



**Mi Universidad**

LIC. FERNANDO LOPEZ SANTIZ

NOMBRE DEL TEMA: TESIS

NOMBRE DE LA MATERIA: SEMINARIO DE TESIS

PARCIAL: IV

NOMBRE DE LA LICENCIATURA: ARQUITECTURA

ARQ. JOSE LISANDRO LOPEZ ALFARO

ARQ. YESSICA HERNANDEZ ZUÑIGA

CUATRIMESTRE.: VIII

# "DEL RESIDUO A LA ENERGÍA Y EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS BIODIGESTORES"

## CAPITULO 1

### 1 BIODIGESTORES

Los biodigestores son contenedores herméticos que se utilizan para descomponer residuos orgánicos y producir biogás y biofertilizante. Son una tecnología verde que se enmarca dentro de las energías renovables. Los biodigestores constituyen una alternativa económica y efectiva en comunidades rurales de todo el mundo. Permiten satisfacer la demanda energética de estas poblaciones y proporcionan un medio adecuado para manejar los residuos de humanos y animales. En resumen, son una alternativa eficaz para hacer frente al calentamiento global.

#### 1.1 HISTORIA DEL BIODIGESTOR DE BIOGAS

Hace muchos siglos se observó que el biogás se generaba de forma natural en los pantanos, donde la materia orgánica enterrada bajo el lodo sufre un proceso de digestión anaerobia gracias a las bacterias presentes. Este gas fue conocido como gas de los pantanos. Los biodigestores simulan ese mismo proceso natural, donde las bacterias transforman el estiércol en biogás y fertilizante, pero de forma controlada. Los primeros biodigestores se realizaron en China a mediados del siglo XX.

#### 1.2 PRIMEROS PROTOTIPOS DE BIODIGESTORES:

Eran biodigestores hechos de ladrillo que se asemejaban a ollas de cocina gigantes enterradas y cerradas herméticamente. Debido a la laboriosidad de la obra de este tipo de biodigestores, sus costes eran altos y hacían que esta tecnología no fuese accesible a las familias pequeñas del ámbito rural con menores recursos. A finales de los ochenta se propusieron biodigestores familiares como tecnología apropiada para el desarrollo agropecuario de los países en desarrollo, donde los costes de inversión fueron fácilmente recuperados por una familia en dos o tres años, así es como se da el nacimiento de los biodigestores de bajo costo que comenzaron a instalarse en Latinoamérica y el Caribe, iniciando por Colombia.

#### 1.3 PRIMEROS REGISTROS

Los primeros biodigestores comenzaron a desarrollarse en Asia, específicamente en "India" y "China", a principios del siglo XX. Estos países han sido pioneros en la adopción de biodigestores debido a sus economías agrícolas y la necesidad de alternativas energéticas sostenibles en comunidades rurales.

1.3.1 **India:** En la década de 1930, se desarrollaron los primeros biodigestores familiares, especialmente para comunidades rurales que dependían de la agricultura. El modelo más famoso fue el biodigestor de cúpula flotante diseñado en los años 50. - Hoy en día, India sigue siendo líder en tecnología de biodigestores, con programas gubernamentales enfocados en promover su uso.

## **CAPITULO 2**

### **2 TIPOS DE BIODIGESTORES:**

#### **2.1 BIODIGESTOR DE FLUJO CONTINUO:**

En la biodigestión anaerobia la materia prima se transforma en un biofertilizante, llamado biol, y también se produce biogás; mismo que puede utilizarse para tareas como cocción, calefacción y electrificación. Esta tecnología permite satisfacer diferentes necesidades: es una alternativa para el tratamiento de los residuos pecuarios que evita la contaminación de suelo y agua por la deposición inadecuada de las excretas; el biogás puede ser utilizado para cocción de alimentos, iluminación, calefacción, calentamiento de agua y producción de electricidad; y el biol como fertilizante y regenerador de suelos.

#### **2.2 BIODIGESTOR SEMI-CONTINUOS:**

Estos biodigestores son alimentados diariamente con carga relativamente pequeña en comparación al contenido total; Ésta se deposita en la cámara de carga, e igual debe extraer de la cámara de descarga un volumen igual del influente líquido para así mantener el volumen constante. -generalmente producen biogás casi permanentemente, gracias al suministro constante de nuevos nutrientes ara las comunidades de bacterias.

Una limitante importante es la disponibilidad de agua, debido a la carga que debe ser una mezcla de una parte de material orgánico y cuatro partes de agua (proporción 1:4)

#### **2.3 BIODIGESTOR DISCONTINUO O DE CARGA INTERMITENTE:**

Este biodigestor tiene solamente un acceso por donde se carga y se descarga. Se carga una sola vez para ser llenado y posteriormente usado; La fermentación demora entre dos y cuatro meses (dependiendo del clima) y descarga cuando concluye la fermentación. Aun que es completamente posible emplear este diseño a una escala chica, es más común que en las operaciones municipales o industriales.

## CAPITULO 3

### 3. BENEFICIOS DE LOS BIODIGESTORES:

Un biodigestor permite producir biogás naturalmente, con un elevado poder calorífico, para ser utilizado como combustible, evitando así la extracción de combustibles no renovables y aprovechar residuos orgánicos que de otra manera terminan siendo derivados a un sitio de disposición final.

#### 3.1 VENTAJAS:

- Durante la producción reducen residuos contaminación ambiental y malos olores.
- La emisión de gases por efecto invernadero.
- Es una fuente de energía renovable.
- Su producción anaeróbica genera fertilizante orgánico como subproducto.
- La implantación de biodigestores supone ahorro económico y autonomía energética.
- Es una tecnología aplicable en pequeña escala especialmente en poblaciones rurales.

#### 3.2 DESVENTAJAS:

- Los biodigestores requieren espacio, lo que puede ser un obstáculo en áreas urbanas densamente pobladas.
- La producción de biogás exige mantenimiento regular de los espacios para garantizar un funcionamiento eficiente y evitar problemas técnicos.
- Se debe garantizar un suministro constante de materia prima.
- Los accidentes, como fugas de biogás no controlada, pueden contribuir al calentamiento global. Por otro lado, una mala gestión del digestible puede contaminar el agua y el suelo.

#### 3.3 CONSECUENCIAS:

##### 3.3.1 POSITIVAS:

- Disminuye la contaminación de aguas residuales.
- Elimina vectores transmisores de enfermedades.

##### 3.3.2 NEGATIVAS:

- Pueden ser peligrosos por incendio, explosiones, sustancias peligrosas, o riesgos eléctricos o mecánicos.
- Pueden contrastar con el paisaje.

# CAPITULO 4

## 4. APLICACIONES DE LOS BIODIGESTORES:

### 4.1 Sector Agrícola y Ganadero:

Manejo de estiércol animal: En granjas y establos, los biodigestores son una solución eficaz para gestionar los desechos de animales como vacas, cerdos, aves y cabras. El estiércol se introduce en el biodigestor, donde se descompone anaeróbicamente, produciendo biogás y un efluente rico en nutrientes que puede ser utilizado como fertilizante orgánico. Reducción de olores y emisiones. Los biodigestores ayudan a reducir los olores desagradables y las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la descomposición natural de los desechos animales. Tabla 1. Tabla comparativa de estiércol generado por día

Especie	Estiércol generado por día (kg)
Vaca	30 - 60 kg
Toro	25 - 50 kg
Cerdo	2 - 4 kg
Persona	0.2 - 0.5 kg

(Tabla 1.)

### 4.2 Sector Industrial:

Tratamiento de residuos orgánicos: Las industrias alimentarias, como plantas procesadoras de frutas, verduras, lácteos y cárnicos, pueden utilizar biodigestores para tratar sus desechos orgánicos. Esto no solo reduce los costos de disposición de residuos, sino que también genera biogás que puede ser utilizado como fuente de energía dentro de la misma planta.

Sostenibilidad corporativa: La implementación de biodigestores en industrias contribuye a cumplir con objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, reduciendo la huella de carbono y mejorando la imagen corporativa.

<b>Tipo de Desecho</b>	<b>Ejemplos</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Estiércol animal</b>	Vaca, cerdo, pollo, caballo, oveja	Fuente rica en metano y bacterias anaeróbicas.
<b>Residuos de cocina</b>	Cáscaras de frutas y verduras, restos de comida	Evitar aceites en exceso y productos químicos.
<b>Residuos agrícolas</b>	Paja, rastrojos, bagazo de caña, cáscaras de nuez	Material rico en fibra, puede tardar en descomponerse.
<b>Restos de panadería</b>	Pan, tortillas, cereales	Se deben evitar en exceso por su contenido de azúcar.
<b>Desechos de mercados</b>	Frutas y verduras en mal estado	Alta producción de biogás por su contenido orgánico.
<b>Residuos de cervecería</b>	Bagazo de cerveza, levadura residual	Excelente para la producción de biogás.
<b>Excremento humano</b>	Lodos de aguas residuales, desechos de letrinas	Puede usarse, pero requiere precaución sanitaria.
<b>Desechos lácteos</b>	Suero de leche, restos de queso	En pequeñas cantidades para evitar acidez excesiva.
<b>Residuos de mataderos</b>	Sangre, vísceras, grasa	Genera mucho gas, pero puede producir malos olores.

### 4.3 SECTOR ENERGÉTICO:

Generación de energía renovable: El biogás producido por los biodigestores puede ser utilizado para generar electricidad a través de motores de combustión o turbinas. Esta energía puede ser consumida localmente o inyectada a la red eléctrica, dependiendo de la escala del proyecto.

Combustible para transporte: En algunos casos, el biogás puede ser purificado y comprimido para ser utilizado como combustible vehicular, conocido como biometano, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte.

El biogás, una mezcla de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), puede purificarse y comprimirse para ser utilizado como combustible en automóviles. Primero, se eliminan impurezas como el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) mediante filtros de óxido de hierro, lavado con agua o carbón activado. Luego, se remueve el  $\text{CO}_2$  usando técnicas como lavado a presión, absorción química o separación por membranas. Después, el biogás se seca y filtra para eliminar humedad y partículas, obteniendo biometano de alta pureza.

Este biometano se comprime a presiones de 200-250 bar para reducir su volumen y almacenarlo en tanques especiales. Finalmente, puede usarse en vehículos adaptados para gas natural comprimido (GNC), ofreciendo una alternativa renovable y sostenible a los combustibles fósiles, con menores emisiones y contribuyendo a la gestión de residuos orgánicos.

Cantidad de Biogás ( $\text{m}^3$ )	Energía Generada (kWh)
1 $\text{m}^3$	1.5 - 2.5 kWh
5 $\text{m}^3$	7.5 - 12.5 kWh
10 $\text{m}^3$	15 - 25 kWh
20 $\text{m}^3$	30 - 50 kWh
50 $\text{m}^3$	75 - 125 kWh

## **CAPITULO 5**

### **5. PROBLEMÁTICA DE LOS BIODIGESTORES:**

#### **5.1 ACEPTACIÓN CULTURAL Y SOCIAL:**

En algunas comunidades, la adopción de tecnologías innovadoras como los biodigestores puede enfrentar una serie de desafíos relacionados con la aceptación cultural y social. Estos obstáculos suelen estar vinculados a la falta de conocimiento sobre el funcionamiento y los beneficios de los biodigestores, así como a la presencia de tradiciones culturales arraigadas que pueden generar resistencia al cambio. En muchos casos, las comunidades pueden mostrar escepticismo hacia sistemas que no forman parte de sus prácticas cotidianas o que no han sido ampliamente adoptados en su entorno.

Uno de los principales factores que influyen en esta resistencia es la desconfianza hacia tecnologías que no son comprendidas en su totalidad. Los biodigestores, al ser sistemas que requieren de un manejo técnico específico, pueden parecer complejos o inaccesibles para personas que no han tenido exposición previa a este tipo de soluciones. Además, en comunidades donde las prácticas agrícolas y de manejo de residuos han sido transmitidas de generación en generación, introducir un sistema nuevo puede ser percibido como una amenaza a las costumbres y conocimientos tradicionales.

#### **5.2 IMPACTO AMBIENTAL:**

Aunque los biodigestores son ampliamente reconocidos como una tecnología beneficiosa para el medio ambiente debido a su capacidad para convertir desechos orgánicos en energía renovable y fertilizantes naturales, es importante destacar que su impacto ambiental no es completamente positivo si no se gestionan de manera adecuada. Un manejo inadecuado o deficiente de estos sistemas puede generar consecuencias negativas que, en algunos casos, podrían contrarrestar los beneficios esperados.

Otro factor para considerar es la posible liberación de olores desagradables durante el proceso de carga y descarga de los biodigestores, especialmente si no se siguen buenas prácticas de operación y mantenimiento. Aunque este impacto no es tan grave como las fugas de metano o la contaminación del agua, puede afectar la calidad de vida de las personas que viven cerca de las instalaciones y generar rechazo hacia la tecnología.

Para evitar fugas de metano en biodigestores y garantizar un almacenamiento seguro del biogás, es clave un diseño robusto, usando materiales resistentes y sellos herméticos. Instalar válvulas de seguridad y sensores de metano ayuda a detectar y prevenir escapes. El mantenimiento regular, como limpieza y revisión de componentes, es esencial para evitar fallos.



El biogás purificado se almacena en tanques de alta resistencia y equipado con válvulas de alivio para evitar sobrepresión. Estos tanques deben ubicarse en áreas ventiladas y seguras. Finalmente, el biogás puede usarse para generar energía, calor o como combustible vehicular, siempre con sistemas de distribución controlados y seguros.

Aunque los biodigestores tienen un gran potencial para reducir la huella ambiental al convertir desechos en recursos útiles, su impacto positivo depende en gran medida de una gestión adecuada. Sin un manejo responsable, los riesgos asociados, como las fugas de metano y la contaminación del agua, pueden convertirse en problemas ambientales significativos. Por lo tanto, es crucial promover buenas prácticas y estándares técnicos para maximizar los beneficios ambientales de esta tecnología y minimizar sus posibles efectos adversos.

### **5.3 REGULACIONES Y POLÍTICAS:**

La implementación y operación exitosa de biodigestores no solo dependen de factores técnicos y culturales, sino también del marco regulatorio y de políticas públicas que los respalden. En muchos lugares, la falta de regulaciones claras, específicas y adaptadas a las necesidades de esta tecnología puede representar un obstáculo significativo para su adopción y funcionamiento óptimo. Además, la ausencia de apoyo gubernamental ya sea en forma de incentivos económicos, programas de capacitación o infraestructura adecuada, puede limitar el potencial de los biodigestores como una solución sostenible para el manejo de residuos y la general. Otro problema común es la burocracia excesiva y los trámites complicados para obtener permisos y autorizaciones. En algunos países, los procesos administrativos pueden ser tan lentos y engorrosos que desincentivan a las personas y organizaciones interesadas en implementar biodigestores. Esto es especialmente crítico en áreas rurales o en comunidades con recursos limitados, donde el acceso a información y asesoría técnica es escaso. La falta de agilidad en estos procesos puede retrasar proyectos y aumentar los costos, lo que reduce la viabilidad de los biodigestores como una opción accesible y activación de energía renovable.

Las regulaciones y políticas juegan un papel clave en el éxito de los biodigestores como una solución sostenible. Sin un marco legal adecuado y un apoyo gubernamental consistente, incluso los proyectos mejor diseñados pueden enfrentar dificultades para ser implementados y operados de manera efectiva. Por lo tanto, es esencial que los gobiernos, en colaboración con el sector privado y la sociedad civil, trabajen en la creación de un entorno propicio que permita aprovechar al máximo los beneficios ambientales, económicos y sociales de los biodigestores.

# CAPITULO 6

## 6.1 HIPOTESIS

La adopción de biodigestores en comunidades rurales puede estar limitada por la falta de conocimiento, desconfianza cultural y un marco regulatorio inadecuado. Sin embargo, con un manejo adecuado y apoyo gubernamental, pueden ser una solución eficaz para la gestión de residuos y generación de energía renovable.

1. **Variable independiente:** Manejo adecuado y apoyo gubernamental gestión y el apoyo proporcionado por el gobierno o entidades externas para asegurar la implementación efectiva de los biodigestores. Incluye capacitación, recursos financieros, incentivos, programas de sensibilización y un marco normativo adecuado.

2. **Variables mediadoras o moderadoras (factores que influyen):**

### A) Falta de conocimiento

- El nivel de conocimiento y comprensión que tienen las comunidades rurales sobre los biodigestores, su funcionamiento y los beneficios asociados. Un bajo nivel de conocimiento puede ser una barrera significativa para la adopción de la tecnología.

Para mejorar el nivel de conocimiento y comprensión sobre los biodigestores en las comunidades rurales y superar la barrera que representa la falta de información.

### B) Desconfianza cultural

- La resistencia que las comunidades pueden tener hacia nuevas tecnologías debido a tradiciones culturales, costumbres arraigadas o falta de confianza en soluciones no tradicionales. Esta desconfianza puede dificultar la adopción de biodigestores.

**Pruebas y Exhibiciones Públicas:** Organizar demostraciones públicas donde se muestren los beneficios tangibles de los biodigestores, como la generación de energía para cocinar o el uso de fertilizantes para mejorar los cultivos. Ver los beneficios de primera mano puede cambiar la percepción de la tecnología.

### C) Marco regulatorio inadecuado

- La ausencia de políticas claras y eficaces que respalden la implementación y el uso de biodigestores. Esto incluye la falta de incentivos, normativas o soporte institucional para facilitar su adopción.

Para abordar la **ausencia de políticas claras y eficaces** que respalden la implementación y uso de **biodigestores**, se pueden implementar las siguientes soluciones:

- **Crear un Marco Regulatorio Claro:** Desarrollar leyes y normativas específicas para los biodigestores, que aborden desde su instalación hasta el manejo y mantenimiento adecuado. Esto debe incluir guías claras sobre los estándares de calidad, requisitos de seguridad y procedimientos para la operación.
- **Regulación Adaptada a Realidades Locales:** Las políticas deben estar adaptadas a las condiciones locales, especialmente en áreas rurales. Deben considerar las características sociales, económicas y culturales de las comunidades para garantizar que sean accesibles y relevantes.
- **Incorporación en las Estrategias Nacionales:** Incluir los biodigestores en las políticas nacionales de energía renovable, manejo de residuos y desarrollo rural. Esto asegurará que la tecnología esté alineada con las prioridades gubernamentales y reciba el apoyo adecuado a nivel nacional.
- **Vinculación con Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):** Asegurar que la adopción de biodigestores esté integrada en los esfuerzos para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en lo que respecta a la gestión sostenible de los recursos y la lucha contra el cambio climático.

## **6.2 OBJETIVOS GENERALES**

Promover el uso de biodigestores anaeróbicos para reducir la contaminación, gestionar eficientemente los residuos orgánicos y mitigar el cambio climático. Fomentar su instalación en comunidades rurales y sectores dependientes de biomasa o combustibles fósiles, impulsando la sostenibilidad ambiental y mejorando la calidad de vida.

### **6.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Desarrollar políticas públicas y normativas para el uso de biodigestores.

Implementar estrategias que faciliten la transición a energías renovables.

Impulsar marcos regulatorios, alianzas económicas y acuerdos locales en favor del medioambiente y la seguridad energética.

Prevenir la saturación del drenaje municipal mediante una gestión eficiente de residuos.

Fomentar la educación ambiental y la participación comunitaria en prácticas sostenibles.

Reducir la contaminación del aire y el agua en zonas rurales, mejorando la salud pública.

Fortalecer la autonomía económica de los productores rurales a través del aprovechamiento de biogás y biofertilizantes.

## **6.3 JUSTIFICACIÓN**

La implementación de biodigestores en comunidades rurales no solo mejora la calidad de vida, sino que también genera beneficios económicos y ambientales. Estos sistemas proporcionan una fuente de energía renovable, reducen la dependencia de combustibles fósiles y mejoran la gestión de residuos orgánicos.

Además, su uso contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular al ODS 13, que busca combatir el cambio climático. Los biodigestores fortalecen la resiliencia de las comunidades al optimizar el uso del agua, mejorar la fertilidad del suelo y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Al generar biogás, brindan acceso a energía limpia, promoviendo la autosuficiencia energética y la sostenibilidad a largo plazo.

## **6.4 METODOLOGÍA**

### **1. Desarrollo de políticas públicas y normativas**

- Realizar estudios técnicos y ambientales para justificar la implementación de biodigestores en zonas rurales.
- Presentar propuestas a entidades gubernamentales para la creación de normativas que regulen su uso.
- Promover incentivos fiscales y subsidios para la adopción de biodigestores en comunidades rurales.

### **2. Implementación de estrategias de transición a energías renovables**

- Capacitar a comunidades y productores rurales en el uso y mantenimiento de biodigestores.
- Desarrollar proyectos piloto en diferentes regiones para evaluar su viabilidad y replicabilidad.
- Integrar los biodigestores en programas gubernamentales de energía renovable.

### **3. Impulso de marcos regulatorios, alianzas económicas y acuerdos locales**

- Fomentar la colaboración entre gobiernos, empresas y organizaciones ambientales para la financiación de proyectos.
- Establecer convenios con universidades e instituciones de investigación para mejorar la tecnología de biodigestores.
- Crear programas de financiamiento y microcréditos para la adquisición e instalación de biodigestores.

#### 4. Prevención de la saturación del drenaje municipal

- Promover el uso de biodigestores como alternativa al vertido inadecuado de residuos orgánicos.
- Capacitar a las comunidades en la separación y aprovechamiento de residuos para reducir la carga en el drenaje.
- Implementar sistemas de monitoreo para evaluar la reducción de desechos en alcantarillas y cuerpos de agua.

#### 5. Fomento de la educación ambiental y participación comunitaria

- Desarrollar campañas de concienciación sobre los beneficios ambientales y económicos de los biodigestores.
- Realizar talleres y capacitaciones en escuelas, centros comunitarios y asociaciones rurales.
- Incluir a la comunidad en la planificación, implementación y mantenimiento de los biodigestores para garantizar su sostenibilidad.

#### 6. Reducción de la contaminación del aire y el agua en zonas rurales

- Sustituir el uso de leña y combustibles fósiles por biogás generado en los biodigestores.
- Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales con biodigestores para reducir la contaminación.
- Monitorear la calidad del aire y del agua antes y después de la instalación de los biodigestores para evaluar su impacto ambiental.

#### 7. Mejora de la autonomía económica de los productores rurales

- Fomentar el uso del biogás como fuente de energía para actividades productivas (cocción, iluminación, etc.).
- Comercializar el biofertilizante producido en los biodigestores como una alternativa orgánica y sostenible.
- Crear cooperativas o asociaciones de productores para distribuir y vender los subproductos generados.

## REFERENCIAS

1. Gobierno de México. (s.f.). \*Biodigestor, obra ingenieril comprometida con el medio ambiente\*. Recuperado de <https://www.gob.mx/firco/articulos/biodigestor-obra-ingenieril-comprometida-con-el-medio-ambiente?idiom>
2. Gobierno de México. (2017). \*Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales\*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265430/Guia\\_lodos\\_2017](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265430/Guia_lodos_2017).
3. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2010). \*Especificaciones técnicas para el diseño y construcción de sistemas de biodigestión anaerobia en pequeñas y medianas unidades pecuarias\*. Recuperado de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057>.
4. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, Diario Oficial de la Federación. (2008). Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB>.
5. Red Mexicana de Bioenergía. (s.f.). \*Políticas y estímulos para el uso de tecnologías que permitan el aprovechamiento del biogás\*. Recuperado de <https://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2023/05/CT5>.
6. Sánchez, J. V. (2003). \*Biodigestores anaerobios de pequeño formato en comunidades locales de la Ciénaga de Zapata\*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Matanzas].
7. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). \*Biodigestores: una alternativa de saneamiento en comunidades rurales del Estado de México\*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147985/7.1\\_Biodigestores\\_una\\_alternativa\\_de\\_saneamiento\\_en\\_comunidades\\_rurales\\_Edo\\_de\\_M\\_xicoV](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/147985/7.1_Biodigestores_una_alternativa_de_saneamiento_en_comunidades_rurales_Edo_de_M_xicoV).
8. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (s.f.). \*Biodigestores anaerobios para la reducción de contaminantes en comunidades rurales\*. Recuperado de <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/sahagun/article/view/3317/3291>

9. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (s.f.). \*Los biodigestores: fuente de desarrollo sostenible y calidad de vida\*. Recuperado de <https://repository.udca.edu.co/server/api/core/bitstreams/bdd70f6d-55a8-4122-8e1e-baa759dbc79e/content>

10. Universidad Nacional Autónoma de México. (2018). \*Estrategias de mitigación: El programa de biodigestores en Yucatán, México\*. Recuperado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-57662018000200235&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-57662018000200235&script=sci_arttext)