

# Transformando los desechos orgánicos en oportunidades

**Dra. Deneb Peredo Mancilla<sup>1</sup>**  
**M. en C. Edwin Alfonso Zelaya-Benavidez<sup>2</sup>**  
*<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Pesquerías  
Universidad Autónoma de Baja California Sur*  
*<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Unidad Oaxaca*



*“Una de las posibles alternativas para la producción de energía limpia y asequible se encuentra escondida en los extraños gases que emanan de nuestra basura al pasar unos días de acumularse”*

**Resumen:** El constante incremento de la demanda energética mundial y la lucha contra el cambio climático han creado la necesidad de orientar nuestros sistemas de producción de energía hacia las energías renovables. Debido a sus múltiples ventajas medioambientales, una de las fuentes de energía renovable más atractivas es el biogás. Obtenido de la descomposición anaerobia de la materia orgánica, el biogás es una mezcla de gases compuesta principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), su producción permite la valorización de residuos y la reducción de la quema de combustibles fósiles, al tiempo que genera sustratos ricos en nutrientes con aplicación en la agricultura. Este artículo tiene como objetivo dar una perspectiva sobre el proceso de producción de biogás, sus ventajas y su relevancia en el contexto del cambio climático.

**Palabras claves:** desechos, metano, biogás, biodigestores

**Abstract:** The constant increment of global energy demand and the fight against climate change have created the need of turning our energy production systems towards renewable energies. Due to its many environmental advantages, one of the most attractive renewable energy sources is biogas. Obtained from the anaerobic decomposition of organic matter, biogas is a gas mixture composed mainly of methane ( $\text{CH}_4$ ) and carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ), its production allows the valorization of wastes and the reduction

of fossil fuels burning, whilst generating nutrient-rich substrates with application in agriculture. This article aims gives an outlook on the biogas production process, its advantages and its relevance in the context of climate change.

**Keywords:** waste, methane, biogas, biodigesters

Durante el mes de noviembre del año pasado, se llevó a cabo la Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP26), donde 190 países lograron un acuerdo histórico para acelerar las medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y así reducir los efectos del cambio climático, siendo el objetivo prioritario de las estrategias diseñadas asegurar que la temperatura global mundial promedio no aumente por arriba de los  $2^\circ\text{C}$  con respecto de los niveles preindustriales. En este contexto, se hizo énfasis en la urgencia de establecer medidas para mejorar la forma en la que estamos generando y utilizando la energía; ya que justamente la producción de energía y el uso de transporte son las principales fuentes de GEI a nivel mundial (Naciones Unidas, 2021).

Asimismo, en México se atribuye el 25.1% de las emisiones de GEI generadas en nuestro país a la industria del transporte, siendo esta misma la primera fuente de emisiones, seguida por la producción de energía (24.1 %), cuya generación depende en gran medida del petróleo, y en tercer lugar se encuentra el sector ganadero (10.3%). Por otro lado, se atribuye el 6.7% de los GEI a la generación de residuos sólidos y aguas residuales (INECC, 2018).

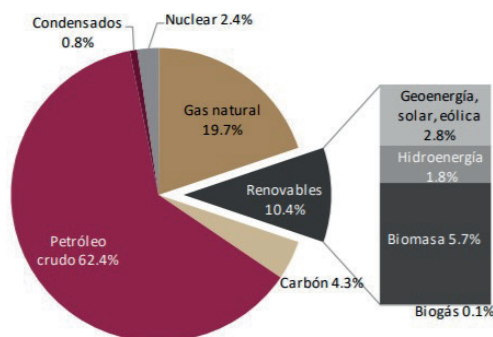


Figura 1. Estructura de la producción de energía primaria, 2018 (SENER, 2019).

La producción de energía primaria generada en México durante el año 2018 alcanzó los 6,485 petajoules, siendo obtenida en su mayoría de fuentes fósiles (86.4%), mientras que las energías renovables alcanzaron el 10.4% del total de la producción nacional (Ver figura 1). Estos valores se encuentran aún lejos del compromiso establecido a nivel nacional en el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024 de alcanzar una generación del 35% de la electricidad consumida en los hogares por medio de fuentes de energía renovable para el año 2030 (SEMARNAT, 2021).

Una de las posibles alternativas para la producción de energía limpia y asequible se encuentra escondida en los gases que emanan de nuestra basura al pasar unos días de acumularse. Se trata de una mezcla gaseosa, también conocida como biogás, producida por la degradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos. El biogás está conformado principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) en un 40%-70% y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en un 25%-40%, junto con algunas impurezas en menor proporción ( $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) (Martí-Herrero, 2019). Por su alto contenido de metano, el biogás puede ser quemado directamente para producción de calor (energía térmica), incorporado

en plantas de cogeneración de electricidad, o alternativamente, separar la fracción de metano del resto de los componentes para ser utilizada como combustible o ser insertada en la red de gas natural urbana (Figura 2) (EESI, 2017).

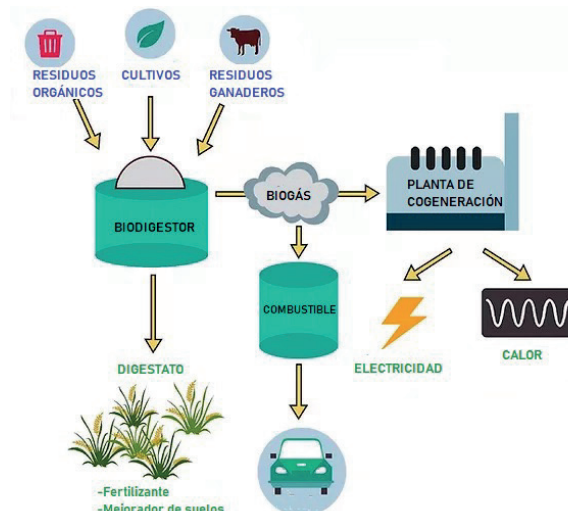


Figura 2. Esquematización de la producción de biogás. (Modificado de: O'Connor et al., 2021)

Si bien, el proceso biológico de producción de biogás ocurre de forma natural al descomponerse la materia orgánica, el proceso puede ser realizado de forma controlada en sistemas conocidos como “biodigestores” de forma que se asegura un máximo rendimiento de la producción de metano, así como su captura para posterior utilización. El biodigestor es un reactor en el cual se generan condiciones anaeróbicas (esto es en ausencia de oxígeno), diseñado para ofrecer un ambiente idóneo a las bacterias y arqueas que se encargan de degradar la materia orgánica (biomasa) y generar gas metano (Lyu et al., 2018). El proceso bioquímico involucrado en la generación de biogás, denominado digestión anaeróbica, se realiza en cuatro etapas simultáneas (Figura 3) de las cuáles solo la metanogénesis es realizada por arqueas, mientras que las otras tres son

realizadas por bacterias. La primera etapa se denomina hidrólisis, ésta consiste en la ruptura de enlaces de hidrógeno de macromoléculas como carbohidratos, lípidos y proteínas en sus componentes más pequeños y solubles como glucosa, ácidos grasos y aminoácidos; la segunda etapa llamada acidogénesis consiste en la síntesis de ácidos grasos volátiles como propiónico, láctico y butírico a partir de los monómeros obtenidos en la etapa previa; la tercer etapa es la acetogénesis, en la cual se sintetiza ácido acético o acetato a partir de los ácidos generados anteriormente; finalmente, en la metanogénesis las arqueas utilizan el acetato para producir metano en la vía denominada acetoclástica. Existe otra vía alterativa que lleva a la formación de biogás llamada hidrogenotrófica en la cual las arqueas usan el dióxido de carbono y el hidrógeno gaseoso disuelto en el medio para formar metano (Thauer, 1998).

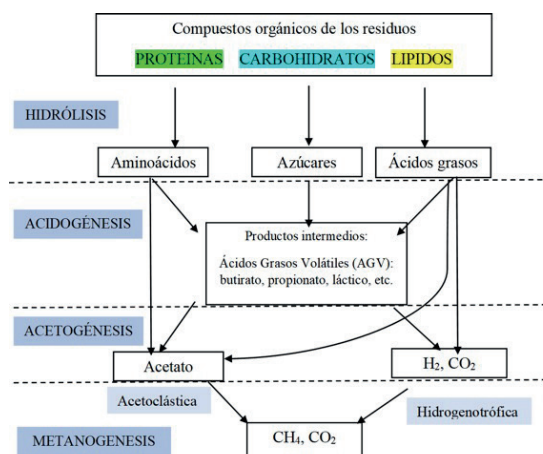


Figura 3. Ruta metabólica de la digestión anaeróbica. (Adaptado de: (Ferry, 1993; Xing et al., 2020).

En lo que respecta al diseño de los biodigestores, existen diversos tipos de biodigestores que utilizan tecnologías muy variadas. En particular, en el medio rural y doméstico uno de los tipos de biodigestores más comúnmente encontrados, por la simplicidad de instalación, el bajo

costo de los materiales y fácil mantenimiento, son los biodigestores tubulares, también conocidos como taiwaneses. Por lo general, son tubos largos fabricados de diferentes tipos de membranas (p.ej. policloruro de vinilo o polietileno de alta densidad), de manera que todo el líquido rico en materia orgánica que ingresa se mueve hacia la salida, generando una agitación natural del líquido. En la figura 4 se muestra una fotografía de este tipo de dispositivos.



Figura 4. Biodigestor tubular construido con geomembrana de PVC, instalado en la posta porcina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Archivo personal.

Independientemente del tipo de sistema utilizado, la utilización de los biodigestores para extraer metano de los desechos de animales o vegetales produce varios beneficios como:

- Disminución en la utilización de combustibles fósiles;
- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero derivados de la quema de combustibles fósiles y del proceso natural de degradación de los residuos orgánicos;

- Aprovechamiento de la materia orgánica dentro de los rellenos sanitarios;
- Reducción de la carga contaminante de aguas residuales de granjas,
- Disminución de malos olores y moscas
- Reducción del uso de leña para cocinar
- Potenciales ingresos económicos a los agricultores y productores pecuarios por el ahorro de combustible y biofertilizante.

Por último, es importante mencionar, que la implementación de este tipo de tecnologías permite diversificar las fuentes de producción de energía, acercándonos al cumplimiento de las metas establecidas en la Agenda 2030 (UNDP, 2022) e impulsar la independencia energética de nuestro país.

### Referencias:

EESI (Environmental and Energy Study Institute)., Fact sheet biogas: converting waste to energy. 2017. Consultado en: 04/02/2022. Disponible en: <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-biogasconverting-waste-to-energy>.

Ferry, J.G. Methanogenesis: ecology, physiology, biochemistry & genetics, Chapman & Hall, Michigan. 1993., 540 p. INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático)., Estudios e Investigaciones 2019-2013 en materia de mitigación del cambio climático, inventario nacional de gases y compuestos de efecto invernadero 1990-2015, 2019. Consultado

en: 05/02/2022. Disponible en:

<https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico>, 20-06-2019.

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2018. Consultado en: 18/05/2022 Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/sexta-comunicacion-nacional-ante-la-cmnucc?idiom=es>

Lyu, Z. Shao, N. Akinyemi, T. y Whitman, W.B., Methanogenesis, Current Biology, 2018. 28 (13)., pp. R727–R732.

Martí-Herrero, J., Biodigestores tubulares: guía de diseño y manual de instalación. RedBioLAC, Ecuador, 2019., ISBN: 978-9942-36-276-6., 120 p.

Naciones Unidas., Día de la energía en la COP26: más voces contra el carbón, el gas y el petróleo. 2021. Consultado en: 02/02/2022. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2021/11/1499582>

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)., Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024. 2021. Consultado en: 04/02/2022. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/programa-especial-de-cambio-climatico-2021-2024>.

SENER (Secretaría de Energía)., Balance Nacional de Energía. 2019. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance\\_Nacional\\_de\\_Energ\\_a\\_2018.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf)



O'Connor, S., Ehimen, E., Pillai, S.C., Black, A., Tormey, D., Bartlett, J. Biogas production from small-scale anaerobic digestion plants on European farms, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021. 139., pp. 110580.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)., ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?. 2022. Consultado en: 18/05/2022. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Thauer, R.K. Biochemistry of methanogenesis: a tribute to Marjory Stephenson., 1998. *Microbiology* (1998), 144., pp 2377-2406.

Xing, B.S., Han, Y., Wang, X.C., Ma, J., Cao, S., Li, Q., Wen, J., Yuan, H., Cow manure as additive to a DMBR for stable and high-rate digestion of food waste: performance and microbial community, 2020. *Water Research*., 168. DOI: 10.1016/j.watres.2019.115099.