

Capítulo 50. Producción de biogás a partir de los residuos sólidos del ganado bovino.

Mirna Yamili Yam Puc
Julio Rodolfo Aguilar Caamal

Instituto Tecnológico Superior de Valladolid
<https://doi.org/10.46990/iQuatro.2023.15.5.50>

Resumen

El cuidado del medio ambiente tiene especial interés en la actualidad, lo que ha permitido el aprovechamiento del valor energético de los desechos del ganado y otros residuos. El estudio tiene como objetivo determinar la producción de biogás a través del uso de estiércol de ganado bovino en el rancho Santiaguito de la comunidad de Temozón, Yucatán. La metodología desarrollada consiste en el diseño e implementación del biodigestor utilizando materiales de bajo costo y fáciles de aplicar. Entre los resultados principales se tiene que la producción del biogás se inicia en la primera semana, en la semana quinta alcanzó su máxima producción y va disminuyendo en la sexta, proporcional a la cantidad inicial y en la octava semana disminuye por completo, esto indica que se puede aumentar la cantidad de residuos orgánicos para mantener la producción del biogás. En conclusión, se produjo el biogás mediante los residuos orgánicos sólidos, se demostró la producción del volumen del biogás con el tiempo y se determinó que la producción del metano tiene un límite que depende de la naturaleza de la materia orgánica dispuesta en el sistema digestor y que disminuye la contaminación del medio ambiente.

Palabras clave

Biogás, digestión anaeróbica, estiércol de ganado, metano

Introducción

La agenda 2030 de desarrollo propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS), promueve el uso de energías renovables, por lo cual se han buscado diversas alternativas para la generación de combustibles para satisfacer la demanda del uso en todo el mundo. Al igual el uso de energías renovables promueve el uso de los residuos generados por el ser humano para transformarlos en una fuente que promueve el cuidado del medio ambiente (Naciones Unidas, 2018, p.37).

Uno de los procesos para generar energía renovable es el uso de biocombustibles como en el caso del biogás (Manual de Biogás, 2011, p. 7).

El biogás puede ser utilizado en cualquier equipo que haya sido diseñado para funcionar con gas extraído de licuado de petróleo (LP). Los equipos mayormente conocidos que funcionan con gas LP son estufas y los calentadores, los cuales son fácilmente modificables para el uso de biocombustibles (Ortiz, 2017, p.9).

El biogás es un gas combustible se puede generar por reacciones de la biodegradación en la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos en un ambiente anaeróbico con un poco de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrogeno (H_2S) (Ladino, 2011), el requerimiento de energía ha ido aumentando desde la revolución industrial en forma creciente. (Guillén-Watson, 2012). Las fuentes principales de energía son los combustibles fósiles: carbono, gas natural y petróleo, que aportan entre el 75 - 85% del total de energía utilizada

Considerando la literatura anterior, el estudio tiene como objetivo determinar la producción de biogás a través del uso de estiércol de ganado bovino en el rancho Santiaguito de la comunidad de Temozón, Yucatán.

El desarrollo industrial de la producción de biogás favorece al cuidado del medio ambiente y representa una alternativa para reducir la contaminación a través de las fuentes naturales para la obtención de biogás como fuente de energía más limpia que el gas butano y que su costo es económico y fácil de obtención para la comunidad rural y urbana (Guillén, 2012, p.73).

La biomasa es toda sustancia orgánica renovable de origen tanto animal como vegetal. La energía de la biomasa proviene de la energía que almacenan los seres vivos. Según Zunica (2017), la biomasa puede ser de tipo sólido y líquido, se puede utilizar residuos de la leña, residuos de café, remas de corteza y aserrín, estiércol de animal, aguas negras, residuos orgánica o cultivos sembrados específicamente que pueden ser usados para producir biogás mediante un biodigestor.

El biogás es la descomposición orgánica por la vía anaeróbica (en ausencia total de oxígeno) que genera biogás. El cual, contiene una alta proporción en metano (CH_4) en concentración superior al 60 %, con una potencia inferior de 5,500 Kcal/ m^3 (Briseño, 2017, p. 15).

De acuerdo con estudios realizados por la (SEDESOL, 1994) la generación nacional de residuos sólidos municipales (RSM), se calcula en alrededor de 85,000 ton/día, de las cuales el 52 % es materia orgánica. Esta proporción ha venido decreciendo en los últimos años por la transformación socioeconómica y con se cuente cambio en patrones de consumo del país.

De acuerdo con la SEDUMA (2009), de las 1578 toneladas de basura que se generan en el estado de Yucatán, solo 812 toneladas se disponen en el relleno sanitario de la ciudad de Mérida, y las 766 ton restantes, se depositan en los 105 municipios, muchos de los cuales disponen en tiraderos a cielo abierto.

La propuesta del desarrollo de producción de biogás a partir del estiércol de ganado bovino recolectado en el rancho Santiaguito de la comunidad de Temozón, Yucatán tiene un enfoque en la economía y cuidado del medio ambiente para aprovechar los residuos generados.

Es importante mencionar que la comunidad de Temozón y sus comunidades aledañas se consideran zona ganadera, por lo que existe una generación excesiva de residuos sólidos del ganado bovino a los cuales no se les da ningún uso. Por medio de los residuos sólidos como potencial de aprovechamiento se busca la generación de una fuente renovable de energía, que pueda sustituir el butano por el gas metano a través del proceso de la digestión anaeróbica producida en los biodigestores, buscando reducir el índice de contaminación de los agentes contaminantes del aire, que traería diferentes beneficios para la comunidad, como los son: La disminución de la contaminación del medio ambiente y la disminución de los residuos orgánicos para convertirlo en gas metano, menos contaminante que el gas butano y más económico, en el cual se utiliza el biodigestor anaerobio vertical semicontinuo como instrumentó para la elaboración del biogás (Cendales, 2011).

El biogás se produce a partir de la digestión anaerobia de materia orgánica, en su mayoría de origen agrícola o ganadero. Por otra parte, existe la necesidad de un correcto manejo y aprovechamiento energético de estos desechos debido a que el sector de la industria ganadera es la responsable del 18% de las emisiones de gases invernadero medidas en CO_2 equivalente, además del 37% de metano, 65% de óxido nítrico y 64% de emisiones de amoníaco.

La producción de biogás es un proceso natural que ocurre en un entorno anaerobio, es decir, carente de oxígeno y depende principalmente de variables como: pH, temperatura, tiempo de retención, relación C/N (Sreekrishnan et al., 2004, p.4). Se genera a partir de materiales orgánicos y es llevado a cabo en condiciones anaerobias por microorganismos, generalmente bacterias. Como materia prima de este proceso se puede aprovechar las excretas de aves de corral, estiércol de cerdo, estiércol de vaca, residuos de cocina, hierba y materia orgánica en general.

El impacto del estudio es la disminución del uso de gas butano ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$), que son derivados del combustible fósil que son menos descontrolados, sus precios son más altos y muy volátiles, el metano (CH_4) uno de los gases con mayor efecto invernadero y evita el aumento de la concentración del CO_2 que estos provocan en la atmosfera.

Se considera un biodigestor como un tanque cerrado en el cual se lleva a cabo un proceso de fermentación anaerobia de materia orgánica, por ejemplo: desechos agrícolas, agroindustriales y forestales, aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos urbanos y el estiércol de animales para su posterior uso en la producción de biogás. Los componentes básicos de un biodigestor lo conforman: áreas de premezclado, el digestor, sistema de captación de biogás y de distribución efluente (Hossain e Islam, 2008, p.30).

Carbona et. al. (2005), mencionan que otro impacto es el aumento de las concentraciones del gas metano (CH_4), de acuerdo a los residuos y disminuye la concentración del dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O), que provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la atmosfera.

Revisión de la Literatura

Las primeras menciones del biogás se ubican en el año de 1600, cuando fue identificado por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica. Posteriormente en el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la india, y en 1896, en Inglaterra las lámparas de alumbrado público eran alimentados por el gas recolectado de los digestores que fermentaban todo las cloacales de la ciudad (Doroteo, 2012, p. 2).

Rahman, W., (2020) menciona que el avance de la investigación en materia de energías limpias permitió el desarrollo del proceso de la digestión anaerobia la cual es una tecnología de tratamiento de aguas residuales agrícolas común y eficiente; este proceso implica la desintegración de la materia orgánica por medio de bacterias Gram + y Gram - y da como resultado la producción de biogás, una fuente de energía renovable.

Durante las últimas décadas, el uso de los combustibles fósiles ha incrementado significativamente la emisión de gases que generan el denominado efecto invernadero. Por otra parte, millones de toneladas de desechos orgánicos biodegradables son generados cada año por los sectores agropecuarios, municipales e industriales en todo el mundo, de los cuales un gran porcentaje son finalmente dispuestos en rellenos sanitarios.

La situación energética mundial se caracteriza por la desigualdad tanto de la oferta como de la demanda, siendo, además, la energía el elemento limitante que frena o retrasa el desarrollo económico. La revolución energética en el futuro cercano debe estar marcada por dos grandes metas: suministro descentralizado (especialmente como abastecimiento a las comunidades vulnerables) y sustitución de las fuentes de energía basadas en el carbono fósil por energías que no incrementen la concentración de CO_2 en la atmósfera. Estos cambios de-

ben ir acompañados de la implementación masiva de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) para poder concretarse (Acosta, 2014, p. 6).

El metano representa un poco más del 50% de los gases que constituyen el biogás, lo que hace a este un combustible con buenas características para ser usado en turbinas o máquinas de combustión interna que accionen generadores eléctricos (Arvizut y Huazac, 2003).

De acuerdo con Acosta, (2014), el biogás puede ser empleado en diferentes aplicaciones que cubre los usos a nivel doméstico, comunitario e industrial. A escala doméstica, se pueden emplear biodigestores de 2- 16 m³ de capacidad, generalmente para la aplicación de cocción, calefacción e iluminación, como autoabastecimiento en zonas rurales o aisladas en las cuales se genera cantidades considerables de residuos orgánicos.

A partir del 2005, México ha crecido activamente en la Iniciativa del biogás aprovechando sus recursos renovables y esto lo ha llevado al “Mercados de Metano” (M2M), como parte de la estrategia internacional para la recuperación y aprovechamiento de metano como energía alternativa. Actualmente la Iniciativa cuenta con 28 países miembro (Villar, 2009).

En 2006 (SEMARNAT, USAID Y US-EPA, 2006). Afirmaron un acuerdo de cooperación técnica para el desarrollo de proyectos demostrativos que permitan desarrollar capacidades técnicas, identificar mejores prácticas y tecnologías aplicables en los sectores de interés. Esto brinda la oportunidad para muchos países y estados para participar en los proyectos de biogás en forma nacional e internacional.

Metodología

Para la producción del biogás se considera los 20 kilos de residuos sólidos como la variable independiente, que se representa con la letra X (es la causa) y la producción de biogás es la variable dependiente y se representa con la letra Y (efecto).

Las hipótesis planteadas son:

H0: Los 20 kg de residuos de residuos sólidos no son suficientes para la creación de gas metano.

Hi: Los 20 kg de residuos fueron suficientes para la generación de gas metano.

Esto indica que mientras mayor sea la cantidad de residuos sólidos mayor será la producción del biogás.

Población y muestreo

La muestra estuvo conformada por el rancho Santiaguito, de la comunidad de Temozón, Yucatán en el cual se realizó la implementación del biodigestor, mencionando, que posteriormente se llevara la implementación en otros ranchos y comunidades del Estado de Yucatán.

Diseño del estudio

El procedimiento llevado a cabo en el estudio fue de tipo experimental, considerando el procedimiento siguiente:

- Identificación de la problemática que existe en los ranchos ganaderos de Temozón, Yucatán.
- Propuesta de aprovechamiento de la materia orgánica

- Usando un recipiente de 220 litros se realizaron perforaciones para colocar tubos de PVC para la entrada de los desechos y la salida del gas
- Recolecta de los residuos solidos
- Agregar los residuos solidos al biodigestor, quedando en 140 kilos
- Monitoreo de pH y temperatura del biodigestor
- Cerrar de manera hermética las diferentes salidas y/o válvulas
- Con el gas obtenido, se calcula el volumen generado

Considerando que un gramo de metano equivale a 55.7 Kj, se tiene la formula siguiente:

$$D = m/v \text{ .Unidad. g/dm }^3$$

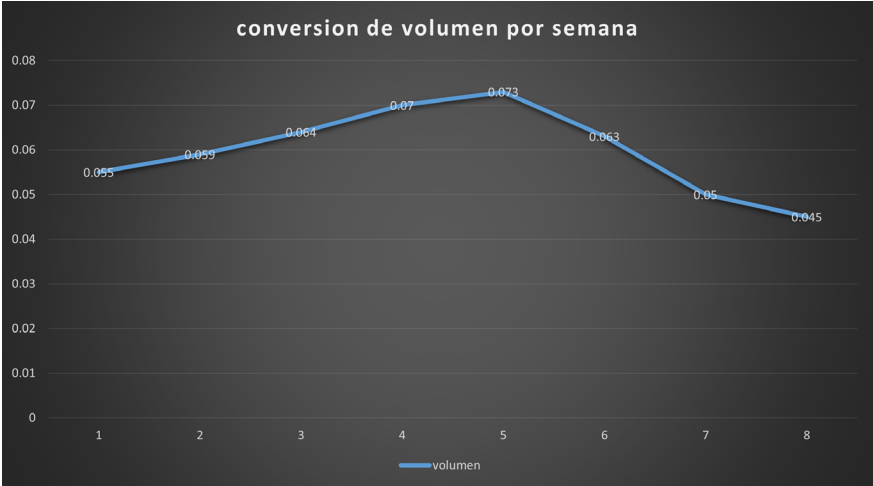
Resultados

Tabla 50.1
Producción de biogás por semana de volumen a masa y a energía

Volumen (ml)	Volumen (dm 3)	Masa (g)	Energía (J)	Energía (KJ)
55	0.055	0.039435	2196.5295	2.1965295
59	0.059	0.042303	2356.2771	2.3562771
64	0.064	0.045888	2555.9616	2.5559616
70	0.07	0.05019	2795.583	2.795583
73	0.073	0.052341	2915.3937	2.9153937
60	0.06	0.04302	2396.214	2.396214
50	0.05	0.03585	1996.845	1.996845
45	0.045	0.032265	1797.1605	1.7971605
476	0.476	0.341292	19009.9644	19.0099644

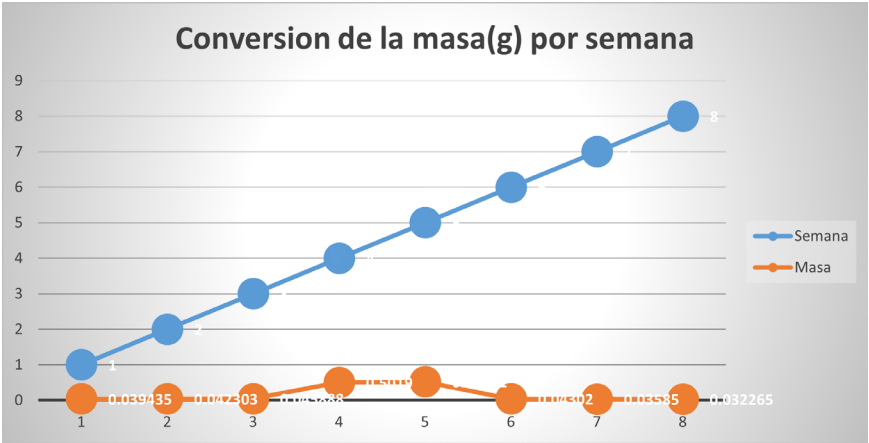
En la Tabla 50.1, se demuestra la conversión de volumen de ml a dm³, luego a masa y después a energía, para saber la producción de biogás por semana, la cual se refleja en las Gráficas 50.1 y 50.2.

Grafica 50.1
Representación de la conversión de volumen por semana para la producción de gas metano



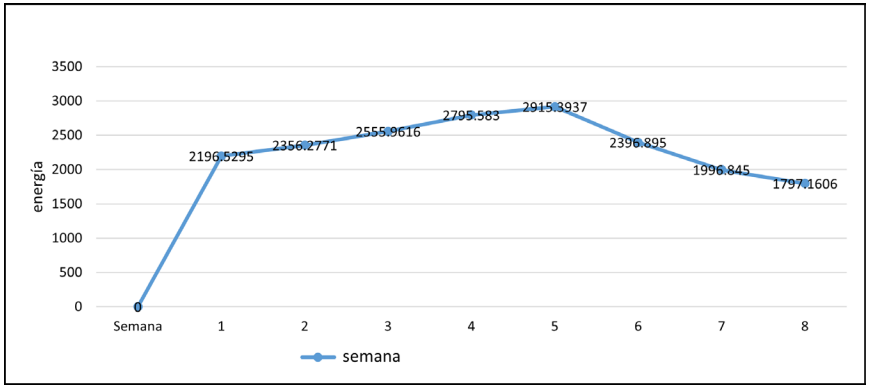
En la Gráfica 50.1 se puede observar que en la primera semana se inicia con un volumen de 0.055 dm³, y en la segunda, tercera, cuarta semana su comportamiento es lineal, va aumentando ligeramente en cada semana y en la semana 5 alcanzó su máximo nivel de volumen, y de la sexta a la octava semana van disminuyendo la Producción del volumen con un mínimo de 0.045 dm³.

Grafica 50.2
Representación de la conversión de masa por semana para la producción de gas metano. Fuente. Elaboración propia de Excel Microsoft



En la Gráfica 50.2 se observa el inicio de la producción de la masa en la primera semana de .039435 g una cantidad muy pequeña, pero en la segunda, tercera, cuarta semana va incrementando, y en la quinta semana alcanzó 0.052324 g máximo, luego en la semana sexto, séptimo, octavo van disminuyendo, porque las bacterias agotaron sus endotoxinas para generar el gas metano (CH₄).

Grafica 50.3
Representación de gas metano por semana



En la Gráfica 50.3, se observa la producción del biogás con cierta cantidad de 2196.5295 Joule en la primera semana, la cual fue aumentando en la segunda, tercera, cuarta semana, y en quinta semana alcanzó su máximo de 2915.3937 Joules y en la semana sexta, séptima, y octavo alcanzó su valor minino.

Discusión

En este proyecto se demostró, qué con 20 Kilogramos de residuos sólidos de estiércol de ganado bovino, se puede generar la producción de biogás, esto indica que aumentando la cantidad tendremos mayor probabilidad de la producción de biogás, y así como otros factores como la temperatura, humedad y el PH favorecen, el aumento de la producción del biogás metano.

El resultado cuantitativo, calculando la producción de biogás en 20 Kg de residuos sólidos en un biodigestor de tipo casero de forma anaeróbica, se obtuvo 2196.529 Joules en la primera semana, esto nos indica la producción de gas metano, de aquí en la segunda a la cuarta semana aumentan la producción relativamente, y en la quinta semana alcanza el nivel máximo en su producción del biogás, partir de la sexta y séptima semana van disminuyendo, y en la octava semana disminuye por completó la producción del biogás, esto indica que si aumentamos la cantidad de los residuos aumentara la obtención del biogás, complementarlo con los factores de la humedad y PH, así como el catalizador orgánico.

Conclusiones

Una vez terminada la investigación del proyecto se determinó lo siguiente: Con un equipo a escala de bajo costo, denominado biodigestor, se produjo el biogás mediante los residuos orgánicos sólidos y se demostró la producción del volumen del biogás con el tiempo. El proyecto es capaz de satisfacer ciertas demandas locales, en lugares de difícil acceso, donde la CFE no brinda el servicio a la región. La producción del metano tiene un límite que depende de la naturaleza de la materia orgánica dispuesta en el sistema digestor, y que disminuye la contaminación del medio ambiente. Con la utilización de estos productos se hace posible la producción de biogás que resulta un combustible barato y útil, aporta beneficios en forma económico, disminuye las emisiones de los gases en la atmósfera. La producción del biogás se inicia en la primera semana con la cantidad de 140 Kg de residuos orgánicos sólidos, para convertirlo en masa, energía y en biogás, y por semana aumenta el volumen de la producción, pero en la semana quinta alcanzó su máxima producción de gas metano (CH_4), y va disminuyendo en la sexta, séptima proporcional a la cantidad inicial y en la octava semana disminuye por completo, esto indica que se puede aumentar la cantidad de residuos orgánicos para mantener la producción del biogás.

El biogás se puede transformar en electricidad y en energía térmica, y que está en el alcance de todas las comunidades, al igual que su costo es muy económico, y que disminuye el impacto ambiental negativo.

Referencias

- Acosta Pabuena, M. (2014). Potencial de Uso de Biogás en Colombia. Revista TEXNOS, Pag 7.
- Arvizut y Huazac. (2003). Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad. Boletín IIE. México.
- Briseño. (2017). Producción de biogás a través de la codigestión de residuos sólidos y semi-sólidos: hacia una planta de centralizada de biogás para la generación de energía. México.
- Carbona, J., Bolívar, D., & Geralde, L. (2005). El gas metano en la producción ganadera. Colombiana de ciencias Pecuarias.
- Cendales Ladino, E. (2011). Producción de biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino para su utilización como fuente de energía renovable.
- Guillén Watson, R. & -S. (2012). Producción de metano a partir de desechos orgánicos generados en el Tecnológico de Costa Rica. Revista Tecnología en Marcha, 25(2), pág-73.
- Doroteo Otilica, J., (2012). Aprovechamiento de biogas proveniente del abono de ganado vacuno de un establo ubicado en Ixtapaluca Estado de Mexico.
- Haim, L. (2015). Las cáscaras como fuentes de biocombustibles. Obtenido de https://www.porquebiotecnologia.com.ar/Trabajos_Practicos/cascaras_como_fuentes_de_biocombustibles.pdf

- Hossain, M., e Islam, M. (2008). An Alternative Fuel for Motor Vehicles. *Energy Sources*, 30, 942-953
- Manual de Biogas. (2011) Chile.
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe. Santiago: (LC/G.2681-P/Rev.3).
- Ortiz, N. (2017). Potencial técnico para la producción de biogás, generado a partir de residuos orgánicos producidos en la comuna de independencia. Chile: universidad de chile.
- Rahman, W., (2020). Anaerobic digestion of toluene-laden wastewater under oxygen-deficient mesophilic condition and concurrent.
- SEDESOL. (1994). Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. México, México.
- SEDUMA. (2009-2012). Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Yucatán, México.
- Sreekrishnan et al., (2004). Mejora de la producción de biogás a partir de sustratos solidos utilizando diferentes técnicas: una revisión. Volumen 95, Issue 1, p. 1-10.
- Villar. (2009). Mercados de Metano Mercados de Metano. México.
- Zunica. (2007). Digestores. Estado de Hidalgo.