

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

### Biogás

*Mamá: Hoy, la abuela y yo hemos cogido un autobús verde brillante por la ciudad. Decía «autobús de biogás» en él. ¿Eso qué significa?*



**Özge Eyice**

Facultad de Ciencias Biológicas y Químicas, Queen Mary University of London, UK

# Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

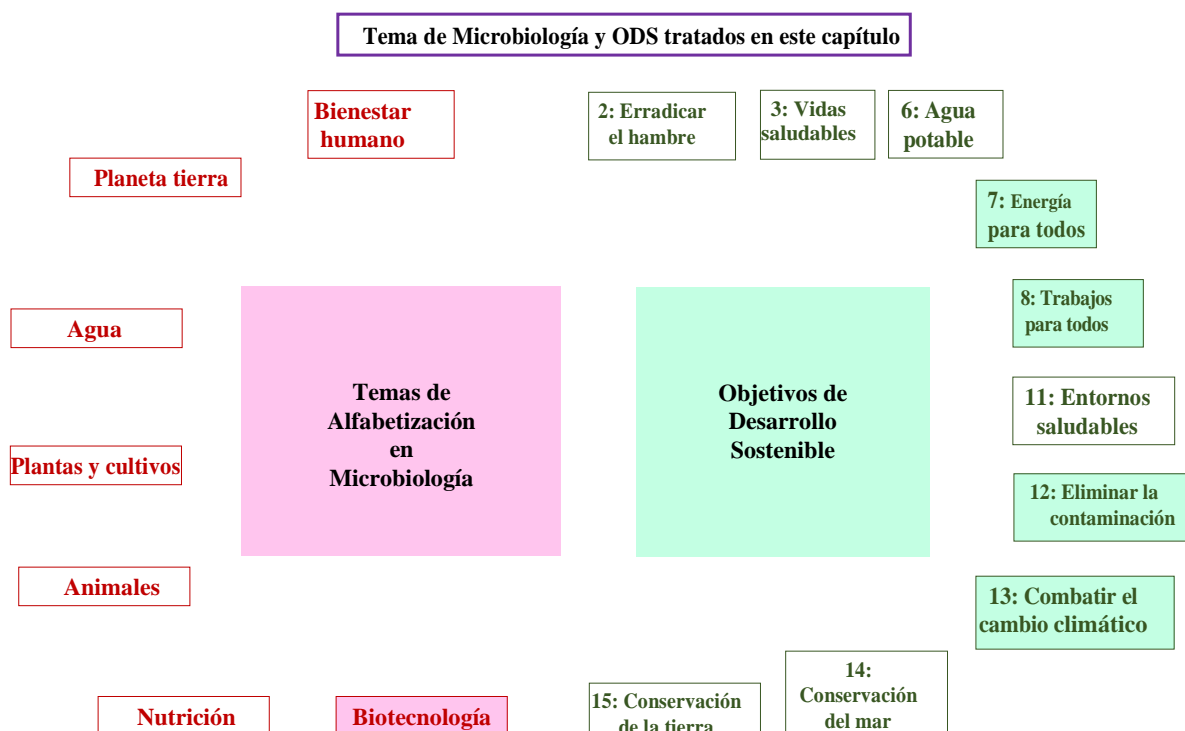
## Biogás

### Sinopsis

El biogás es una mezcla de metano y dióxido de carbono producida por microorganismos mediante la descomposición de compuestos orgánicos como lodos de depuradora, aguas residuales industriales, residuos alimentarios y estiércol animal. El biogás puede utilizarse como combustible para vehículos o para generar electricidad o calor en lugar de combustibles fósiles. En nuestra vida cotidiana puede sustituir al gas natural para cocinar y calentarnos porque el metano es el mayor componente del gas natural. Convertir los residuos en biogás también es beneficioso para reducir los residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Sin embargo, esta tarea supone un reto. Esto se debe a que la producción de biogás a partir de compuestos orgánicos se lleva a cabo en entornos sin oxígeno, lo que requiere un estricto control operativo. Además, los microorganismos que llevan a cabo este proceso anaeróbico requieren diferentes condiciones físicas y químicas para crecer. Por lo tanto, es importante proporcionar las condiciones de crecimiento de todos los microorganismos implicados. Otro punto importante es que es necesario eliminar el dióxido de carbono del biogás para aumentar la eficiencia del proceso, lo que requiere un funcionamiento cuidadoso. Por último, el biogás requiere ser transportado del mismo modo que otros combustibles fósiles, lo que aumenta su huella de carbono. Sin embargo, las ventajas de utilizar biogás compensan estos inconvenientes, ya que ayuda a cumplir muchos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

### La Microbiología y el Contexto Social

*La microbiología:* Producción microbiana de biogás, reducción de gases de efecto invernadero.  
*Cuestiones de sostenibilidad:* Reducción del consumo de combustibles fósiles, reciclaje de residuos, reciclaje de nutrientes, cambio climático.



# Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

## Biogás: la Microbiología

1. ***El biogás es una fuente de energía sostenible y renovable.*** El biogás se produce mediante un proceso natural denominado **digestión anaerobia**, que llevan a cabo grupos específicos de microorganismos. Estos microorganismos son alimentados con lodos de depuradora, aguas residuales industriales, residuos agrícolas o alimentarios. Descomponen estos residuos en materiales orgánicos más pequeños y, finalmente, en biogás (metano y dióxido de carbono). Tradicionalmente, se utilizan recursos no renovables (**combustibles fósiles** como el carbón, el petróleo y el gas natural) para generar energía utilizable: movimiento, calor y electricidad. Estos combustibles fósiles se formaron hace millones de años y ahora se encuentran en el subsuelo de la Tierra. Por lo tanto, no pueden reponerse y son difíciles de extraer. El biogás, sin embargo, se produce a partir del reciclaje de materiales de desecho mediante **digestión anaeróbica**, que nos proporcionan una fuente de energía renovable.

2. ***El biogás reduce la producción de gases de efecto invernadero.*** La generación de energía utilizable (por ejemplo, electricidad) a partir de fuentes no renovables contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se debe a que, cuando se queman combustibles fósiles, se producen y emiten a la atmósfera gases de efecto invernadero (compuestos principalmente por dióxido de carbono y metano). Además, estos gases, que han permanecido encerrados bajo tierra durante mucho tiempo, se filtran durante la extracción de combustibles fósiles del subsuelo. Por tanto, reciclar los residuos orgánicos para generar movimiento, electricidad o calor nos proporciona una fuente de energía renovable y sostenible, al tiempo que reduce sustancialmente las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, cuando se utilizan residuos agrícolas para producir biogás, el carbono procede de las plantas y cultivos que utilizaron el dióxido de carbono del aire para crecer. Esto reduce los niveles de dióxido de carbono en el aire. Además, el metano del biogás se utiliza como fuente de energía, por lo que las emisiones de metano se reducen sustancialmente.

3. ***El biogás reduce la cantidad de residuos que se depositan en vertederos.*** Los residuos sólidos municipales, los residuos alimentarios y los residuos no reciclables se depositan en vertederos, donde se descomponen lentamente. Una vez enterrados en los vertederos, las **bacterias aerobias** agotan rápidamente el oxígeno, el entorno se vuelve entonces anaerobio y los microorganismos anaerobios comienzan a descomponer los residuos. Como resultado, se produce metano y dióxido de carbono. El metano es un gas inflamable, por lo que puede ser peligroso cuando se acumula bajo tierra de forma incontrolada. Por ello, los vertederos deben vigilarse y gestionarse con cuidado. Utilizar los residuos industriales y alimentarios para producir biogás reduce la cantidad de residuos que hay que eliminar en los vertederos. Esto no sólo ayuda a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y a reducir la generación incontrolada de metano, sino que también permite devolver a los vertederos un uso beneficioso.

4. ***El proceso de producción de biogás nos proporciona fertilizantes orgánicos.*** El proceso de **digestión anaerobia** genera biogás y una fracción sólida sobrante. Esta fracción contiene nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y otros) y otras materias orgánicas necesarias en la agricultura moderna, por lo que se utiliza como **biofertilizante**. Esto permite reciclar los nutrientes, lo que es especialmente importante para proteger las fuentes de nutrientes en disminución, como el fósforo.

5. ***La producción de biogás requiere inversiones.*** El biogás se produce en digestores

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

anaerobios, que requieren elevados costes de inversión y funcionamiento, incluyendo la construcción, el equipamiento, la instalación, el personal técnico y el transporte de los residuos orgánicos y el biogás hacia y desde la planta. Además, la temperatura óptima para que los microorganismos lleven a cabo todo el proceso (~35°C) es superior a la temperatura ambiente. Por tanto, es necesario calentar los reactores anaerobios para que funcionen correctamente, lo que aumenta el coste operativo. Sin embargo, esto puede superarse utilizando la energía generada por el biogás. Las industrias que utilizan digestores anaerobios como parte de su planta de tratamiento de aguas residuales pueden utilizar la energía generada a partir de sus propios residuos. De hecho, a veces venden el exceso de energía que producen a la red nacional y convierten esta costosa inversión en beneficios. Del mismo modo, los agricultores pueden ahorrar energía convirtiendo los residuos agrícolas en biogás en digestores anaerobios de pequeño tamaño y utilizando este biogás como combustible para sus equipos in situ.

*6. Se requiere una mayor eficiencia en la producción de biogás y conocimientos especializados.* La producción de biogás mediante digestión anaerobia es un proceso natural en el que se utilizan microorganismos en cada paso. A pesar de tratarse de un proceso natural, para que los digestores anaerobios funcionen con éxito se requiere un diseño y un equipamiento especializados. Esto se debe en parte a la sensibilidad de los grupos microbianos a algunos factores ambientales como la temperatura y el pH. Dado que el mundo microbiano es muy complejo, estamos lejos de comprender plenamente las condiciones óptimas para los microorganismos y las interacciones entre ellos. Esto supone un obstáculo para seguir desarrollando sistemas de digestión anaerobia en plazos cortos. Sin embargo, la inversión en investigación sobre la microbiología de los digestores anaerobios aumenta cada año. Del mismo modo, se está ampliando la formación del personal técnico.

### Relevancia para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los Grandes Retos

La producción de biogás mediante la actividad de poblaciones microbianas naturales está relacionada con varios ODS, entre ellos:

- **Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos** (*garantizar agua potable, mejorar la calidad del agua, reducir la contaminación, proteger los ecosistemas relacionados con el agua, mejorar la gestión del agua y el saneamiento*). Los sistemas de digestión anaerobia que se utilizan para producir biogás también contribuyen a la eficiencia del tratamiento de aguas residuales al reducir la carga de carbono de las plantas de tratamiento. También proporcionan instalaciones de tratamiento de residuos descentralizadas y locales, que reducen la propagación de infecciones bacterianas como el cólera y la hepatitis (OMS, 2015).

- **Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos** (*garantizar el acceso a una energía limpia, renovable y sostenible, y aumentar la eficiencia del uso de la energía*). La producción de biogás contribuye significativamente a los ODS al proporcionar energía sostenible (electricidad, calefacción, combustible) derivada de los residuos. Esto reduce la dependencia de los combustibles fósiles y el gas natural. Los sistemas de digestión anaerobia también proporcionan medios para las zonas rurales que actualmente no tienen acceso a la electricidad o a las redes de gas. Los ciudadanos pueden producir energía utilizando sus propios residuos agrícolas, alimentarios o domésticos.

- **Objetivo 12. Garantizar modelos de consumo y producción sostenibles** (*uso sostenible y eficiente de los recursos naturales, reducción de la generación de residuos, reducción del uso de combustibles fósiles*). La producción de biogás la llevan a cabo comunidades

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

microbianas y sirve como fuente de energía natural, renovable y sostenible al reciclar y reutilizar productos de desecho para generar energía que sustituye a los combustibles fósiles. Esto reduce nuestra dependencia de los recursos naturales y aumenta la eficiencia de su uso. Además, la fracción orgánica que se produce como subproducto de la digestión anaerobia es rica en nutrientes (nitrógeno, fósforo y otros), por lo que se utiliza como fertilizante en las tierras de cultivo. Esto es especialmente valioso cuando los residuos alimentarios, que contienen una gran cantidad de nutrientes, se utilizan en digestores anaeróbicos. Los nutrientes de los residuos alimentarios se devuelven a las tierras agrícolas en lugar de enterrarse en vertederos.

- **Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos** (*reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mitigar las consecuencias del calentamiento global, desarrollar sistemas de alerta temprana de las consecuencias del calentamiento global, mejorar la educación sobre la producción de gases de efecto invernadero y el calentamiento global*). La producción mundial de energía se abastece principalmente de combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), lo que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, metano, dióxido de carbono y óxido nitroso, a la atmósfera. Esto se produce a través de las fugas que se producen durante la extracción y la combustión de los combustibles fósiles. Sin embargo, la generación de biogás a partir de residuos orgánicos reduce la extracción y el consumo de combustibles fósiles, contribuyendo así a combatir el cambio climático. El metano del biogás se utiliza como fuente de energía, reduciendo las emisiones de metano. Además, el biogás procedente de residuos agrícolas consiste en carbono procedente de material vegetal y cultivos que utilizan dióxido de carbono ya emitido a la atmósfera.

- **Objetivo 15. Gestión sostenible de los bosques, lucha contra la desertificación, detener e invertir la degradación de tierras, detener la pérdida de biodiversidad** (*garantizar la conservación, la restauración y el uso sostenible de las tierras, restaurar las tierras y los suelos degradados, reducir la degradación del hábitat natural*). La producción de biogás a partir de alimentos, residuos agrícolas y otros residuos orgánicos disminuye la cantidad de residuos que irían a parar a los vertederos. Esto ayuda a reducir la superficie dedicada a vertederos, que, si no se gestionan adecuadamente, ponen en riesgo la calidad del suelo y de las aguas subterráneas.

### Posibles Implicaciones para las Decisiones

#### 1. Individual

- a. Instalar un sistema de digestión anaerobia en el jardín para convertir los residuos de comida en metano, que puedo utilizar en lugar de gas natural. Coste vs huella de carbono.
- b. Separación de la fracción orgánica de los residuos domésticos.

#### 2. Políticas comunitarias

- a. Utilización de los residuos locales para producir energía por parte de la gestión local (es decir, los ayuntamientos). Esto reduce la carga de los vertederos y el coste de la energía.
- b. La antigua zona de vertederos puede diseñarse como jardines de uso público.

#### 3. Políticas nacionales

- a. Limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de las industrias,

## Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

- independientemente de la escala de la empresa.
- b. Instalación de digestores anaerobios en zonas rurales.
- c. Gestión estricta de los vertederos.
- d. Limitación de la cantidad de residuos que pueden ir a los vertederos.

### Participación de los alumnos

1. *Debate en clase sobre las cuestiones relacionadas con la producción de biogás y las fuentes de energía*
2. *Concienciación de los alumnos*
  - a. ¿Se te ocurre algo que puedas hacer personalmente para reducir tu consumo de energía?
  - b. ¿Cuáles de los ODS son más importantes para ti y tu familia?
  - c. ¿Se te ocurre algo que podamos hacer para reducir los residuos y clasificarlos para la digestión anaeróbica?
3. *Ejercicios*
  - a. La recogida selectiva de residuos alimentarios sólo está disponible en unos pocos lugares. ¿Cómo podemos aumentar la concienciación sobre este tema y facilitar el reciclaje de los residuos alimentarios?
  - b. ¿En qué gastamos más energía en las ciudades? ¿Cómo podemos reducirlo?
  - c. ¿Cómo diseñarías un sistema de digestión anaerobia a pequeña escala para tu casa? ¿Qué entraría en el digestor? ¿Cómo utilizarías la energía y el compuesto orgánico sobrante?
4. *Experimentos en clase*
  - a. Visitar plantas de tratamiento de aguas residuales (sobre todo las que tienen digestores anaerobios) para comprender el papel de los microorganismos en la descomposición de los residuos.
  - b. Visita a empresas de compostaje de residuos y realización de pruebas asociadas para comprobar las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - c. Visitar industrias de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y empresas que les presten servicios.
  - d. Visita a granjas e instalaciones hortícolas para comprender el papel de los biofertilizantes.
  - e. Visitar vertederos y comprender cómo se gestionan.

### Base Empírica, Lecturas Complementarias y Material Didáctico

1. <https://www.worldbiogasassociation.org/why-biogas/>
2. <https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2019/09/Biogas-Basics-EBA.pdf>
3. [https://www.parliament.uk/documents/post/postpn387\\_anaerobic-digestion.pdf](https://www.parliament.uk/documents/post/postpn387_anaerobic-digestion.pdf)
4. Xu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L. and Li Y. 2018. *Anaerobic digestion of food waste -Challenges and opportunities*. *Bioresource Technology*, 247:1047-1058.
5. Ziganshin, A.M., Liebetrau, J., Proter, J. and Kleinstuber, S. 2013. *Microbial community structure and dynamics during anaerobic digestion of various agricultural waste materials*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97:5161-5174.

# Un marco educativo en microbiología centrado en la niñez

## Glosario

**Lodo de depuradora:** Producto residual del tratamiento de residuos municipales o industriales.

**Gas natural:** Mezcla de gas producida de forma natural y compuesta principalmente por metano.

**Digestión anaerobia:** Proceso natural por el que los microorganismos descomponen compuestos orgánicos en compuestos orgánicos más pequeños en ausencia de oxígeno.

**Combustible fósil:** Combustible producido por procesos naturales como la digestión anaeróbica de plantas y animales muertos. El gas natural, el carbón y el petróleo crudo son combustibles fósiles.

**Vertedero:** Sitios diseñados y dedicados a enterrar material de desecho.

**Bacterias aerobias:** Microorganismos que pueden sobrevivir y crecer en presencia de oxígeno. Estos microorganismos respiran oxígeno.

**Biofertilizante:** Fertilizantes que contienen varios microorganismos útiles para el crecimiento de las plantas al aumentar el aporte de nutrientes.