

# ¿Qué es un biodigestor?



Desechos orgánicos.

**E**l biodigestor consiste en un contenedor cerrado, hermético e impermeable, llamado reactor, dentro del cual se deposita la biomasa (excremento de vaca o cerdo y residuos orgánicos, por ejemplo). Ahí se lleva a cabo la fermentación anaerobia, en ausencia de oxígeno, por acción de microorganismos que degradan la biomasa para obtener biogás y bioabono, subproducto que puede utilizarse como fertilizante.

En su forma simple, solo cuenta con una entrada para introducir la materia orgánica y una salida de gas regulada que conduce el biogás generado a su almacenamiento o uso final.

Una instalación más sofisticada de este sistema puede incluir una cámara de carga y nivelación del agua residual antes del reactor, un dispositivo para captar y almacenar el biogás, cámaras de hidrogenación y postratamiento (filtro de algas y piedras de secado, entre otros) a la salida del reactor.

En el proceso de digestión anaerobia de la biomasa ocurren varias reacciones bioquímicas en las que participan distintos microorganismos, estas reacciones ocurren en cuatro etapas de forma simultánea: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

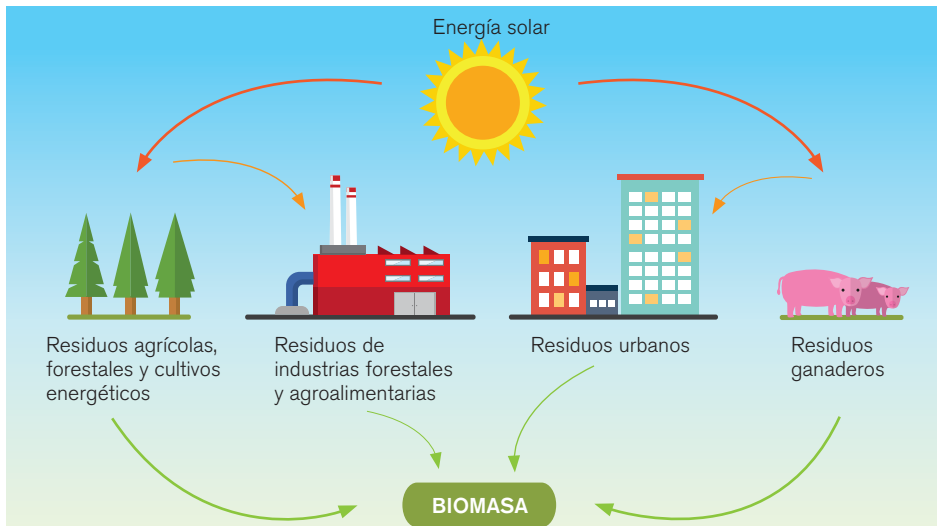
En la etapa de hidrólisis, los componentes químicos de los residuos se descomponen en presencia del agua, con esto, las moléculas complejas, como las proteínas, carbohidratos y lípidos contenidos en los desechos orgánicos se transforman en compuestos solubles más sencillos para ser metabolizados por las bacterias acidogénicas; esto da a lugar a ácidos grasos de cadena corta, alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y otros productos intermedios. Por su parte los microorganismos acetogénicos transforman una parte de estos productos (etanol, ácidos grasos volátiles y algunos compuestos aromáticos) en acetato e hidrógeno. Por último, los microorganismos metanogénicos producen metano a partir del ácido acético, hidrógeno y otros productos resultantes de las etapas anteriores.

Dependiendo de las condiciones ambientales y de la reacción, alguna etapa va a predominar durante el proceso, y esto se verá reflejado en el pH. En las diferentes etapas de la biodigestión se pueden obtener al mismo tiempo, alcoholes, como etanol y metanol; además, algunos compuestos minerales, que pueden utilizarse como fertilizantes para cultivos una vez fi-



**pH:** Mide el grado de acidez o basicidad en una solución. El pH neutro es 7, mayor pH indica que es una base y menor, que se trata de un ácido.

Formación de la biomasa.





Abono líquido sobre la tierra.

nalizado el proceso de obtención del biogás (dependiendo del grado de acidez y de su contenido de nitrógeno); este producto se conoce como lixiviado o abono.

El bioabono es la materia orgánica que queda dentro del reactor y debe extraerse y secarse para que pueda ser devuelto a la tierra, paulatinamente, para lograr efectos positivos en esta.

La calidad del biogás y el bioabono depende del tipo de biomasa que se utilice.

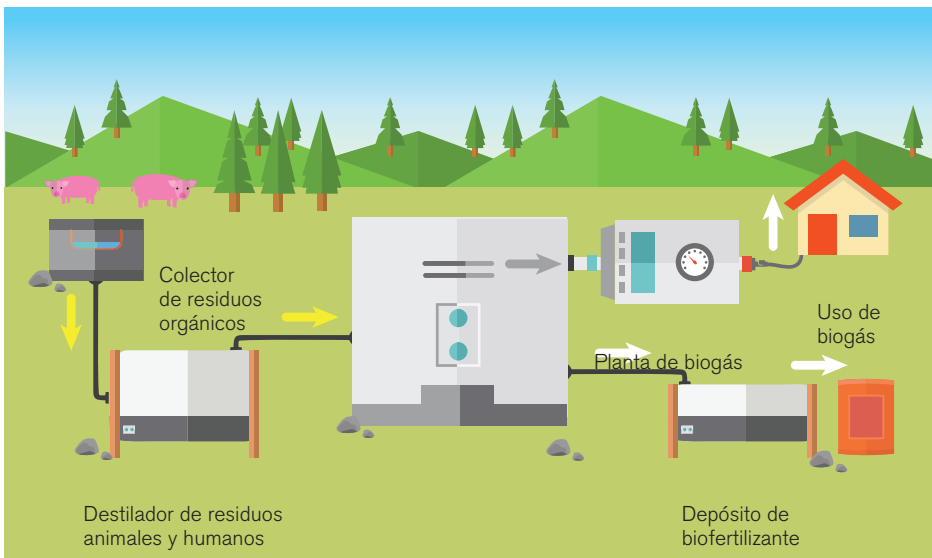
## La biomasa

En general cualquier sustrato puede utilizarse como biomasa si contiene carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y hemicelulosa como componentes principales.

Para seleccionar la biomasa que se procesará en un biodigestor se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- El valor nutricional de la sustancia orgánica es proporcional al potencial de formación del biogás.

Esquema de un biodigestor.



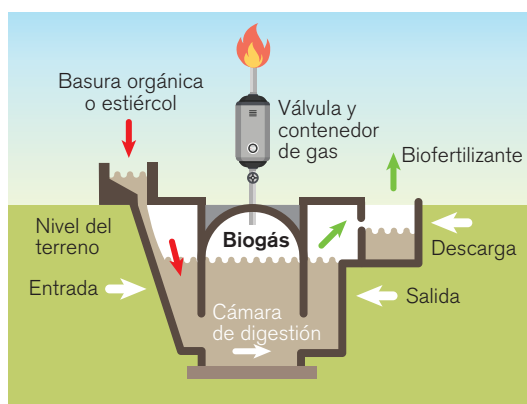
- El contenido de sustancias orgánicas debe ser adecuado para el tipo de fermentación.
- El contenido de sustancias perjudiciales o tóxicas debe ser mínimo (se recomienda no utilizar frutas cítricas o con alto contenido de ácidos).
- El contenido del sustrato final para su reutilización como fertilizante.
- Para que la producción de biogás sea exitosa, es importante considerar la proporción de materia orgánica y agua dentro del biodigestor, se estima que debe ser de 40-60 por ciento.
- La cantidad de heces que se depositan en el contenedor depende de la cantidad de sólidos volátiles que estas contengan.

## Tipos de biodigestores

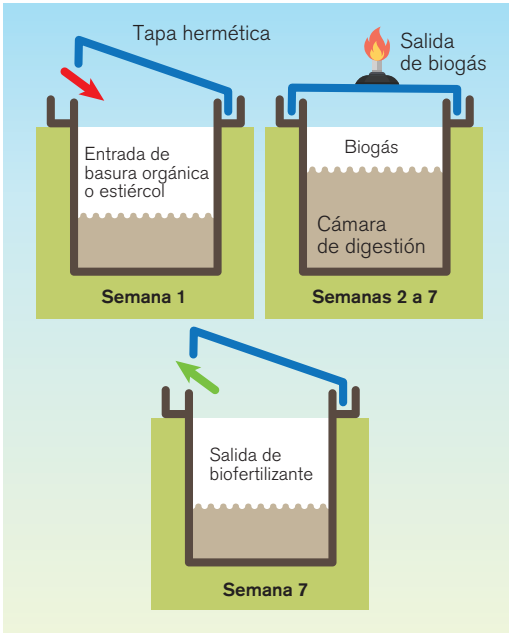
Existen distintos tipos de biodigestores que varían en su geometría, e incluso en el material de construcción, se clasifican en tres categorías: sistemas continuos, discontinuos y de doble cámara.

En los sistemas continuos, la cantidad de residuos orgánicos se deposita en el contenedor de forma constante, y se mantiene dentro de este durante un tiempo corto. Entre estos sistemas se encuentran los llamados biodigestores tubulares o tipo salchicha, de cúpula fija (chino), de cúpula móvil (indio), flotante y de lecho de lodos. Se recomienda instalar un biodigestor de este tipo en granjas o huertos por la cantidad de desechos que generan al día.

En el caso de los sistemas discontinuos, la biomasa se puede mantener dentro del reactor por periodos prolongados que van de dos a cuatro meses, por esta razón, la cantidad de residuos orgánicos que se depositan entran y salen una vez, como en el caso de



Biodigestor continuo.



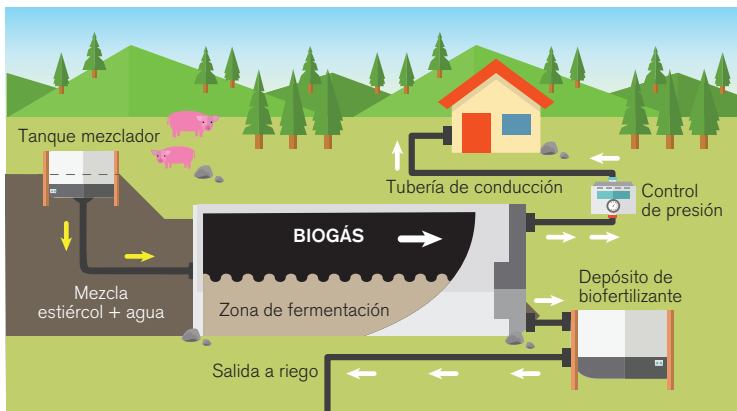
Biodigestor discontinuo.

los biodigestores tipo *bach*. La ventaja de este tipo de biodigestores es que no se tienen que alimentar diariamente y requieren menor cuidado y mantenimiento, siempre y cuando se controlen las condiciones de trabajo. Es recomendable para aplicaciones industriales o municipales.

Los sistemas de doble cámara están compuestos por dos reactores, en el primero se realiza la primera etapa de la digestión, y el tiempo de retención es prolongado; en el segundo se termina el proceso de descomposición. Se recomiendan para la digestión de

desechos de fruta, residuos sólidos urbanos (RSU), de ganado, etcétera.

El uso de biodigestores para producir biogás y utilizarlo como combustible ha sido una alternativa para países en situación de pobreza y con dificultad para obtener combustibles fósiles. En la siguiente sección hablamos sobre los países que han instalado esta tecnología para satisfacer su demanda energética.



Biodigestor de doble cámara.

# Desarrollo de biodigestores anaeróbicos



**E**n la India se construyó el primer digestor anaeróbico en 1897. El asilo Matunga Leper, que se localizaba en Bombay, fue el usuario de esta tecnología, el biodigestor utilizaba los desechos humanos para generar gas y satisfacer las necesidades de iluminación. También en la India, en 1900, se realizó el primer intento por construir una planta para producir biogás a partir de estiércol, pero no tuvo éxito; fue solo en 1973 cuando se logró poner en marcha exitosamente, gracias a las aportaciones de un microbiólogo del Instituto de Investigación Agrícola de la India (IARI) S.V. Desai.

El biodigestor anaeróbico que diseñaron entonces era un prototipo sencillo de operar, porque fue ideado para que lo manejaran los campesinos con poca preparación técnica.

En ese país se han establecido plantas de biogás domésticas y comunitarias, para 2011 se habían instalado cuatro millones de plantas para generar biogás. Una idea que ha resultado atractiva en la región es la incorporación de unidades de biogás a los baños públicos.

China es otro país que ha apostado por la implementación de biodigestores, y cuenta con el progra-





Digestores anaeróbicos, Tel Aviv, Israel.

ma de biogás más grande del mundo. Se estima que 10 por ciento de los hogares rurales utilizan biogás para cubrir sus necesidades energéticas. A finales de 2005, había cerca de 2500 digestores de biogás en granjas ganaderas y avícolas. Para

apoyar la construcción de plantas para generar biogás, el gobierno chino ofrece subsidios económicos. Por otro lado, ha apostado por la industrialización de la construcción de plantas de biogás; como resultado, empresas como Shenzhen Puxin Science and Technology Company han desarrollado una planta equipada con un contenedor de gases de plástico reforzado con fibra de vidrio para acortar el periodo de construcción y evitar fugas de gas a través de los ladrillos de concreto del domo del biodigestor. La compañía Anhui Chizhou Xingye Natural Energy Developmental Company también ha participado en la producción de plantas de biogás prefabricadas con fibra de vidrio.

Nepal también cuenta con plantas domésticas de biogás y además tiene una industria dedicada a su construcción. En 2011 tenía 62 empresas constructoras y 15 talleres para la fabricación de tecnologías para producir biogás. Además ha creado instituciones de microfinanciación que participan en la instalación de plantas de biogás en zonas rurales.

La producción de biocombustible en Nepal se ha traducido en ahorros anuales por hogar debido al uso de leña (dos toneladas), residuos agrícolas (una tonelada), estiércol seco (250 kg), queroseno (70 kg) y fertilizante químico (39 kg de nitrógeno, 19 kg de fósforo y 39 kg de potasio). El programa de apoyo al biogás genera empleos indirectos.

# Ley de los gases ideales



Como ya hemos visto, con los biodigestores se podría generar biogás para su uso en las estufas o en algún proceso agroindustrial en el que, por ejemplo, se necesitara calentar agua. Por esta razón, es importante conocer cuánto gas se podría producir en un biodigestor. Para poder saber esta cantidad podemos hacer un pequeño cálculo usando la ley de los gases ideales que nos han enseñado en nuestros cursos de física de la secundaria o bachillerato. Recordemos que esta ley dice que la presión por el volumen de un gas es igual a la constante general de los gases por la temperatura y el número de moles de gas ( $PV=nRT$ ). Así que si conocemos la temperatura, el volumen del recipiente y la presión podremos conocer la cantidad de gas que se produce en un biodigestor.

Con este ejemplo podemos ver que lo que nos enseñan en la clase de física puede ser útil. Seguramente en la escuela te dijeron que esta ley de los gases ideales fue descubierta experimentalmente por varios científicos y recordarás los nombres de Robert Boyle, Edmé Mariotte, Jacques Charles y Joseph Louis Gay-Lussac quienes, con sus experimentos, descubrieron las relaciones matemáticas entre la pre-



Jacques Charles  
(1746-1823).



Joseph Louis Gay-Lussac  
(1778-1850)