

Biodigestor Demostrativo

Construcción de tecnologías apropiadas

*Mariano Butti
Lucas Zanovello
Ignacio Huerga
Fernando Ocampo
Sergio Justianovich
Edurne Battista
Sandra Bartucci*



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria

Biodigestor Demostrativo

Construcción de tecnologías apropiadas



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Área de Educación y TIC- PROCADIS
2019

Índice

Agradecimientos	7
Prólogo	9
Introducción	11
¿Qué es y para qué sirve un Biodigestor?	12
Esquema general del digestor y su funcionamiento	13
Materiales	14
Las partes del biodigestor	21
Construcción paso a paso	23
Bibliografía	29

Agradecimientos

Agradecemos a todos los que hicieron posible el desarrollo de este material.

Especialmente a:

Marcos Hall, director del IPAF Pampeano, quien siempre acompaña generosamente, a través de sus equipos, estas propuestas.

Leonardo Motta de la AER Marcos Paz del INTA y a directivos, docentes y estudiantes de la Escuela de Educación Secundaria Agraria N°1 de Marcos Paz, en donde se tomaron las fotos.

Pablo Oliveri, quien tomó las fotos que integran el material.

Al equipo coordinador de Generación Única y Secundarias Rurales Mediadas por TIC-UNICEF, por hacer posible esta edición, en el marco de sus encuentros regionales 2019.

Prólogo

Las tecnologías de aplicación vinculadas con las energías renovables adquieren nuevos sentidos cuando son incorporadas en el ámbito escolar. Su inclusión habilita abordajes didácticos interdisciplinarios, orientados a promover comprensiones potentes, a través del desarrollo de proyectos o la resolución de situaciones problemáticas.

Cuando estos abordajes se plantean el diseño de intervenciones concretas en las comunidades en que se inscriben, para la resolución de problemáticas genuinas de los territorios, se constituyen como un motor para la generación de comprensiones profundas y la construcción de conocimientos perdurables.

Este documento, fue concebido para guiar propuestas que viabilicen este tipo de tratamiento educativo. Tiene una escala ideada para llevar adelante experiencias en la escuela, que permitan a los estudiantes comprender en acción principios teóricos complejos vinculados con la digestión anaeróbica. También, para planear cómo desplegar estas propuestas en los entornos locales de estudiantes y docentes.

Los contenidos del material emergen de la trayectoria de trabajo comprometido con los desafíos de las escuelas de educación agrotécnica, agraria y rural, por parte de un equipo de especialistas del INTA de diferentes regiones del país: Lucas Zanovello, Fernando Ocampo, Sergio Justianovich, Edurne Battista y Sandra Bartucci, todos ellos del CIPAF, Ignacio Huerga (AER Venado Tuerto) y Mariano Butti (EEA Pergamino).

Desde el año 2018, en el marco de proyectos del área de Educación y TIC de la Dirección General de Sistemas de Información, Comunicación y Procesos del INTA, estos especialistas han contribuido al diseño de distintas propuestas de formación para docentes, mediante el desarrollo de contenidos.

Al momento de pensar en acciones de capacitación dirigidas a las escuelas Secundarias Rurales Mediadas por TIC (SRTIC), en el marco del convenio suscripto entre UNICEF y el INTA, esta temática fue priorizada por su relevancia. Esperamos que esta guía se transforme en una herramienta para la generación de proyectos de valor socio comunitario.

Ana Sonsino
Coordinación Educación y TIC

Juan Manuel Fernández Arocena
Director General de Sistemas de Información,
Comunicación y Procesos

Introducción

Este material busca ser una guía para que estudiantes y docentes conozcan, de forma práctica, los principios de la digestión anaeróbica con fines energéticos. Con el uso de materiales de descarte y otros elementos de fácil adquisición, el objetivo es la construcción de un pequeño digestor que permita experimentar el funcionamiento y explorar opciones para alimentarlo: guano de aves, efluentes de tambo, restos de poda, cultivos, comida y otros residuos orgánicos.

Como sabemos las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica; la energía química de la biomasa puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

La digestión anaerobia es un proceso por el cual la biomasa es “digerida” por microorganismos, bacterias y arqueas, que actúan en ausencia de oxígeno. A medida que se alimentan, liberan distintos gases, siendo el metano el que nos interesa para la combustión, un gas muy parecido al gas natural que usamos para cocinar.

Esperamos con este primer paso, despertar curiosidades e inquietudes para seguir investigando sobre estas temáticas.

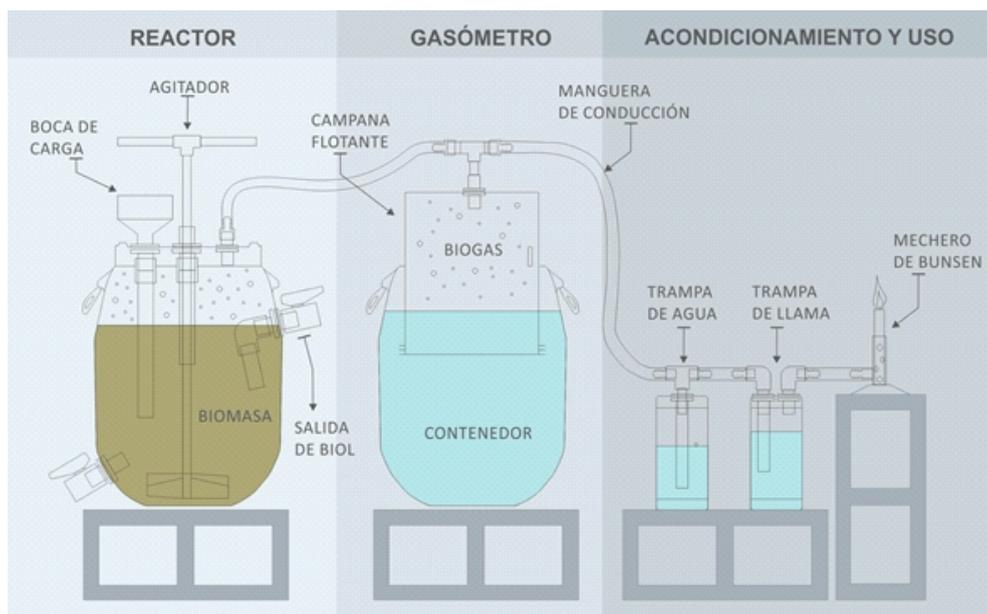
¿Qué es y para qué sirve un Biodigestor?

Un biodigestor es una tecnología que nos permite generar **gas metano** a partir de residuos de biomasa. Se trata de un recipiente hermético donde colocamos la biomasa mezclada con agua. Ésta mezcla es degradada por microorganismos anaeróbicos, es decir, que viven en ausencia de oxígeno.

Como resultado del metabolismo que se produce en el biodigestor obtendremos un gas combustible llamado "**biogás**". A su vez, el material que sale del digestor, llamado "**biol**" o "**digerido**", se considera tratado, ya que disminuye su poder contaminante pero conserva los **nutrientes** que utilizaremos para enriquecer el suelo y alimentar a los cultivos.

Esquema general del digestor y su funcionamiento

Un biodigestor consta de un reactor donde se alojan la materia orgánica y los microorganismos. Este reactor tiene una entrada por donde ingresa la biomasa a degradar mezclada con agua y una salida por donde se extrae el biol. La cantidad de biol que se extrae es igual al volumen de material orgánico que ingresa. Por esta salida saldrá tanto material como ingresó. El reactor posee un agitador que promueve el contacto de las bacterias con la materia orgánica, ésta agitación debería suceder periódicamente para mejorar la producción de biogás. El biogás generado se almacena en una campana flotante ubicada en la parte superior del gasómetro. La presión de salida del biogás se da por medio de un peso alojado sobre la parte superior de la campana flotante. El circuito de biogás posee una trampa de agua que permite recolectar la humedad del gas y una trampa de llama que sirve para evitar la combustión del gas almacenado en la campana y reactor.



Materiales

Para armar el biodigestor didáctico utilizaremos materiales corrientes y de fácil acceso que facilitan su construcción y mantenimiento. Con un poco de creatividad encontrarán que muchos de los materiales están en su entorno muchas veces en desuso, como el balde de pintura de 20 lts, el tanque del reactor y las mangueras. Las herramientas pueden encontrarse en cualquier ferretería y algunas de ellas ya deben estar disponibles en la escuela.

Materiales para reactor

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Llave de paso PP 1"	2
	Salida de Tanque PP 1/2" (Brida polipropileno 3/4" con arandela de goma y rosca)	1
	Salida de Tanque PP 1" (Brida polipropileno 1" con arandela de goma y rosca)	4
	TEE PP 1/2"	2
	Cupla PP 1"	2

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Cupla PP ½"	1
	Codo PP 1" M-H	1
	Enchufe para manguera de ½" rosca Hembra de ½"	1
	Caño de ½" PP por metro lineal	2
	Caño de 1" PP por metro lineal	1,5
	Recipiente de 50 Litros	1
	m2 de chapa AISI 304 de 0,5mm espesor para agitador del sustrato. Opcional chapa galvanizada. (un retazo de chapa de 15x25 cm)	0,0375
	Metros de manguera cristal de ½"	4
	Sellador Butílico por tubo	1

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Sellador Hidro 3 para rosca por 125 cm3	3
	Rollo cinta Teflon alta densidad	2
	Remaches 4 mm para fijación de pala batidora	5
	Embudo para la carga de mezcla (biomasa+agua)	1

Materiales para gasómetro

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Salida de Tanque PP ½" (Brida polipropileno ½" con arandela de goma y rosca)	1
	Balde de 20 litros	1
	Recipiente de 50 Litros	1
	TEE PP ½"	1

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Enchufe para manguera de 1/2" rosca Macho de 1/2"	4
	Llave de paso PP 1/2"	1
	Metros de manguera cristal de 1/2"	2
	Mechero Bunsen para prueba de llama	1
	Abrazadera para conexión de mangueras 1/2"	6
Agua	Litros de agua para formar el sello hidráulico	40

Materiales para la trampa de agua

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Salida de Tanque PP 1/2" (Brida polipropileno 1/2" con arandela de goma y rosca)	1
	TEE de PP de 1/2"	1

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Enchufe para manguera de 1/2" rosca Macho	2
	Abrazadera para conexión de mangueras 1/2"	2
	Copla PVC de 110 mm, o un tramo de caño de PVC de 110 mm x 20 cm de largo	1
	Tapas de PVC de 110 mm	2

Materiales para la Trampa de Llama

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Tapas de PVC de 110 mm	2
	Copla PVC de 110 mm, o un tramo de caño de PVC de 110 mm x 20 cm de largo	1
	Salida de Tanque PP 1/2" (Brida polipropileno 1/2" con arandela de goma y rosca)	2
	Codo PP M-H 1/2"	2

Ilustración	Descripción	Cantidad
	Enchufe para manguera de ½" rosca Macho	2
	Cupla PP ½"	4
	Niple de PP de ½" x 10 cm largo	1
	Abrazadera para conexión de mangueras ½"	2

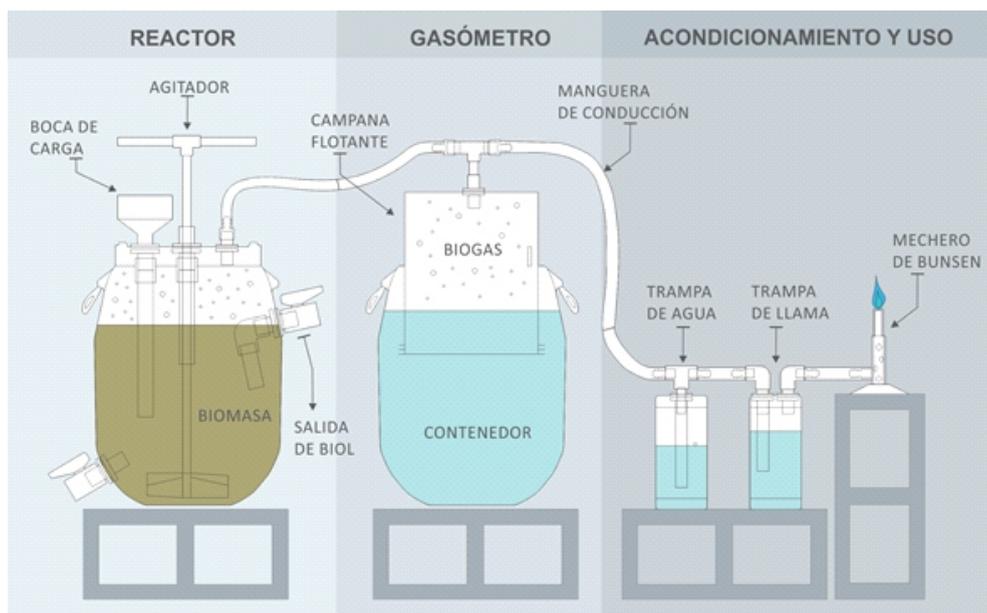
Herramientas para la construcción

Tipo	Cantidad
Taladro	1
Mecha copa de 1"	1
Mecha copa ½"	1
Mecha copa de ¾"	1
Mecha metálica de 4 mm (para remaches)	1
Tijera para chapa	1
Terraja y porta terraja para Caño PP ½"	1
Terraja y porta terraja para Caño PP ½"	1
Pinza pico loro	2
Pinza	1
Pistola para aplicar sellador butílico	1

Tipo	Cantidad
Taladro	1
Mecha copa de 1"	1
Mecha copa ½"	1
Mecha copa de ¾"	1
Mecha metálica de 4 mm (para remaches)	1
Tijera para chapa	1
Terraja y porta terraja para Caño PP ½"	1
Terraja y porta terraja para Caño PP ½"	1
Pinza pico loro	2
Pinza	1
Pistola para aplicar sellador butílico	1
Cinta métrica de 3 metros	2
Sierra y hoja de sierra	1
Remachadora	1
Destornillador pala	2
Cúter	2
Marcador indeleble	3

Las partes del biodigestor

El equipo se compone de dos recipientes fundamentales: el reactor y el gasómetro. El reactor es el recipiente en donde se **coloca el sustrato** (los restos de biomasa mezclada con agua) y en donde se reproducen las bacterias en ausencia de oxígeno. El otro recipiente es el gasómetro, en el que se aloja el biogás producido por las bacterias. Digestor y gasómetro se conectan por una manguera, a través de la cual se transporta el gas. Ambos recipientes siempre se encuentran cerrados, sin entrada de oxígeno.



1- REACTOR

Es un recipiente en donde se introduce el **sustrato** (los residuos de la biomasa). Siempre cerrado, ante la ausencia de oxígeno es el lugar en donde se reproducen las bacterias encargadas de la digestión y producción del biogás.

Cuenta con una boca para cargar el sustrato, y dos llaves para mantenimiento: una para el desagote y otra para retirar el **biol**, fertilizante natural producto de la digestión.

2- GASÓMETRO

Formado por un contenedor de agua, que se cierra con otro recipiente plástico invertido, de menor tamaño (20 lts). El agua funciona como sellador entre la campana móvil y el contenedor, lo que impide el ingreso de aire. De esta forma, el biogás producido en el reactor, se transporta por la manguera y se almacena en la campana hasta ser utilizado.

3- ACONDICIONAMIENTO Y USO

TRAMPA DE AGUA

Encargada de la condensación del vapor de agua contenido en el biogás.

TRAMPA DE LLAMA

Dispositivo de seguridad que evita el retorno de llama accidental protegiendo al usuario y equipo.

MECHERO

Es el componente que permite combustión del biogás. Al abrir la llave, en contacto con un comburente (encendedor, fósforo) produce la llama para el calentamiento de agua por ejemplo.

"Al igual que el gas de garrafa o el gas natural, el biogás es un gas inflamable. Por eso, cuando queramos utilizarlo abriendo la llave del mechero u hornalla, deberemos verificar el correcto funcionamiento de la válvula anti retorno de llama. La manipulación de estos componentes deberá hacerse siempre bajo la supervisión de un adulto".

Construcción Paso a Paso

¿Cómo armamos un biodigestor?

Armaremos un biodigestor pequeño a modo de prototipo para aprender cómo funciona este dispositivo. El volumen del digestor es de aproximadamente 50 litros. Su tamaño permite trasladarlo fácilmente, reemplazar partes, llenarlo y vaciarlo sin dificultades. Este modelo fue probado en varias escuelas rurales. En funcionamiento, puede proporcionar hasta media hora de gas para calentar una pava con agua para el mate, luego de la degradación completa de la carga.

1- REACTOR

Para este reactor se utiliza un recipiente de 60 litros. Sobre la tapa se realizan 3 agujeros para la carga del sustrato, agitador y salida de gas.

Los agujeros tienen que tener las siguientes medidas: 1 de 1" en el centro, 1 de 1/2" en un extremo y 1 de 1" en otro extremo.



Del lado interno de la tapa, colocamos las salidas de fondo correspondientes a cada uno de los tres orificios, aplicando sella roscas y cinta teflón para sellar bien toda las uniones.



Para el agitador, medimos la altura del recipiente y cortamos un tramo de caño de PP de 1" de 15 cm y otro de aproximadamente 45 cm, de forma tal que alcance a barrer el fondo. Fabricamos roscas con una terraja para conectar los caños y unimos con sella roscas.



Para la pala de agitación, cortamos un rectángulo de chapa de 15 x 25 cm. Luego generamos 2 cortes enfrentados perpendiculares al lado mayor del rectángulo para poder plegar y dar forma final a la pala. Fijamos con remaches al extremo sin roscar del caño de PP.



Para integrar el agitador a la tapa, en el orificio central utilizamos una cupla de 1" que conecte la salida de tanque a un tramo de caño de 1" de 20 cm de largo. Por allí pasamos el caño de 45 cm de 1/2" del agitador. Una vez que colocamos el agitador, en el extremo roscado del caño conectamos una TEE de 1/2" junto al caño de 15 cm para formar la manija giratoria.



Realizamos dos orificios para colocar las salidas de fondo de 1" y fijamos con sellaroscas, las conexiones para el desagote y la salida del biol. Ajustamos con la ayuda de una llave. Para terminar, colocamos sellador en la rosca de la tapa y fijamos al cuerpo del reactor. Es muy importante sellar bien todas las uniones para evitar entrada de aire al reactor y pérdidas del sustrato, asegurando su buen funcionamiento.

2- GASÓMETRO



El gasómetro es el recipiente en donde se almacenará el biogás. Utilizamos un recipiente de 50 litros, igual al que usamos en el reactor. Descartamos la tapa y con una amoladora u otra herramienta de corte retiramos la zona roscada para lograr un tamaño de boca mayor. Para la campana, utilizamos un balde de pintura (lavado) de 20 litros. También retiramos la zona roscada, cortando a una altura suficiente para que ingrese sin problemas al contenedor de 50 litros.



Utilizando una mecha copa de $\frac{3}{4}$ " , realizamos un agujero en el centro de la base de la campana. Colocamos la salida de tanque de $\frac{1}{2}$ " con la rosca macho hacia afuera. Con cinta de teflón o sellador, colocamos la TEE y los dos enchufes para manguera. Ajustamos con la ayuda de una llave. Nuevamente, debemos asegurarnos que las conexiones queden bien selladas para evitar fugas de gas.

3- CONEXIÓN

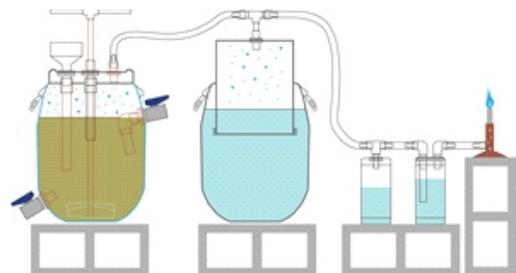


Para finalizar, conectamos el reactor y el gasómetro utilizando 2 m de manguera de polietileno cristal. De igual forma, conectamos otro tramo de manguera del gasómetro al mechero bunsen. La manguera transparente sirve para observar la condensación de agua una vez que el biodigestor entra en funcionamiento.

Filtros de seguridad y acondicionamiento del biodigestor

En el tramo de manguera que conecta el gasómetro con el mechero, es posible anexas dos trampas, una de agua y otra de retorno de llama. La primera, permite que el agua condense junto a distintas impurezas que pueda contener el biogás y que afectan la combustión final. Además, evita la sobrepresión del sistema, evitando roturas. La segunda trampa es un elemento de seguridad que impide el retorno de la llama hacia el gasómetro, evitando explosiones que pongan en peligro a los usuarios. Pueden colocarse válvulas de una sola vía como opción.

Para fabricar cada trampa necesitamos 1 contenedor de $\frac{1}{2}$ litro de capacidad, conectado a la manguera por medio de enchufes y codos plásticos de $\frac{1}{2}$ " , utilizando siempre sella roscas. En este caso, usamos caños de PVC de 110 mm de diámetro, con tapas roscadas para facilitar la limpieza y mantenimiento.



Cantidades de biomasa necesarias para producir biogás

Cada desecho o tipo de biomasa tiene una potencial de generación de biogás diferente, que varía de acuerdo a su composición. Por ejemplo, el estiércol de oveja tiene una capacidad mayor que los restos de **paso** seco. En condiciones ideales y a modo de referencia, podemos estimar las siguientes relaciones:

Tabla 1- Producción de biogás con distintas materias primas

Material	Litros de biogás por kg residuo fresco
Restos vegetales de maíz	833,0
Pasto seco	625,0
Sorgo granífero	550,0
Cáscara de arroz seca	350,0
Paja de trigo seca	350,0
Cáscara de cítricos	110,0
Estiércol ovino	100,0
Pasto verde	98,4
Residuos de comida	97,5
Estiércol Caprino	80,0
Estiércol de cerdos	77,0
Estiércol de gallina	62,5
Desechos de Huerta	51,0
Estiércol vacuno	50,0
Estiércol equino	45,0

Tabla que sale del libro: *Biodigestores de pequeña escala. Un análisis práctico sobre su factibilidad* (pág. 8)

<http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/26-Biodigestor-Familiar.pdf>

En caso que queramos vaciar el biodigestor, deberemos abrir el reactor para higienizar todos los componentes y así comenzar nuevamente el proceso.

Puesta en marcha y mantenimiento del biodigestor

Para comenzar a utilizar el biodigestor, necesitamos cargar el reactor con restos de biomasa (sustrato) que serán el alimento de las bacterias encargadas de la producción del gas. La carga de biomasa se mezcla con agua, en una relación 2-1: cada dos partes de agua, una parte de sustrato. Estas proporciones son orientativas y variarán de acuerdo al tipo de biomasa usada. La idea es que esta mezcla se comporte como un líquido pero que haya suficiente "comida" para las bacterias. El volumen de mezcla que ingresa en el biodigestor no debe superar la altura de la llave de salida del biol.

Una vez realizada la carga, deberemos a diario movilizar la mezcla con ayuda del agitador para facilitar el trabajo de las bacterias. Al cabo de 30-40 días, dentro del reactor comenzará la actividad de las bacterias y la formación del biogás. Este tiempo se denomina "tiempo de retención hidráulica". El gas generado en el reactor se mueve por las mangueras y se aloja en el gasómetro. La campana del gasómetro asciende a medida que se almacena el biogás; ese movimiento nos indica una buena actividad y que tenemos gas disponible para utilizar con el mechero.

Luego de respetar el tiempo de retención, seguimos agitando la mezcla y comenzamos a alimentar todos los días el digestor con 1 litro de mezcla. Esta vez, la relación será 2/3 de agua y 1/3 de biomasa.

Es aconsejable colocar el biodigestor al resguardo de temperaturas extremas, especialmente frías, que pueden matar o inhibir a las bacterias y frenar el proceso.

La actividad de las bacterias se ve afectada por la composición de la mezcla que ingresa y el tipo de biomasa. Sustratos muy ácidos como los que podemos encontrar en restos de comida (por ejemplo cáscaras de alguna fruta o suero), acidifican la mezcla. Para controlar la composición, podemos usar un peachímetro. Abriendo la llave de paso en el reactor, extraemos una muestra del interior y medimos el PH: el rango adecuado para la biodigestión se encuentra entre 6,5 y 7,5. Si el resultado es menor a 6,5, para revertir la acidez podemos agregar cal. Si se vuelve muy alcalino (PH mayor a 7,5) podemos colocar suero lácteo de algún animal.

Además del biogás, las bacterias descomponen la biomasa y la convierten en biol, una sustancia natural que, mezclada con agua, puede usarse como fertilizante. El biol se extrae abriendo la llave ubicada en la parte baja del reactor.

Bibliografía

Para seguir profundizando:

Butti, Mariano y Venturelli, Leonardo. Generación de biogás. Experiencia del tambo La Natividad, Coronel Dorrego, Buenos Aires:

<https://inta.gob.ar/documentos/generacion-de-biogas>

Huerga, Ignacio, Butti, Mariano, Instaschi, Daniel, Masigogge, José, Pusineri, Leandro y Justianovich, Sergio. Biodigestores de pequeña escala. Un análisis práctico sobre su factibilidad:

<https://inta.gob.ar/documentos/biodigestores-de-pequena-escala.-un-analisis-practico-sobre-su-factibilidad>

Este material busca ser una guía para que estudiantes y docentes conozcan, de forma práctica, los principios de la digestión anaeróbica con fines energéticos. Con el uso de materiales de descarte y otros elementos de fácil adquisición, el objetivo es la construcción de un pequeño digestor que permita experimentar su funcionamiento y sienta las bases para diseñar futuros proyectos comunitarios de energías renovables.

INTA | Ediciones



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación