

BACTERIAS Y ARQUEAS UNIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE **BIOGÁS**

**Iris Sandoval Rojas, José Apolinar Cortés
*Ma. del Carmen Chávez Parga**

Laboratorio de Ingeniería Ambiental, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

***Contacto: cparga@umich.mx**

BACTERIAS Y ARQUEAS UNIDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

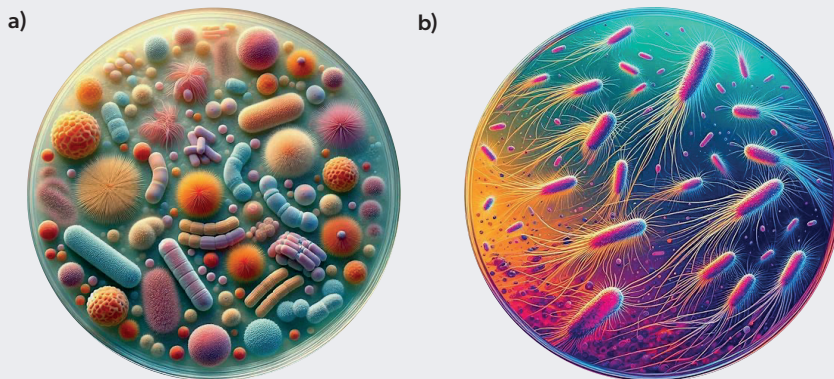
Las bacterias y arqueas, en su proceso metabólico degradan la materia orgánica, y por consecuencia tienen la capacidad de producir un valioso biocombustible conocido como biogás, el cual se ha destacado como una fuente energética versátil y sostenible con una amplia gama de aplicaciones. Es crucial comprender que estos microorganismos son intrínsecamente delicados y requieren condiciones específicas para desarrollarse plenamente, como la disponibilidad de alimento, temperatura óptima, pH adecuado y otros parámetros ambientales que son esenciales para garantizar un proceso de digestión anaerobia eficiente. La producción de este biogás a partir de diversos residuos orgánicos se enmarca en la generación de energía renovable, la correcta gestión de residuos y el nuevo paradigma de la economía circular que forma parte de la búsqueda de un futuro más sostenible y energéticamente eficiente. **Palabras clave: metano, residuos orgánicos, biocombustible, estiércol**



"Para obtener biogás, es fundamental brindar el cuidado necesario a las bacterias y arqueas involucradas en el proceso."

Los microorganismos (Figura 1) no se pueden observar a simple vista, para ello, se requiere de un microscopio (). Las bacterias y las arqueas que son microorganismos unicelulares, con diferencias significativas en su estructura celular, composición química y adaptaciones a diferentes entornos. Sus diferencias, han llevado a su clasificación en dominios separados en la taxonomía y desde el punto de vista funcional las arqueas son las únicas que pueden llevar a cabo el proceso de generación de gas metano [1].

Pero... **¿Dónde las podemos encontrar?** Estas pueden encontrarse en una gran variedad de entornos, sin embargo, aquellas que se encuentran en el estómago de los rumiantes y en el estiércol del ganado porcino ayudando en la descomposición de los alimentos [2], son de gran interés biotecnológico. Una de las aplicaciones más relevantes que tienen es en los biorreactores de digestión anaerobia para la producción de biogás [3]; pero... **¿Qué es el biogás y qué es la digestión anaerobia?**



Elaboradas con IA Bing Image Microsoft©

El **biogás** es un tipo de gas que se considera renovable, el cual se compone principalmente de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), es producto de la **digestión anaerobia** (DA) que llevan a cabo las bacterias y arqueas. La DA (figura 4) consiste en una serie de reacciones bioquímicas realizadas por las interacciones entre bacterias y arqueas (inóculo anaerobio), cuya función es descomponer la materia orgánica; esta, DA se divide en cuatro etapas [3,4]:

1. **Hidrólisis extracelular:** En esta etapa la materia orgánica que contiene carbohidratos y proteínas (residuo orgánico) es descompuesta por bacterias denominadas hidrolíticas en ácidos grasos, azúcares y aminoácidos (monómeros).
2. **Acidogénesis o fermentación:** a través de bacterias denominadas fermentativas, los monómeros obtenidos de la primera etapa se descomponen en ácidos grasos volátiles o grasos menores (AGV 's) como: acético, propiónico, butírico y valérico que son los precursores para la producción de CH_4 .
3. **Acetogénesis:** en esta etapa las bacterias denominadas acetogénicas convierten los ácidos grasos volátiles (AGV 's), alcoholes, acetatos, CO_2 e hidrógeno (H_2), que posteriormente son utilizados por las arqueas denominadas metanogénicas.
4. **Metanogénesis:** arqueas metanogénicas usan el ácido acético, producto de la etapa acetogénica y lo transforman en CH_4 y CO_2 o bien, biogás.



Elaboradas con IA Bing Image Microsoft©

Ahora bien, es importante cuidar que las bacterias y las arqueas se desarrollen en un ambiente favorable, debido a que, a pesar de su resistencia a ciertas condiciones adversas, son microorganismos delicados, y al no cuidarlas bien, su desarrollo no se llevará a cabo de una manera adecuada la DA, y por consecuencia no se obtendrá el biogás. Para preservar su viabilidad, se emplea un recipiente o contenedor sellado conocido como biorreactor, en el cual se debe evitar la entrada de oxígeno, condición esencial, debido a que las bacterias y arqueas requieren un ambiente libre de este, además de controlar su temperatura a 35°C y pH de 7.0 [5,6]; sin embargo, en cada etapa de la DA las bacterias presentan una actividad máxima en un intervalo de pH diferenciado: bacterias hidrolíticas y acidogénicas entre 6.5 y 7.8; bacterias acetogénicas entre 6.8 y 7.8 y arqueas metanogénicas entre 7.0 y 7.8 [5].

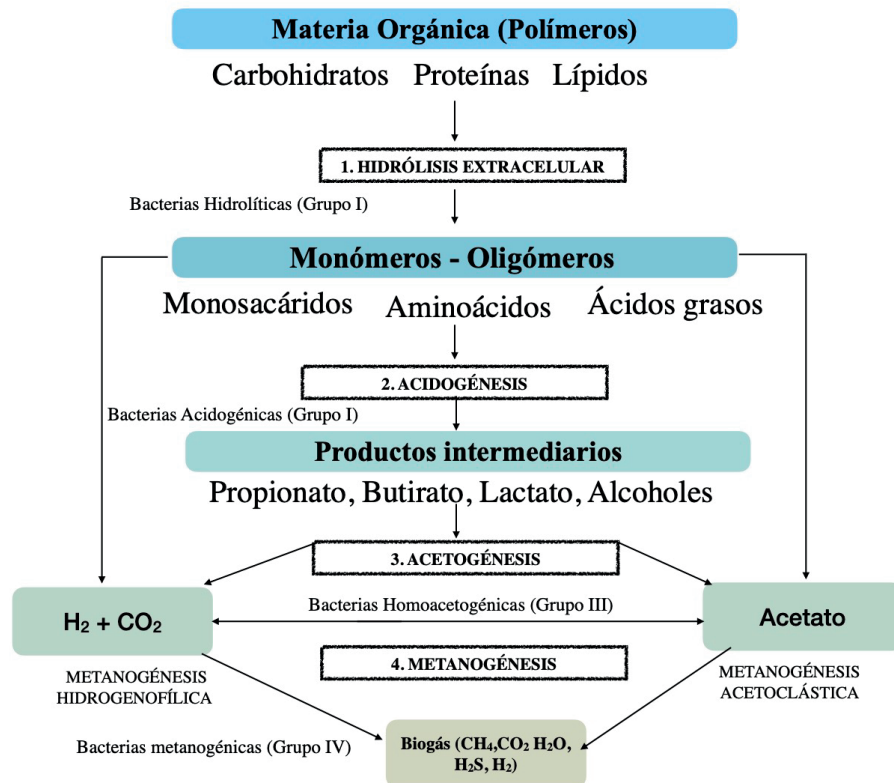


Figura 4. Etapas de la digestión anaerobia. Adaptado de: García Castillo, 2012 & Alanís Silva, 2018.

Además, después de obtener el biogás, y para poder usarlo es necesario purificarlo, este proceso es esencial para garantizar la calidad y la utilidad del biogás. La purificación implica la eliminación de impurezas y contaminantes, como el ácido sulfhídrico (HS), compuestos orgánicos volátiles, humedad y otros gases no deseados [1,6]. Se lleva a cabo a través de métodos conocidos como: absorción química, desulfuración y la eliminación de impurezas con filtros, etapa necesaria en el proceso para aprovechar esta fuente de energía renovable de manera efectiva y sostenible.

Entonces para que se lleve adecuadamente la **producción de biogás** se necesitan tres cosas, **alimento para las bacterias** que podrían ser los residuos orgánicos, un biorreactor e inóculo (donde están las bacterias y las arqueas). Este proceso puede ser llevado a cabo incluso desde casa, veamos cómo...

El primer paso es construir un biorreactor anaerobio, que puede ser un simple bote o contenedor hermético con tapa (y no olvidemos revisar que no tenga fugas), el cual debe tener una entrada para la alimentación, y salida del biogás [5].





Imagen adaptada de: GarcíaCastillo, 2012 & Alanís Silva, 2018.

El siguiente paso es preparar el **inóculo** (el cual contendrá las bacterias y las arqueas), que se obtiene del estiércol de ganado vacuno o porcino (de vaca o de puerco), por un periodo tres meses aproximadamente (Figura 4). No debemos olvidar cuidar la temperatura que debe estar en el intervalo de 25 °C a 35 °C, pH neutro (pH =7). El inóculo, debe ser mezclado con los residuos orgánicos obtenidos de casa, los cuales se homogenizan a través del proceso de molienda en una licuadora o en un molino casero [5,6]. Es importante medir el pH de los residuos orgánicos, y si este no se encuentra en el intervalo de 7 a 9, es necesario agregar cal (CaO). La alimentación del biorreactor se realiza una vez por semana, con el fin de dar las condiciones para que las bacterias degraden los residuos, se obtenga el biogás, y liberar el biogás cada día para evitar accidentes. Cuando se desee usar de manera directa el biogás generado, es importante realizar una purificación secundaria para eliminar la mayor cantidad de impurezas para obtener un biogás "metano limpio". Una vez purificado, este podría ser utilizado en que-

madores o estufas de gas en los hogares o en los vehículos [4,6,7].

CONCLUSIÓN:

El biogás al ser una fuente de energía versátil y sostenible se puede utilizar en diversas aplicaciones, tales como fuente de energía para la generación de electricidad y calefacción, así como para el suministro de calor en instalaciones industriales y residenciales, además, como combustible en vehículos, o en la inyección en la red de gas natural. El biogás también es benéfico en la gestión de residuos, porque permite la conversión de desechos orgánicos, como estiércol y residuos de alimentos, en una fuente de energía renovable, reduciendo al mismo tiempo la contaminación, el impacto ambiental y emisiones de gases de efecto invernadero.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sandoval Rojas, I. (2020). Evaluación de la combinación de pretratamientos mecánico, químico, térmico y carga orgánica, a partir del sustrato *Opuntia ficus indica* en la producción de biogás. [Tesis de Maestría inédita], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtenido de: http://biblioteca-virtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/4921
2. Dávila-Vázquez, G., & Razo-Flores, E. (2007). Producción biológica de hidrógeno por vía fermentativa: Fundamentos y perspectivas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, 11, 19-27. Obtenido de: https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf
3. García Castillo, C. C. (2012). Evaluación de la capacidad de remoción de materia orgánica de las aguas residuales de los rastros en un reactor UASB. Tesis de Maestría inédita], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
4. Alanís Silva, E.D. (2017). Evaluación técnico - económica de generación de biogás por digestión anaerobia a partir de residuos sólidos orgánicos generados en una industria restaurantera. [Tesis de Maestría inédita], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
5. Sandoval Rojas, I. (2024). Producción de biogás en un reactor anaerobio a partir del residuo de la cactácea *Opuntia ficus indica* y de nixtamalización. [Tesis de Doctorado inédita], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
6. Jacuinde Ruíz, J. C. (2018). Determinación del tamaño de gránulo en función del tiempo de envejecimiento del lodo anaerobio en un reactor UASB. [Tesis de Maestría inédita], Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
7. FAO. 2019. Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores. Colección Documentos Técnicos N° 12. Buenos Aires. 104 pp. ISBN 978-92-5-131559-0.