



**Proyecto N° 319773 “Producción de biocombustibles para uso rural a partir de desechos agropecuarios mediante la optimización de consorcios microbianos usando metagenómica”**



# MANUAL BIODIGESTOR TIPO TUBO

Autores: Juan Humberto Martínez-Martínez; Alejandro Zaleta-Aguilar; Eliana Valencia-Lozano; Alfonso Sepúlveda-Gálvez; Maribel Hernández-Rosales; Víctor Olalde-Portugal.

## Contenido

Índice de Figuras.....	1
Índice de tablas.....	1
¿Qué es la digestión anaerobia o biodigestión?.....	2
¿Qué es el biogás?.....	3
¿Qué son los efluentes?.....	4
¿Qué es un biodigestor?.....	5
¿Cómo funciona un biodigestor?.....	5
Sustratos para la alimentación del Biodigestor.....	6
Operación del biodigestor.....	7
Residuos.....	8
Tipos de residuos que se pueden utilizar.....	8
Tipos de residuos que no se pueden utilizar.....	10
Tamaño de los residuos.....	11
Cantidad de residuos.....	11
Operación.....	11
Dilución.....	11
Aclimatación.....	13
RECOMENDACIONES.....	14
MANTENIMIENTO.....	14
Revisión de pérdidas o fugas.....	16
FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO.....	16
Cambios en la alimentación del biodigestor.....	16
Nivel del pH.....	17
Sobrealimentación.....	17
Bajas temperaturas.....	18
Otros factores.....	18
RENDIMIENTO DEL BIOGÁS.....	18
Composición de biogás.....	18
BIOABONO.....	19
Ventajas del bioabono.....	19
Usos del bioabono.....	20

Mantenimiento a largo plazo.....	20
Purga de Reactor.....	20
Reactivación del Sistema.....	21
POSIBLES PROBLEMAS Y SOLUCIONES.....	21
Referencias.....	24



**Proyecto N° 319773 “Producción de biocombustibles para uso rural a partir de desechos agropecuarios mediante la optimización de consorcios microbianos usando metagenómica”**

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. Esquema proceso de producción de biogás.</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2. Elementos principales del biogás</b>	<b>4</b>
<b>Figura 3. Partes que componen el biodigestor.</b>	<b>7</b>
<b>Figura 4. Alimentación biodigestor</b>	<b>12</b>
<b>Figura 5. Filtro biogás.</b>	<b>15</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1. Relación entre tipo de residuo y cantidad de agua que se necesita para la dilución.</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2. Componentes del biogás.</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 3. Producción de biogás por tipo de residuo.</b>	<b>18</b>

## ¿Qué es la digestión anaerobia o biodigestión?

*Es una fermentación en la que los residuos orgánicos son descompuestos en ausencia de oxígeno para producir biogás. Para que exista, deben desarrollarse bacterias anaeróbicas y sobre todo bacterias metanogénicas que producen biogás. Estas bacterias se pueden encontrar en líquidos ruminales (contenido del estómago de vacas, ovejas, cabras, etc.), en guanos de cerdos y rumiantes, en lodos de tratamiento de efluentes y de otros biodigestores. Se debe cargar el biodigestor con estas bacterias para que mediante la digestión de los residuos se produzca biogás.*

La producción de biogás es un proceso complejo que requiere de la acción coordinada de un grupo de microorganismos especializados en la degradación de una amplia variedad de sustratos orgánicos (restos de comida, desperdicios orgánicos de industrias, subproductos orgánicos de bajo valor comercial, cultivos energéticos, residuos cloacales, estiércol de animales, etc.). La descomposición de estos residuos en el ambiente natural o en reactores especializados, bajo condiciones de anoxia (ausencia de oxígeno), genera las condiciones imprescindibles para el proceso. El biogás producido se encuentra compuesto principalmente por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), y en menor medida otros gases, entre los que se destaca el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), responsable del olor fuerte y desagradable que se percibe en los ambientes naturales donde se genera biogás por la degradación anaeróbica de la materia orgánica.

El proceso de producción de biogás se conoce como digestión anaerobia, es un proceso biológico de degradación de la materia orgánica, con la particularidad de que produce biogás, frente a otros procesos como compostaje o lombricomposta. Este proceso se desarrolla en una sucesión de etapas dentro del biodigestor que tienen que estar en equilibrio entre ellas. Todas las etapas son realizadas por multitud de diferentes poblaciones de bacterias que forman un consorcio.

El biodigestor es el equipo en que sucede todo este proceso. Debemos tener en cuenta que los microorganismos dentro de él son seres vivos, por lo que son sensibles a los cambios bruscos en las condiciones, como temperatura y alimentación, por esto se los debe tratar con ciertos cuidados, procurando que los cambios sean progresivos. Un desequilibrio grave en alguna etapa del proceso puede afectar las etapas posteriores, ser muy laborioso de revertir, y demandar mucho tiempo para ello, en incluso imposible.



Figura 1. Esquema proceso de producción de biogás.

## ¿Qué es el biogás?

*Es una mezcla de gases compuesta, en su mayor parte, por metano y dióxido de carbono en proporciones que varían según el residuo degradado. Este gas es obtenido en el proceso de digestión anaeróbica que libera la energía química contenida en la materia orgánica en forma de biogás. Se pueden adaptar cocinas, calefones, estufas, pantallas, generadores etc., para que funcionen con biogás.*

El Biogás, es un producto de la compleja descomposición bioquímica de materiales orgánicos, compuesto principalmente por 60-70% de metano ( $\text{CH}_4$ ), 30-40% de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), junto con otros gases, como el nitrógeno ( $\text{N}_2$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), así como vapor de agua. Como se mencionó se produce mediante un proceso de Digestión Anaerobia por consorcios de diversos microorganismos. En otras palabras, es un proceso microbiano complejo que ocurre

naturalmente en ambientes libres de oxígeno y se considera uno de los métodos más eficientes para la conversión de biomasa en CH<sub>4</sub>.



**Figura 2. Elementos principales del biogás**

Es un combustible similar al gas licuado de petróleo, pero de origen orgánico, se genera por acción bacteriana sobre la mezcla de agua y los demás desechos orgánicos.

Es capaz de remplazar a los tanques o cilindros de gas para cocinas, motores de vehículo, quemadores industriales y calderas.

Es mas barato que el gas licuado de petróleo libre de subsidio, esto permitiría remplazar el uso de gas petróleo no subsidiado por biogás en actividades industriales agropecuarias.

## ¿Qué son los efluentes?

Es el residuo ya digerido, en forma líquida, que sale del biodigestor. Conserva los nutrientes de la materia orgánica alimentada, como Potasio, Nitrógeno y Fósforo entre otros, por esta razón es llamado bioabono o biofertilizante.

Las características de este bioabono, dependen en gran medida del tipo de tecnología y de las materias primas utilizadas para la digestión. Durante el proceso anaeróbico, parte de la materia orgánica se transforma en metano, por lo que el contenido en materia orgánica es menor al de las materias primas. Gran parte de la materia orgánica de este producto se ha mineralizado, por lo que normalmente aumenta el contenido de nitrógeno amoniacal y disminuye el nitrógeno orgánico.

## ¿Qué es un biodigestor?

*Es un recipiente o tanque (cerrado herméticamente) que se carga con residuos orgánicos. En su interior se produce la descomposición de la materia orgánica para generar biogás, el cual puede reemplazar al gas natural (de garrafas o red pública). El residuo, luego de ser descompuesto, se utiliza como biofertilizante. El biodigestor puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico.*

Los biodigestores son sistemas que producen biogás y fertilizante a partir de materia orgánica. Son sistemas en los que, en ausencia de oxígeno y presencia de consorcios bacterianos adecuados, se desarrolla de forma natural la digestión anaerobia y se captura el biogás producido. Un biodigestor en su funcionamiento es similar a un sistema digestivo animal: entra materia orgánica, que es digerida por bacterias, produciendo gases (biogás) y produciendo un subproducto líquido que tiene un alto valor como fertilizante.

Técnicamente es un recipiente o tanque, cerrado herméticamente, donde se lleva a cabo el proceso de la biodigestión. Existen de diversos modelos y tamaños; y los materiales para su construcción pueden ser mampostería y hormigón, metal, plástico u otros.

## ¿Cómo funciona un biodigestor?

La digestión anaerobia que ocurre dentro de un biodigestor es desarrollada en varias etapas y por multitud de diferentes bacterias que conforman el consorcio bacteriano. Estas etapas de la digestión anaerobia son como una producción en cadena, los residuos generados en la descomposición de la materia orgánica por un grupo de bacterias se convierten en la materia prima de otro grupo de bacterias, que se degrada nuevamente y genera otros residuos que son aprovechados por otras.

Los consorcios bacterianos necesarios para el desarrollo de la digestión anaerobia están presentes en el estiércol fresco de cualquier animal. El estiércol de vaca, cerdo, gallina, etc. Pueden usarse como sustrato de alimentación de biodigestor, para producir biogás y fertilizante al final de proceso. No sucede lo mismo con otras materias orgánicas como residuos de cosecha, de industrias alimentarias o domésticos, ya que no disponen del consorcio bacteriano requerido. Sin embargo, sí se pueden digerir estos sustratos orgánicos inertes si se añade un consorcio inicial de bacterias (iniciando el biodigestor con



estiércol o inóculo de otro biodigestor que ya tenga el consorcio bacteriano) o co-digestando la carga del biodigestor con estiércol. De este modo, toda materia orgánica puede ser digerida de forma anaerobia produciendo biogás. También es cierto que cada materia orgánica tiene diferente potencial de producción de biogás, y normalmente los estiércoles de animales poligástricos tienen menor potencial que los de los monogástricos y estos menos que los residuos orgánicos que no han pasado por un estómago previamente, como residuos de cosecha, industrias alimenticias o domiciliarios.

Al ser un proceso que se da en la naturaleza (como en el fondo de los pantanos) la eficiencia de la digestión anaerobia depende de dos parámetros que se compensan: temperatura y tiempo. Cuando se trabaja a temperaturas cercanas a 35 °C la digestión anaerobia es más rápida, mientras que a temperaturas por debajo de 20 °C requiere de mayores tiempos para degradar la materia y producir biogás y biol. Esto conduce a dos tipos de diseño de biodigestores: aquellos que se calientan a 35 °C, para reducir el tiempo que necesitan las bacterias en desarrollar el proceso de digestión anaerobia, lo que reduce el volumen de biodigestor, pero incrementa la inversión y mantenimiento por la calefacción, o aquellos que trabajan a temperaturas ambiente (normalmente menores a 30 °C) e incrementa el volumen del biodigestor, no obstante, reduce los costes asociados a un sistema de calefacción.

## Sustratos para la alimentación del Biodigestor

**Sustratos recomendables:** Toda materia orgánica de origen animal o vegetal sirve como alimento o sustrato para la biodigestión.

**¿Qué residuos se deben evitar?** Se deberá evitar la alimentación de residuos que no sean orgánicos, y aquellos orgánicos que se encuentran contaminados o que puedan obstruir el biodigestor.

**Tamaño de los residuos:** Es importante que los sólidos no sean grandes para que la digestión no se dificulte y se haga más lenta, y para que no se generen obstrucciones. Si es necesario y se cuenta con sólidos grandes, es óptimo cortarlos o molerlos un poco, y filtrarlos para poder ser alimentados.

**Agregado de agua:** Para vivir y trabajar correctamente, los microorganismos de la biodigestión necesitan una gran proporción de agua. Como los residuos contienen agua

(en distintas proporciones dependiendo de su origen), se debe agregar aún mas agua al momento de alimentar, para lograr que el interior del biodigestor tenga la proporción adecuada de agua y sólidos, y que su aspecto y consistencia resulten los de un “atole”.

## Operación del biodigestor

Es una práctica muy sencilla si se tienen en cuenta algunos parámetros para su correcto funcionamiento. Estos asegurarán una provisión de gas constante y un adecuado tratamiento de los residuos.

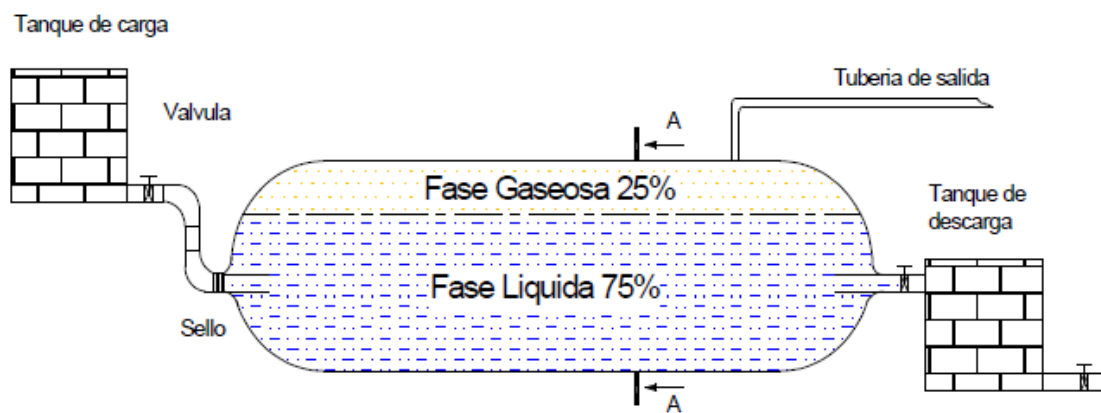
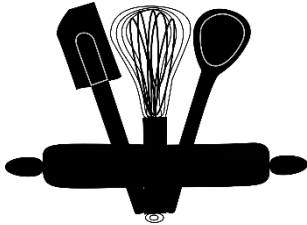


Figura 3. Partes que componen el biodigestor.

## Residuos

## Tipos de residuos que se pueden utilizar

No todos los residuos pueden ser degradados en un biodigestor. Es muy importante conocer los desechos que pueden ser descompuestos dentro de él para poder alimentarlo correctamente. A continuación, se detallan los residuos que pueden utilizarse:



### Residuos de la cocina

- café;
- lácteos;
- restos de carnes;
- azúcares, dulces;
- restos de comidas;
- alimentos en mal estado;
- té (contenido del saquito);
- pan, pastas, harinas y granos;
- cáscaras y restos de frutas y verduras.

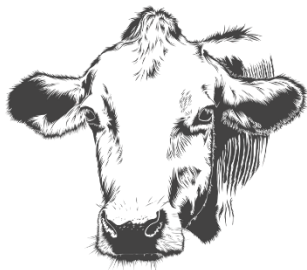
Nota: todos estos deben ser previamente molidos.



### Residuos de cultivos

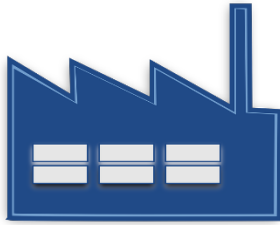
- hojas;
- malezas;
- semillas;
- residuos de poda;
- rastrojos de cultivos;
- frutas y verduras de descartes;
- cortes de pasto y remanentes de jardín.

Nota: todos estos deben ser previamente molidos.



### Residuos de granja

- estiércol y orina de animales;
- residuos de alimentos de animales.



### Residuos de la industria

- vinazas
- sueros
- lías, borras;
- descartes de frutas y verduras.

### Tipos de residuos que no se pueden utilizar

- residuos que contengan insecticidas, lavandina, líquidos de limpieza, aguas de lavado.
- latas;
- tierra;
- papeles;
- vidrio.
- cartón;
- plásticos;
- bolsas;
- cerámicas;
- metales;
- piedras;
- huesos;
- cáscara de huevos.

## Tamaño de los residuos

Mientras menor sea el tamaño del residuo más rápida será su descomposición dentro del digestor. Un residuo de gran tamaño, por ejemplo, una fruta entera, puede provocar obstrucciones y su descomposición será mucho más lenta. Por eso se recomienda acondicionar los residuos de tal forma que su tamaño sea lo más pequeño posible. Una forma sencilla es triturarlo con pala dentro de un balde, hasta que las partículas tengan un tamaño de aproximadamente 2cm o menor. También es posible colocar una trituradora en la cámara de carga.

## Cantidad de residuos

El modelo de biodigestor contemplado en este manual está proyectado para recibir un máximo de 200kg de residuos orgánicos por día. Para tener un margen de seguridad sobre los tiempos en que el residuo logra su descomposición, conviene cargarlo de 100 a 150 kg diarios. Estos pueden ser del comedor de las escuelas, o de las actividades agroindustriales de la misma.

En épocas invernales o de bajas temperaturas, las bacterias se ven afectadas en su rendimiento, también la alternancia de temperatura afecta la producción de biogás. Por lo tanto, en invierno se debe disminuir o anular la alimentación del digestor según la producción de biogás que se observe en el acumulador de gas.

## Operación

### Dilución

Siempre que se alimente el biodigestor con residuos orgánicos, es necesario colocar aproximadamente el doble de la cantidad en volumen de agua. Por ejemplo, si se carga 100kg de residuo, se debe agregar 200 lt de agua. Para cargar el biodigestor se necesita un recipiente, balde o similar, que nos ayude a visualizar el volumen de residuos que se

carga. Luego de medido el sólido en el balde, éste se volcará en la cámara de carga o barril y luego se agregará la misma cantidad de agua que arrastrará los residuos hacia la cámara de digestión. Simultáneamente se producirá la descarga que también debe ser recogida en tachos o baldes para utilizarla luego como abono.



Si durante la carga llegara a formarse un tapón con los residuos agregados, éste puede removerse fácilmente empujándolo con una varilla o palo hacia adentro del caño de carga.

1 kg de estiércol bovino	0,038 m <sup>3</sup> de biogás
1 kg de estiércol de ave	0,043 m <sup>3</sup> de biogás
1 kg de estiércol porcino	0,035 m <sup>3</sup> de biogás
1 kg de estiércol vegetales	0,040 m <sup>3</sup> de biogás

NOTA: LA CANTIDAD DE AGUA SERA 1:1 EN ESTIERCOLES FRESCOS Y HASTA 1:2 EN ESTIERCOLES SEMI SECOS (VER TABLA SIGUIENTE)

**Figura 4. Alimentación biodigestor**

**Tabla 1. Relación entre tipo de residuo y cantidad de agua que se necesita para la dilución.**

 <b>RESIDUOS (por 1kg)</b>	 <b>AGUA</b>
Estiércol vacuno	1.5 a 2 ltrs
Estiércol porcino	1.5 a 2 ltrs
Estiércol ovino	1.5 a 2 ltrs

Desechos de vegetales de huerta	1 a 1.5 ltrs
Residuos amiláceos o azucareros (papa, camote, remolacha)	1 a 1.5 ltrs
Sorgo (harina)	5 litros

## Aclimatación

Para comenzar a operar el biodigestor se debe procurar que la alimentación sea gradual, ya que las bacterias deben aclimatarse al nuevo residuo a descomponer. Esto debe tenerse en cuenta cuando se cambia la alimentación del biodigestor a otro tipo de residuo. El cambio no puede ser repentino ya que puede ocurrir que la producción de metano se detenga debido a la acidificación del medio. Sobre todo, en los casos de residuos orgánicos en general de frutas, verduras y orujos de la industria con tendencia a ser mucho más ácidos que el guano o las semillas de sorgo.

- **Utilizando sorgo**

Para garantizar un buen arranque se pueden utilizar semillas de sorgo (y mejor aún en forma de harina de sorgo) ya que éstas son altamente digeribles y producen una buena cantidad de gas. Se puede comenzar la alimentación diaria del digestor con doscientos gramos de sorgo o harina de sorgo e ir incrementando hasta aplicar no más de medio kilogramo por metro cúbico de digestor por día (maximo 10 kg para el biodigestor). Cuando ya se cuenta con una producción estable de biogás se comienza la alimentación con el residuo o la mezcla de residuos para los que se proyectó el biodigestor.

## RECOMENDACIONES

Una vez puesto en marcha el biodigestor comienza a producir biogás. La primera generación de gas no puede ser usada, debe ser ventilada a la atmósfera, debido a que puede contener altas cantidades de O<sub>2</sub>.



El tanque del acumulador de gas (biodigestor) se encuentra relleno de agua y sustrato en digestión, la cual actúa como un sello, evitando el escape de gas. Y también funciona como válvula de seguridad contra altas presiones. El nivel debe mantenerse constante, por lo que se tiene que controlar al hacer una correcta alimentación.

## MANTENIMIENTO

- Procurar una alimentación continua ya que de esto dependerá el volumen de biogás obtenido.
- Controlar la posición de las válvulas. Las mismas deben estar siempre dando paso del gas que se produce en el biodigestor.
- Controlar el nivel de agua en el filtro de agua, drenar por lo menos una vez cada 15 días.
- Revisar las juntas, válvulas, conexiones y tapa en busca de pérdidas de gas, sobre todo en caso de que no se esté acumulando biogás. Se recomienda utilizar agua, esponja y detergente.
- Controlar que, al alimentar el biodigestor, se produzca una descarga de aproximadamente el mismo volumen cargado.
- Controlar que los conductos de entrada y salida se encuentren libres de obturaciones.
- Puede ocurrir que el filtro de ácido sulfhídrico no esté siendo efectivo por lo tanto se deberán cambiar las virutas de hierro o virulana, es conveniente que estas estén oxidadas.
- La producción de biogás siempre genera vapor de agua, el cual puede condensar en las tuberías causando la obstrucción de este, por lo que es necesario en primer lugar abrir las válvulas inferiores del filtro de biogás para que el agua sea drenada (figura 6).



**Figura 5. Filtro biogás.**

## Revisión de pérdidas o fugas

Para revisar las posibles pérdidas de biogás se debe contar con presión en el sistema. En caso de no contar con biogás, la presión necesaria se logrará llenando el acumulador de gas (parte superior del biodigestor) con CO<sub>2</sub> o aire. Esto debe ser realizado por un experto.

Al desplazar el tanque superior del acumulador hacia arriba con la válvula de salida de gas abierta, el aire ingresará al tanque. Se cerrará la válvula de salida de gas y se dejará caer el tanque.

Mientras se tiene el acumulador lleno de biogás o aire se debe dar presión con un contrapeso. Con esponja y detergente se revisan todas las juntas selladas de las cañerías, acumulador y biodigestor. En caso de existir una fuga se observarán burbujas en la superficie que se cubrió con detergente. Si esto ocurriera se debe volver a sellar.

Se recomienda hacer inspecciones visuales a lo largo de las mangueras y dirigir cualquier acumulación hacia la válvula de alivio, reactor o trampas de agua.

Cuando el nivel de acumulación llegue a 70% en las trampas de agua, drenarlas.

Para evitar que el gas se escape durante el drenado de la válvula, es necesario cerrar la válvula de paso.

## FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO

### Cambios en la alimentación del biodigestor

Un cambio de dieta repentino puede producir una parada en el biodigestor, o sea, una parada en la producción de biogás. Por eso los cambios deben ser graduales. Un digestor funciona en forma similar al aparato digestivo. Por lo tanto, implica ciertos cuidados ya que es un sistema vivo, operado por un diverso grupo de bacterias, entre ellas se encuentran las bacterias metanogénicas encargadas de producir el gas metano.

Si un digestor fue alimentado constantemente sólo con excreta vacuna y de repente se alimenta únicamente con residuos de industrias, por ejemplo, descartes de frutas, puede ocurrir la acidificación del mismo ya que estos residuos son bastante ácidos. Este desequilibrio trae aparejada la parada del biodigestor.

### Nivel del pH

Si el digestor experimentara una parada se deberá medir el pH del efluente (bioabono): si éste se encuentra por debajo de 6, en primer lugar, es necesario parar la alimentación, seguir agitando y medir el pH diariamente para observar si éste aumenta hasta llegar a un valor entre 6,5 a 7,5. Si pasado menos de un mes sin alimentar, no se ven cambios en el pH se debe comenzar a alimentar con residuos que no sean ácidos, por ejemplo, semillas de sorgo (harina), o neutralizar con cal y seguir con el plan de aclimatación. En caso de que ninguno de estos métodos resulte satisfactorio, se procederá a vaciar el biodigestor y volver a cargarlo con nuevas bacterias.

## Sobrealimentación

Otro factor a tener en cuenta es la cantidad de sustrato. La sobrealimentación del biodigestor también puede producir paradas en la producción de biogás o simplemente, al colocar mayor cantidad de desecho, el tiempo de retención del mismo será menor por lo que el proceso de fermentación será incompleto. De este modo, se obtiene menor cantidad de biogás y el efluente, el bioabono se encontrará "inmaduro". Esto quiere decir que, luego de ser extraído, puede seguir fermentando o puede contener microorganismos patógenos que no fueron degradados por no haber completado su proceso de descomposición. Las semillas, a su vez, pueden no haber sido desactivadas debido a su corta permanencia en el biodigestor. Para que no ocurra la sobrealimentación debe respetarse la cantidad de residuo diaria por aplicar, calculada en el dimensionamiento. Tener en cuenta que ésta varía según el tipo de residuo.

## Bajas temperaturas

También pueden observarse paradas en el proceso debidas a las bajas temperaturas, ya que las bacterias se inactivan parcialmente con temperaturas menores a los 10°C aproximadamente. Es recomendable que los biodigestores se ubiquen en lugares con temperatura mayor a 20°C y que la misma sea constante porque las bacterias productoras de metano son muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura. Por esto conviene enterrar los digestores o construirlos con una adecuada aislación

## Otros factores

La presencia de metales pesados, antibióticos y detergentes en los residuos con los que se alimenta el biodigestor, puede inhibir e incluso interrumpir el proceso fermentativo. También una elevada concentración de nitrógeno y amoníaco destruye las bacterias metanogénicas.

# RENDIMIENTO DEL BIOGÁS

## Composición de biogás

El biogás es una mezcla de gases compuesta, en su mayor parte, por metano y dióxido de carbono en proporciones que varían según el residuo degradado.

**Tabla 2. Componentes del biogás.**

COMPONENTE	PORCENTAJE
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	55 a 70 %
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	27 a 45 %
<b>Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)</b>	Menor a 1%
<b>Nitrógeno</b>	0.5 a 3 %
<b>Hidrógeno</b>	1 a 3 %

La producción de biogás varía en función del sustrato utilizado.

Se detalla en la siguiente tabla la producción aproximada de gas por tipo de residuo.

**Tabla 3. Producción de biogás por tipo de residuo.**

RESIDUO	LITROS DE BIOGÁS POR kg DE RESIDUO
<b>Estiércol de vaca</b>	20
<b>Estiércol de cerdo</b>	60
<b>Residuos municipales</b>	80
<b>Residuos de frutas</b>	15
<b>Cortes de césped</b>	120
<b>Estiércol de borrego</b>	20

- El biogás puede reemplazar perfectamente al gas natural por lo que podemos adaptar cocinas calefones, estufas, pantallas, etc. para que funcionen con él.
- Un metro cúbico de biogás posee aproximadamente 5.500 kilocalorías.
- Dos metros cúbicos de biogás equivalen a un kilogramo de gas de garrafa.
- También se puede utilizar para producir energía eléctrica mediante turbinas o plantas generadoras a gas, en hornos, secadores, calderas, motores u otros sistemas de combustión debidamente adaptados para tal efecto.

## BIOABONO

El bioabono, también llamado biosol, biol o digestato, es el barro que se encuentra en la descarga del biodigestor. Se trata del residuo degradado y estabilizado, por lo que se puede aplicar en dosis importantes a las plantas, sin mayores riesgos.

## Ventajas del bioabono

- Mejora la estructura del suelo, dejándolo más aireado, trabajable y facilitando la penetración de raíces.
- Mejora la retención de humedad en el suelo.
- Favorece el desarrollo microbiano y las bacterias se multiplican dando vida al suelo.
- El biofertilizante está prácticamente estabilizado, pues ya sufrió fermentación y no posee las desventajas del estiércol. Esto quiere decir que éste no continuará su proceso de fermentación por lo que no quemará raíces o semillas.
- Al estar en forma líquida es de fácil aplicación.
- No deja mal olor.
- No trae problemas de malezas ya que las semillas se descomponen en el biodigestor.
- No ofrece condiciones para la multiplicación de insectos como mosquitos, etc.

## Usos del bioabono

La descarga del biodigestor puede ser acumulada en bidones o baldes para luego regar los cultivos a fertilizar o el suelo a mejorar, también puede aplicarse en lombricultura. No se recomienda aplicarlo en hortalizas que crecen cercanas al suelo ya que no hay seguridad que el biofertilizante este libre del 100% de microorganismos. Se recomienda usar este producto a medida que se va generando para evitar su acumulación.

## Mantenimiento a largo plazo

### Purga de Reactor

Se realiza cada 2 o 3 años o cuando se detecta una baja en la producción de biogás sin razón evidente.

La función de la PURGA es provocar que se levanten y salgan los sólidos sedimentados en el fondo de reactor.

El proceso para realizar la purga es la siguiente:

1. Esperar que el reactor tenga poco o nada de biogás.
2. Introducir agua con manguera por la entrada del reactor. La cantidad de agua a introducir deberá ser aproximadamente  $\frac{3}{4}$  partes de la capacidad. Por ejemplo, si su biodigestor es de un modelo de 10,000 litros, entonces deberá introducir 7,500 litros.
3. Al mismo tiempo que se introduce el agua al reactor, haga agitación intensa y constante, mezclándola bien con los lodos, logrando turbulencias, levantando sólidos sedimentados y disolviendo lodos estancados.
4. Permite la expulsión de la purga por la salida del reactor.

## Reactivación del Sistema

Se realiza cada 8 a 20 años o cuando detecte una baja considerable en la producción de biogás sin razón evidente.

La función de la REACTIVACIÓN es remover los sedimentos acumulados con los años del reactor.

1. El proceso para la reactivación del sistema es el siguiente.
2. Repetir el paso 1 y 2 de la Purga.
3. Con una bomba de lodos aspirar los lodos en la base del reactor. Hacer eso mientras introduce el agua y la mezcla con agitación.
4. Una vez vaciado por completo, lavar con agua a presión el interior del reactor. Terminado el lavado, re-acomodar el reactor en su posición dentro de la zanja o superficie, asegurándose de centrarlo adecuadamente en su sitio, y proceder a volverlo a llenar de agua con estiércol. De ser posible llenar el sistema con parte de lodos que extrajo del sistema al inicio de este procedimiento, o bien, con biol que tenga almacenado.

El tiempo que deba pasar para que tenga que llevar acabo esta activad dependede la forma en que el usuario opera su biodigestor. Reducirá la sedimentación en el reactor haciendo lo siguiente:

1. Introduciendo estiércol libre de material inorgánico, como piedras y tierra.

2. Realizando adecuadamente la mezcla de estiércol con agua, logrando la relación indicada y logrando la mayor homogeneidad posible antes de ingresarla al reactor.
3. Haciendo la agitación del reactor con frecuencia y de manera correcta.

## POSIBLES PROBLEMAS Y SOLUCIONES

### Problema: **No hay biogás en el quemador**

Posibles causas y soluciones:

- La válvula de paso en el sistema de manejo de gas está cerrada. Abrirla de ser el caso.
- No hay biogás en el sistema. Deberá esperar a que se produzca.
- Puede haber un tapón de agua en la línea de gas. Revisar toda la línea, particularmente las secciones donde se pudiera acumular. Drenar el agua que esté tapando la línea.
- Puede haber una manguera doblada, Revisar toda la línea y ajustar la manguera si detecta alguna obstrucción.
- Hay fuga en el sistema. Revisar todo el sistema por fugas, particularmente los puntos de conexión. Reparar la fuga.
- Hay poca presión en el sistema. Usted podrá colocar algo de peso en el reactor para presionar y enviar el gas al quemador; por ejemplo, una llanta o un costal con tierra.

### Problema: **NO hay gas en el reactor**

Posibles causas y soluciones:

- Hay fuga en el sistema. Deberá detectarla y repararla.
- El nivel de agua en los tubos de entrada y salida en el reactor está por debajo del necesario, permitiendo la salida de biogás. Deberá agregar agua para lograr los sellos de agua.
- No hay suficiente excremento o proporción de agua en la mezcla.



- La válvula de alivio no tiene agua, dejando escapar el gas. Deberá llenar de agua y esperar a que se llene el reactor de biogás.
- Ingresaron químicos en el agua o estiércol, afectando a las bacterias y su producción de biogás. Deberá hacer una re-activación del sistema.
- Hubo sobrecarga de estiércol, generando una indigestión y afectando la producción de biogás. Deberá hacer una “purga”

Problema: **formación de capa sólida**

Posibles causas y soluciones:

- La mezcla no tiene la cantidad de agua apropiada (Ver sección ALIMENTACIÓN DIARIA)
- La manera de resolverlo es metiéndole agua a presión al mismo tiempo que se le aplica agitación, buscando romper la capa sólida.

Problema: **¿Qué hacemos si detectamos que el pH está por debajo de su rango límite de 6.5?**

- Se le debe de agregar un elemento traza como cal o cenizas, que aumente ligeramente el valor del pH

Problema: **¿Qué hacemos si detectamos que el pH está por arriba de su rango límite de 8?**

- Se debe de sacar una cantidad considerable de efluente o residuo y de manera simultánea agregar más cantidad de mezcla con una mayor dilución a la establecida, es decir, agregar más agua a la mezcla.

## Referencias

B. Cancho Grande, M. S. García Falcón & J. Simal Gándara. THE USE OF ANTIBIOTICS IN ANIMAL FEEDS: AN ACTUAL PERSPECTIVE O USO DOS ANTIBIÓTICOS NA ALIMENTACIÓN ANIMAL: PERSPECTIVA ACTUAL. España : Taylor Francis and Group, 2000. 1135-8122.

Herrero, J. Martí. Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Bolivia : Creative Commons, 2008. 978-99954-0-339-3.

Landin, Dr. Gerardo M. Produccion de excretas porcinas y contaminación ambiental CENID; INIFAP. s.l. : Artículo extraído de [www.aacporcinos.com.ar](http://www.aacporcinos.com.ar).

Manual técnico para la construcción y operación de Biodigestores PRONACOR

Martí Herrero J. 2019. Biodigestores Tubulares: Guía de Diseño y Manual de Instalación. Redbiolac. Ecuador. ISBN: 978-9942-36-276-6FAO. (2019). Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores.

Moreno, María Teresa Varnero. Manual de Biogas. Chile : FAO, 2011. 978-95-306892-0.

R, Botero Rand Preston T. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. s.l. : Manuscrito ineditado: CIPAV, Cali, Colombia. (Castellano). <http://www.utafoundation.org/publications/botero&preston.pdf>, 1987.