

# Recoger las heces caninas y... convertirlas en energía

KARLA CRUZ TORRES, DANIELA JUÁREZ BAHENA Y DULCE MARÍA ARIAS-LIZÁRRAGA

La Lic. Cruz Torres es Licenciada en Relaciones Internacionales por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente cursa la maestría en el posgrado de Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM, con sede en el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM).

La Lic. Juárez Bahena es Licenciada en Ciencias de la Comunicación por la Universidad La Salle Cuernavaca. Tiene experiencia en comunicación organizacional, comunicación estratégica en redes sociales y gestión de la comunicación pública de la ciencia, la tecnología y la innovación. Actualmente es Jefa de la Unidad de Comunicación de la Ciencia del Instituto de Energías Renovables de la UNAM (IER-UNAM).

La Dra. Arias-Lizárraga es Ingeniera Bioquímica Ambiental por el Tecnológico Nacional de México-Mazatlán y Doctora en Ingeniería Ambiental por la Universitat Politècnica de Catalunya, España. Es Investigadora Titular A del Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM). Sus líneas de investigación están orientadas al tratamiento y valorización de aguas residuales y residuos para la producción de biocombustibles y bioenergía.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.



Ilustración: Ing. Sebastián Juárez Bahena (2024).

En el IER se estudia aprovechar una biotecnología tradicional, la digestión anaerobia, para resolver el problema que representa la acumulación de heces de mascotas; una propuesta que podría aplicarse fácilmente en refugios caninos, pero que planeada adecuadamente y con apoyo de la ciudadanía, podría extenderse a otras áreas públicas en las que las heces de mascotas representan también un problema.

¡Heces de perritas y perritos vemos, implicaciones ambientales y de salud, no sabemos!

Al caminar por las calles es común encontrarse con algunas heces caninas y

felinas, especialmente en zonas donde hay mayor abandono de animales domésticos o las regulaciones son laxas.

En México y el mundo se observa un incremento en el número de animales domésticos, y algunos análisis señalan que, en ciertos países, el crecimiento de la población humana de menores de 18 años es baja, mientras que el crecimiento de la población canina y gatuna va en aumento. En México, existen 80 millones de mascotas, de las cuales 55% son caninas, 20% felinas y el resto otro tipo de mascotas de acuerdo con la Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado (ENBIARE) 2021 del INEGI. Según la misma encuesta, el 70% de los hogares mexicanos reporta tener algún tipo de animal de compañía. El 47% de la población canina total se concentra en siete entidades federativas del centro del país: Estado de México, Ciudad de México, Veracruz, Puebla, Guanajuato, Jalisco y Michoacán (Figura 1). Algunos estados del centro del país como Morelos, Tlaxcala y Querétaro tienen menos del 2% de la población total de perras y perros, y esto puede deberse al clima de esas entidades (cálido-húmedo en Morelos y semiseco en Querétaro) o relacionarse a la orografía montañosa, como en el caso de Tlaxcala.

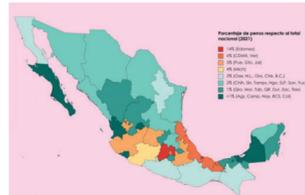


FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN de perras y perros por entidad federativa en 2021 con respecto al total nacional. Elaboración propia a partir de los datos del INEGI, (2021) en Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado (ENBIARE). Disponible en: [www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/730](http://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/730)

Las excretas caninas poseen una significativa carga de patógenos. Bacterias coliformes, como *Campylobacterias*, *Yersinia spp.*, *Salmonella*, pueden transmitir a los humanos enfermedades zoonóticas del sistema digestivo tales como el cólera, gastroenteritis viral o bacteriana, además de propiciar la proliferación de fauna nociva como cucarachas, ratas, moscas u otras especies.

En la Figura 2 se resumen algunas estimaciones del volumen de excretas caninas generadas en diversas escalas geográficas. A nivel global se estima que hay 700 millones de canes; en México existen 44 millones de perros, de los cuales, 779 mil perros están en el estado de Morelos. Las estimaciones sobre el volumen de excretas generadas para el caso de México se realizaron considerando a perros de tamaño mediano (aproximadamente 11.33 kg) que evacuan un promedio de 600 gramos de excremento al día. Tales estimaciones pueden variar en las regiones no solo por el tamaño de los ca-



Global



Nacional



Estatal/Metropolitana



Refugios / hoteles



Doméstico

FIGURA 2. ESTIMACIÓN del volumen de excretas caninas generadas en diversas escalas. Elaboración propia a partir de World Animal Protection, (2015); ANFAAC, (2018); Brinton and Storms, (2004); y Zuñiga y Caro (2020).

nes, sino por el tipo de alimentación y el nivel socioeconómico de la región.

La disposición final de las excretas caninas, en muchos casos, depende de la accesibilidad a servicios de drenaje y saneamiento, recolección de residuos, infraestructura disponible para realizar tratamiento de residuos mediante compostaje o algún otro sistema de biodegradación, y está condicionada a la poca difusión de las implicaciones ambientales y de salud que representa esta problemática. Es el caso de países como México, donde se registra una alta tasa de abandono de animales e irresponsabilidad de las personas que tienen mascotas en casa, cabe cuestionar ¿qué se puede hacer ante la inadecuada disposición de heces caninas?

La digestión anaerobia es un proceso biológico que sucede en ausencia de oxígeno gracias a la intervención de diversos grupos de bacterias que actúan en cuatro etapas:

1) En la primera etapa las bacterias hidrolíticas descomponen componentes de alto peso molecular como proteínas y polisacáridos en sustancias solubles de bajo peso molecular tales como aminoácidos y azúcares. Son bacterias típicas de este grupo *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus* y *Bacillus sp.*; y las facultativas *Escherichia coli* y *Bacillus sp.*

2) En la segunda etapa denominada acidogénesis, las bacterias fermentativas y las acidogénicas producen ácidos grasos volátiles, alcoholes, ácido láctico y compuestos minerales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), entre otros. Las bacterias acidogénicas más comúnmente identificadas son: *Butyrivibrio*, *Propionibacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Rumino-*

Hay aproximadamente 700 millones de perros en el mundo. En Europa hay alrededor de 41 millones de perros con una generación de residuos sólidos frescos de entre 0.8 y 1.6 millones de toneladas al año. En Estados Unidos se estima que los perros producen aproximadamente 10 millones de toneladas de residuos frescos al año.

44 millones de perros a nivel nacional. Aproximadamente 9 millones de toneladas de residuos fecales al año.

779 mil perros en el Estado de Morelos, lo que significaría cerca de 170 mil toneladas de residuos fecales al año.

No. de perros	Kg/día de excretas	Toneladas por año
10	6 kg	2.1
25	15 kg	5.4
50	30 kg	10.9
100	60 kg	21.9

Considerando como promedio por hogar 1 perro (a), al día se generarían aproximadamente 600 gramos, lo que al año son 0.24 toneladas de residuos fecales.

*cocos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* y *Enterobacterias*

3) En la fase de acetogénesis, las bacterias toman los compuestos intermedios resultantes de la fase anterior y los oxidan a acetato, hidrógeno y dióxido de carbono. Entre las bacterias acetogénicas identificadas se encuentran: *Syntrophobacter wolini*, *Syntrophomonas wolfei*, *Acetobacterium*, *Acetonaerobium*, *Acetogenium*, *Clostridium* y *Eubacterium*.

4) En la última etapa, las bacterias metanógenas-acetoclasticas degradan el ácido acético produciendo metano (alrededor del 70% del total producido) y dióxido de carbono. Son frecuentes microorganismos de los géneros *Methanosarcina* y *Methanotrix*. Por otro lado, las bacterias metanógenas-hidrogenotrofas generan metano y agua a partir del hidrógeno y dióxido de carbono. Los géneros presentes son *Methanobacterium*, *Methanococcus*, *Methanobrevibacter* o *Methanogenium*.

La implementación de la digestión anaerobia como proceso de tratamiento de excretas caninas brinda la posibilidad no sólo de eliminar patógenos, sino también de valorizar este tipo de residuos para producir biogás y fertilizante líquido. La composición del biogás depende del sustrato digerido y del funcionamiento del proceso. El biogás es una mezcla de gases como metano (55-70%) y dióxido de carbono (30-45%), y en porcentajes menores puede haber vapor de agua, sulfuro de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, amoníaco e hidrógeno. Cuando el biogás tiene un contenido de metano superior al 45% es inflamable, por lo que puede ser usado como fuente de energía calorífica. Existen varios casos documentados sobre la implementación de biodigestores anaerobios para el tratamiento de ex-

cretas caninas. En el proyecto *Park Spark* en Cambridge, Massachusetts, los desechos de perras y perros recopilados en un parque canino público se transforman en metano, el cual se mantiene ardiendo constantemente en forma de un monumento denominado 'llama eterna'. Otro caso se encuentra en Malvern Hills, Reino Unido, donde al pie de los faros tienen una caja verde que contiene microorganismos anaeróbicos, el público puede depositar las heces en bolsas de papel, accionan una manivela para empujar la bolsa al fondo e iniciar el proceso. Al descomponerse los residuos, se produce metano que sirve como fuente de energía para encender el faro. Obviamente la bolsa tiene que ser biodegradable.

En años recientes en países latinoamericanos también se han realizado estudios experimentales sobre el potencial de producción de biogás con heces caninas y a partir de proyectos universitarios se han implementado biodigestores para su tratamiento. Destacan los casos documentados en al menos tres regiones de Colombia (Tunja, Cundinamarca y Bogotá) donde además se han instalado biodigestores en un criadero canino, una veterinaria y dos refugios caninos. En el caso de criadero canino, se contaba con servicio de recolección que no era eficiente, se intentó lombricultura pero muchos de los residuos terminaban como efluente de aguas residuales. Una constante en el caso de la veterinaria y los refugios caninos es que se intentaron utilizar las excretas en lombricultura, como abono o en composta, pero no se eliminaban los olores y era un riesgo de salud y ambiental al no lograrse la descomposición efectiva de las excretas. Países como Chile, Argentina, Ecuador, Perú y México también cuentan con casos documentados de proyectos universitarios que han implementado biodigestores para el tratamiento de excretas caninas en sitios con limitados o nulos servicios públicos para la disposición final de este tipo de residuos.

Un ejemplo es el proyecto Compost creado por Eduardo Olivares, Alfredo Cuesta y Fernando Leyva en 2015. Dicho proyecto buscaba ser un sistema integral de manejo para las heces caninas que se arrojan diariamente en la Ciudad de México y aprovecharlas para la producción de energía eléctrica mediante un biodigestor. No obstante, y de acuerdo con portales de noticias como El Universal y Milenio, la iniciativa no obtuvo apoyo de las autoridades, que se declararon sin recursos, lo que ha obligado a los creadores de esta iniciativa a buscar fondos, apoyos y patrocinadores. En la localidad de Ciudad Pemex, en el estado de Tabasco, se tiene documentado otro proyecto de investigación con biodigestión de heces de caninos (perras y perros) combinadas con heces bovinas. Un caso más reciente se ubica en un refugio canino llamado *Tierra Paraíso* en Querétaro donde el proyecto se en-

focó en generar biogás para atender la demanda de gas LP que tiene ese refugio debido a que cuenta con un crematorio. Aparte de esos proyectos, el común denominador de los refugios caninos es disponer de sus residuos a través del drenaje público o de los servicios de recolección municipal.

Ciencia para la resolución de problemas con retribución social

El Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad (PCS) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) busca abonar al desarrollo de soluciones sostenibles desde una perspectiva transdisciplinaria en la que los proyectos de los estudiantes tengan involucramiento y retribución social. El PCS con sede en el Instituto de Energías Renovables (IER) promueve el apoyo a los proyectos orientados en la implementación de tecnologías energéticas sustentables que brinden soluciones a problemas socioambientales.

A mediados del 2023, el IER comenzó una colaboración con el refugio de perros "4 Patitas" ubicado en Temixco, Morelos, el cual alberga a 25 canes. Se trata de un proyecto de retribución social para brindar a este refugio un sistema de tratamiento de las excretas caninas que permitiera valorizarlas y brindar alternativas de producción de energía y de fertilizantes. Este refugio, a su vez, colaboró con la provisión de muestras (excretas de canes) necesarias para la realización de pruebas de laboratorio en el marco de una investigación de tesis de maestría del PCS: en dicha propuesta de investigación se busca 1) evaluar el potencial de las excretas caninas para producir biogás e hidrógeno en sistemas acoplados; y 2) un estudio de caso con el mencionado refugio para identificar las barreras antropológicas en la implementación de estrategias de disposición final y tratamiento, enfocado en la percepción sobre la problemática de la inadecuada disposición de desechos, así como de las alternativas para solucionar esta problemática.

Desde el comienzo de este proyecto se identificaron varias barreras sociales y técnicas que hay que superar en cuanto a la difusión e implementación de tecnologías para el tratamiento de excretas caninas. Más que cubrir una necesidad energética, el interés de este refugio radica en opciones para tratar las excretas caninas en el sitio y reducir una problemática ambiental real. Como parte de este estudio, se diseñó e instaló un biodigestor para el tratamiento integral de los residuos. Se consideró un volumen máximo de carga de 9 litros diarios de excretas caninas (considerando aproximadamente 0.9-1.3 kg/L) y se consideró el 25% de espacio para la acumulación del biogás generado, en un contenedor de doble cámara. El sistema cuenta además con una palanca de agitación para asegurar una mejor desintegración y mezclado de las heces, así como un tubo de salida para el efluente líquido (Figura 3). Las adecuaciones del biodigestor con agitación manual

se realizaron en conjunto con los técnicos del taller del IER-UNAM, quienes tienen amplia experiencia en la construcción de prototipos exóticos, se capacitó al personal del refugio; posteriormente se realizan visitas de seguimiento para identificar retos, mejoras, resolver dudas y brindar todas las herramientas necesarias para fortalecer las capacidades técnicas del personal vinculado al refugio, asegurando así el buen funcionamiento del biodigestor como sistema de tratamiento de excretas caninas.

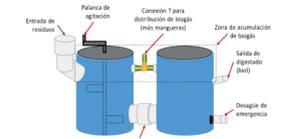


FIGURA 3. DISEÑO de biodigestor de doble cámara propuesto para los residuos generados en el refugio "4 Patitas". Elaboración propia.

Temixco cuenta con un clima cálido y semicálido subhúmedo; durante el año, la temperatura oscila entre los 11°C y los 32°C, y por lo general no se registran temperaturas menores a 8°C ni mayores a 35°C. Por lo anterior, el sistema se encuentra en condiciones mesofílicas la mayor parte del año, a pesar de lo cual el biodigestor se instaló bajo una superficie que lo cubriera de la exposición directa del sol, para evitar un sobrecalentamiento de los materiales y mantener así el equipo por más tiempo.



FIGURA 4. CONSTRUCCIÓN del biodigestor por los ingenieros y técnicos del taller del IER-UNAM, la imagen de abajo corresponde a la instalación del biodigestor en el refugio "4 Patitas".

Antes de la puesta en marcha del biodigestor, se le dio una breve explicación y capacitación al personal sobre el funcionamiento del dispositivo, las medidas de seguridad, la operación y funcionamiento, entre ellas:

- Mantener el sistema hermético. No retirar las tapas ni los anillos de aluminio, pues la ausencia de oxígeno es esencial para las bacterias anaerobias.
- A cada porción de excretas se debe agregar la misma porción de agua y agitar manualmente

antes de verter los residuos en el biodigestor. Es recomendable ayudar al sistema con agitación manual mediante la palanca integrada.

- La carga máxima por día es de 9 litros.

- Es necesario colocar una cubeta en el tubo de salida del efluente líquido.

La puesta en marcha del biodigestor se realizó con 20 litros de estiércol de vaca mezclada en una proporción con 20 litros de agua, esto para garantizar la reproducción de las bacterias anaerobias necesarias en el proceso de digestión. En los sistemas discontinuos se agrega el sustrato una vez y se deja digerir por un periodo de 20 a 30 días dependiendo de la temperatura, del tipo y volumen de sustrato. El digestor instalado en el refugio "4 patitas" es un sistema semi-continuo, el cual permite agregar sustrato diariamente, pero que incrementa el tiempo que debe permanecer el sustrato en el sistema para biodegradarse y producir biogás. Después de un par de meses de operación del biodigestor en el refugio se realizaron visitas de seguimiento y las principales dudas que los trabajadores del refugio tuvieron sobre el funcionamiento del biodigestor, fueron:

Referencias

Asociación Nacional de Fabricantes de Alimentos para Animales de Compañía (ANFAAC). (2018). Más de 85 millones de hogares europeos conviven con animales de compañía. [https://www.anfaac.org/anfaac/noticias/mas-de-85-millones-de-hogares-europeos-con-animales-de-compania\\_1012\\_14\\_674\\_0\\_1\\_in.html](https://www.anfaac.org/anfaac/noticias/mas-de-85-millones-de-hogares-europeos-con-animales-de-compania_1012_14_674_0_1_in.html)

Brinton, W.F and Storms, P.H. (2004). Microbiological test qualities of composted manures and yard wastes. World Congress Organic Food, Michigan State University, March 29-31.

González Cabrera, A. M. (2014). Estudio técnico-económico para la producción de biogás a partir de residuos agrícolas mediante digestión anaerobia. [tesis de maestría, Universidad de Sevilla]. <http://hdl.handle.net/11441/27048>

INEGI (2021). Encuesta Nacional de Bienestar Autorreportado (ENBIARE). <https://www.inegi.org.mx/programas/enbiare/2021/>

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 [tesis de licenciatura, Universidad de Chile]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6949>

World Animal Protection (2015). World Animal Protection calls on the Government to ensure better lives for dogs in India. <https://www.worldanimalprotection.org.in/latest/news/world-animal-protection-calls-government-ensure-better-lives-dogs-india/>

Zuñiga Carrasco, I. R., Caro Lozano, J. (2020). Heces caninas: un riesgo permanente y sin control para la salud pública. *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, 33 (2): 74-77. doi: 10.35366/94417

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.

Consideraciones finales

Pensar en este tipo de residuos como potencial fuente de energía o productos de valor puede favorecer un cambio de mentalidad sobre las sensaciones desagradables que nos produce el manipular las excretas de nuestros animales de compañía. Si bien existen alternativas que pueden ser más cómodas y sencillas, como el desecharlas mediante el



ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: <https://acmor.org/>  
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: [coord.comite.editorial.acmor@gmail.com](mailto:coord.comite.editorial.acmor@gmail.com)