y 5), se consideró la posibilidad de construcción y operación de biodigestores por docentes y alumnos del nivel primario, que permita el desarrollo de habilidades manuales y la familiarización con el fenómeno de producción de biogás a partir de la digestión anaeróbica. Los niños a la edad de 6 a 12 desarrollan la capacidad de pensar de maneras concretas alrededor de objetos y eventos, aprenden de forma participativa, apoyados en experiencias dentro y fuera de la escuela, descubriendo sus aptitudes, recopilando experiencias y sacando sus propias conclusiones.

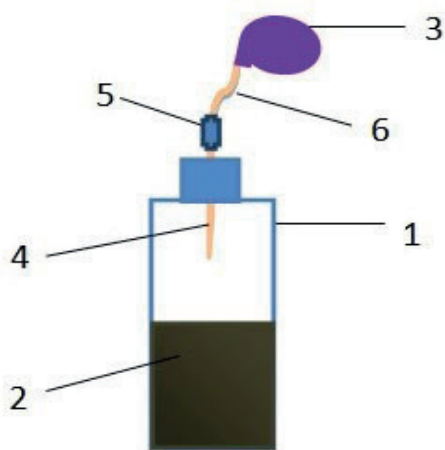


Figura 4. Esquema sencillo del dispositivo A.  
Referencias del esquema: 1) Botella PET de 2 ½ lts. 2) Materia orgánica reciclable. 3) Globo para comprobar la producción de biogás. 4) Tubo de salida con material reutilizable. 5) Válvula con regulador de salida de biogás. 6) Manguera de gas por donde circula el biogás una vez producido.



Figura 5. Biodigestor para nivel primario.

Para la puesta en marcha de este biodigestor de tipo semicontinuo se utilizó yerba mate como sustrato.

*Modelo B.* Paralelamente, se construyó un biodigestor con algunas modificaciones respecto al dispositivo A como se observa en la Fig. 6. En este caso, se utilizó, como sustrato, una mezcla de yerba mate más restos de vegetales.



Figura 6. Biodigestor semicontinuo con algunas modificaciones.

*Modelo C.* Para esta propuesta se pensó en un dispositivo (Fig. 7 y 8) que se pueda adaptar a un nivel medio de la educación. En este grupo de alumnos de edades que van desde los 13 a los 18 años, etapa del desarrollo que se caracteriza por una forma de pensamiento más complejo. Este tipo de pensamiento también se conoce como la elaboración de operaciones lógicas formales. Se puede trabajar de forma transversal con las diferentes áreas educativas. Por ejemplo, el estudio de células procariotas como las bacterias en Biología; las transformaciones químicas entre los diferentes compuestos que intervienen en el proceso, estequiometría, propiedad de los gases ideales en Química; la presión de un gas, el principio de Arquímedes, presión hidrostática, diferencia de densidades, relación entre propiedades físicas

en el área de Física; y otras áreas como Matemática, Economía, Ecología, etc. Estas relaciones entre espacios curriculares permiten al alumno un aprendizaje significativo durante su paso por la escuela.

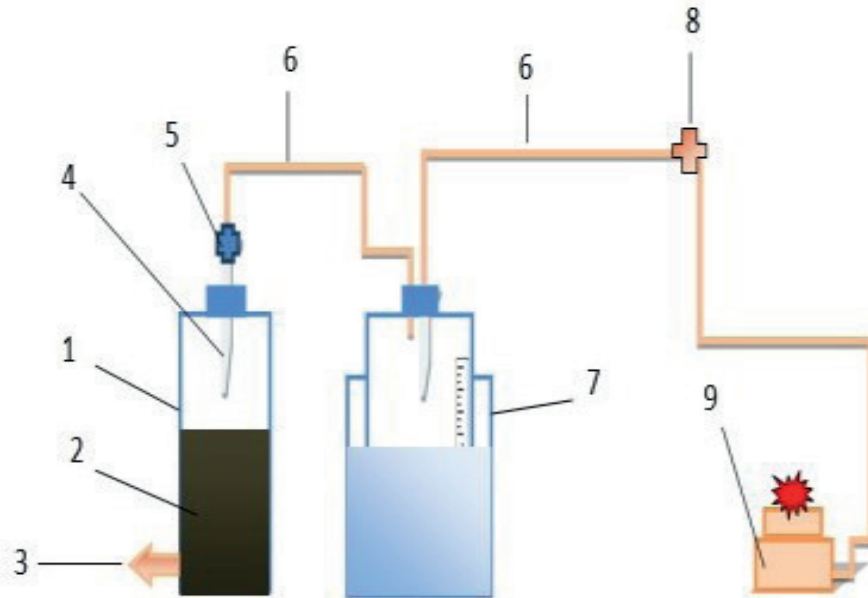


Figura 7. Diseño de biodigestor de tipo Bach. Referencias del esquema: 1) Biodigestor propiamente dicho construido con material reutilizable (botella de plástico PET de 2 ½ Lts) herméticamente cerrado. 2) Materia orgánica reciclable. 3) Salida de biofertilizante producido a partir del proceso anaeróbico. 4) Tubo de salida. 5) Válvula de cierre, paso de gas metano. 6) Manguera de gas por donde circula el biogás una vez producido. 7) Gasómetro flotante/ trampa de gas construido con materiales reutilizables (botella de plástico de 6L PET). 8. Llave de paso de gas. 9) Mechero o estufa de quema de gas.

Para el proceso de fermentación se utilizó, como sustrato, estiércol de cerdo. Para evitar la pérdida de calor hacia el exterior se cubrió a la cámara de producción de biogás con el envoltorio de un producto comercial que fue reutilizado.



Figura 8. Digestor de tipo Bach con campana flotante.

*Modelo D.* Para el siguiente diseño y construcción se realizaron algunas modificaciones del modelo B, específicamente en la construcción del gasómetro trampa de agua como se pueden observar en las figuras 9 y 10.

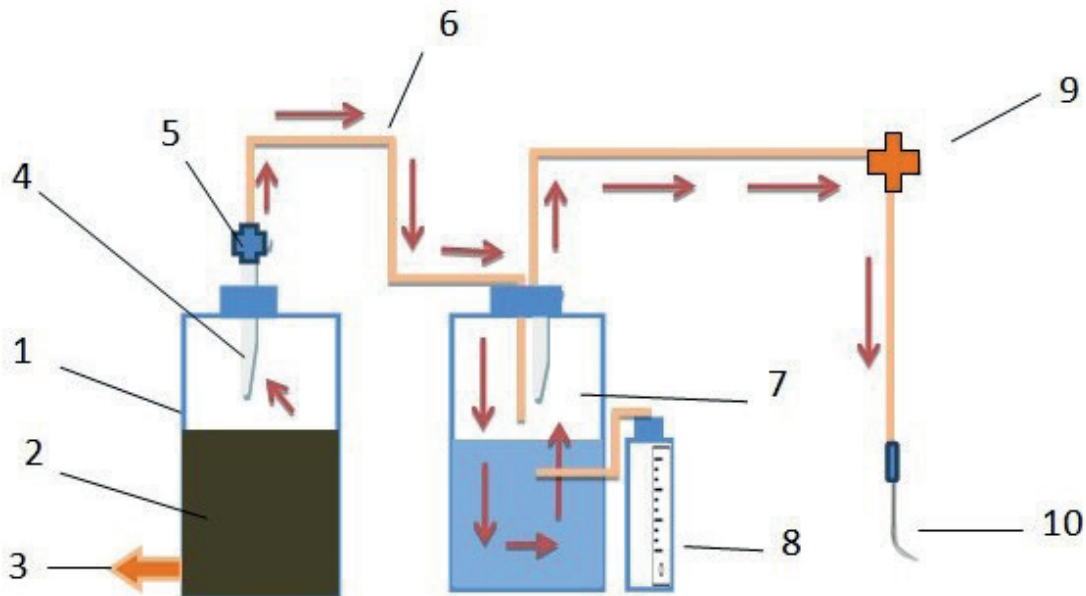


Figura 9. Esquema sencillo de biodigestor de tipo Bach. Referencias del esquema:  
 1) Biodigestor propiamente dicho construido con material reutilizable (botella de plástico PET de 6Lts) herméticamente cerrado. 2) Materia orgánica reciclable. 3) Salida de biofertilizante producido a partir del proceso anaeróbico. 4) Tubo de salida del biogás producido. 5) Válvula de cierre, paso de gas metano.  
 6) Manguera de gas por donde circula el gas metano una vez producido. 7) Gasómetro/trampa de gas construido con materiales reutilizables (botella de plástico PET). 8) Reservorio (botella de plástico de 500ml) para medir el volumen del líquido desplazado por el biogás producido. 9) Llave de paso de gas. 10) Mechero o Estufa de quema de gas elaborada con material reutilizable (bombilla metálica para mate).



Figura 10. Biodigestor de tipo Bach. Sustrato: Guano de gallina



Figura 11. Cubierta adicional para mantener el rango de temperatura aceptable de fermentación.

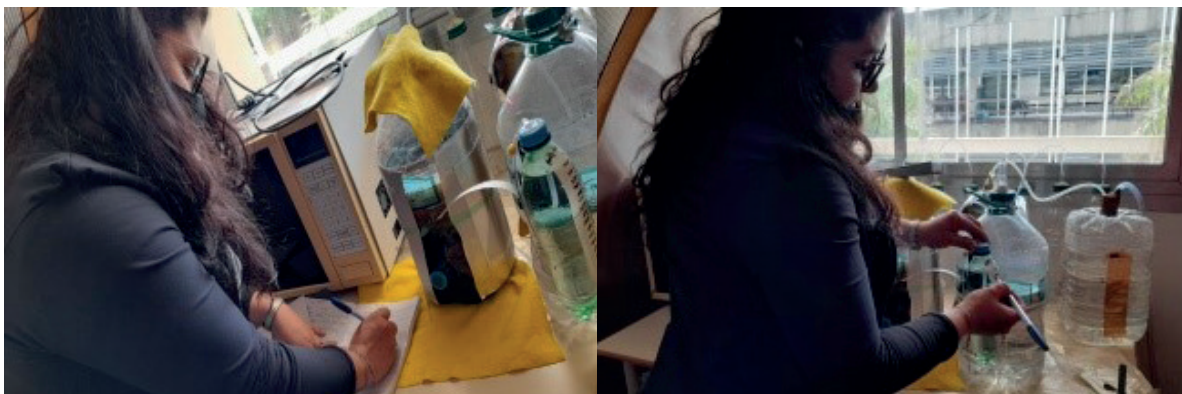
Para mantener la temperatura aceptable de la cámara de digestión en los días de temperaturas de menor 20°C se optó por cubrir a la misma reutilizando una caja de producto lácteo, como se observa en la figura 11.



### *Operación de biodigestor anaeróbicos*

#### *Control de condiciones de trabajo (Fig.11)*

- Digestores a temperatura ambiente. La temperatura de trabajo estuvo comprendida entre 20°C y 26°C (Rango Psicrófilico)
- La agitación se realizó de forma mecánica, manual y periódica.



*Figura 11. Control de las condiciones del proceso de fermentación*

- A partir del volumen de agua desplazado en el gasómetro (Biodigestor C y D) por el gas producido se calculó la producción de biogás a los 12 días de fermentación.
- Se realizó el cálculo de la presión absoluta del gas a partir de la presión hidrostática manométrica mediante.

Estos cálculos (volumen de biogás producido, presión manométrica) pueden ser considerados en la planificación áulica como actividades prácticas para el manejo de datos en distintas áreas curriculares como por ejemplo Físico-Química, Matemática, etc., que contribuirá a la integración de saberes.

### **Resultados**

En los biodigestores A, B y C, al no presentar válvulas de seguridad para prevenir altas presiones de biogás, se produjeron pérdidas importantes del mismo, y a esto se le sumó un considerable ingreso de aire desde el exterior que influyó en la producción del biogás. Se deberán tener en cuenta estos factores (válvula, conexión de mangueras, sellado en conexiones, etc.) para la construcción de futuros dispositivos considerando que estos serán elaborados por los propios docentes y alumnos de los establecimientos escolares.

Biodigestor A. A pesar de las pérdidas de gas antes mencionado, se logró comprobar la producción de biogás en este dispositivo mediante la observación de un pequeño aumento de volumen del globo (Fig.12. a) por la expansión en su interior del gas producido.



Figura 12. Expansión del gas producido en el globo

Como resultado de la fermentación se obtuvo bioabono, caracterizado por la aparición de dos fases: Biol (fase líquida, muy útil para ser utilizado en zona de riego) y Biosol (fase sólida, fertilizante similar al compost). (Fig.12.b) que serán utilizados para futuras pruebas de fertilización de suelo en espacios naturales de la Facultad de Ciencias Exactas – UNNE.

*Biodigestor B.* Tanto en este dispositivo como en el que nombramos anteriormente se observó la formación de una capa superficial de hongos (Fig.13) como consecuencia del ingreso de aire en el biodigestor. Esto se debe a que la mayor parte de los hongos son aeróbicos y por lo tanto necesitan oxígeno para el desarrollo de sus reacciones metabólicas.

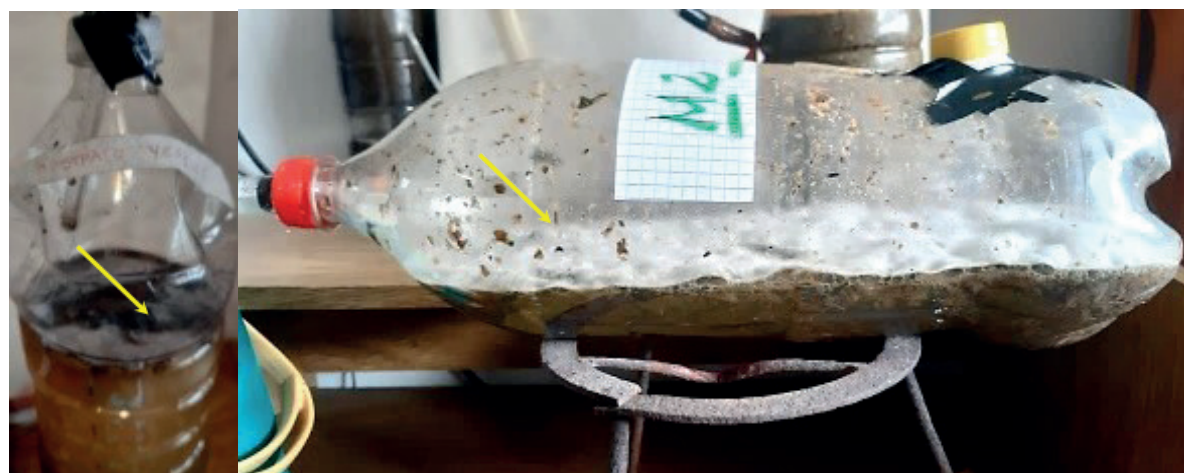


Figura 13. Formación de una capa superficial de hongos

*Biodigestor C.* En este caso se comprobó la fuga de gas por la formación de burbujas (Fig. 14) al utilizar detergente en las partes donde se sospechaba la pérdida del fluido.



Figura 14. Pérdida de gas que se comprueba por la formación de burbujas utilizando detergente.

Por otra parte, se observó un pequeño desnivel de 1 cm de longitud en el gasómetro. Con este dato hallamos la cantidad de gas producido, un volumen de  $201.06\text{cm}^3$ .

Biodigestor D. En este sistema no se percibió pérdida de biogás. A los 12 días de inicio del proceso, el agua contenida en el gasómetro es desplazado al recipiente de recolección marcando un volumen total de  $430\text{cm}^3$  (0.43lts) correspondiente al biogás producido de la fermentación del guano de gallina. El volumen de agua desplazado se pasó a un recolector de 2Lts. (Fig.14)



Figura 14. Obtención de biogás. Nivel de agua desplazada por la rama lateral del gasómetro (presión hidrostática)

## Conclusiones

De acuerdo con los objetivos del trabajo de investigación se logró construir sistemas de fermentación anaeróbica de fácil construcción y manejo para ser utilizados como recurso didáctico para su aplicación dentro y fuera del aula, logrando que el alumno pueda entender y manejar esta práctica tecnológica que articula con diversos espacios curriculares.

El proceso para obtener biogás dentro de los diferentes modelos de digestores anaeróbicos es por medio de sistemas semicontinuos y de tipo Batch elaborados a partir de material reutilizables como botellas PET y, en los que se fermentan residuos de materia orgánica degradables.

Los resultados de este trabajo apoyan el desarrollo del contenido presente en NAP (Núcleo de Aprendizajes Prioritarios) del Ciclo Básico de la Educación Secundaria Obligatoria del área de las Ciencias Naturales, del espacio curricular Físico-Química (reacciones químicas, su representación y significado, variables que influyen en las reacciones químicas cotidianas, contenidos sobre energía, su clasificación en energía renovable y no renovable, y que promueven su uso responsable y eficiente, etc.), y del Ciclo Orientado, de los espacios curriculares de, por ejemplo, Química ( Eje: en relación con las propiedades, estructuras y usos de los materiales; Eje: en relación con las transformaciones químicas de los materiales), y Física (en análisis y la composición de los fenómenos físicos que tienen lugar en la obtención de energía de distintas fuentes actuales y futuras).

Por último, se sugiere seguir trabajando en la búsqueda del sustrato adecuado que permita obtener un alto rendimiento en la producción del metano, y que estos datos sirvan para dimensionar la producción a una mayor escala.

## **Bibliografía**

- Argentina. Ministerio de Educación de la Nación (2012). Núcleos de Aprendizajes Prioritarios. Ciencias Naturales. Ciclo Básico Educación Secundaria. 1º y 2º/2º y 3º Años. Buenos Aires: Autor.
- Argentina. Ministerio de Educación de la Nación (2012). Núcleos de Aprendizajes Prioritarios. Ciencias Naturales- Biología, Física, Química- Campo de Formación General Ciclo Orientado de la Educación Secundaria. Buenos Aires: Autor
- Besel, S. A. (2007). “Biomasa Cultivos Energéticos”. IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Fondo Editorial. Madrid.
- Chrobak Ricardo (2017) El aprendizaje significativo para fomentar el pensamiento crítico. Revista Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Ciencias de la Educación Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021). <https://www.argentina.gov.ar/ambiente/accion/que-es-educacion-ambiental>.
- Echarte, M. M., Pose, N. y Sanz, M. E. (2020). Entendiendo la importancia de la alimentación en la digestión anaerobia. Revista RedBioL AC. Cuarta

edición, 2020. Red de Biodigestores de Latinoamérica y el Caribe. ISSN: 2393-7394 (formato físico), 2393-7408 (formato digital).

Freire Rosales, E. del C., Williams, S. A. (2013). Implementación de un Biodigestor para la obtención de un BIOL mediante procesos anaeróbicos. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6952>

Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. Revista Ceupromed, 1(27), 1-17.

Groppelli, E y Giampaoli, O. (2001). El camino del biodigestor. Ambiente y Tecnología socialmente apropiada. Universidad del Litoral.

Hilbert, J. A. (s.f.) Manual para la producción de biogás. Instituto de Ingeniería Rural. I.N.T.A. Castelar.

Jaramillo, L. (2019). Las ciencias naturales como un saber integrador. Sophia: Colección de la Educación, 26(1), pp.199-221.

Jong, O. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las escuelas de química: dilemas y soluciones. Enseñanza de las ciencias, 1998, 16 (2), 305-314.

Medina, G, Monzón, V., Mena, C., Sogari, N. y Ricciardi, E. (2019). Producción de biogás en escuelas rurales. Revista Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica. V5/ 2019.

Mittleitner, H. (2000). "Biogas-Praxis in Bayern. Praxisbeispiele, Auswertung von Betriebsdaten, Verstromung." Landtechnik – Bericht.

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.

Peñuela, Sergio A. y Cárdenas F, Erley (2022). Obtención de biogás a partir de cáscaras y residuos sólidos de alimentos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería Ingeniería de Alimentos.

Plaza G., Otero M. del C. y Ruiz C. (2012). El biodigestor como recurso didáctico en la educación. Facultad de Ingeniería CONICET. Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta.

Sogari et al. (2000). "Diseño De Un Biodigestor Para Obtener Metano

Utilizando Excremento De Vacas Y Cerdos En La Escuela Agrotécnica De La U.N.N.E Avances de Energías Renovables y Medio Ambiente ISSN 0329-5184.

Torrijos M. (2016). State of Development of Biogas Production in Europe. *Procedia Environmental Sciences* 35 (2016) 881 – 889

Wellinger, A. (1991). “Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Anlagen”. Verlag Wirz AG, Aarau.