



Diseño de biodigestor casero para producción de biogás y fertilizante

Autores:

Merling Areli Cortez Hernández¹

Carlos Wilver Serrano López²

Recibido: 15 de marzo, aprobado: 15 de mayo.

Resumen:

Objetivo: Determinar el funcionamiento de un modelo de biodigestor casero para producción de biogás y fertilizante. Enfoque de la investigación: se consideró un enfoque de investigación mixta sin planteamiento de hipótesis. **Método:** se consideró un diseño experimental, sin manipulación de variables, con intervención del investigador. El alcance se estableció como explicativo, en el que se indagó sobre el funcionamiento de un biodigestor familiar productor de biogás y fertilizante. Para la obtención de la información, se trabajó con un diseño de recolección transversal y retrospectiva. **Resultados:** Los modelos de biodigestor fabricados lograron un buen funcionamiento ya que se logró generar biogás y fertilizante; sin embargo, después de cierto tiempo se requirió presión manual sobre el neumático, y el tiempo de duración de la llama no fue tan considerable. **Conclusión:** Se requiere que se continúe con otro diseño que incorpore mejoras al modelo que se utilizó para las pruebas de funcionamiento.

Palabras clave: reciclar, desechos orgánicos, reutilizar, biomasa, energías renovables no convencionales.

Abstract:

Objective: Determine the operation of a home biodigester model for the production of biogas and fertilizer. Research approach: a mixed research approach without hypotheses was considered. **Method:** an experimental design was considered, without manipulation of variables, with the intervention of the researcher. The scope was established as explanatory, in which the operation of a family biodigester producing biogas and fertilizer was inquired. To obtain the information, a cross-sectional and retrospective collection design was used. **Results:** The manufactured biodigester models achieved a good performance since it was possible to generate biogas and fertilizer, however after a certain time manual pressure on the tire was required, and the duration of the flame was not so considerable. **Conclusion:** It is necessary to continue with another design that incorporates improvements to the model that was used for the performance tests.

Keywords: recycle, organic waste, reuse, biomass, non-conventional renewable energy.

1 Maestra en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad. Docente de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador.

Correo: merling.cortez@ues.edu.sv Orcid:  <https://orcid.org/0000-0003-1512-2599>

2 Maestro en Sistemas Integrados de Gestión de la Calidad. Docente de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador.

Correo: wilver.serrano@ues.edu.sv Orcid:  <https://orcid.org/0000-0003-3144-3878>

Introducción

La búsqueda de alternativas energéticas de origen renovable y la disminución de gases de efecto invernadero provenientes de la descomposición de desechos orgánicos hacen del biogás una prometedora alternativa para la sustitución de combustibles fósiles y para la valorización energética de residuos orgánicos en zonas urbanas, rurales y agroindustriales. El biogás es una fuente de energía alternativa atractiva debido a que presenta una disponibilidad energética descentralizada, en tanto que su producción es posible siempre que existan fuentes de origen orgánico. (Severiche y Acevedo, 2013, p.6)

El uso de desechos y los “recursos renovables” para el suministro de energía no son conceptos nuevos, pues ya eran conocidos y utilizados mucho antes del nacimiento de Cristo. Los inicios del biogás se han fijado en base a hechos históricos que dicen que alrededor de 3000 años antes de Cristo los Sumerios ya practicaban la limpieza anaerobia de los residuos (Deublein y Steinhäuser, 2008).

El biogás es un gas compuesto principalmente de metano (CH_4) y dióxido de Carbono (CO_2), que se produce por la degradación bacteriana de la materia orgánica en ausencia de oxígeno (digestión anaeróbica), que puede ser utilizado como combustible. Al reciclar los desechos orgánicos de alimentos, residuos agrícolas, cultivos energéticos, pasto, residuos de cultivos, entre otros., la digestión anaeróbica extrae la energía en forma de biogás y el resto se convierte en biofertilizante (CEPAL, 2019, p.25).

El biogás es una mezcla de diferentes gases producidos por la descomposición anaeróbica de materia orgánica, como el estiércol y las basuras orgánicas. La composición química del biogás indica que el componente más abundante es el metano (CH_4); este es el primer hidrocarburo de la serie de los alcanos y un gas de efecto invernadero (Escalante et ál., 2007).

La descomposición de la materia orgánica en animales y plantas produce gases en el ambiente (Cabrera, 2011). Según Rodríguez y Urbina (2012), los biorreactores pueden reducir el impacto negativo del estiércol animal, que genera contaminación significativa en el

medio y contribuye al calentamiento global a través de la liberación de gases como el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) procedente de la fermentación de celulosa y almidón.

Según el Ministerio de Economía del Gobierno de Chile (2011, p.14) en su Manual de biogás, la generación de biogás se logra mediante el proceso de biodigestión anaeróbica, que es un proceso biológico complejo y degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de un substrato (estiércol y vegetales) son convertidos en biogás, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos, por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno o sus precursores. Utilizando el proceso de digestión anaeróbica es posible convertir gran cantidad de residuos, residuos vegetales, estiércoles, en subproductos útiles. En la digestión anaerobia, más del 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano, consumiéndose solo un 10% de la energía en crecimiento bacteriano.

Los biodigestores, reducen la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles las excretas de origen animal, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque; todo esto, debido a que, dichas excretas contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados que de otro modo podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas. (Alcort, 2014, p.97).

Los efectos emanados de los avances tecnológicos han sido combatidos por políticas ecológicas, las cuales nacen de la necesidad ambiental existente y tienen como fin la explotación de los recursos, a través de procesos que contribuyan con el cuidado ambiental (Guerra, 2014). El uso de biodigestores viene, por tanto, a ser una opción viable para reutilizar desechos orgánicos que al no ser utilizados simplemente se suman a la masa contaminante del planeta.

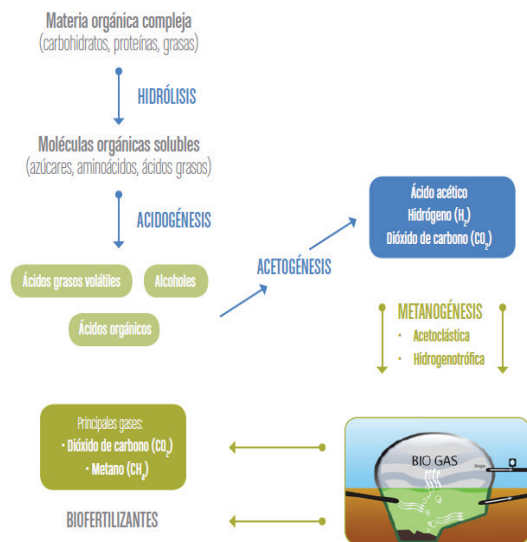
El biogás puede ser utilizado en la producción de energía eléctrica, para su combustión en motores o en la cocción de alimentos, lo que permitiría un beneficio económico. (Maya, 2015, p.76).

El biogás producido por el biodigestor, puede ser

utilizado tanto en el hogar, pues favorece la tarea de cocinar o preparar los alimentos, demostrándose con esto que, las familias pueden ahorrar dinero, lo que permite que las familias logren ahorrar dinero, al no comprar otro tipo de combustible, observándose también que la llama producida por este biogás presenta una llama de buena calidad, la cual no ahúma y es de un olor normal. (Nieto, 2014, p.154).

El proceso global puede ser dividido para su estudio en tres etapas principales (Figura 1), aunque debe comprenderse que en los digestores las reacciones ocurren simultáneamente: 1. Hidrólisis, 2. Acidogénesis y acetogénesis y 3. Metanogénesis (FAO, 2019, p.5):

Figura 1. Etapas de la digestión anaeróbica en un biodigestor, con producción de biogás y biofertilizante.



Fuente: FAO. 2019. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores.

La producción de biogás se convierte en una acción productiva sana para el medio ambiente, aplicable a zonas rurales con pobreza y extrema pobreza, para mejorar su calidad de vida al disminuir el gasto de gas propano. Otro beneficio del uso de biodigestores es que permite eliminar el uso de leña para cocinar, sobre todo en las zonas rurales, logrando con ello ayudar al medioambiente al disminuir la deforestación. En El Salvador, se han desarrollado los primeros proyectos de biodigestión anaeróbica, como alternativa a las prácticas tradicionales de tratamiento de los desechos orgánicos de las granjas porcinas y avícolas, logrando con esto la utilización de esos desechos que a cielo abier-

to dañan el medioambiente por emisiones de efecto invernadero.

En la comunidad de los Marranitos, en el Bajo Lempa, Jiquilisco, existe un proyecto de la Organización No Gubernamental, Fundación para la Cooperación y El Desarrollo Comunal de El Salvador (CORDES), con varios agricultores orgánicos para mejorar su calidad de vida (ver Figura 2). Se trata de una forma de conseguir energía sostenible y autónoma gracias a los biodigestores. Un sistema que logra gas a partir de excrementos del ganado y que cuenta con una tubería que va directamente a la cocina. Así, las familias se ahorran los problemas de la leña: cortarla, cargarla, secarla, partirla, el humo, el riesgo de incendio, entre (Mendoza et ál, 2017, p.15).

Gracias al apoyo de un organismo no gubernamental, y al ingenio de unas personas en Santo Domingo de Guzmán, San Pedro Puxtla y Guaymango, desde al año 2010 se cocina con biogás (ver Figura 3), el cual es producido artesanalmente con estiércol de cerdos (Mendoza et ál, 2017, p.16).

Figura 2. Biodigestor con el plástico cobertor dañado.



Nota: Biodigestor colapsado debido al inadecuado diseño que se llevó a cabo, el plástico cobertor no soportó la presión del biogás. Fuente: fotografía de ASOCIACIÓN FUNDACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO COMUNAL DE EL SALVADOR (CORDES), (2012).

La asistencia y los materiales para armar el biodigestor se los brindó la Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental (FUNDESYRAM) en el año 2010 por medio de la colaboración técnica del Ingeniero agrónomo Efraín Cerritos en San Pedro Puxtla, departamento de Ahuachapán, que además asiste los

municipios de Guaymango y Santo Domingo de Guzmán, departamento de Sonsonate (Mendoza et ál, 2017, p.17).

Figura 3. Promueven cocinas a base de gas de estiércol.



Nota: Cocina convencional adaptada para funcionar con un sistema de biodigestión. Fuente: Eduardo Portillo, la Prensa Gráfica (2010).

En El Salvador, como una forma de energía alternativa, se puede construir proyectos generadores de biomasa y biodigestores anaeróbicos (FUNDESYRAM, 2011, p.33). Es necesario crear dispositivos como el biodigestor mostrado en la Figura 4, que permitan eliminar los gastos en gas propano que se realizan en una familia y aprovechar los beneficios del fertilizante en el mejoramiento de suelos. Mediante la construcción de prototipos se verificará el nivel de funcionamiento del biodigestor, como parte del trabajo de esta investigación.

Figura 4. Modelo de biodigestor



Fuente: elaboración propia

Metodología

Se desarrolló un estudio con enfoque mixto, sin planteamiento de hipótesis, con un diseño de investigación experimental, de tipo transversal y tipo exploratorio. Las variables no fueron manipuladas, se recolectaron datos de forma pasiva, sin que los investigadores intervinieran en su modificación, y solo fueron observadas en su contexto. La búsqueda de información fue retrospectiva, pues se obtuvo información de los resultados de los modelos de biodigestores construidos.

Durante el ciclo académico II del año 2022 de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, se realizó una investigación documental y pruebas de campo, mediante observación directa y mediciones de tiempo de la cantidad y calidad de la llama fuego producido por el biogás, y medición de tiempo de la duración de llama. Se realizó pruebas piloto con 20 biodigestores, distribuidos en municipios de Ahuachapán, El Refugio, Turin y Santa Ana.

Resultados

Después de construir los biodigestores como los mostrados en la Figura 5, se pasó a la fase de realizar la carga de la materia prima (estiércol de vacas o de cerdo), dentro de lo cual para mejorar la calidad (fuerza y color) y la velocidad de generación de la llama fue necesario echarle leche vencida o suero de queso. Finalmente se logró generar biogás como el mostrado en la figura 6, el cual fue probado mediante el cocimiento de agua o huevos; con esto se verificó que es un proyecto viable de replicar en las comunidades; sin embargo, requirió de hacerle presión manual al neumático incorporado del sistema, que hiciera que se mantuviera la llama de fuego durante las pruebas, y la duración estimada de la llama fue en promedio 8 minutos.

En uno de los biodigestores se puede ver en la tabla 1 que se tabuló los siguientes resultados de las pruebas realizadas:

Tabla 1. Resultados de pruebas en biodigestor

N° de carga	Fecha	Porcentajes de excreta	Resultado	Cambios realizados
1	25/abril/2022	50 % excreta, 50 % agua	-	-
-	6/mayo/2022	-	-	Reparación de fuga en el área de las válvulas
2	9/mayo/2022	50 % excreta, 50 % agua	Se comprobó que estaba generando presión	Corte de tubo de desagüe
3	16/mayo/2022	50 % excreta, 50 % agua	Llama anaranjada	-
-	28/mayo/2022	-	-	Reparación de fuga en el área de desagüe
4	30/mayo/2022	75 % excreta, 25 % agua, 1/2 gln de leche, 3 l de suero de leche	Llama apta para uso en cocina	Cambio de porcentajes de excreta y componentes

Fuente: elaboración propia.

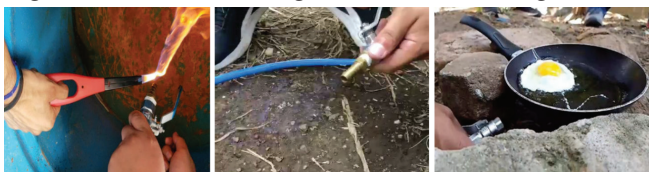
En el cuadro anterior se puede notar el hecho que se modificó los porcentajes de excreta y de agua a efecto de disminuir el tiempo en que se lograba generar la llama y de igual forma la cantidad y calidad de ésta. Así también, hubo una mejora sustancial en la generación de la llama al agregarle leche o suero de leche a la mezcla de biomasa.

Figura 5. Modelo de Biodigestor



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Pruebas de generación de fuego



Fuente: elaboración propia

Discusión de los resultados

Para una mejor funcionalidad del biodigestor, se recomienda utilizar leche o suero de leche para que su flama sea más estable y aumente su potencia. El sistema biodigestor propuesto tiene las ventajas de utilizar materiales de construcción que se encuentran al al-

cance de las personas en términos de disponibilidad y costos en la mayoría de ferreterías de los municipios en donde se desarrolló el estudio. Además, en el caso de los barriles se puede optar a reutilizar algunos que se tengan, de manera que se baje los costos del sistema.

En cuanto al impacto que se tiene en el uso de biodigestores tiene un triple beneficio porque el metano, residuo de una serie de procesos químicos provocados por ciertas bacterias, es, de hecho, un gas de efecto invernadero, que es más beneficioso si se aprovecha para actividades humanas en zonas rurales, a que se produzca y se libere en la atmósfera; además, el subproducto del biodigestor es buen abono que se puede utilizar en zonas rurales, donde está pensado su principal uso. Siendo así, en el proceso de funcionamiento del biodigestor, no se producen desperdicios de ningún tipo, ya que todo es aprovechado de alguna manera.

Conclusiones

En términos de duración de la llama de fuego, los prototipos generados necesitan ser mejorados para aumentar su capacidad de generación, mediante la adición de otros dispositivos contenedores o barriles interconectados (2 o 3 más).

Con respecto al auto funcionamiento de la llama de fuego, se evidenció que se necesita incorporar otro dispositivo al sistema que permita realizar de forma directa la presión del gas mientras se esté utilizando, ya que por el momento en el diseño puesto a prueba se requirió el uso de las manos para ejercer presión en el neumático.

Del modelo de biodigestor utilizado se infiere que podría funcionar no solamente a escala de un barril, sino mediante otras estructuras contenedoras de los

desechos, a manera que se aproveche los desechos producidos por una granja de tamaño pequeño o mediano. Esto gracias a que los desechos pueden ser de bovinos (vacas y toros), equinos (caballos y burros), porcino (cerdos) e incluso de faisánidos (pavos, gallos y gallinas).

Referencias

- Alcort, R. (2014). *Función del Biodigestor: como medio de preservación Ambiental*. Editorial Mediterráneo.
- Cabrera, J. (2011). *Diseño de un Biodigestor para la generación de biogás y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del Litoral*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1593>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2019), *Evaluación e implementación de proyectos piloto de biodigestores en El Salvador*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45026/1/S1901187_es.pdf
- Doublein y Steinhauer. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*. <https://doi.org/10.1002/9783527621705.fmatter>
- Enríquez, M. A. (2022). Diseño de un biodigestor de excretas animales en la comunidad El Calvario, parroquia Veracruz, cantón Pastaza, Ecuador. *Revista Tecnológica-Espol*, 34(4), 28-43. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/92>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Colección Documentos Técnicos N° 12. <https://www.fao.org/3/ca5082es/ca5082es.pdf>
- Fernández, J., Escalante, J. & Saavedra, C. (2007). Obtención de biogás a partir del bagazo de caña y estiércol. Liceo Bolivariano Libertador. Mérida. *Revista Científica Juvenil*. Vol. VI, 2007, pp. 105-118.
- FUNDESYRAM (FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL). (2011). *Manual de Tecnologías Apropriadas*. <https://fundesyram.info/wp-content/uploads/2020/02/TECNOLOGIAS-APROPIADAS.pdf>
- Gobierno de Chile, Ministerio de Energía. (2011). *Manual de Biogás*. <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Guerra, T. (2014). *Características y funcionalidad del Biodigestor en la generación de Gas*. Editorial: Mc. Graw Hill.
- Maya, H. (2015). *Beneficios que brinda el Biodigestor a las Comunidades*. Editorial Síntesis.
- Mendoza D., J.J., Monroy G., M.A., Serrano L., C.W. (2017). *Diseño de biodigestor familiar para producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado en el municipio de Chalchuapa, departamento de Santa Ana* [Tesis de

pregrado, Universidad de El Salvador]. Repositorio institucional: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15475/>

Nieto, R. (2014). *Contaminación y Medidas de Reciclaje de Desechos Orgánicos*. Editorial Trillas.

Rodríguez, D., & Urbina, A. (2012). *Biodigestores: ¿Qué son y cómo construirlos?* Programa Regional de Ganadería MAG Grecia.

Severiche Sierra, C. A., & Acevedo Barrios, R. L. (2013). Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación. *Ingenium Revista de la Facultad de Ingeniería*, 14(28), 6-15. <https://doi.org/10.21500/01247492.1330>

Revista Multidisciplinaria de Investigación - REMI by Facultad Multidisciplinaria de Occidente, Universidad de El Salvador is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License.

