

Construcción de un biodigestor para la generación de biol y biogás a partir de residuos orgánicos.

Construction of a biodigestor for the generation of biol and biogas from the organic residues

Cesar Escorcia-Ávila¹

Norys Ortiz-Salazar²

Víctor Polo-Calvo³

RESUMEN

La finca “El Caney”, del Servicio Nacional de Aprendizaje, cuenta con varias unidades productivas que generan residuos orgánicos diarios, distribuidos en cantidades equivalentes a 40 Kg en área de bovino, 9.6 Kg en ovinos y 0.15 Kg en el área avícola, y que en la actualidad no están aprovechados como estrategia de sostenibilidad ambiental. El objetivo de la investigación consiste en la construcción de un biodigestor para la generación de biol y biogás a partir de residuos orgánicos de las unidades productivas de la finca. Para ello, se realizó una caracterización y análisis de los residuos orgánicos in situ y en laboratorio de las diferentes unidades productivas y se determinaron parámetros fisicoquímicos, como pH, contenido de humedad, nitritos, nitratos y fosfatos. Se eligió el diseño del biodigestor teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulica, temperatura, capacidad, y parámetros estudiados, seleccionando los residuos del área de bovinos para la carga del reactor; posteriormente, se eligió la ubicación de manera estratégica del biodigestor y adecuación en el terreno. Finalmente, se evaluó la eficiencia del sistema teniendo en cuenta las cantidades de animales y carga de 67 kg/día de estiércol y producción de biol y biogás. Con la instalación del biodigestor se están produciendo diversas formas de energía amigables con el ambiente, como combustibles a partir del biogás para una cocina que funciona 4 horas continuas y se está generando 2.5 m³/día de biol con pH de 7, para aplicar en áreas agrícolas como sustituto de fertilizantes químicos.

Palabras Clave: fertilizante, biogás, biol, ambiente, contaminación

ABSTRACT

The “El Caney farm” of the National Learning Service, has several productive units which generate daily organic waste, distributed in amounts equivalent to 40 Kg in bovine area, 9.6 Kg in goats and 0.15 Kg in the poultry area, which currently does not They are being exploited, under environmental sustainability strategies. The objective of this investigation was the construction of a biodigestor for the generation of biol and biogas from organic waste from the productive units of the Farm. A characterization and analysis of the organic residues in situ and in the laboratory, of the different productive units was carried out and chemical physical parameters were determined, such as pH, moisture content, nitrites, nitrates and phosphates. The biodigestor design was chosen taking into account the Hydraulic Retention Time, temperature, capacity,

-
- 1 Instructor del Centro Para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Sabanalarga, Colombia, Grupo de investigación GIPAMA, cescorcia10@misena.edu.co
 - 2 Instructor del Centro Para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Sabanalarga, Colombia, Grupo de investigación GIPAMA, noortizs@sena.edu.co
 - 3 Instructor del Centro Para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, SENA, Sabanalarga, Colombia, Grupo de investigación GIPAMA, vicpolo@misena.edu.co

and parameters studied, selecting the residues of the bovine area for the reactor load, for presenting the best performance of the analysis performed. Subsequently, the location of the biodigester was strategically chosen and appropriate in the field. Finally, the efficiency of the system was evaluated taking into account the quantities of animals and load of 67 kg / day of manure, biol and biogas. With the installation of the digester, various forms of environmentally friendly energy are being produced, such as fuels from biogas for a kitchen that operates 4 hours continuously and 2.5 m³ / day of biol with a pH of 7 is being generated, to be applied in the Agricultural areas as a substitute for chemical fertilizers.

Key Words: *fertilizer, biogas, biol, environment, pollution*

1. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial, los residuos sólidos orgánicos constituyen cerca del 70% del volumen total de desechos generados (Penagos, Adarraga, Aguas, Molina, 2011), razón por la cual es primordial buscar una salida integral que contribuya a su manejo adecuado, potenciando los productos finales de estos procesos y minimizando un gran número de impactos ambientales que conlleven a la sostenibilidad de los recursos naturales (Jaramillo y Zapata, 2008; Ramón, Romero y Simanca, 2006). La generación de estos residuos es una de las mayores problemáticas en el mundo sobre todo por su disposición final, ya que si no se realiza una gestión adecuada se desencadenan consecuencias negativas como contaminación, enfermedades, proliferación de vectores e impactos visuales (Ecovale, 2014).

De acuerdo con estudios de caracterización de residuos sólidos realizados en Colombia, la composición física de los residuos sólidos urbanos está constituida en más del 50% por residuos orgánicos (RAS, 1998); es por esto que con el aprovechamiento de los mismos se disminuirá en gran medida la presión sobre el medio ambiente como soporte de actividades antrópicas; se reincorporarán los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se frenará el uso de agroquímicos (Aguilar y Botero, 2006).

La ganadería extensiva y demás actividades agropecuarias generan grandes cantidades de residuos orgánicos, que al descomponerse generan gran cantidad de gases como Metano y Dióxido de carbono, principales causantes de efecto invernadero (Zhou, Guo, Wu, Yu, 2018).

Con la construcción de biodigestores, se crean estrategias para el aprovechamiento de residuos orgánicos y se consiguen beneficios como la generación de energía a través del biogás y de biofertilizante o biol, que se puede aprovechar para los cultivos. Por lo general el estiércol es desechado, pero con el uso de estas nuevas tecnologías amigables con el ambiente, se reducen los impactos ambientales. Los subproductos pueden ser aprovechados como combustible natural o como uso de fertilizantes .

El biogás está compuesto por gases de Metano (CH₄) que varían en un 55 al 70%, Dióxido de Carbono (CO₂) en proporciones del 30 al 45% y trazas de otros gases (Deublein & Steinhauser, 2011). Además de su composición, el biogás puede ser usado como combustible en cocinas, iluminación, calefacción, generadores eléctricos entre otros.

En un biodigester, la producción del biogás va a depender de factores como el clima, el tiempo de retención hidráulica (TRH),

contenido de bacterias, el pH, relaciones carbono y nitrógeno, sólidos y sustancias tóxicas (Berkay y Nas, 2008).

El biofertilizante llamado también biol o biocarbono, actúa como un fitorregulador, debido a que se obtiene del proceso de descomposición anaerobia, es decir, en ausencia de oxígeno de los desechos orgánicos en el biodigestor (Varnero, 2001). Su uso favorece el enraizamiento de las plantas, actúa sobre el follaje y mejora la floración y germinación de las semillas, lo que produce un aumento significativo de las cosechas, su calidad va a depender de la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (Álvarez, 2004).

Un factor importante para los biodigestores es la mezcla de carga, o carga de estiércol mezclada con agua. Se recomienda mezclas con proporciones 1:4 para biodigestores tubulares, para el caso de estiércol de bovinos con mezclas de proporciones 1:3 es suficiente (Acevedo, 2006).

Con este proyecto de investigación se evaluarán diferentes tipos de estiércol generados en las unidades productivas del centro de formación del Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA, ubicado en la finca el Caney de Sabanalarga Atlántico, para la construcción de un biodigestor, capaz de producir biol y biogás, como una alternativa para el aprovechamiento de los residuos orgánicos resultantes del sector agropecuario. De esta forma se buscará la forma de mitigar los impactos ambientales por bioacumulación de residuos, uso de productos químicos como fertilizantes en cultivos y se disminuirá la dependencia de fuentes de

energía, como son la de combustibles fósiles, altamente contaminantes por su contribución al cambio climático (Nerlander, 2009; Haines & Patz, 2004), sustituyéndolos por tecnologías de producción más limpia, como combustibles a partir de biogás.

2. METODOLOGÍA.

El diseño metodológico del proyecto de investigación es de tipo cuantitativo, debido a que se exploró en detalle, las características de los diferentes tipos de residuos orgánicos producidos en las unidades productivas de la Finca el Caney. Además, se tomaron y analizaron muestras experimentales en laboratorio y en campo, con descripciones y explicaciones para la selección del mejor tipo de estiércol, de acuerdo con su contenido de humedad y resultados de parámetros físicos químicos.

Los materiales empleados para el desarrollo del proyecto de investigación corresponden a herramientas menores de tipo manual, propias de procesos de obra civil, equipos para análisis de laboratorio in situ y en laboratorio para toma de muestras de suelos, multiparámetros y reactivos.

Población.

Corresponde a los animales de las unidades productivas de la Finca el Caney del área de bovinos, caprinos, avícolas y ovinos.

Muestra

Producción diaria de Estiércol de los diferentes animales de las unidades productivas. En la figura 1 se muestran las diferentes especies productoras de residuos sólidos analizados.



Figura 1. Unidades productivas de la finca el Caney.

Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento.

La investigación se desarrolló en cuatro fases que se describen a continuación.

• Fase 1.

Se realizaron análisis de los diferentes residuos orgánicos generados en la finca El Caney para determinar su eficiencia en la elección del tipo de residuos a utilizar en la carga del biodigestor. De esta forma mediante la caracterización de residuos producidos por bovinos, ovinos y aves, se midieron los parámetros fisicoquímicos de pH, Contenido de humedad, temperatura, nitritos, nitratos y fosfatos para determinar el grado de eficiencia de cada muestra en el uso del sistema, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Caracterización fisicoquímica de residuos orgánicos.

Fuente: Elaboración propia.

• Fase 2.

Se realizó la elección del diseño del biodigestor teniendo en cuenta las cantidades de animales, mejor tipo de residuos de acuerdo con caracterización fisicoquímica estudiada, tiempo de retención hidráulica, temperatura, pH, capacidad y estudio mediante revisiones bibliográficas de los tipos de biodigestores según sus características, capacidades y eficiencia para la operación del sistema. A partir de todas estas características se seleccionaron los biodigestores de polietileno de alta densidad, plástico horizontal y biodigestor tipo bolsa de baja densidad.

• Fase 3.

Se seleccionaron los materiales necesarios para realizar la construcción del biodigestor con las condiciones adecuadas, teniendo en cuenta el material de los dos tipos de biodigestores considerados (polietileno de alta y baja densidad), eligiendo un sistema de polietileno de baja densidad, debido a su bajo costo, fácil transportación, alta resistencia al impacto, altas temperaturas de digestión, fácil limpieza, mantenimiento y lavado.

En esta fase también se definió el sitio para la construcción del sistema, seleccionando un área cercana a las unidades productivas y teniendo en cuenta una sección nivelada de 25.2 m², donde se ejecutaron actividades de obras civiles o procesos constructivos para ubicar cada una de las partes del equipo, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Procesos constructivos del biodigestor.

Fuente: Elaboración propia.

- **Fase 4.**

En esta fase se realizó un análisis del funcionamiento para el ajuste del biodigestor, para lo cual se llevó a cabo una carga inicial de llenado del sistema en la tina de alimentación después los 30 días de la instalación. Posteriormente se realizó la prueba de biogás o prueba de llama satisfactoriamente.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.

Los resultados de la caracterización del contenido de humedad y temperatura variaron en los diferentes tipos de estiércol. El estiércol bovino arrojó valores favorables para la mezcla, 1:2 estiércol -agua, por lo que fue seleccionado para un biodigestor horizontal, contrastando con la temperatura interna del equipo y la temperatura ambiente, aprovechando las temperaturas altas de la zona que oscilan entre los 25°C y 35°C, permitiendo una mayor degradación de la materia orgánica y generando así mayor cantidad de biogás, que de acuerdo con la investigación de (Quipuzco, Baldeón, Tang, 2013), se obtienen resultados favorables de biogás cuando se presentaban aumento de temperatura. Los resultados para

cada residuo de las unidades productivas se muestran en forma resumida en la figura 4.

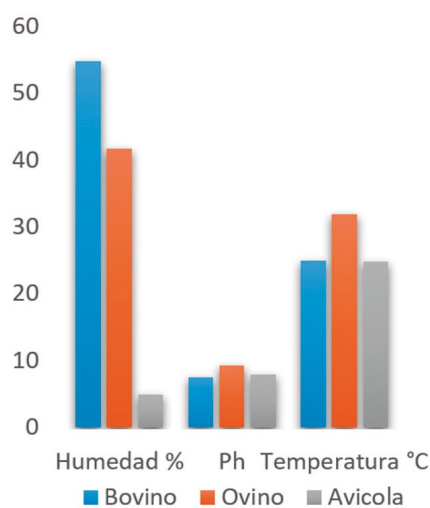


Figura 4. Caracterización de estiércol de unidades productivas.

Fuente: Elaboración propia.

Durante el análisis de residuos se verificó si en los días de caracterización fisicoquímica, se presentó alguna enfermedad, cambio en la alimentación o aplicación de medicamentos en los animales, para no interferir en la operación del sistema, teniendo en cuenta producción de bacterias y fermentación bajo el proceso de digestión anaerobio o ausencia de oxígeno.

Las concentraciones fisicoquímicas del estiércol se analizaron mediante métodos colorimétricos cualitativos, teniendo en cuenta la presencia y ausencia de los parámetros analizados, obteniendo resultados de rango medio y bajo respectivamente para nitritos, nitratos y fosfatos sin variaciones considerables.

Por su parte, el parámetro de potencial de hidrogeno (pH) y temperatura se encontraron

estables y en rangos aceptables, teniendo en cuenta la temperatura ambiente y la alimentación de los animales. En la tabla 1 se pueden observar las unidades de medida para cada parámetro estudiado.

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos de residuos orgánicos analizados.

Parámetro	Unidad de Medida
Humedad	% / Volumen
Temperatura	°C
Nitrógeno y Fósforo	Rango Medio, Bajo y Alto

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción del sistema, se eligió un sitio cercano al área de bovinos para fácil alimentación del reactor, debido a que el sistema funciona con una carga de llenado manual.

Las secciones del sistema con todas sus partes se diseñaron con dimensiones de 1m, para la corona de circulación a la entrada y salida del biodigestor 1 m por cada lado del sistema, 3 m x 2.2 m y profundidad de 1m para el reactor, y para la tina de biol 1.5m x 0.75 m con profundidad de 0.80 m.

Se realizó un movimiento de tierra de 7.5 m³ de material para la instalación del equipo, ocupando un área total de 25.2 m², donde se realizaron trabajos preliminares de obras como el descapote del terreno, trazado, replanteo, nivelación y adecuaciones adicionales para posterior cerramiento del sistema, tal como se muestra en la figura 5.



Figura 5. Área de construcción del biodigestor.

Fuente: Elaboración propia.

La elección del sistema o biodigestor fue tipo bolsa de polietileno de baja densidad, tiempos de retención hidráulica de 5-10 días. La Capacidad del sistema es de 8 m³ y se proyectó una línea de biogás que se utiliza actualmente como combustible en una cocina con estufa de dos fogones para cuatro horas continuas, cerca de la unidad productiva de bovinos, tal como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Biodigestor Construido con sus partes (Tina de alimentación, Reactor, tina de biol y Línea de Biogás).

Fuente: Elaboración propia.

Con la construcción del biodigestor se tiene una producción de 200 litros de biofertilizante líquido, el cual se obtuvo pocos días después de la instalación favorecido por las condiciones climáticas de la zona, con un pH para la carga

inicial de entre 7 y 8, el cual se recomienda neutralizar añadiendo más agua al biol en proporciones adecuadas.

La cantidad diaria de biogás del biodigestor es de 2.5 m³ de gas, que corresponden a 55 libras de gas propano, el cual tiene la capacidad de mantener encendida una estufa 4 horas continuas. En la tabla 2 se muestra el resumen de alimentación y subproductos obtenidos con el biodigestor para la cantidad de animales de la unidad productiva de bovinos de la finca El Caney.

Tabla 2

Subproductos obtenidos con el Biodigestor

Biogás producido			Biol producido		
Estiércol Kg/día	m ³ / día	h/día	Equiv en gas (lb/ mes)	L./día	Ha/año
67	2.5	4.9	72	200	7.0

Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES.

De acuerdo con la caracterización fisicoquímica realizada con los diferentes residuos orgánicos en las unidades productivas, se pudo concluir que el estiércol de bovinos, por su alto contenido de humedad, responde de forma ideal a las condiciones del proceso biológico de digestión anaerobia en el biodigestor horizontal de polietileno de baja densidad. Esto se complementa por la temperatura ambiente de la finca El Caney ubicada en una región con temperaturas fluctuantes entre 25 a 30 °C, que permitieron la obtención de subproductos útiles como biogás y biol por la degradación rápida de los residuos orgánicos.

El proceso de fermentación anaerobia produjo gas metano veinte días después de su instalación y carga inicial, la producción de bacterias fue rápida y óptima con estándares necesarios para el sistema escogido cumpliendo con el tiempo de fermentación bajo el proceso de digestión anaerobia del sistema. A los treinta días el metano (CH₄) comenzó a estabilizarse con una carga diaria de 67 Kg de estiércol y agua en una mezcla 1:2 para bovinos.

El biodigestor ha funcionado satisfactoriamente respecto a la producción de biogás y biol, de acuerdo a la capacidad del sistema, alcanzando los resultados esperados. De esta forma el biodigestor se ha convertido en un proceso energéticamente sostenible contribuyendo a la disminución de los impactos ambientales y la utilización de combustibles fósiles.

El proceso constructivo del biodigestor con materiales seleccionados de polietileno de baja densidad, permitió la instalación rápida y segura del sistema. Cada una de las partes del equipo se incorporaron con mano de obra de aprendices del centro de formación de la finca, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas y diseño de construcción previstos en el sistema para su correcto funcionamiento. Los niveles de la tubería para el biol se ubicaron respectivamente por debajo del reactor para permitir la salida del biol por rebose. Además, se ubicaron filtros de ácido sulfhídrico para evitar el paso de malos olores producidos por el estiércol a la cocina.

El biol producido es de 200 litros diario lo cual ha servido como biofertilizante en áreas hasta de 200m² para cultivos existente en la finca el Caney, de maíz, frijol y melón, con la

confianza de no quemarlos. Además, el uso de estos biofertilizante reduce significativamente el consumo de productos agroquímicos, minimizando los impactos ambientales negativos.

5. AGRADECIMIENTOS.

La investigación fue realizada gracias al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA junto con el Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Sabanalarga, Atlántico). Los autores del proyecto de investigación agradecen al Grupo de Investigación para el Mejoramiento de la Producción Primaria, Agroindustria y Medio Ambiente GIPAMA. Finalmente agradecen todo el apoyo brindado por los aprendices del área de Construcción de edificaciones ficha 1904193, Marcela Mendoza y Miguel Blanquicet, aprendices en etapa productiva del Programa Tecnólogo en Control Ambiental y a Rafael Donado, egresado de programas ambientales del SENA Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, por toda la ayuda brindada en el desarrollo del proyecto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acevedo, P. (2006). Biodigestor de doble propósito producción e investigación para residuos de granja porcícola. *ION*, 19 (1), 1-6.

Aguilar, F.X., Botero, R. (2006). Los beneficios económicos totales de la producción de biogás utilizando un biodigestor de polietileno de bajo costo. *Tierra Tropical*, 2 (1), 15-25.

Álvarez, A. (2004). Producción anaeróbica de biogás aprovechamiento de los residuos del proceso anaeróbico. *Instituto de Investigaciones en Procesos Químicos IIIDPROQ*. 13, 64.

Berkday, A., Nas, B. (2008). Biogas Production and Utilization Potential of Wastewater Treatment Sludge. *Energy Sources*, 30, 179-188.

Corona, I. (2007). Biodigestores. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

Ecovale. (2014). La importancia de reciclar. Recuperado de <http://ecovale.com.mx/la-importancia-de-reciclar/>

Deublein, D., Steinhauser, A. (2008). Biogas from waste and renewable resources: An Introduction. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim.

Haines, A., Patz, J. (2004). Health effects of climate change. *JAMA*, 291, 99 -103.

Jaramillo, G., Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Tesis de grado, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Lin, B., Zhu, J. (2018). Changes in urban air quality during urbanization in China. *Journal of Cleaner Production*, 188, 312-321.

Nerlander, L. (2009). Climate Change and Health. Stockholm: The Commission on Climate Change and Development.

Penagos, J., Adarraga, J., Aguas, D. Molina, E. (2017). Reducción de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia por medio del Compostaje Líquido. *INGENIARE*, Universidad Libre-Barranquilla, 11, 37-44.

Ramón, J.A., Romero, L.F., Simanca, J.L. (2006). Diseño de un biodigestor de canecas en serie para obtener gas metano y fertili-

- zantes a partir de la fermentación de excrementos de cerdo. *Revista Ambiental: Aire, Agua y Suelo*, 1, 15-23.
- RAS - Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: Sistemas de Aseo Urbano. Título F. Numeral F.1.4.3. (1998). Santafé de Bogotá.
- Rodríguez, C.A., (2017). *Los Biodigestores: Fuente De Desarrollo Sostenible Y Calidad De Vida En Comunidades Rurales De Colombia* (Tesis de grado), Universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A.; Bogotá D.C.
- Varnero, M.T. (2001). Desarrollo de substratos: Compost y Bioabono. En: *Experiencias Internacionales en la Rehabilitación de Espacios Degradados*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Publicaciones Misceláneas Forestales, 3, 21 -30.
- Quipuzco, L., Baldeón, W., Tang, O. (2013) Evaluación de la calidad de biogás y biol a partir de dos mezclas de estiércol de vaca en biodigestores tubulares de PVC. Recuperado de: [file:///https://www.thefreelibrary.com/Evaluacion+de+la+calidad+de+biogas+y+biol+a+partir+de+dos+mezclas+de...-a0379640548](https://www.thefreelibrary.com/Evaluacion+de+la+calidad+de+biogas+y+biol+a+partir+de+dos+mezclas+de...-a0379640548)
- Zhou, Z., Guo, X., Wu, H., Yu, J. (2018). Evaluating air quality in China based on daily data: Application of integer data envelopment analysis. *Journal of Cleaner Production*, 198,304-311.