

# El camino de la BIODIGESTIÓN



*Biodigester rural en Colonia Laguna del Tigre, Chaco.*

## La tecnología socialmente apropiada (TSA) es una herramienta útil para...

- Promover el **desarrollo sustentable** en cada comunidad, a través de **energías limpias y renovables** como el **biogás** y la producción de alimentos sanos mediante **abonos orgánicos**, libres de agrotóxicos.
- Devolver a los ciclos de la naturaleza todo lo que podamos en las mejores condiciones, como retribución por todo lo que recibimos de ella y para poder mantener la fertilidad de su maravillosa "piel", el suelo.
- Emplear para los usos domésticos, como cocinar, calentar agua, calefaccionar, refrigerar por absorción y generar energía eléctrica, una **fuentes de energía renovable**, el **biogás**, producido a partir de residuos orgánicos, contribuyendo a su saneamiento y reciclaje.
- Estimular experiencias en favor de una **economía ambiental** en contraposición a la economía tradicional con su visión incompleta de la naturaleza y de la sociedad.
- Apostar fuertemente a la supervivencia del planeta y la gente, antes de que sea demasiado tarde para recuperar los recursos y sistemas vitales degradados como el clima, el agua y la tierra..
- Ser adoptada, construida y mantenida por las propias comunidades que la necesitan para cubrir sus necesidades y mejorar sus condiciones de vida.



*Biodigester de PROTEGER en Santa Fe. La motivación es fundamental.*

# La imperiosa necesidad de tratar nuestros residuos



Humo y gases nocivos, consecuencia del mal manejo de residuos.

En tanto exista vida humana siempre van a existir **residuos**, porque son el resultado de nuestra necesidad de *producir y consumir alimentos*. Pero a diferencia de lo que ocurría en el pasado, hoy la población humana, que supera los 6.000 millones de personas, genera una cantidad de residuos sin precedentes. El impacto ambiental de la sociedad sobre la Tierra alcanza niveles alarmantes, reflejado diariamente en los medios de comunicación.

Hay residuos que se producen en las viviendas, en los pueblos y las ciudades, ya que por la necesidad de cocinar diariamente se acumulan desechos orgánicos que deben ser adecuadamente retirados y tratados para no producir contaminación. A esto se suman los desechos de los centros de concentración y distribución de frutas, hortalizas y otros alimentos, donde siempre alguna parte se deteriora y es descartada. En el campo también se generan residuos, por ejemplo en las actividades tamberas y como consecuencia de los ordeños. Además de los residuos de los criaderos de aves, tanto parrilleras como en tinglados de gallinas ponedoras; y en establecimientos de cría y engorde de cerdos.

Un porcentaje importante sobre el total de los residuos es **orgánico**, lo que también implica que es **biodegradable**, por lo cual la naturaleza tiene sus propias soluciones. Sin embargo, el mal manejo ambiental de estos residuos produce, por fermentación de la materia orgánica, su *auto-combustión* con la consiguiente incineración a baja temperatura de otros desechos como por ejemplo los plásticos, que producen *dioxinas y furanos* (compuestos cancerígenos que no se

descomponen fácilmente en el ambiente). También la generación de nubes de humo denso, que han producido repetidos accidentes automovilísticos de magnitud, con el saldo de pérdidas de vidas humanas y daños importantes. La cuestión es que los residuos no se acumulen, se deben recolectar adecuadamente, recuperar y reciclar, procurando que la naturaleza pueda actuar sobre ellos e incorporarlos a sus *ciclos de nutrientes*. ■



Biodigestor en la escuela agrotécnica de Ángel Gallardo, Santa Fe.

## La naturaleza circular

Los científicos coinciden en que la vida en la Tierra comenzó con el desarrollo de los primeros microorganismos, hace unos 3.400 millones de años, cuando todavía no había oxígeno en la atmósfera. La vida aparece a nivel de *bacterias* denominadas "*anaeróbicas*", que tienen la capacidad de consumir materia orgánica para sobrevivir, en ausencia total de oxígeno. Debido a esto han desarrollado un mecanismo de respiración, por el cual producen una mezcla de gases denominada **biogás**, con buena proporción de *metano* (CH<sub>4</sub>), conocido comúnmente como "gas natural", y *dióxido de carbono* (CO<sub>2</sub>).

La naturaleza tiene este inmenso ejército de *descomponedores*, integrado por millones de millones de individuos microscópicos que se alimentan con la materia orgánica residual. Esta flora *anaeróbica*, aún existe actualmente en el fondo de los pantanos, en los intestinos de los mamíferos, etc. y puede utilizarse para el tratamiento de nuestros residuos, contribuyendo así al saneamiento del ambiente.

Si se facilita un lugar adecuado, que puede ser un tanque cerrado llamado **biodigestor** y se alimenta con materia orgánica residual, estas bacterias van a consumir "nuestra basura", con el beneficio de obtener: **energía** en forma de

## Residuos orgánicos = Energía acumulada al alcance de todos

La **digestión anaeróbica** es un proceso biológico realizado por bacterias, que existen en la naturaleza desde unos 3.400 millones de años atrás, cuando la atmósfera todavía no tenía oxígeno; estaba compuesta por nitrógeno, dióxido de carbono, argón y vapor de agua. Este interesante proceso de descomposición de la **materia orgánica compleja** (celulosa, carbohidratos, almidón, proteínas, etc.) produce **biogás** combustible, con 60 % de metano (CH<sub>4</sub>) y aproximadamente 40 % de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La naturaleza tiene sus propias soluciones para procesar los **residuos orgánicos** (biodegradables). Nuestro desafío es que no se acumulen junto a los "**inorgánicos**" (vidrio, metales, etc) o lentamente biodegradables (como ciertos plásticos); los cuales deben enviarse a un circuito de recuperación y posterior **reciclaje**.

En promedio los *residuos sólidos urbanos domiciliarios* (RSU) están conformados por un 60 % de **residuos húmedos** (material orgánico) y el resto **residuos secos** (inorgánicos y otros, p.e. metales, plásticos, vidrios, papeles y cartones, etc.). La separación de estos tipos de residuos, fácilmente identificables, implica por lo tanto la reducción de *la mayor parte* del impacto ambiental. La materia orgánica puede ser tratada en



Curso de capacitación en PROTEGER.

biogás combustible y un **abono** estabilizado con características similares al *humus*. La naturaleza aporta lo suyo... Le corresponde a cada comunidad, con su buena predisposición, el tratamiento de los residuos y lograr su adecuado **reciclaje**. Cada vez más comunidades valorizan sus desechos al transformarlos en productos de gran utilidad, como combustible renovable y abono orgánico usado como *mejorador de suelos*. ■



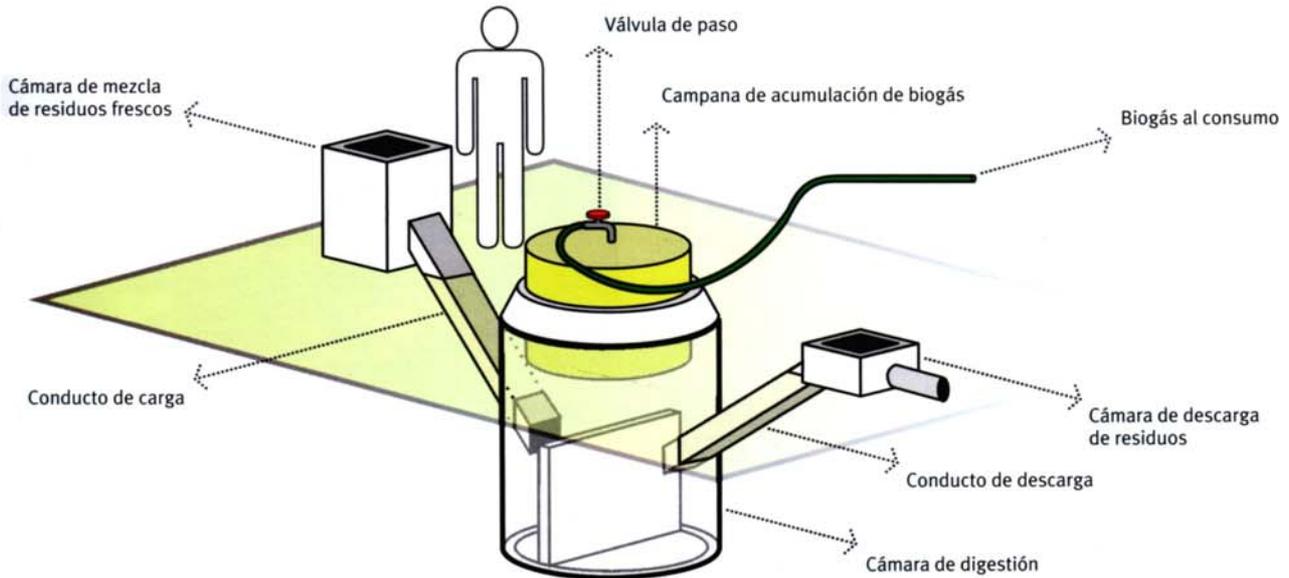
Biodigestor a escala doméstica, San José del Rincón. Santa Fe.

forma sencilla, pudiendo recuperarse buena parte de la energía que contiene.

La naturaleza aporta lo principal, le corresponde al ser humano facilitar, con su buena predisposición, el tratamiento de los residuos y lograr su "reciclaje". El "*camino de la biodigestión*" es una buena alternativa para alcanzar este propósito.

La *digestión anaeróbica* constituye una *tecnología socialmente apropiada* (TSA), que puede ser utilizada en beneficio de la gente y su ambiente, al transformar la *fracción orgánica* de la basura en un combustible renovable (biogás) y un residuo estabilizado que constituye un abono mejorador de suelos. ■

# Elementos que componen un biodigestor simple



## Diferentes materias primas para la producción de biogás

Tipo de residuo	Litros de biogás por cada Kg sólido fresco	Contenido de Sólidos totales (% de st)	Contenido de materia Orgánica volátil (% de sv/st)
Estiércol vacuno	15 - 40	18,00 - 20,00	83,00
Estiércol porcino	50 - 70	18,00	80,00
Estiércol aviar Parrilleros	30 - 50	53,00	66,00
Estiércol aviar Ponedoras	35 - 55	35,00	90,00
Desechos De huerta	39 - 63	11,00	94,00
Residuos amiláceos ó Azucarados (papa, mandioca, remolacha)	100	18,00	94,00
Residuos De comida	75 - 120	19,60	90,60
Sorgo granífero	550	96,00	98,00

## Posibles usos del biogás y consumo

Artefactos	Características	Potencia calorífica Kcal / hora	Consumo de biogás (5.500 kcal / m <sup>3</sup> ) m <sup>3</sup> / hora de funcionamiento
Cocinas	Quemador Chico	1.000 - 1.250	0,18 - 0,23
	Quemador Mediano	1.500 - 1.750	0,27 - 0,32
	Quemador Grande	MIN. : 2.000	0,36
Calefones	Caudal de 8 lt/min.	11.500 - 12.500	2,00 - 2,30
	Caudal de 10 lt/min.	13.250 - 14.250	2,40 - 2,60
	Caudal de 12 lt/min.	15.250 - 16.250	2,77 - 2,95
	Caudal de 14 lt/min.	19.500 - 20.500	3,54 - 3,72
	Caudal de 16 lt/min.	23.500 - 25.000	4,27 - 4,54
Termotanques	Capacidad de 75 lt	4.500	0,82
	Capacidad de 120 lt	5.000	0,91
	Capacidad de 150 lt	6.000	1,10
Heladeras con Ciclo de absorción	Marcha Normal, por Pie Cúbico (ft <sup>3</sup> ) de Capacidad	55,00	0,010
	Marcha al Máximo, por Pie Cúbico (ft <sup>3</sup> ) de Capacidad	96,00	0,018

- **Cámara de carga**

Esta cámara facilita la introducción del material orgánico en el biodigestor, mezclándolo con la cantidad adecuada de agua, que puede ser caliente si se dispone, dado que favorece una mejor velocidad de degradación. La mezcla con agua también permite homogeneizar el material orgánico y disminuir su concentración para que pueda fluir fácilmente hacia el interior del equipo que se ha decidido adoptar. Para la construcción puede utilizarse mampostería, con revoque impermeable o también algún tanque del que se disponga.

- **Cámara de digestión**

Constituye el elemento principal del *biodigestor anaeróbico*. Permite que el material orgánico permanezca el tiempo necesario (en ausencia total de oxígeno) de modo que, en función de su diseño y de la temperatura de trabajo adoptada, pueda transformarse en biogás.

Es conveniente dotarla de elementos para agitar la masa en digestión, logrando un mejor contacto entre el *sustrato* que ingresa y las *bacterias* que contiene el biodigestor en su interior. La agitación sirve también para impedir la formación de "costras" por acumulación de material celulósico de difícil degradación en la parte superior y para facilitar el desprendimiento del gas.

- **Conducto de carga**

Comunica la *cámara de carga* con el *biodigestor propiamente dicho*. Por el mismo circula el material ya preparado, que generalmente ingresa por acción de la gravedad, al estar ubicada la cámara de carga por sobre el nivel de líquido en el biodigestor.

Conviene que la conducción sea recta, sin curvas que puedan producir que el material se "atasque" y que permita una fácil limpieza. Se pueden utilizar caños de cemento o plástico, utilizando un diámetro mínimo de 160 mm hasta 300 mm, según el caudal de carga de cada equipo. En el caso de biodigestores de gran tamaño, esta conducción de carga puede estar bajo presión, utilizando una bomba para introducir la mezcla en suspensión de sólidos a digerir.

## Composición típica del biogás

Componente	Porcentaje
Metano (CH <sub>4</sub> )	55,0 a 70,0 %
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	27,0 a 45,0 %
Anhídrido sulfuroso (SH <sub>2</sub> )	menor a 1,0 %
Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	0,50 a 3,0 %
Hidrógeno (H <sub>2</sub> )	1,00 a 3,0 %



Llama del biogás: limpia y sin olor.

- **Conducto de descarga**

Posibilita la extracción del material estabilizado, que ha cumplido el tiempo de residencia dentro del biodigestor y se deposita en el fondo. Se puede colocar el extremo superior del caño de descarga a una cota tal con respecto al nivel del terreno, que permita la salida del residuo por el principio de "vasos comunicantes". De este modo, al ingresar una cantidad determinada de mezcla de alimentación a digerir, se descargará automáticamente un volumen igual de mezcla de *residuos digeridos*.

También, como en el conducto de carga, se pueden usar caños de cemento o plástico de un diámetro mínimo de 160 mm hasta 300 mm, dependiendo del tamaño del diseño. Para equipos grandes, se puede colocar dentro de este caño de descarga una bomba centrífuga sumergible de "tipo cloacal" o "estercoleira", que posibilite bombear la suspensión en la cantidad diaria necesaria.

- **Agitador**

Este dispositivo puede construirse colocando un "caño camisa" que se instala en forma inclinada dentro de la *cámara de digestión*, mediante una unión que evite pérdidas de líquido hacia el exterior. También debe sobresalir hacia afuera por sobre el nivel de descarga del líquido. Dentro de éste se coloca un caño "eje" sobre el cual se ajusta una paleta mezcladora. El impulsor puede ser de *paletas planas* que se acciona con un movimiento angular, o con forma *hélice*, que se hace girar sobre su eje. El movimiento se logra mediante una manija ubicada afuera y accionada manualmente, ya que es suficiente realizar una suave agitación; que también ayuda el desprendimiento de las burbujas de biogás.

Para construir el agitador se puede usar acero "dulce" o también inoxidable. En el caso del acero común para el "caño camisa", que quedará definitivamente ligado a la cámara de digestión, conviene que tenga un espesor de 5 mm, con el objeto de asegurar una adecuada vida útil, a causa de la corrosión. Si se utiliza acero inoxidable, un espesor de 2 mm resulta satisfactorio. Para el caño eje, independientemente del material, a fin de soportar el esfuerzo de torsión, se recomienda un espesor de 3 mm. ■

## Aprovechamiento del residuo estabilizado

El residuo orgánico del biodigestor alimentado por residuos sólidos urbanos clasificados (fracción orgánica biodegradable), se presenta como una suspensión de barros en agua estabilizada biológica y fisicoquímicamente. Es decir no seguirá degradándose biológicamente o lo hará muy lentamente en el suelo desde compuestos orgánicos remanentes hacia compuestos mineralizados.

Desde el punto de vista físico este barro posee un porcentaje de 4 % a 6 % de sólido seco total. Dejándolo en reposo un período de tiempo no presenta separación de fases, es decir que no decanta, debido al pequeño tamaño de las partículas y las propiedades fisicoquímicas de la suspensión.

## Ventajas del abono orgánico o biofertilizante

- Debido a su pH  $\cong 7,5$  funciona como *corrector de acidez*, eliminando el aluminio tóxico y liberando el fósforo de sus sales insolubles de aluminio y de hierro. Con la elevación del pH se dificulta el desarrollo de hongos patógenos.
  - Posee partículas cargadas negativamente, que intervienen en el intercambio iónico y en la absorción superficial. Su poder de fijación de sales es mayor que el de las arcillas, siendo responsable directo de la mayor parte de la *nutrición* de las plantas con hasta un 58% del total del intercambio de bases en el suelo.
  - Su *poder de fijación* es tan grande que evita la solubilidad y lixiviación excesiva de las sales, manteniéndolas en forma aprovechable para las plantas, cuyo delicado sistema radicular es el único que puede aprovechar estos nutrientes.
  - Mejora la *estructura del suelo*, dejándolo más trabajable y facilitando la penetración de raíces. Estas raíces al introducirse profundamente resisten mejor los períodos de sequía.
  - Estabiliza la *aglomeración de partículas* del suelo, logrando que resistan la acción disgregadora del agua, absorbiendo las lluvias más rápidamente, evitando la erosión y conservando la humedad por más tiempo.
  - La *estructura porosa* permite mayor aireación de la zona de raíces, facilitando su respiración y crecimiento.
- El CO<sub>2</sub> del aire penetra en el suelo formando ácido carboxílico, que solubiliza las sales que habitualmente se encuentran en forma insoluble, facilitando su asimilación.
- Favorece el *desarrollo microbiano* del suelo; las bacterias se multiplican por millones dando vida y salud a la tierra.

Es una masa bastante homogénea de color pardo-oscuro, relativamente estable, dado que sufrió una degradación anaeróbica y con *buen poder fertilizante*. Se ha comprobado que el nitrógeno, fósforo y potasio del estiércol originario permanecen en el residuo después de la *fermentación metánica*. Por ejemplo, un estiércol que posea 0,75% de nitrógeno produce un abono con 1,50% de nitrógeno. El fósforo está en relación de 0,20% en el estiércol y 0,35% en el abono; y el potasio de 0,40% al 0,70%.

Además este **abono orgánico** es más rico que el "humus" y de granulación más fina que el estiércol, lo que facilita su penetración y mezcla en el suelo. Este material orgánico es un "humus activo", mejorando el suelo inmediatamente después de su aplicación. ■



Abono orgánico o biofertilizante, un valioso producto de la biodigestión.

- La intensa actividad bacteriana  *fija nitrógeno atmosférico*, transformándolo en sales aprovechables.
- Facilita la multiplicación de *bacterias radiculares*, que se fijan en las raíces de las leguminosas, mejorando su desenvolvimiento.
- Este *biofertilizante* está prácticamente curado, pues ya sufrió fermentación y no posee las desventajas del estiércol. No exhala mal olor.
- Al estar en forma líquida es de fácil aplicación. No existe la posibilidad de quemar las semillas, pues este abono ya está estabilizado.
- No ocasiona problemas de *malezas* pues sus semillas se han descompuesto en el digestor. No ofrece condiciones para la multiplicación de insectos como mosquitos, etc.
- No tiene más posibilidades de fermentar y no puede producir ácido oxálico, que es tóxico para las plantas.
- El *biofertilizante* no posee el problema de la "ley del máximo", pues su aplicación en cualquier cantidad, no elimina otros elementos sino que actúa como conservador de ellos. ■



## Cultivos energéticos

Lograr el auto-abastecimiento energético, con fuentes renovables de energía, en comunidades rurales aisladas es factible. Puede lograrse complementando el uso de los residuos orgánicos disponibles, con la biomasa necesaria obtenida mediante un cultivo destinado a ese fin.

El **sorgo**, sea en su variedad *granífera* o *escobera*, se presenta como un cereal adecuado para generar, a través del proceso de fotosíntesis que fija y retiene la energía del sol, toda la biomasa necesaria. Mediante la digestión anaeróbica se puede transformar el **sorgo** en una muy buena cantidad de combustible gaseoso (biogás) que satisfaga las necesidades básicas de toda una comunidad.

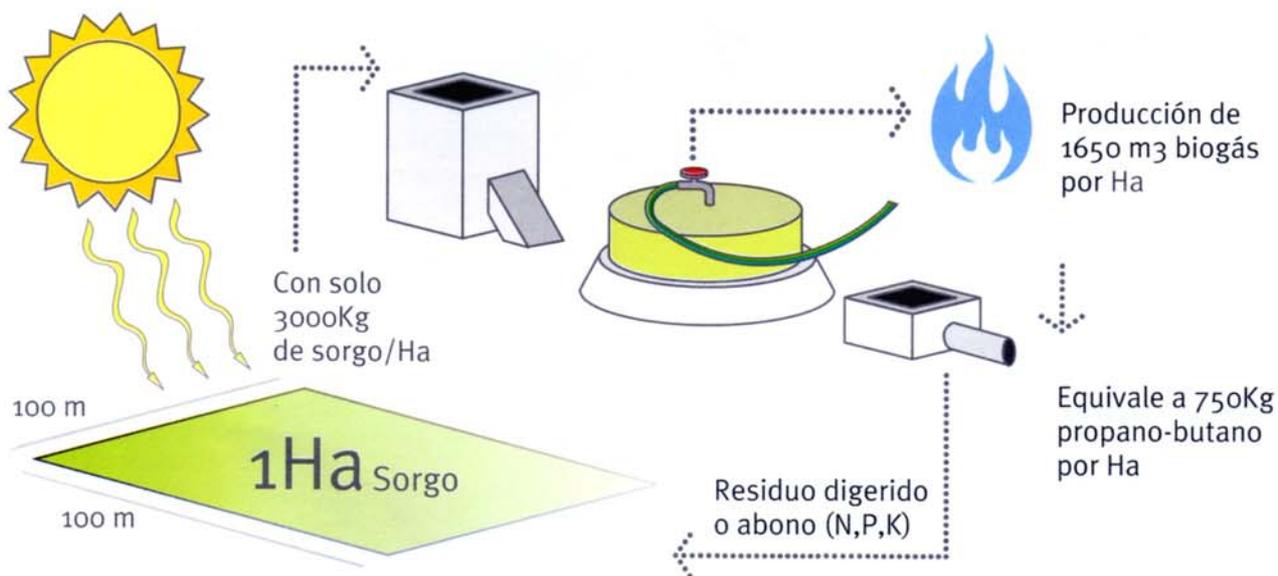
El bajo costo de producción y la certeza de su buen rendimiento en toda la zona central y norte de la Argentina, ubican al **sorgo** como un recurso renovable que puede ser destinado como materia prima para la generación de biogás, asegurando una



El sorgo acumula energía del sol, que se aprovecha al quemar el biogás.

fuerza de **energía renovable** disponible durante todo el año. Como este cereal se cosecha en meses de verano, es factible que pueda ser secado al sol para luego conservarse fraccionado en bolsas y ser utilizado constantemente. ■

### Rendimiento del sorgo como cultivo energético



### Biogás, un ejemplo de desarrollo sustentable

El almidón y fibras del grano de sorgo se convierten en biogas en el biodigestor. El biogás se compone de una mezcla de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los productos de su combustión son solamente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y vapor de agua (H<sub>2</sub>O), que se liberan a la atmósfera. Estos compues-

tos químicos gaseosos sólo contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Esto significa que **NO se pierden nutrientes**, como el nitrógeno, fósforo y potasio.

Entonces, si se devuelve el residuo digerido de la fermentación del sorgo en el biodigestor a la tierra de cultivo que dio origen a la cosecha, se estará **manteniendo la fertilidad del suelo** y éste no se agotará. Se estará realizando un **cultivo energético renovable**, ya que en cada cosecha se consume sólo la energía del sol que ha sido fijada por la fotosíntesis. ■

## Biogás: impacto **cero** para el efecto invernadero

Utilizando biogás logramos **NO** contribuir al cambio climático, ya que en el ciclo de un año, se fija CO<sub>2</sub> de la atmósfera en el sorgo, mediante fotosíntesis. Luego, el metano que se genera en el biodigestor se aprovecha para satisfacer las distintas necesidades domésticas de una comunidad. Al quemarse el biogás se devuelve a la atmósfera la misma cantidad de CO<sub>2</sub> anteriormente fijado. Es decir, la energía térmica proveniente del sol se almacena en la biomasa del sorgo para luego ser transformada y aprovechada con la combustión del biogás, "nuestro propio gas", un noble combustible renovable.

## El camino de la biodigestión

Ambiente y tecnología socialmente apropiada

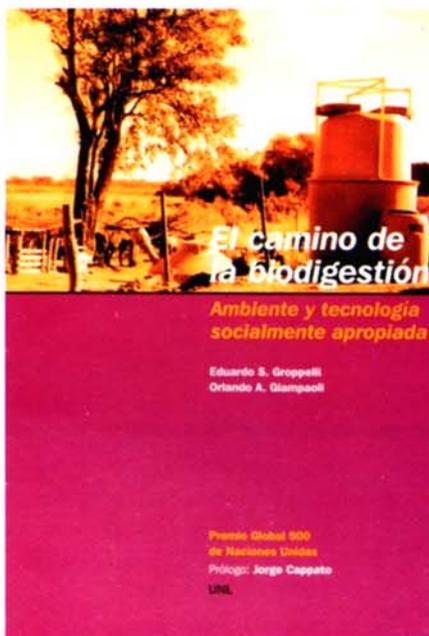
"¿Existen tecnologías viables, social y ambientalmente apropiadas? ¿Es posible que su uso se difunda dando alivio a millones de personas que hoy no tienen esperanza?", sobre estas preguntas reflexiona Jorge Cappato en el prólogo al libro escrito por los ingenieros Eduardo Gropelli y Orlando Giampaoli, quienes dan una respuesta práctica basada en su experiencia de casi veinte años.

El texto, ilustrado con dibujos, cuadros y esquemas, es un verdadero manual para el diseño y construcción de biodigestores en varias escalas: desde la familiar rural y los establecimientos agropecuarios como tambos, criaderos de aves y cerdos hasta la orientada a pequeños y medianos municipios y comunas. Los interesados en la producción de biogás como fuente de energía renovable y de abono orgánico encontrarán las claves en esta obra indispensable.

En el camino de solucionar el problema de la basura y simultáneamente producir energía limpia, Gropelli construyó los primeros biodigestores en los años '80. Desde entonces, decenas de ellos abastecen de gas a comedores escolares, guarderías, escuelas agrotécnicas, hogares y centros comunitarios y en comunas en las provincias de Santa Fe, Buenos Aires, Córdoba, San Juan, Chaco y Entre Ríos. ■

El libro puede solicitarse en:

[www.proteger.org.ar/intranet/contacto/biodigestion.php](http://www.proteger.org.ar/intranet/contacto/biodigestion.php)



Eduardo Gropelli, Orlando Giampaoli.  
Ediciones UNL Proteger, 190 págs.

### El camino de la **BIODIGESTIÓN**

Año 1 N° 1. Marzo 2005

#### Redacción

Eduardo Gropelli  
Programa de Tecnología Socialmente Apropriada (TSA), Fundación PROTEGER y Grupo de Energía No Convencional FIQ - UNL.

#### Colaboradores

Silvina A. Bordese  
Verónica D. Aguirre  
Leonardo Género

#### Edición

Jorge Cappato

#### Diseño y diagramación

Gonzalo Gatto

#### Fotografías

Eduardo Gropelli, Federico González

#### Archivos y Web

Federico González

#### Secretaría y suscripciones

Leticia Isaurralde

#### Editor responsable

**PROTEGER**  
AMIGOS DE LA TIERRA - ARGENTINA

Balcarce 1450, 3000 Santa Fe  
Argentina  
Telfax: 0342- 4558520  
tecnologia@proteger.org.ar  
www.proteger.org.ar

#### Con el apoyo de

PB Leiner Argentina,  
Tessenderlo Group.  
Embajada Real de los Países Bajos.

#### Distribuido con el auspicio

Universidad Nacional del Litoral

Los contenidos pueden ser reproducidos y distribuidos libremente citando la fuente y enviando copia de lo publicado.

### Glosario

**Anhídrido carbónico:** sinónimo de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>

**Anaeróbico:** microorganismo que vive en ausencia de aire.

**Biomasa:** sinónimo de materia vegetal generada por fotosíntesis

**Fotosíntesis:** Transformación de la energía del sol en materia vegetal, que luego se libera por combustión.

**Metano (CH<sub>4</sub>):** gas combustible generado por las bacterias anaeróbicas; antiguamente "gas de los pantanos" ..