



## **Generación de biogás como alternativa para aprovechamiento de heces caninas domésticas**

Mónica Sonda-Hernández<sup>1</sup>, Ma. Fabiola León-Galván<sup>2</sup>, Santiago Gutiérrez-Vargas<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería, Ingeniería en Energía y Desarrollo Sustentable, Universidad del Valle de México, Campus Villahermosa. Centro, 86180, Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup>Departamento de Alimentos, Posgrado en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, Irapuato, Guanajuato, 36500, México.

<sup>3</sup>Departamento de Energías, Universidad Politécnica de Guanajuato, Cortázar, Guanajuato, 38438, México.

\*Autor de correspondencia: [sgutierrez@upgto.edu.mx](mailto:sgutierrez@upgto.edu.mx)

Recibido 15 de agosto de 2020; aceptado 28 de septiembre de 2020

### **RESUMEN**

En México, el 64% de la población tiene al menos un perro como mascota, lo que representa una población aproximada de 77 millones de caninos, los cuáles generan un promedio de 24, 300 toneladas de residuos orgánicos al día. A falta de políticas sobre destino final de residuos y de cultura cívica en México, las heces caninas son expuestas a la intemperie, además, son fuente de patógenos como parásitos y *E. coli* capaces de infectar a familias y animales, convirtiéndose en un problema de aspecto social y ambiental. Por este motivo, el objetivo del trabajo fue aprovechar, a partir de la digestión anaerobia, las heces caninas de origen doméstico para producir biogás. Se diseñó en Solidworks un biodigestor de tanque con 45 litros de capacidad y se construyó con un presupuesto de \$1,365 MXN. El biodigestor, instalado en Tabasco, se alimentó de manera semicontinua con 10.25 kg de heces caninas obtenidas de manera aleatoria

y 34 litros de agua. Se analizó el comportamiento de la temperatura exterior e interior del biodigestor, pH y el volumen de biogás generado en un tiempo de retención hidráulica de 40 días. Los resultados mostraron temperaturas de trabajo entre 31 y 41 °C, un pH que osciló entre 5.5-8.5, un volumen de biogás acumulado de 110 litros y una eficiencia de 7.3 L/kg de material orgánico cargado. Se logró generar biogás con una carga de 50% heces caninas y 50% heces bovinas como inóculo. Lo anterior es relevante ya que las heces caninas es un sustrato no convencional que ha sido poco estudiado, además, se resalta aumentar la cantidad de inóculo de heces bovinas en la etapa de arranque para incrementar la cantidad de bacterias metanogénicas y propiciar la producción de biogás.

**PALABRAS CLAVE:** Biogás, digestión anaerobia, heces caninas, energía, sustrato no convencional.

### **ABSTRACT**

In Mexico, 64% of the population has at least one dog as a pet, representing an approximate population of 77 million canines, population has at least one dog as a pet. This represents a population of approximate 77 million dogs that generate an average of 24,300 tons of organic waste per day. In the absence of organic waste policies and civic culture in Mexico, dog feces are exposed to the environment. In addition, they are a source of pathogens such as parasites and E. coli, capable of infecting families and animals, becoming a problem of social and environmental consequences. For this reason, this investigation's objective is to use, from anaerobic digestion, domestic dog feces to produce biogas, which can in turn be used to generate heat or electricity. A 45-liter tank biodigester was designed at Solidworks and built with a budget of \$1,365 MXN. The biodigester, installed in Tabasco, was loaded on a semi-continuous basis with 10.25 kg of randomly obtained dog feces and 34 liters of water. The temperature of the exterior and interior biodigester, its internal pH and its generation of biogas volume were measured in 40 days of hydraulic retention. These results showed working temperatures between 31 and 41 °C, an inconsistent pH between 5.5-8.5, a generated biogas volume of 110 liters and an efficiency of 7.3 L / kg of organic material. It was possible to generate biogas with a load of 50% dog feces and 50% innocuous bovine feces. The foregoing is revealing since dog feces is an unconventional substrate that has been little studied, also, in the same way it is highlighted to increase the amount of inoculum of bovine feces

in the start-up stage to increase the amount of methanogenic bacteria and promote the production of biogas.

**KEY WORDS:** Biogas, anaerobic digestion, dog feces, energy, unconventional substrate.

## INTRODUCCIÓN

La biomasa es un material orgánico derivado de organismo vivos. Las heces son residuos orgánicos que desecha el organismo después de la digestión (RAE, 2020); por lo tanto, son capaces de utilizarse como fuente de energía.

Basado en un estudio global de la empresa Growth from Knowledge (GfK, 2016), el 64% de la población en México tiene al menos un perro como mascota; además, el 70% de los perros que existen en el país se encuentran sin hogar (BIAH, 2019), lo que posiciona a México como el primer lugar de Latinoamérica con más caninos en dicha condición.

Los parques públicos son considerados como un lugar de recreación para las familias, sin embargo, existen zonas donde es común la convivencia de humanos con animales, entre ellos los perros. En adición, se ha demostrado la existencia de parásitos intestinales y bacterias, tal como *E. coli*, en heces caninas recuperadas de parques públicos (Duncan et al., 2020; Ortega-Paredes et al., 2019), por lo que la exposición de heces contaminadas en vías públicas se ha convertido en una fuente de transmisión de diversos patógenos a falta de

políticas públicas y/o responsabilidad de la población al no recoger los desechos de sus mascotas.

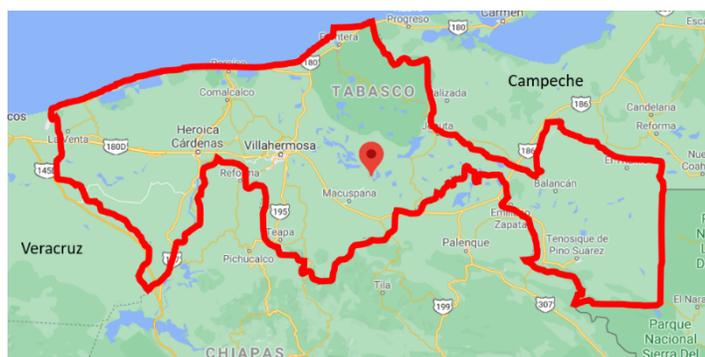
El biogás es un combustible proveniente de la descomposición de la materia orgánica en ausencia de aire, está formado por una mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ) en un 50-70 % volumen, seguido de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); y para obtenerlo, es necesario la construcción de un sistema hermético e impermeable que proporcione un ambiente anaeróbico conocido como biodigestor.

Como posible solución a la problemática mencionada, se planteó el objetivo de aprovechar las heces de *Canis lupus familiaris* obtenidas de parque públicos para la generación de biogás, lo que permite la disminución de la contaminación biológica y ambiental, implicando un entorno más saludable; además, obtener un mejor control sobre los efectos de esta materia orgánica significa el mejoramiento de la salud pública, disminuyendo enfermedades que afectan de igual manera a humanos y animales. Por último, se conoció la factibilidad técnica de la producción de biogás con esta materia orgánica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del proyecto

La investigación se llevó a cabo en la localidad de Ciudad Pemex, Tabasco, México. El clima de la zona esta caracterizado por ser cálido-húmedo todo el año, con una temperatura promedio de 25.5 °C y máxima



**Figura 1.** Ubicación del proyecto en Ciudad Pemex.

Adaptado de Google (2020).

promedio de 30.5 °C (POWER DAV, 2020). En la Figura 1 se observa la ubicación de la localidad marcado en un punto.

### Obtención de la materia prima

El sustrato se obtuvo de 16 perros domésticos de distintas razas y tamaños. En la Tabla 1 se observan las razas participantes en la investigación. La cantidad de materia prima se adquirió de modo aleatorio. De igual manera, se obtuvo estiércol bovino como inóculo de una granja familiar.

### Caracterización de la materia prima

Raza	Nº de caninos
Bóxer alemán	5
Fila brasileiro	2
Bulldog ingles	2
Chihuahua	2
Schnauzer miniatura	2
Pitbull terrier americano	1
Pastor belga malinois	1
Dóberman-Rottweiler	1

**Tabla 1.** Razas participantes en la recolección de

materia prima.

La caracterización de la materia orgánica se realizó con base a lo reportado por Sosa-Olivier et al. (2017), dónde se realizó el análisis de contenido de diferentes desechos orgánicos generados en Tabasco, entre ellos las heces caninas. Para la determinación de humedad, sólidos volátiles y cenizas, emplearon las normas mexicanas NMX-016-AA-1984, NMX-034-AA-2001 y NMX-018-AA-1984, respectivamente. En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos.

**Tabla 2.** Valores medio del componente analítico.

Sustrato	Hmd (%)	ST (%)	SVT*	SF*	Cnz (%)
Heces caninas	64.22 ± 1.07	35.7 ± 1.07	66.76 ± 0.90	7.35 ± 0.54	25.89 ± 0.46

\*Base húmeda.

Humedad (Hmd), Sólidos Totales (ST), Sólidos Volátiles Totales (SVT), Sólidos Fijos (SF), Cenizas (Cnz).

Fuente: Adaptado de Sosa-Olivier et al., 2017.

## Diseño del Biodigestor

Se propuso como biodigestor un tanque cilíndrico instalado sobre el nivel del suelo con una alimentación semi continua. Los factores propuestos de operación fueron una relación de C/N 30:1, un pH en un rango de 6.7-7.2, un tamaño de partícula menor a 5 cm de diámetro, un rango de ST de 8-12%, una dilución en agua de 1:3, un Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) de 40 días, una temperatura mesofílica de 25 a 35 °C y un área superficial máxima con una agitación nula. Además, se propuso un tanque de almacenamiento con una producción de biogás de 60 l/kg a partir de 0.75% de SV.

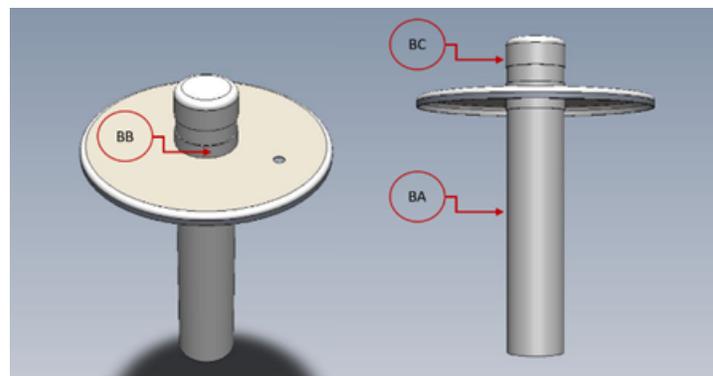
Por medio del programa Solidworks 2016 se diseñó el biodigestor, el cual se conformó por una entrada de material orgánico y tres salidas: una para material sólido, una para material líquido y una salida para el gas. Se utilizó una cámara de neumático como contenedor del biogás.

## Construcción del Biodigestor

### Entrada alimentación

En la cubierta del tanque se realizó en el centro un corte circular de 4 in de diámetro, que permitió introducir un

tubo de PVC de 48 cm de largo y con pegamento para PVC se adhirió a un cople de 4 in. El cople se fijó a la cubierta con sellador acrílico. Por último, se añadió una tapa para el cople de 4 in. En la Figura 2 se observa el ensamble.



**Figura 2.** Ensamble de la entrada de alimentación.

### Salida material sólido

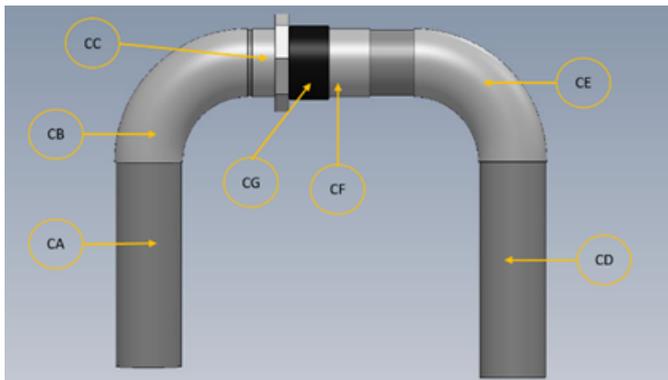
En el tanque de alimentación, a 45 cm de altura se realizó un corte circular de 1 ½ in de diámetro, se unieron las piezas como se observa en la Figura 3, fijándose con pegamento para PVC.

### Salida material líquido

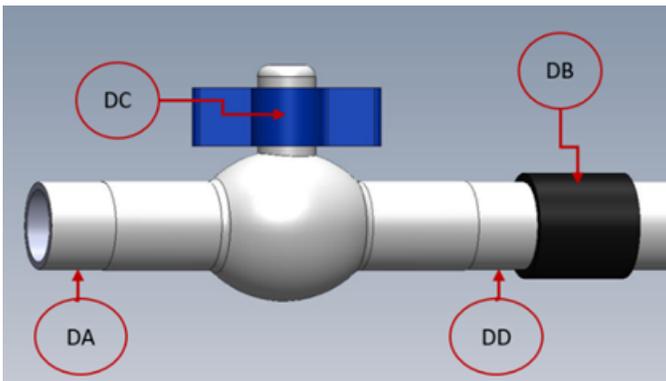
Al tanque de almacenamiento se le realizó un corte circular de 3/4 in de diámetro a 10 cm de altura de la base. Se ensamblaron las piezas como se observa en la Figura 4 y se fijaron con pegamento para PVC.

### Conducción del biogás

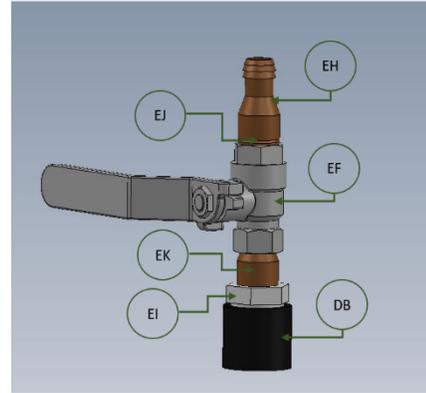
En la cubierta del tambo se realizó un corte circular de  $\frac{3}{4}$  in de diámetro. Se realizó una conexión como se observa en la Figura 5. Se adicionó una manguera transparente de  $\frac{1}{4}$ " , a la cuál de le adicionó un adaptador para válvula de cámara.



**Figura 3.** Ensamble de la salida del material sólido.



**Figura 4.** Ensamble de la salida del material líquido.



**Figura 5.** Ensamble para la conducción del biogás.

### Alimentación

Las Ecuaciones 1, 2 y 3 estiman la carga diaria de sólidos para 40 días de TRH, la carga única de sólidos para 40 días de TRH y el volumen de agua; respectivamente.

$$C. \text{ diaria } \left( \frac{kg}{\text{día}} \right) = \frac{\text{Volumen digerado (kg)}}{TRH(\text{días}) * (\text{dilución de agua} + 1)} \quad (1)$$

$$C. \text{ única (kg)} = C. \text{ diaria } \left( \frac{kg}{\text{día}} \right) * TRH(\text{día}) \quad (2)$$

$$\text{Volumen de agua (kg)} = \text{Carga diaria (kg/día)} * TRH(\text{día}) * \text{dilución de agua} \quad (3)$$

Donde: volumen digerado corresponde a las  $\frac{3}{4}$  partes del volumen total del biodigestor:  $\frac{3}{4}$  de 60 litros. TRH es el Tiempo de Retención Hidráulica, el cuál es de 40 días. La dilución de agua es la relación de dilución, el cuál es de 3 litros de agua por cada kilo de material sólido. La carga diaria corresponde a los kilogramos por día para una alimentación continua y la carga única a los kilogramos totales para una alimentación semicontinua.

Con los datos obtenidos, se prosiguió a alimentar el biodigestor para iniciar el proceso de digestión anaerobia.

### Medición de variables

Para la medición de pH se usaron las tiras indicadoras de pH de MColorpHast. La medición se tomó cada 24 horas por los 40 días de TRH.

La medición de temperatura se llevó a cabo mediante un termómetro de mercurio de 100 °C. Consistió en medir la temperatura interior del biodigestor y la temperatura ambiental en tres horas del día: 7 de la mañana, 1 de la tarde y 7 de la noche; durante los 40 días de TRH.

La medición de volumen se efectuó por medio del método volumétrico. El contenedor del biogás se conectó a una botella llena de agua la cual se iba desplazando a una probeta. El volumen de agua desplazado fue el volumen obtenido de biogás. Esta medición se realizó cada 24 horas por los 40 días de THR.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 6 se observa el diseño del biodigestor cuyo costo final implicó una inversión de \$1,364.27 MXN (Tabla 3). En la Figura 7 se observa el biodigestor instalado con la cámara llena de biogás.

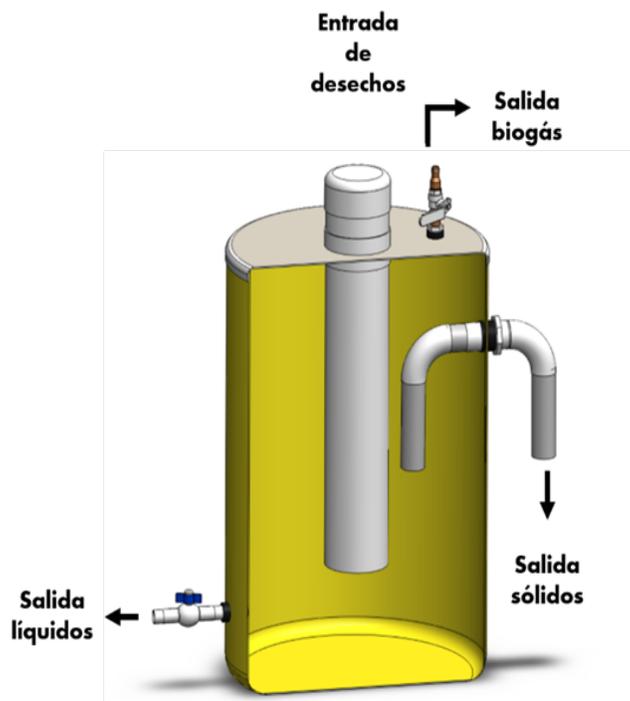


Figura 6. Diseño del biodigestor realizado en SolidWorks.

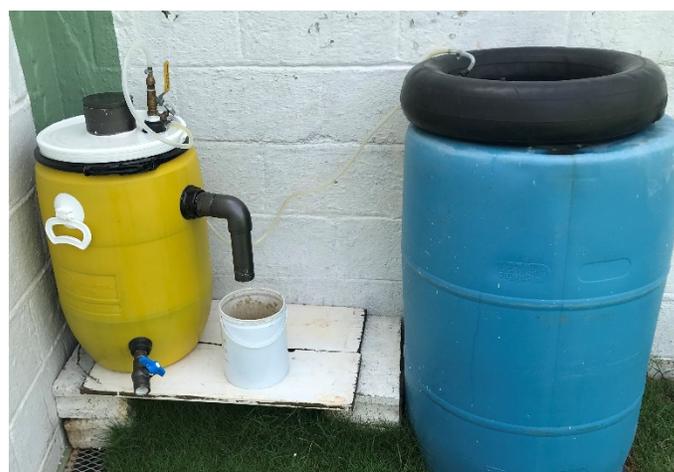


Figura 7. Biodigestor instalado con la cámara de neumático lleno de biogás.

**Tabla 3.** Presupuesto utilizado en la construcción del biodigestor.

Presupuesto para el Biodigestor					
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. U.	Total
AA	PEGAMENTO PVC	1	UNIDAD	\$ 62.00	\$ 62.00
AB	TAMBO 60 L	1	UNIDAD	\$ 230.00	\$ 230.00
<b>ENTRADA ALIMENTACION</b>					
BA	TUBO PVC SANITARIO 4"	1	m	\$ 282.00	\$ 282.00
BB	COPLES PVC SANITARIO 4"	2	UNIDAD	\$ 11.40	\$ 22.80
BC	TAPA PVC SANITARIO 4 "	1	UNIDAD	\$ 14.00	\$ 14.00
<b>SALIDA MATERIAL SÓLIDO</b>					
CA	TUBO PVC HIDRÁULICO 1-1/2"	1	m	\$ 20.00	\$ 20.00
CB	CODO 90° PVC HIDRÁULICO 1-1/2"	1	UNIDAD	\$ 15.24	\$ 15.24
CC	CONECTOR MACHO PVC HIDRÁULICO 1-1/2"	1	UNIDAD	\$ 8.49	\$ 8.49
CD	TUBO PVC SANITARIO 1-1/2"	1	m	\$ 20.00	\$ 20.00
CE	CODO 90° PVC SANITARIO 1-1/2"	1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00
CF	COPLES PVC SANITARIO 1-1/2"	1	UNIDAD	\$ 11.50	\$ 11.50
CG	BRIDA PARA TINACO PVC 1-1/2"	1	UNIDAD	\$ 55.00	\$ 55.00
<b>SALIDA MATERIAL LIQUIDO</b>					
DA	TUBO PVC SANITARIO 3/4"	1	m	\$ 10.00	\$ 10.00
DB	BRIDA PARA TINACO PVC 3/4"	2	UNIDAD	\$ 26.00	\$ 52.00
DC	VALVULA GLOBO PVC 3/4"	1	UNIDAD	\$ 42.24	\$ 42.24
DD	CONECTOR MACHO PVC 3/4"	1	UNIDAD	\$ 7.00	\$ 7.00
<b>CONDUCTOR GAS</b>					
EA	MANGUERA PARA GAS 1/4"	5	m	\$ 6.00	\$ 30.00
EC	ADAPTADOR PARA VALVULA DE CAMARA	1	UNIDAD	\$ 89.00	\$ 89.00
ED	CAMARA DE NEUMÁTICO RIN N°13	1	UNIDAD	\$ 150.00	\$ 150.00
EE	ABRAZADERAS 1/4"	2	UNIDAD	\$ 8.00	\$ 16.00
EF	VALVULA DE GAS 3/8"	1	UNIDAD	\$ 149.00	\$ 149.00
EH	CONECTOR PARA GAS CON ESPIGA 3/8"	1	UNIDAD	\$ 18.00	\$ 18.00
EI	CONECTOR TIPO BUSHING PVC 3/4" A 1/2"	1	UNIDAD	\$ 10.00	\$ 10.00
EJ	CONECTOR OD A TIPO CAMPANA 3/8"	1	UNIDAD	\$ 20.00	\$ 20.00
EK	CONECTOR OD A TIPO CAMPANA 1/2" A 3/8"	1	UNIDAD	\$ 20.00	\$ 20.00
<b>TOTAL</b>					\$ 1,364.27

El biodigestor se alimentó inicialmente con 10 kilos de heces caninas, un kilo de heces bovinas como inóculo y 33 litros de agua. El análisis analítico mostró que las heces caninas presentan altos porcentajes de sólidos totales y sólidos volátiles comparadas a los requeridos en la literatura, por lo que se decidió aumentar, al día

32, en un 50% el inóculo de heces bovinas. Así, al día 39, el metano presente en el biogás fue mayor al 55%, presentando combustión constante. En la Figura 8 se observa la alimentación del biodigestor. Los días esperados de digestión fueron mayor al compararse con los obtenidos en los trabajos de Martínez-Sabater et al. (2019); Okoroigwe et al. (2010) y Phetyim et al. (2015); los cuales obtuvieron biogás de 20 a 30 días de digestión y con distintos porcentajes de heces caninas con heces bovinas como inóculo.

La temperatura de operación se mantuvo entre los 31 y 41 °C. Las temperaturas máximas se observaron a las 7 de la tarde, después de 7 horas de exposición solar. En la Figura 9 se observa la comparación entre la temperatura exterior e interior del biodigestor a las 7 de la tarde. En la Figura 10 se observa el comportamiento del pH, el cual oscilo en el rango de 5.5 a 6.2 los primeros 23 días de THR, mostrando tendencia hacia la acidificación. Este comportamiento se debió a una sobrealimentación causado por la ausencia de bacterias metanogénicas. A partir del día 32 el pH aumentó su alcalinidad y fue constante con valores de 7.0 a 7.5.

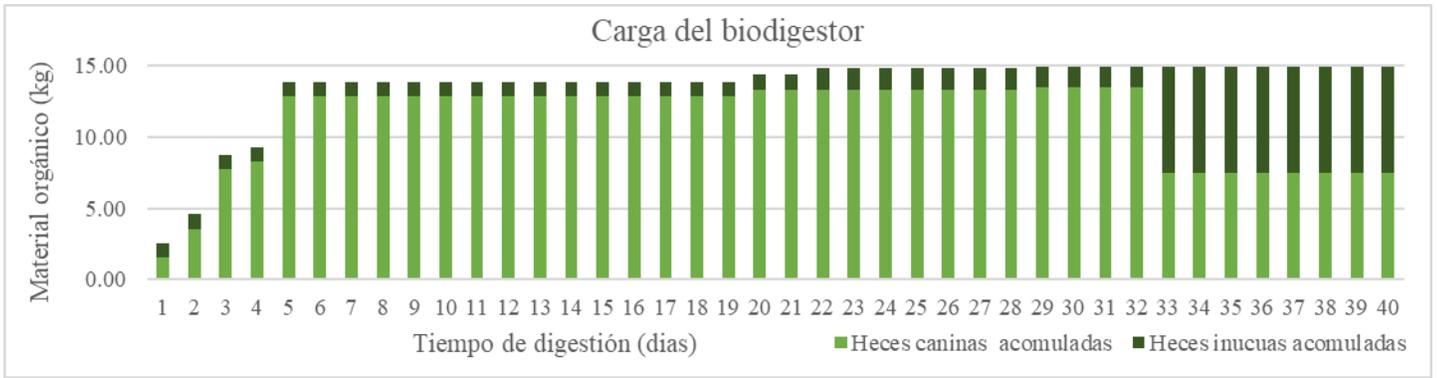


Figura 8. Alimentación del biodigestor.

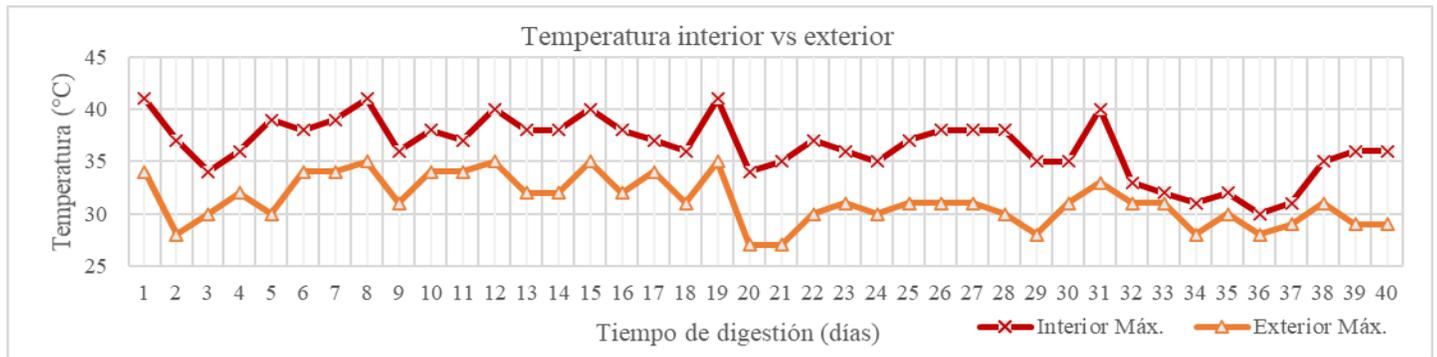


Figura 9. Monitoreo de la temperatura interior y exterior del biodigestor a las 7:00 pm.



Figura 10. Monitoreo del comportamiento del ph.

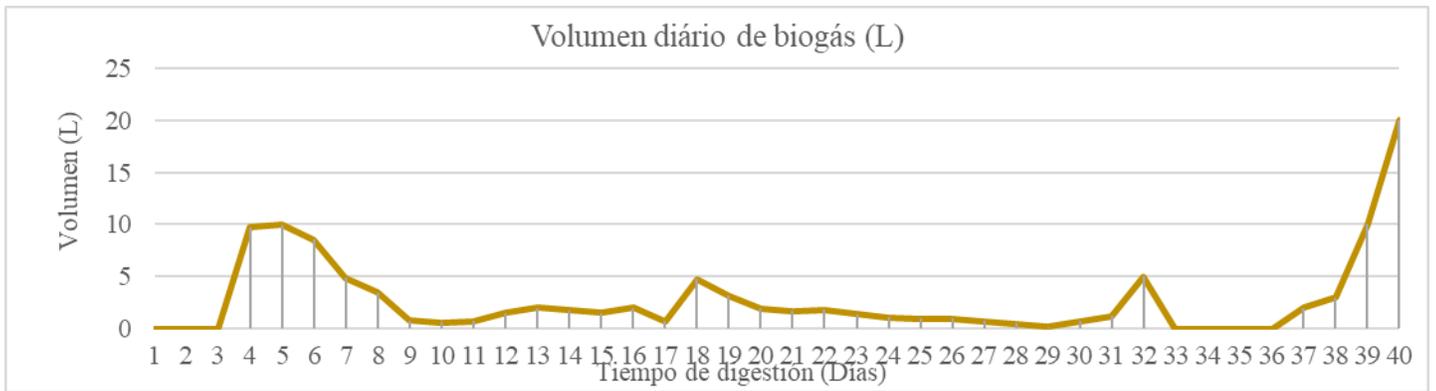
En la Figura 11 se observa el volumen de biogás generado por día. La generación de biogás inició al tercer día de digestión. En el día 40 se obtuvo la mayor generación de biogás con 20 litros. En la Figura 12 se observa el volumen de biogás acumulado. Al día 40 se

obtuvo 109.61 litros de biogás. Cabe mencionar que el biogás presentó combustión a partir del día 37. Se alcanzó un rendimiento de 7.3 L/kg de material orgánico.

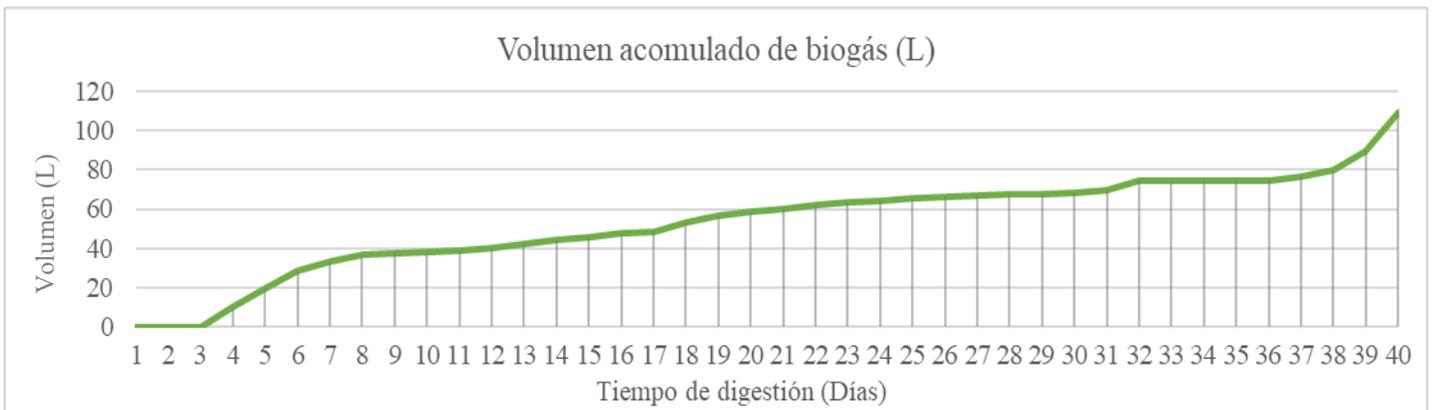
El tipo de alimentación de los caninos puede ser un factor que inhibió en la producción de metano en los caninos

puede ser un factor que inhibió en la producción de metano en los primeros días de digestión. En la práctica, las diversas literaturas proporcionan valores variados en rendimiento de biogás a partir de heces caninas. Martínez-Sabater et al. (2019), obtuvo 229 ml/g de biogás con CH<sub>4</sub> mayor a 75%; Wasserman (s.f.), obtuvo

55.584 ml/kg de biogás; Okoroigwe et al. (2010) consiguió 28.6 L/kg y Rodríguez Pachón & García Cepeda (2017) no alcanzaron la etapa de metanogénesis. Otros autores como Okolie et al. (2018) y Phetyim et al. (2015) logran obtener biogás con metano mayor a 65 y 63 % respectivamente a partir de sustratos mixtos compuestos por heces caninas.



**Figura 11.** Producción diaria de biogás a partir de heces caninas.



**Figura 12.** Producción acumulada de biogás a partir de heces caninas.

## CONCLUSIONES

En base al prototipo construido, se obtuvo un biodigestor de bajo costo y capaz de tener aplicaciones domésticas o para investigaciones a escala piloto, el cual es capaz de adaptarse a las necesidades que se requieran. Sin embargo, se recomienda utilizar una bolsa de geomembrana con mayor capacidad como contenedor de biogás.

En este trabajo se encontró que la generación de biogás a partir de heces caninas como sustrato es técnicamente viable. Por otro lado, al comparar la literatura existente, se determinó que el tiempo de retención hidráulica varía de 20 a 30 días; de igual manera, es importante considerar la cantidad de inóculo aclimatado en la etapa de arranque, tal como las de origen vacuno, para incrementar la presencia de bacterias metanogénicas y propiciar la producción de biogás. Además, se observó que las heces caninas poseen un corto tiempo de producción de biogás, al iniciar el proceso de digestión de 3-4 días, en comparación de los 7-15 días de las heces bovinas.

Debido a las diferencias en los resultados encontrados entre este trabajo y las de la bibliografía revisada, se determinó que la digestión anaerobia con heces caninas

es un área que aún hace falta explorar con profundidad, por lo que para su correcto aprovechamiento y aplicación exitosa en parque públicos es importante conocer a detalle las características microbianas de las heces dependiendo del tipo de alimentación de los caninos, así como el porcentaje óptimo que debe de tener el sustrato mixto para la generación de biogás.

## LIMITACIONES

La investigación se llevó a cabo durante la contingencia por SARS-CoV-2 (COVID-19), por lo que el acceso a laboratorios para la realización de caracterización de sólidos, medición de pH, temperatura y volumen exacto de biogás no fue posible; no obstante, se optó por métodos menos exactos para la realización de estas mediciones.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco (CCyTET) por el apoyo económico otorgado en el Programa Estatal de Nuevos Talentos científicos y tecnológicos (PENT), cuya beca sirvió para concluir con éxito este trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

BIAH (27 de Julio de 2019). *Día internacional del perro callejero* [Infografía]. Boehringer Ingelheim Animal Health: <https://www.boehringer->

- ingelheim.mx/sites/mx/files/documents/inografi\_a\_perrito\_callejero.pdf
- Dassault Systemes SolidWorks Corporation.  
<https://www.solidworks.com/es>
- Duncan, K. T., Koons, N. R., Litherland, M. A., Little, S. E., & Nagamori, Y. (2020). Prevalence of intestinal parasites in fecal samples and estimation of parasite contamination from dog Parks in central Oklahoma. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports*, 19, 100362.  
<https://doi.org/10.1016/j.vprsr.2019.100362>
- GfK. (22 de noviembre de 2016). *Man's best friend: global pet ownership and feeding trends*. Growth from Knowledge:  
<https://www.gfk.com/insights/mans-best-friend-global-pet-ownership-and-feeding-trends>
- Google. (2020). (Cd Pemex en Google maps). Recuperado 07 de julio de 2020.  
<https://www.google.com.mx/maps/place/86720+Cd+Pemex,+Tab./@17.9076204,-93.5195618,8.17z/data=!4m5!3m4!1s0x85edf85e6a657a87:0xaacc9530ab21c930!8m2!3d17.8821857!4d-92.4825371>
- Martínez-Sabater, E., García-Muñoz, M., Bonete, P., Rodríguez, M., Sánchez-García, F. B., PérezMurcia, M. D., Bustamante, M. A., López-Lluch, D. B., & Moral, R. (2019). Comprehensive management of dog faeces: Composting versus anaerobic digestion. *Journal of Environmental Management*, 250(109437).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109437>
- Okolie, N. P., Onifade, A. K., Oladunmoye, M. K., & Adegunloye, D. V. (2018). Comparative study of commercial gas with biogas produced from co-digestion of corn cob, rice chaff, goat and dog dungs. *International Journal of Physical Sciences*, 13(6), 98–105.  
<https://doi.org/10.5897/ijps2017.4656>
- Okoroigwe, E. C., Ibeto, C. N., & Okpara, C. G. (2010). Comparative Study of the Potential of Dog Waste for Biogas Production. *Trends in Applied Sciences Research*, 5, 71–77.
- Ortega-Paredes, D., Haro, M., Leoro-Garzón, P., Barba, P., Loaiza, K., Mora, F., Fors, M., VinuezaBurgos, C., & Fernández-Moreira, E. (2019). Multidrug-resistant *Escherichia coli* isolated from canine

- faeces in a public park in Quito, Ecuador. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*, 18, 263–268.  
<https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.04.002>
- Phetyim, N., Wanthong, T., Kannika, P., & Supngam, A. (2015). Biogas Production from Vegetable Waste by Using Dog and Cattle Manure. *Energy Procedia*, 79, 436–441.  
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.515>
- POWER DAV v1.1.1. (07 de julio de 2020) [Base de datos]. NASA prediction of Worldwide Energy Resources (POWER) Higher Resolution Daily Time Series 1/2 x 1/2 degree Climatology Resource for SSE-Renewable Energy.  
<https://power.larc.nasa.gov/data-accessviewer/>.
- Real Academia Española: *Diccionario de la lengua española*, 23.<sup>a</sup> ed., [versión 23.3 en línea]. <  
<https://dle.rae.es/excremento#7U2cHVU>> [04 de julio de 2020].
- Rodríguez Pachón, D. A., & García Cepeda, A. F. (2017). *Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogás a partir de heces caninas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Sosa-Olivier, J., Briseño, E., Hernández-Pérez, K., Álvarez-Angulo, G., Esquivel, J., Gómez, C., & Laines, J. (2017). Evaluation of the potential of biogas generation, of different organic waste, generated in Tabasco. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSSR-JESTFT)*, 11(4), 108–113.
- Wasserman, B. B. (s.f.). *Obtención de biogás a partir de heces de canes, un aporte al cuidado del medio ambiente de la ciudad de Buenos Aires*.