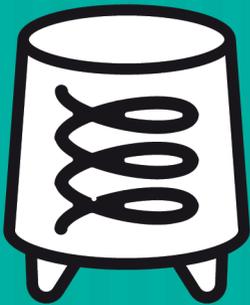


Biodigestor

Manual de uso



Secretario General Instituto de Energía UNCUYO

Ing. Dante Bragoni

Responsable Programa de Biogás

Ing. Agr. Elisa indiveri

Equipo de trabajo

Autora: Ing. Agr. Elisa indiveri

Asistente Técnico: Matías Masiokas

Diseño: Victoria Balducci



Para más información:

Instituto de Energía UNCUYO - Programa de Biogás

+ 54 261 4299986 - ide@uncu.edu.ar - www.imd.uncu.edu.ar

ÍNDICE

3 INTRODUCCIÓN

5 RESIDUOS

7 OPERACIÓN

11 RECOMENDACIONES

12 MANTENIMIENTO

13 FACTORES QUE AFECTAN EL FUNCIONAMIENTO

15 RENDIMIENTO DEL BIOGÁS

17 BIOABONO

18 MATERIAL DE CONSULTA

Programa de Biogás del Instituto de Energía

El programa de Biogás del Instituto de Energía de la UNCuyo tiene como objetivo principal la investigación en digestión anaeróbica y diseño de biodigestores. Busca el desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología mediante el diseño y la construcción de biodigestores.

¿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.

¿Qué es la digestión anaeróbica?

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.

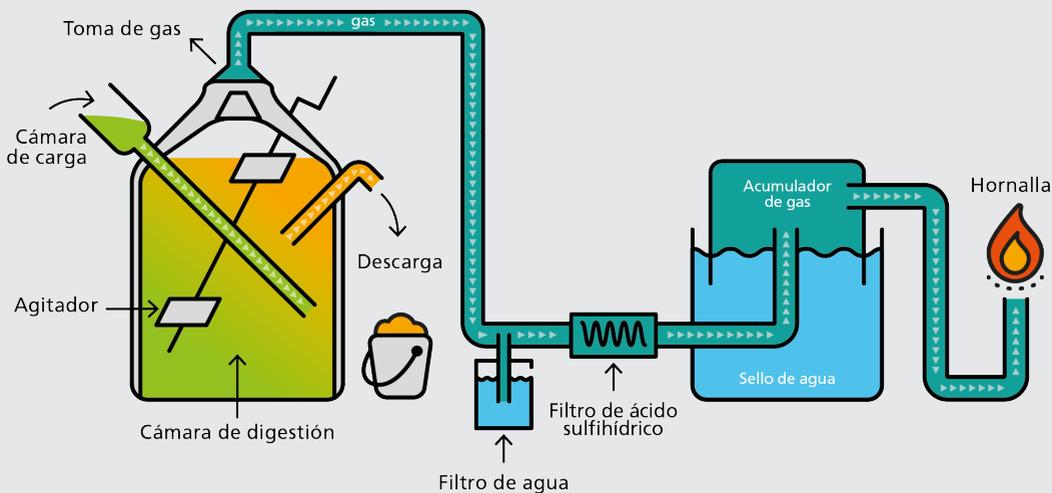
¿Qué es el biogás?

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.

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.

Partes que componen el biodigestor



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;
- yerba;
- 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.



Residuos de cultivos

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



Residuos de granja

- aserrín, cama de corral de ganado, de pollos, etc.;
- estiércol y orina de animales;
- residuos de alimentos de animales.



Residuos de la industria

- orujos;
- escobajos;
- 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 20kg de residuos orgánicos por día. Para tener un margen de seguridad sobre los tiempos en que el residuo logra su descomposición, conviene cargarlo con 10kg diarios. Estos pueden ser del comedor de las escuelas, o de las actividades agroindustriales de la misma. En caso de utilizar otros residuos que no se especifiquen en la tabla de dilución (pág. 8), se debe consultar las cantidades.

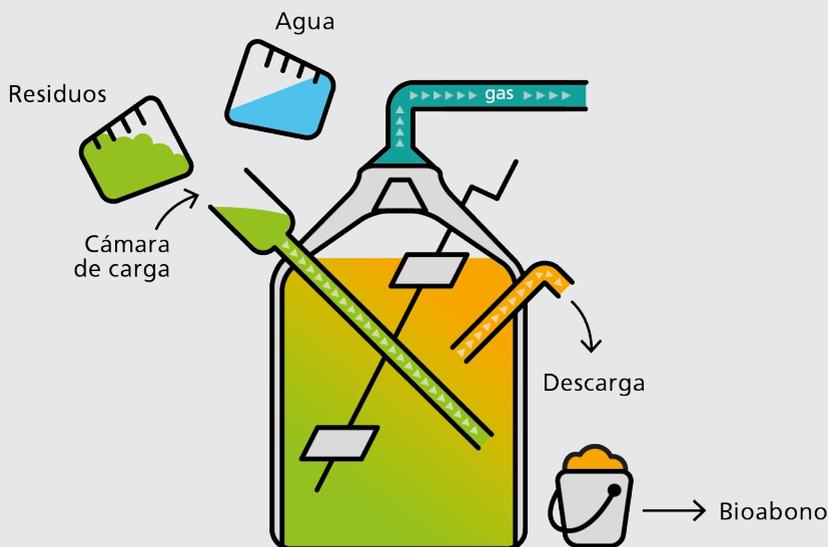
En épocas invernales o de bajas temperaturas, las bacterias se ven afectadas en su rendimiento, también la alternancia de temperatura afecta la producción de biogás. Por lo tanto, en invierno se debe disminuir o anular la alimentación del digestor según la producción de biogás que se observe en el acumulador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

8 / OPERACIÓN

Dilución

Siempre que se alimente el biodigestor con residuos orgánicos, es necesario colocar la misma cantidad en volumen de agua. Por ejemplo, si se carga 10kg de residuo, se debe agregar 10lt 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 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 hacia adentro del caño de carga.



Relación entre tipo de residuo y cantidad de agua que se necesita para la dilución



RESIDUOS (por 1kg)



AGUA

RESIDUOS (por 1kg)	AGUA
Estiércol vacuno	1 a 1,5lt
Estiércol porcino	1lt
Estiércol de pollos parrilleros (cama de aserrín)	2 a 2,5lt
Estiércol de gallinas ponedoras	2 a 2,5lt
Desechos de vegetales de huerta	1lt
Residuos amiláceos o azucarados (papa, remolacha)	1lt
Residuos de comida	1lt
Sorgo	5lt

Agitación

Cada vez que se alimenta el biodigestor debe agitarse. La agitación produce que el sustrato cargado entre en íntimo contacto con las bacterias que se encuentran dentro del biodigestor. Por eso se recomienda agitar lentamente el mayor tiempo posible, luego de haber realizado la carga.

Es recomendable agitar el digestor varias veces por día, y siempre que se lo alimente para mejorar el rendimiento y acelerar el proceso de degradación.

Aclimatación

Para comenzar a operar el biodigestor se debe procurar que la alimentación sea gradual como se explica en la tabla de aclimatación (pág. 10), 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 aun 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.

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.

- *Utilizando residuos del comedor*

Para los biodigestores construidos en las escuelas, se elaboró un plan (tabla de aclimatación) para comenzar la alimentación con residuos del comedor. Por ello se recomienda tomar el total de desechos que se agregarán diariamente al biodigestor (10kg) y se tendrá en cuenta que para la correcta alimentación debe agregarse la misma cantidad en volumen de agua. Para esto se deberá comenzar agregando gradualmente los residuos para lograr la aclimatación de las bacterias.

Inicialmente se debe adicionar 10% de la mezcla agua/sustrato final (o sea 500g de residuo y 500lt de agua) y aumentar esta proporción un 5% (250g de residuo y 250 de agua) cada día hasta el octavo día. Es decir que el día 19 se obtendrá una mezcla del 50% de sustrato final.

Este porcentaje de alimentación se mantiene una semana para aclimatar las bacterias metanogénicas. Pasada esta fase de aclimatación se deberá adicionar un 5% de mezcla cada día hasta llegar a agregar 8kg y se volverá a conservar esta proporción

de alimentación durante otra semana. Luego se aumentará 5% cada día hasta completar el 100% de la mezcla de alimentación. En este caso será de 10kg de residuos orgánicos y la misma proporción de agua corriente.

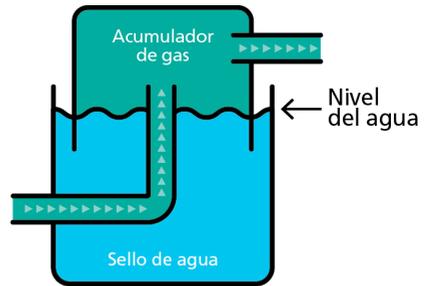
Tabla de aclimatación

DÍA	RESIDUOS (por kg)	AGUA (por lt)
1	0,5	0,5
2	0,75	0,75
3	1	1
4	1,25	1,25
5	1,5	1,5
6	1,75	1,75
7	2	2
8	2,25	2,25
9	2,5	2,5
10	2,75	2,75
11	3	3
12	3,25	3,25
13	3,5	3,5
14	3,75	3,75
15	4	4
16	4,25	4,25
17	4,5	4,5
18	4,75	4,75
19	5	5
20	5	5
21	5	5
22	5	5
23	5	5
24	5	5
25	5	5
26	5	5
27	5,25	5,25
28	5,5	5,5
29	5,75	5,75
30	6	6

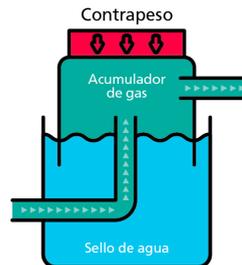
DÍA	RESIDUOS (por kg)	AGUA (por lt)
31	6,25	6,25
32	6,5	6,5
33	6,75	6,75
34	7	7
35	7,25	7,25
36	7,5	7,5
37	7,75	7,75
38	8	8
39	8	8
40	8	8
41	8	8
42	8	8
43	8	8
44	8	8
45	8	8
46	8,25	8,25
47	8,5	8,5
48	8,75	8,75
49	9	9
50	9,25	9,25
51	9,5	9,5
52	9,75	9,75
53	10	10
54	10	10
55	10	10
56	10	10
57	10	10
58	10	10
59	10	10
60	10	10

12 / 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_2 , el cual, mezclado con el metano puede ser inflamable y explosivo si se intenta quemar.
- El tanque inferior del acumulador de gas se encuentra relleno de agua, la cual actúa como un sello, evitando el escape de gas. Y también funciona como válvula de seguridad contra altas presiones. El nivel de agua debe mantenerse constante, por lo que se tiene que controlar y rellenar si estuviera por debajo de lo normal como se observa en la figura.



- Para la correcta acumulación de gas, las válvulas de paso entre el biodigestor y el acumulador deben estar siempre abiertas, permitiendo el paso del gas de la cámara de digestión hacia el acumulador y evitando que se generen sobrepresiones y posibles pérdidas en la cámara de digestión y en el sistema.
- El aprovechamiento del gas debe ser continuo ya que la capacidad de producción de gas diaria supera a la capacidad de almacenaje.
- Para la correcta utilización del gas, es preciso tener siempre presión de biogás en el acumulador, esto se logra añadiendo un contrapeso sobre el acumulador. Esta presión permite aprovechar el gas en forma continua.



Las precauciones y recaudos con respecto al biogás son las mismas que con el gas de red o de garrafa. La única diferencia radica en la presencia de CO_2 en la mezcla.

- 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 hacia el acumulador.
- Controlar el nivel de agua en el filtro de agua y de ser necesario completar hasta la altura marcada.
- 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.
- Controlar el nivel de agua del acumulador de biogás. Este debe llegar hasta el borde del tanque inferior.

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 con aire. 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.

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 residuos de cocina 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, o neutralizar con bicarbonato de sodio y seguir con el plan de aclimatación que se detalló anteriormente. 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.

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.

COMPONENTE	PORCENTAJE
Metano (CH ₄)	55 a 70%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	27 a 45%
Ácido Sulfhídrico (SH ₂)	menor a 1%
Nitrógeno (N ₂)	0,5 a 3%
Hidrógeno (H ₂)	1 a 3%

Fuente: *El camino de la biodigestión.*

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.

RESIDUO	lt BIOGÁS por kg RESIDUO
Estiércol de vaca	25
Estiércol de cerdo	27
Estiércol sólido de vaca	45
Estiércol sólido de cerdo	60
Estiércol sólido de gallina	80
Residuos municipales	100
Restos de comida	100
Cortes de césped	175
Residuos de frutas	15
Orujo de frutas	265
Orujo de uva	260

Fuente: *Biogás y su uso y El camino de la biodigestión.*

Consumo de biogás por tipo de equipo

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	CONSUMO BIOGÁS (m ³ /hs de funcionamiento)
Cocinas	Quemador chico	0,18 - 0,23
	Quemador mediano	0,27 - 0,32
	Quemador grande	0,36
Calefones	Caudal de 8lt/min.	2,00 - 2,30
	Caudal de 10lt/min.	2,40 - 2,60
	Caudal de 12lt/min.	2,77 - 2,95
	Caudal de 14lt/min.	3,54 - 3,72
	Caudal de 16lt/min.	4,27 - 4,54
Termotanques	Capacidad de 75lt	0,82
	Capacidad de 120lt	0,91
	Capacidad de 150lt	1,1

Fuente: *El camino de la biodigestión.*

- 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.

El bioabono, también llamado biosol, biol o disgestato, 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.

- Groppe, E., & Giampaoli, O. (2007). El Camino de la Biodigestión. Santa Fe: UNL- Proteger.
- Hillbert, J. A. (2000). Manual para la Producción de Biogás. CASTELAR: Instituto de Ingeniería Rural INTA CASTELAR.
- Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2005). Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
- Montalvo, S.; Guerrero, S. (2003). Tratamiento Anaerobio de Residuos. Producción de Biogás. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Sitio Argentino de Producción Animal. (n.d.). Retrieved from <http://www.produccion-animal.com.ar>

Videos

- http://www.youtube.com/watch?v=v9TKf_NM_HM
- <http://www.youtube.com/watch?v=5Hr881hMHK8>
- **Canal Encuentro Energías Renovables:** http://www.youtube.com/watch?v=2yXVnDomjuA&playnext=1&list=PLAV30b6CMJBVq9myGgAcy0ctr84HgBTq6&feature=results_main
- **Biodigestor Proteger:** <http://www.youtube.com/watch?v=AfrHbSze1Rw&feature=BFa&list=PLAV30b6CMJBVq9myGgAcy0ctr84HgBTq6>



Para más información:

Instituto de Energía UNCUYO - Programa de Biogás

+ 54 261 4299986 - ide@uncu.edu.ar - www.imd.uncu.edu.ar

Instituto de Energía
Universidad Nacional de Cuyo

+54 261 4299986

www.imd.uncu.edu.ar

ide@uncu.edu.ar

Espacio de la Ciencia y la Tecnología

Lic. Elvira Calle de Antequeda

Padre Contreras 1300, Parque General San Martín

Mendoza, República Argentina, CP 5500



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

SDI
SECRETARÍA DE
DESARROLLO INSTITUCIONAL

