



Construcción y uso de biodigestores tubulares plásticos



Guía Técnica No. 7

CONSTRUCCION Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLASTICOS

INDICE

Introducción.....	4
1. ¿Qué son los biodigestores plásticos?.....	5
2. Importancia de los biodigestores plásticos.....	5
3. Ventajas del uso de los biodigestores como técnica de reciclaje.....	6
4. Beneficios que se obtienen al utilizar los biodigestores plásticos.....	6
5. ¿Cómo funcionan los biodigestores plásticos?.....	7
6. ¿Qué necesitamos para instalar los biodigestores tubulares plásticos?.....	7
7. ¿Qué materiales que se utilizan para instalar los biodigestores?.....	8
8. ¿Cómo se instalan los biodigestores plásticos?.....	10
9. Ya tenemos el biodigestor instalado, ahora a hacerlo funcionar y mantenerlo en óptimas condiciones.....	12
10. ¿Cómo utilizar los productos obtenidos del proceso de biodigestión?.....	13
11. Los biodigestores plásticos: fundamento de los sistemas integrales de producción a pequeña y mediana escala.....	15
12. Un vistazo al futuro inmediato.....	20
Bibliografía.....	21
Anexos.....	22

AUTORES

MSc. Tania del Carmen Beteta
Herrera (†)

Facultad de Ciencia Animal

MSc. José Adolfo González

Sobalvarro

Facultad de Agronomía



Rector:

MSc. Telémaco Talavera Siles

Vicerrector:

MSc. Alberto Sediles Jaen

Editor Principal:

Dr. Freddy Alemán

Diagramación y Diseño:

Mario Castro García

Mario Castro Mora

© Ilustraciones:

T. Beteta & J. A. González

Número de ejemplares: 500

Universidad Nacional Agraria

Esta publicación es posible gracias al apoyo financiero del Pueblo y Gobierno de Suecia a través de la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (Asdi) y la Agencia Sueca para la Colaboración en Investigación (SAREC)

Serie Técnica No 7. UNA 2005®

Managua, Nicaragua, 2005

Presentación

La Universidad Nacional Agraria, institución de educación superior, autónoma, que promueve el desarrollo y fortalecimiento de la sociedad nicaragüense, que forma profesionales en el campo agropecuario y forestal y genera conocimientos científicos, pone en manos de la sociedad nicaragüense la GUÍA TÉCNICA: CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

La información que se presenta en la guía, es producto de la experiencia desarrollada por profesionales y técnicos de la Universidad, de los resultados de investigaciones realizadas por docentes y estudiantes de los departamentos de Sistemas de Producción Pecuaria de la Facultad de Ciencia Animal y de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía y del intercambio de experiencias con instituciones afines que realizan Investigación en el Campo Agropecuario y Forestal.

El objetivo de las GUÍAS TÉCNICAS es apoyar a técnicos y productores en la toma de decisiones sobre la producción de los cultivos, el manejo pecuario y los procesos agroindustriales que den mayor competitividad al sector agropecuario y forestal. De igual forma, contribuir al manejo integral de las fincas, desde una perspectiva agro ecológica.

La publicación de las GUÍAS TÉCNICAS, se constituye en una de las estrategias con las que cuenta la UNA para la difusión de su quehacer universitario. Estas se unen al Centro Nacional de Documentación Agropecuaria (CENIDA), así como a la infraestructura y equipo para la investigación, (laboratorios y personal técnico), a los medios de divulgación de los resultados, Eventos Científicos y la Revista Científica La Calera.

Las GUÍAS TÉCNICAS han sido elaboradas con el propósito de hacerlas accesibles a una amplia audiencia, que incluyen Productores, Profesionales, Técnicos y Estudiantes, de tal forma que se constituyan en una herramienta de consulta, enseñanza y aprendizaje, que motiven la investigación y la adopción de tecnologías, y que contribuyan de la mejor manera al desarrollo Agropecuario y Forestal de Nicaragua.

Freddy Alemán

Director de Investigación, Extensión y Postgrado
DIEP-UNA

Introducción

La explotación de energía no renovable como combustible, gas natural, carbón, así como también el uso irracional de pesticidas, fertilizantes químicos y la deforestación de los bosques, constituyen fuentes de deterioro ambiental que casi siempre son irreversibles. En la sociedad de consumo moderna estos combustibles se han hecho indispensables. La biomasa como recurso energético (leña), es frecuentemente usada por la población más pobre para cocinar. En Nicaragua se deforestan aproximadamente 140 mil hectáreas por año. Las sequías, el calor y la desaparición de la fauna son entre otros, el resultado de la tala de árboles. A esto hay que agregar que cuando ocurren lluvias torrenciales, causan graves daños al suelo por erosión y derrumbes inesperados en zonas donde existe población concentrada (Volcán Casita). Por tanto, un país como Nicaragua, cuya economía está basada en la agricultura, debe mantener un equilibrio ambiental y así evitar daños irreparables, irreversibles y dolorosos.

El uso de los biodigestores en zonas rurales, podría contribuir a la reducción de los problemas de contaminación de las aguas residuales por excretas, evitar el despale ocasionado por la búsqueda de leña, mantener un equilibrio ambiental y mejorar la estructura del suelo. La aplicación del efluente producido por el biodigestor (abono orgánico o bioabono), aumenta la fertilidad del suelo permitiendo así el aumento de la producción de las plantas cultivadas, incluyendo las forrajeras.

La instalación de biodigestores trae consigo grandes beneficios económicos, ya que tiene diferentes usos: produce gas metano, el cual se puede utilizar en

motores estacionarios y para cocinar; para calentar pollos y cerdos recién nacidos, disminuyendo así el gasto de leña; y en la iluminación, reduciendo así el uso de energía eléctrica convencional. Esta es una forma de producir energía que no es contaminante ni en el proceso de su producción ni en su combustión, contrario a lo que sucede con los combustibles fósiles. Además, como subproductos de la producción del biogás se obtiene un fertilizante orgánico de alta calidad de inmediata disponibilidad a los cultivos y que se puede integrar fácilmente al sistema de producción de las fincas.

Es importante destacar que este documento es producto del esfuerzo y trabajo cotidiano así como de la experiencia de la autora principal M.Sc. Tania del Carmen Beteta Herrera (†) quien siempre estuvo convencida de que los productores tienen en su unidad de producción los medios para mejorar su nivel de vida y el medio ambiente al utilizar e integrar tecnologías accesibles y de bajo costo, fáciles de explotar, dando como resultado un mejor ambiente y desarrollo de la familia y que la Universidad Nacional Agraria debe jugar un papel importante en guiar y capacitar a esos usuarios.

Fue voluntad de ella hacer llegar a través de este documento las herramientas y conocimientos básicos a todos aquellos interesados en poner en práctica tecnologías amigables con el medio ambiente, por el bien de ellos y de la nación en su conjunto y que mi persona ha tratado de completar y editar lo mejor posible.

El documento ha sido escrito en un lenguaje sencillo con el objetivo de brindar la máxima informa-

ción para tratar de despertar el interés de todas aquellas personas e instituciones sobre la tecnología de los biodigestores tubulares plásticos.

Los autores nos sentiremos honrados, satisfechos y gratificados si la "Guía de Construcción y Uso de Biodigestores Tubulares Plásticos" genera o desencadena procesos conducentes a un mayor uso de dicha tecnología, siempre teniendo presente que la protección del medio ambiente es una responsabilidad de todos para la actual y futuras generaciones.

1. ¿QUÉ SON LOS BIODIGESTORES PLÁSTICOS?

Los biodigestores plásticos son un medio de tratamiento de las excretas de animales y de otros tipos de desechos orgánicos utilizando un proceso de digestión anaeróbica. La degradación o descomposición se da por la acción de bacterias anaeróbicas (que actúan en un medio sin oxígeno). Las bacterias consumen el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce una combinación de gases formado por metano, anhídrido carbónico y un poco de monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso, entre otros.

Los alimentos de las bacterias anaeróbicas son el carbono (en la forma de carbohidratos) y el nitrógeno (en proteínas, nitratos, amoníaco, etc.). El carbono se utiliza para obtener energía y el nitrógeno para la construcción de estructuras celulares.

El plástico con el que están fabricados los biodigestores es de forma tubular, de calibre 8, protegido con filtro contra luz ultravioleta (LUV) de 1.25 metros de diámetro. Dentro de este plástico se descompone o degrada estiércol de diferentes especies de animales o de otro tipo de desechos orgánicos como: de mataderos, heces humanas y desperdicios agrícolas entre otros.

Como resultado de este proceso se produce principalmente gas metano y un fertilizante líquido o efluente. El biogás esta compuesto por:

- Metano (CH_4) 55 a 70 %.
 - Anhídrido carbónico (CO_2) 35 a 40 %.
 - Nitrógeno (N_2) 0.5 a 5 %.
 - Sulfuro de hidrógeno (SH_2) 0.1 %.
- Vapor de agua y trazas

El aporte calórico fundamental lo ofrece el metano cuyo peso específico es de alrededor de 1 kg./m³.

2. IMPORTANCIA DE LOS BIODIGESTORES

Dado que el deterioro del medio ambiente ha venido creciendo cada vez más, urge buscar alternativas de reciclaje del estiércol de los animales, principalmente el proveniente de los cerdos, el que por sus componentes tiene mayor poder contaminante y es más difícil de degradar.

Los biodigestores tubulares plásticos por sus características constructivas y por su bajo costo son una alternativa para integrar las excretas y otros residuos orgánicos de la finca a los sistemas de producción, ya que normalmente éstos se pierden, se mal utilizan o se convierten en contaminantes del medio ambiente y, por consiguiente, en un peligro para la salud de las plantas, animales y del mismo hombre. El proceso de biodigestión es un método eficiente y de bajo costo para la producción de energía renovable y limpia.

A través de esta tecnología que procesa el estiércol de los animales, se puede producir combustible (biogás) y abono orgánico (efluente). Este último es un fertilizante de alta calidad y de fácil aplicación, reduciendo así la contaminación generada por el estiércol que de otra manera quedaría expuesto a la intemperie o depositado directamente en el suelo junto a otros residuos generados en los sistemas agropecuarios, sin ser utilizados eficientemente.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

6

3. VENTAJAS DEL USO DE BIODIGESTORES COMO TÉCNICA DE RECICLAJE

Son muchos los beneficios que se obtienen al utilizar los biodigestores. Entre los más importantes se pueden mencionar los siguientes (CIPAV, 1995):

- ❑ Proporcionan combustible (biogás) para suplir las necesidades energéticas rurales, incrementando la producción de energía renovable (calor, luz, electricidad) y de bajo costo.
- ❑ Reducen la contaminación ambiental al convertir en residuos útiles las excretas de origen animal, aumentando la protección del suelo, de las fuentes de agua, de la pureza del aire y del bosque. Dichas excretas contienen microorganismos patógenos, larvas, huevos, pupas de invertebrados que de otro modo podrían convertirse en plagas y enfermedades para las plantas cultivadas.
- ❑ Se produce abono orgánico (bioabono) con un contenido mineral similar al de las excretas frescas, pero de mejor calidad nutricional para las plantas y para la producción de fitoplancton. Este último es utilizado para la alimentación de peces y crustáceos.
- ❑ Mediante la utilización del efluente como bioabono se reduce el uso de fertilizantes químicos, cuya producción y aplicación tiene consecuencias negativas para el medio ambiente global y local.
- ❑ Mejora las condiciones higiénicas de la casa rural y/o unidad de producción a través de la reducción de patógenos, huevos de gusanos y moscas, los que mueren durante el proceso de biodigestión.
- ❑ Contribuyen a reducir los niveles de deforestación por el menor uso de leña con fines energéticos.
- ❑ Reduce la cantidad de trabajo relacionado con la recolección de leña para cocinar, actividad llevada a cabo principalmente por mujeres.
- ❑ Produce beneficios micro-económicos a través de: (a) la sustitución de energía no renovable y fertilizantes sintéticos por energía renovable y fertili-

zantes orgánicos; (b) el aumento en los ingresos debido al incremento de la productividad y producción agrícola y pecuaria.

- ❑ Se reduce el riesgo de transmisión de enfermedades (Mc Garry y Stainforth, 1978), ya que al reciclar en conjunto las excretas animales y humanas en biodigestores que operan en rangos de temperatura interna entre 30 °C y 35 °C es posible destruir hasta el 95% de los huevos de parásitos y casi todas las bacterias y protozoarios causantes de enfermedades gastrointestinales.

4. BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN AL UTILIZAR LOS BIODIGESTORES PLÁSTICOS

Existen numerosos beneficios comparativos de utilizar biodigestores plásticos con respecto a otros tipos. Entre los más comúnmente reconocidos se encuentran los siguientes:

- ❑ Los costos de instalación de los biodigestores plásticos son mucho menores que el establecimiento de otros tipos de biodigestores; como los de concreto. De allí que la recuperación de los costos tiene lugar en un período más corto de tiempo y su rentabilidad sea mayor.
- ❑ Son más eficientes que los biodigestores de cemento, ya que requieren menor volumen líquido para producir una unidad de gas.
- ❑ Una vez instalados los biodigestores plásticos son de muy fácil manejo y mantenimiento lo que garantiza una larga vida útil. Según la experiencia propia, la vida útil de este tipo de biodigestores se puede prolongar más allá de los diez años, bajo buen mantenimiento y cuidado.
- ❑ Se ahorra mano de obra, pues la misma persona que atiende los cerdos puede atender el biodigestor sin utilizar tiempo extra.
- ❑ Promueve una mayor integración de la mujer a las labores productivas.

- Mejora el nivel de vida en general del componente humano de las fincas.

5. ¿CÓMO FUNCIONAN LOS BIODIGESTORES PLÁSTICOS?

Los biodigestores plásticos de flujo continuo pueden hacerse funcionar adicionándoles material orgánico como estiércol de animales, excremento humano u otros desperdicios de la producción ganadera y mataderos, así como desperdicios agrícolas.

Todos los residuos orgánicos (basura de cocina, restos vegetales y animales, aguas servidas, aserrines y virutas, bosta y excrementos) son adecuados para ser fermentados anaerobicamente, siempre que exista la tecnología adecuada para su aprovechamiento.

tividad de agua ya que es más metanogénico y las bacterias trabajan o procesan más rápido el material.

Considerando que el estiércol tiene un promedio de 20% de materia seca, la proporción de agua y estiércol que se recomienda es de cuatro partes de agua por una parte de estiércol (relación 4:1). La proporción puede ser hasta de 10 partes de agua por 1 de estiércol, dependiendo del número de animales y de la especie. La cantidad y composición del estiércol producido por las diferentes especies animales varía con el peso del animal, la cantidad y la calidad del alimento que consume. En la tabla a continuación se presentan valores promedio de producción de estiércol de acuerdo al tipo de especie animal.

Especie animal	Estiércol producido (kg/100 kg de peso vivo)
Bovinos para carne o doble propósito	6
Bovinos lecheros	8
Equino, mular o asnal	7
Oveja o cabra	4
Cerdo	4
Conejo o Cuy	3

Fuente: CVC et. al., 1987

El biodigestor debe ser alimentado diariamente, lo que garantizará la producción diaria de biogás y bioabono. Lo más práctico es instalar un tubo que conecte directamente el desagüe de los corrales con la caja de entrada del biodigestor.

La relación agua/estiércol que se adiciona al biodigestor varía en dependencia de la especie animal. Por ejemplo, el estiércol del ganado bovino requiere mayor cantidad de agua por kilogramo de material para que las bacterias trabajen mejor y evitar que el material no se solidifique dentro del biodigestor. Por el contrario, el estiércol de cerdo requiere menor can-

6. ¿QUE NECESITAMOS PARA INSTALAR LOS BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS?

Para instalar el biodigestor plástico se necesita previamente excavar una fosa en suelo firme. Dicha fosa sirve de aislante térmico, de protección y sostén del biodigestor, evitando así que las paredes se derrumben. Sus dimensiones son de 9.0 metros de largo por 1.1 metros de ancho en la parte superior y 0.90 metros en la parte inferior (base), de tal manera que se forme un talud, tal y como se ilustra en la Figura 1.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

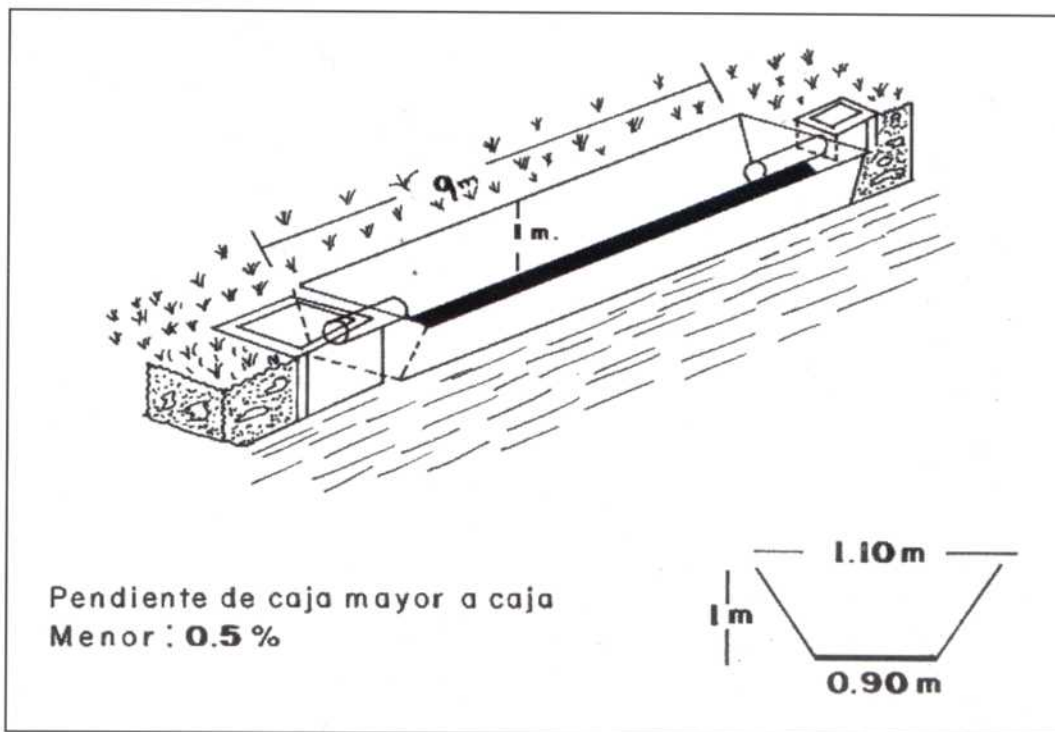


Figura 1: Dimensiones de la fosa para un biodigestor plástico. Fuente: CIPAV, 1995.

Esta fosa debe tener las superficies muy lisa, de tal forma que no queden piedras con puntas o raíces salientes que puedan pinchar el plástico. Antes de instalar el biodigestor, se recomienda poner en el interior de la fosa una cubierta de plástico negro de polietileno, para aumentar la seguridad de que la superficie esté completamente lisa, evitando con ello posibles daños del tubo plástico y garantizando una mayor vida útil del mismo.

A la entrada y salida del biodigestor se construyen dos cajas y. Por la primera entra el material al biodigestor que viene de los corrales sin procesar (ver Figura 2b), y por la segunda sale el material procesado que es el efluente o bioabono (ver Figura 2c).





Figura 2. Instalación del biodigestor plástico. (a): fosa abierta; (b): salida del desagüe y fosa; (c): vista panorámica de la fosa con su entrada y salida

Las dimensiones de las cajas se muestran en la Figura 3.

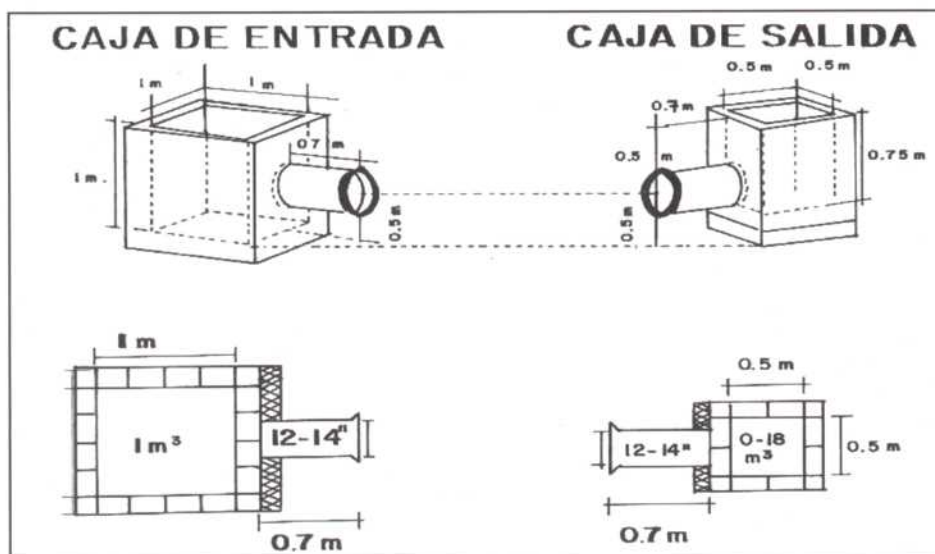


Figura 3. Esquema de las cajas de entrada y salida con sus respectivas dimensiones. Fuente: CIPAV, 1995.

7. ¿QUÉ MATERIALES SE UTILIZAN PARA INSTALAR LOS BIODIGESTORES?

A continuación se enlistan los principales materiales que se utilizan para instalar el biodigestor; algunos de ellos pueden ser sustituidos por otros que pueden estar disponibles en la unidad de producción.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

10

- ❑ Ladrillos de barro cocido (360 unidades), bloques (70 unidades) o piedra cantera (30 unidades)
- ❑ Cemento (8 bolsas)
- ❑ Arena (20 latas)
- ❑ Dos tubos PVC de 1 metro de longitud y de 8, 10, 12 o 14 pulgadas de diámetro (20.32 cm, 25.4 cm, 30.48 cm o 35.56 cm respectivamente).
- ❑ Una T de "PVC" de 1 pulgada de diámetro (2.54 cm)
- ❑ Tubos de PVC de 1 pulgada de diámetro (2.54 cm) para conectar el biodigestor al reservorio y éste a los quemadores de gas (su cantidad depende de la distancia entre ambos).
- Accesorios de PVC: adaptadores, codos "T" y llaves de pase.
- Dos (2) arandelas de neumáticos de 20 cm de diámetro con un agujero al centro de 1 pulgada.
- Dos (2) arandelas de 19 cm de diámetro y un agujero al centro de 1 pulgada, puede ser acrílica, bronce o de cualquier material que no se oxide.
- Fajas de neumáticos de 5 cm de ancho y 8 a 10 metros de longitud.

- Tijeras para cortar hule
- Pegamento para PVC.
- Paja
- Bambú

8. ¿CÓMO SE INSTALAN LOS BIODIGESTORES PLÁSTICOS?

Teniendo ya lista la fosa y las cajas de entrada y salida, se procede a instalar el biodigestor.

A continuación se muestran los pasos a seguir desde su preparación (Figura 4, 5 y 6) hasta la protección (Figura 7).

Previamente se coloca el plástico en un lugar liso y sin peligro de daño (Figura 4a).

- Se trazan dos líneas de 1 metro de los extremos hacia adentro y a la mitad de la longitud de la bolsa tubular (Figura 4a)
- Desde la parte interna del plástico se hace un orificio de 3/4 de pulgada (se perforan las dos capas de plástico) y desde el exterior, por el orificio, se introduce un extremo de tubo PVC con rosca de 1 pulgada (Figura 4b y 4c)

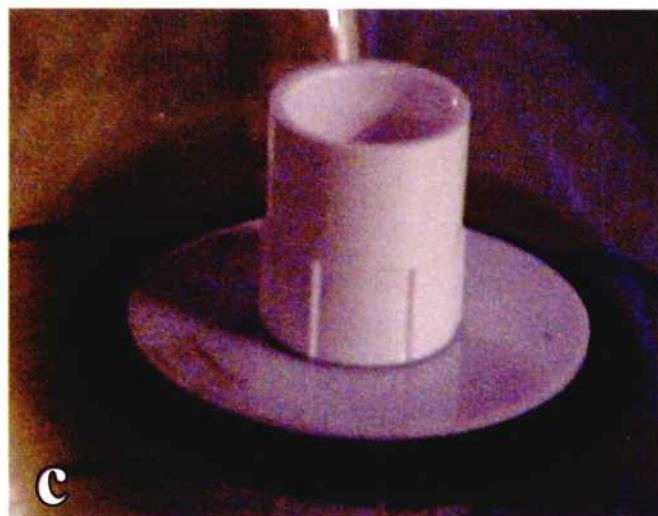
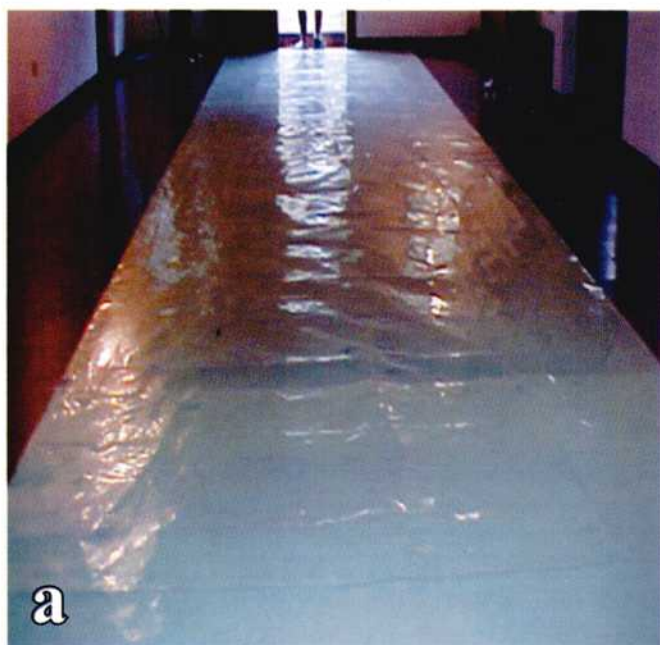
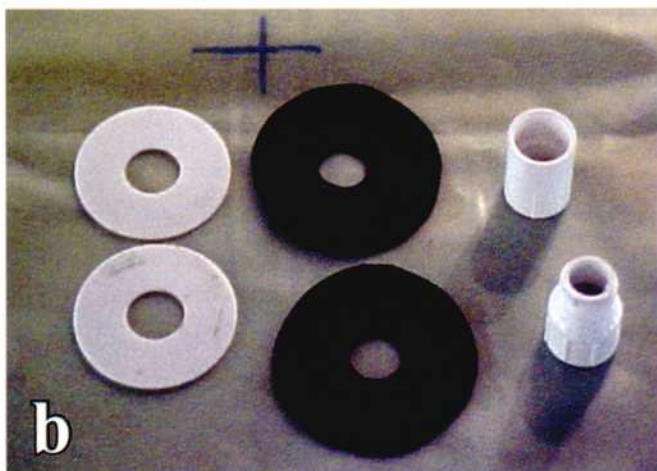


Figura 4. Primeros pasos en la preparación del biodigestor plástico: 4a: extensión del plástico; 4b: accesorios PVC; 4c: accesorios instalados en el biodigestor.



Luego se procede a instalar el biodigestor en la fosa atando, con las fajas de neumáticos, los extremos del tubo plástico del biodigestor a los tubos



Figura 5. Fijación del biodigestor plástico a la caja de entrada y salida.

de PVC de las cajas de entrada y salida, doblando para ello el plástico en pliegues, como se muestra en la Figura 5.

Una vez hecho esto, se procede a conectar el biodigestor con el reservorio donde se almacenará el gas producido.



Figura 6. Reservorio de gas. a) sin instalar y vacío; b y c) instalado y lleno de biogás.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

12

El área donde se instalará el biodigestor debe protegerse. Para ello se recomienda techarlo y cercarlo con recursos que están disponibles en la finca como paja y bambú entre otros.

9. YA TENEMOS EL BIODIGESTOR INSTALADO, AHORA A HACERLO FUNCIONAR Y MANTENERLO EN ÓPTIMAS CONDICIONES

Una vez instalado el biodigestor el trabajo principal es cargarlo con estiércol diariamente hasta que empiece a la producción de gas, la que puede darse entre 20 a 60 días dependiendo de la cantidad y el tipo de estiércol adicionado.

Es muy importante mantener la cerca de protección en buen estado para evitar que entren animales como gallinas, perros, gatos o vacas y dañen el plástico. En cuanto al manejo diario, lo más importante a tener en cuenta es que al biodigestor debe entrar solamente estiércol u otro producto biodegradable. De ninguna manera pueden ingresar al biodigestor objetos como piedras, vidrios y plásticos que puedan romper el plástico.



Figura 7. Protección del biodigestor: a) con bambú; b) y c) techado y paja.



10. ¿CÓMO UTILIZAR LOS PRODUCTOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE BIODIGESTION?

Como se mencionó anteriormente, los dos productos más importantes que se obtienen a través del proceso de biodigestión son el biogás y el efluente. A continuación se detallan los diferentes usos que podemos hacer con ellos.

a) Biogás

Como se puede observar en la figura 8, el biogás puede ser utilizado tanto en el hogar como en la unidad de producción directamente.

En *el hogar* uno de los usos más importante es para cocinar o preparar los alimentos. Con esto se

ahorra leña o bien dinero directamente al no comprar otro tipo de combustible para ello.

Dependiendo del volumen de producción, el gas puede utilizarse hasta 12 horas diarias. De acuerdo con experiencias propias en Nicaragua, el biodigestor plástico provee biogás a una familia de 5-8 miembros por un período promedio de 8 horas diarias. La calidad de la llama es buena, no ahuma, no mancha y el olor es normal.

También en el hogar se puede utilizar para producir energía eléctrica, ahorrando así al no hacer uso de otros tipos de energéticos, mejorando de esta manera las condiciones de vida en el campo, principalmente en países como el nuestro que normalmente carece de este servicio público en las áreas rurales. Beteta H., T. (1996) reporta que en Colombia, una familia de seis miembros puede ahorrar aproximadamente 116 dólares al año al utilizar biogás en lugar de comprar combustible (gas o kerosene).

Por otro lado, la misma autora, citando cifras del Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente (MARENA), señala que el consumo per cápita de leña de cada nicaragüense es de 1.8 kg./persona/día. Si se toma como cierta la existencia de 350,000 familias productoras en Nicaragua con un promedio de seis miembros cada una, los biodigestores contribuirían al ahorro de leña de 3.9 ton/familia/año. Con solamente el 10% de las familias rurales haciendo uso de biodigestores plásticos, el ahorro sería de aproximadamente de 136 500 toneladas de leña por año.

Si el país pierde aproximadamente 140 000 ha de bosques anualmente, los biodigestores harían una significativa reducción de la tasa de deforestación en el país y una notable contribución a mejorar la calidad ambiental.



Figura 8. Algunos usos del biogás en la unidad de producción: energía eléctrica; calentadores; fogones y diferentes cocinas adaptadas.

El biogás que producen los biodigestores también pueden ser utilizados en la *unidad de producción* para el calentamiento de las crías recién nacidas de los cerdos y aves, ahorrando de esta manera energía eléctrica y/o combustibles fósiles que se utilizan para que funcionen los generadores eléctricos.

Otra aplicación del biogás está en el secado del café. Este aspecto es de particular importancia para las zonas cafetaleras del norte central y de Las Segovias, caracterizadas por bajas temperaturas nocturnas y altas precipitaciones.

b) Efluente

Al igual que con el biogás, el efluente puede ser utilizado como fertilizante en diferentes cultivos. El bioabono se puede utilizar tanto en cultivos perennes como en árboles forrajeros que sirven de alimento para el ganado. Por su alto valor nutritivo para las plantas, el efluente se usa preferentemente en cultivos anuales de alto valor en el mercado como es el caso de las hortalizas (zanahoria, chayote, rábano, lechuga, cebolla, ajo y chiltoma, entre otros). La alta calidad del efluente como fertilizante radica en que después de haber transcurrido

el proceso de biodigestión, todos los nutrientes y más de la mitad de la materia orgánica se encuentra aún en el mismo.

Al mismo tiempo, el efluente del biodigestor cumple una función fitosanitaria ya que actúa como repelente contra insectos- plagas de los cultivos. Ver Figura 9.

El efluente es muy utilizado para fertilizar plantas acuáticas, plantas ornamentales y también encuentra aplicación para el cultivo de peces, pues se fertilizan los estanques para producir algas y fitoplancton que consumen los peces. En la literatura se reporta el uso del efluente en la alimentación de aves (patos).

Trabajos de fertilización realizados en el cultivo de maíz y sorgo en Tisma, Masaya y Las Mercedes,

Managua, aplicando efluente proveniente de estiércol producido por cerdos alimentados con concentrado y desperdicios de cocina, dio como resultado una mejora en la fertilidad del suelo. (Vega, 2000).

**11. LOS BIODIGESTORES PLÁSTICOS:
FUNDAMENTO DE LOS SISTEMAS INTEGRALES DE
PRODUCCIÓN A PEQUEÑA Y MEDIANA ESCALA**

Los biodigestores tubulares plásticos de bajo costo han dado excelentes resultados, tanto en pequeñas y medianas unidades de producción con una explotación intensiva. Tal es el caso de siete fincas estudiadas en Colombia con extensiones desde 1.9 ha. hasta 50 ha. que utilizan un sistema de producción integral sostenible intensivo (Beteta H, 1996).

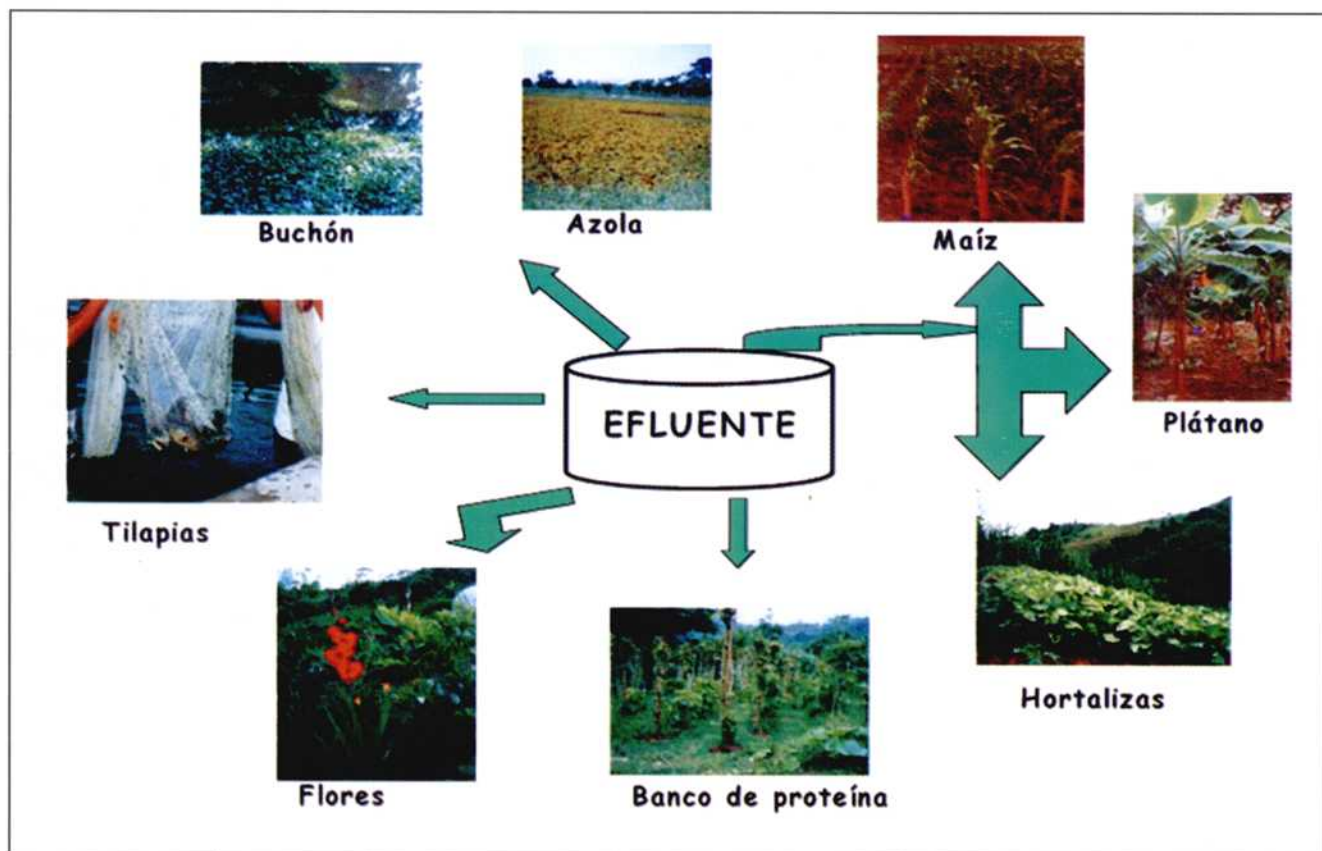


Figura 9. Diversos usos de efluente proveniente de biodigestores como fuente de nutrientes en cultivos anuales, semi-perennes y en la alimentación animal.

CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

El resultado es una producción de biogás, efluente, estiércol fresco para la producción de lombrí-humus y fertilización de pastos, flores, árboles forrajeros y hortalizas en diferentes proporciones. La figura 10. ilustra tres casos representativos de estos estudios con unidades de producción cuyas extensiones oscilan fueron de 1.92 ha., 16 ha. y 50 ha. respectivamente. En todos los ejemplos, el común denominador es la integración de los subsistemas de producción agrícola y pecuario basada en el reciclaje del estiércol producido por los bovinos, porcinos y aves. Este reciclaje se da principalmente vía biodigestor, también por medio de lombrices como la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

De esta manera lo producido por ellos es devuelto en parte a la finca y otra parte se comercializa. Dadas las particularidades de los sistemas de producción en las localidades evaluadas, en todas las fincas el biogás producido es utilizado principalmente para el procesamiento de los alimentos el calentamiento de agua para el sacrificio de los pollos, los que luego se integran a la cadena de comercialización.

La disponibilidad de una fuente de energía renovable de bajo costo, le permite al productor darle valor agregado a su producción, al mismo tiempo utiliza el mínimo de leña de la finca protegiendo el bosque, no utiliza energía eléctrica para el calentamiento de los pollitos y cerdos recién nacidos.

La incorporación de los biodigestores plásticos a las unidades de producción demuestra no solamente la factibilidad

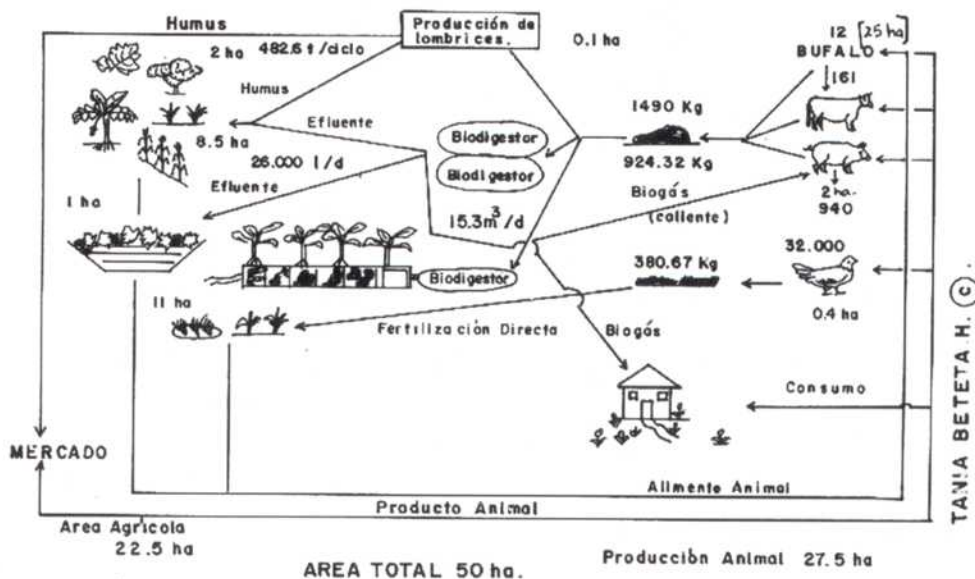
de reciclar el estiércol y de todos los desperdicios orgánicos generados en las fincas sino también evidencia las ventajas de hacerlo: reducción de la contaminación ambiental; (suelo y fuentes de agua); la producción de biogás; obtención de fertilizante de alta calidad y la reducción de la tasa de deforestación debido al menor consumo de leña.

No menos importante es la contribución de los biodigestores a la salud humana y a la higiene de los miembros de la comunidad.

Los biodigestores plásticos tienen también una muy importante función social: facilitan aún más la incorporación de la mujer en las labores productivas.

Dado que las labores fatigosas de recolección de la leña para cocinar son realizadas casi exclusivamente por mujeres y niños, la explotación de un biodigestor mejora la calidad de vida en las unidades de producción. Es común observar que el cuidado y mantenimiento de los biodigestores es asumida por las mujeres.

Sistema de Producción de la Finca "Arizona".



CONSTRUCCIÓN Y USO DE BIODIGESTORES TUBULARES PLÁSTICOS

18

En Nicaragua se tienen experiencias exitosas del reciclaje de estiércol bovino en Acoyapa, Comalapa y Cuapa en Chontales. Biodigestores plásticos utilizando estiércol porcino han resultado igualmente satisfactorias en Ranchería, Chinandega y en Managua. Ya se ha iniciado el uso de biodigestores plásticos para el tratamiento de aguas mieles del café en Jinotega.

La instalación de los biodigestores plásticos se puede ajustar a las necesidades del productor y a las capacidades de la unidad de producción. Sus costos oscilan 150 dólares (para 3 metros de longitud) y 350 dólares (para nueve metros de longitud) en dependencia de la localidad. En el primer

caso, se necesitan al menos de 5 cerdos y/o tres bovinos como mínimo para que el biodigestor funcione a plena capacidad. La mezcla de ambos tipos de estiércol (bovino y porcino) es la deseable, dado que es en ese medio donde las bacterias trabajan de manera óptima.

La producción de biogás de un biodigestor de nueve metros de longitud puede alcanzar unos 1 000 litros/día, lo que permite un uso diario de seis a ocho horas del quemador de manera continua.

La Figura 11. ilustra diferentes momentos del establecimiento y funcionamiento de los biodigestores plásticos.



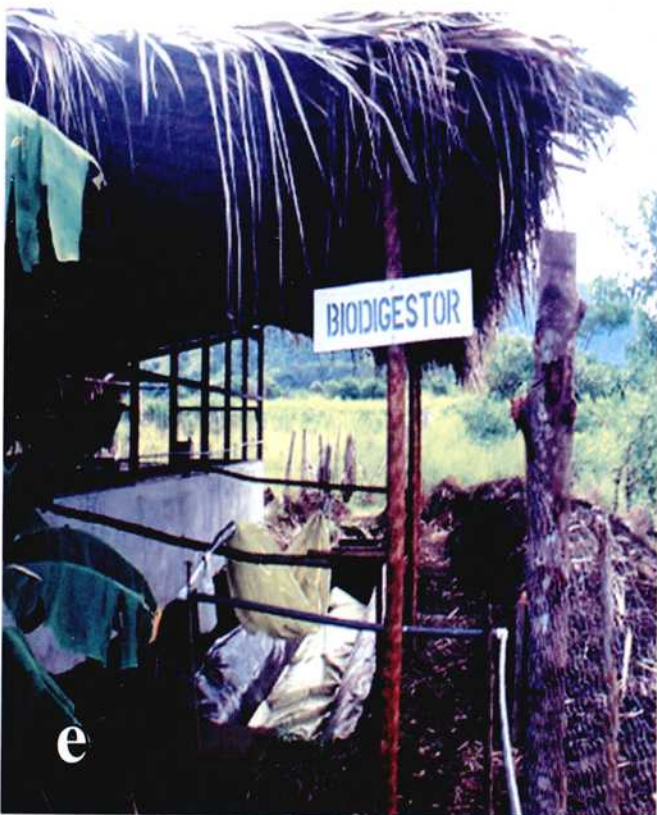


Figura 11. Proceso de instalación del biodigestor plástico: a) llenado con material; b) recién instalado; c) reservorio lleno de biogás; d) proceso de instalación; e) protección del biodigestor y f) en plena producción.

12. UN VISTAZO AL FUTURO INMEDIATO

El 90 % de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas mediante la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón), todos ellos extinguidos, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente, por el interés predominante de la producción de energía sobre el de su efecto ecológico (Campos Avella, 1999).

La aparición de los combustibles fósiles relegó el uso de las energías renovables por muchos años al olvido.

En la actualidad la situación energética está cambiando dramáticamente y a pasos agigantados. No se trata solamente de los altos precios del petróleo y sus derivados en el mercado internacional, sino también de los drásticos problemas medioambientales causados por la acción indiscriminada del hombre sobre la biosfera. Consecuencia directa de lo anterior han sido las tres crisis energéticas que ha enfrentado la humanidad en menos de 50 años, lo que ha puesto de nuevo sobre el tapete las olvidadas energías renovables (Borroto Bermúdez et.al., 1999).

Hoy en día, en la India, alrededor de 500 000 familiares utilizan plantas de biogás para satisfacer sus necesidades de energía. Recientemente, en la lucha mundial por depender menos de los combustibles fósiles, ingenieros japoneses consiguieron fermentar separadamente el hidrógeno y el metano en condiciones anaerobias a partir de residuos de cocina, lo que disminuye el tiempo de transformación y eleva el porcentaje de energía recuperada. Toda una innovación que aumenta las posibilidades de esta energía renovable.

El aprovechamiento de los residuos agrícolas para la fermentación metánica se practica desde hace años en instalaciones individuales de tamaño medio y permiten la conversión de desechos orgá-

nicos en biogás, utilizado para la cocina y la iluminación de las ciudades.

En Nicaragua, país dependiente de la importación de combustibles fósiles, la cuestión energética cobra una trascendental vigencia.

La crisis energética nos golpea con mayor furia y los cada día más deteriorados recursos naturales sufren los embates de una población que en busca de sobrevivencia, acelera los procesos de degradación ambiental y con ello destruye la base de su propia existencia.

Entonces surge la pregunta: qué hacer? Sólo decidirte a utilizar esta tecnología o buscar otras, recordando que: ***“ lo importante es producir para nosotros y dejar que nuestras generaciones futuras también lo hagan y eso sólo se logra produciendo en armonía con el medio ambiente, evitando su contaminación ”***

Bibliografía

- BETETA HERRERA, T.** 1996. Experiences of recycling manure in Colombia. Thesis M.Sc. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Animal Nutrition and Management. Uppsala. Sweden.
- BETETA H, T.; PRESTON, T. R. AND SOLARTE, A.** 1996. Manure management in two zones in the Cauca Valley of Colombia. (manuscript).
- BETETA, T., SOLARTE, A., AND PRESTON, T. R.** 1996. Experiences with the plastic tube biodigester in two Departments of Colombia. (manuscript).
- BORROTO BERMÚDEZ, A. ET.AL.,** 1999. Energización de comunidades rurales ambientalmente sostenible. Universidad de Cienfuegos. Ediciones LTDA Colombia. 108 p.
- BUI XUAN AN.** 1996 The impact of low-cost poly-ethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam.
- CAMPOS AVELLA, J. C.** 1999. La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial. Pág. 80.
- CVC., ET AL.** 1990. El biodigester. Cartilla básica de extensión No. 1. Convenio Colombo-Alemán en biogás. Cali. Colombia.
- CIPAV** 1995. Biodigester plástico de flujo continuo, generador de gas y bioabono a partir de aguas servidas. Cali. Colombia.
- CHARÁ, J.** 1994. La agro-acuacultura: una alternativa productiva. Fundación CIPAV. III Seminario Internacional en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali. Colombia.
- MCGARRY, M. AND STAINFORTH, J.** 1978. Compost, fertilizer and biogas production from human and farm wastes in the People's Republic of China. IDRC-TS8e. Ottawa (Canada).
- TREMINIO, L. Y THOMPSON, R.** 2000. Evaluación del comportamiento productivo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) utilizando cuatro tipos de fertilizantes orgánicos. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad Ciencia Animal. UNA.
- VEGAN., I.** 2000. Evaluación de diferentes efluentes de cerdo como bioabono sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y las propiedades químicas de los suelos
- ZELAYA, E. Y SOMARRIBA, E.** 2000. Evaluación de biodigestores plásticos utilizando dos tipos de sustratos. Tesis Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Facultad Ciencia Animal. UNA.

ANEXOS

Tabla 1. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo. (Vega, 2000)

Efluente	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	%					ppm			
Desperdicio de cocina	2.39	0.16	0.26	0.16	0.06	225	25	87	37
Concentrado	1.62	0.4	0.34	0.05	0.11	575	100	25	25

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 1999)

Tabla 2. Análisis químico del suelo después de la cosecha de los cultivos. Hacienda Las Mercedes.

Tratamientos	MO		N		P		K	
	%		%		ppm		meq/100	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Valor inicial *	3.14	3.66	0.15	0.18	4.3	20.8	1.26	2.98
Sin fertilización	3.01	4.1	0.15	0.2	4.4	24.6	1.59	2.24
Completo (12-30-10)+Urea 46%	3.38	3.76	0.16	0.18	13.9	23.3	2.02	2.35
Efluente de cocina (4 100.4 l/ha)	2.88	4.04	0.14	0.2	16.4	22.5	1.79	2.47
Efluente de cocina (6 150.4 l/ha)	2.58	4.67	0.12	0.23	15.8	22.5	1.62	2.47
Efluente de concentrado (6 049.4 l/ha)	2.64	4.33	0.13	0.21	13.8	23.5	1.92	2.43
Efluente de concentrado (9 074.0 l/ha)	2.82	4.44	0.14	0.22	10.2	20.3	1.52	2.28

Diciembre, 1999. Tisma, Diciembre, 2000. (Vega, 2000).

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 2000)

1/ Suelos Las Mercedes. 2/ Suelos Tisma

* Son los datos antes de establecer el ensayo.

ANEXOS

Tabla 1. Características químicas de los efluentes utilizados en el ensayo. (Vega, 2000)

Efluente	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
	%					ppm			
Desperdicio de cocina	2.39	0.16	0.26	0.16	0.06	225	25	87	37
Concentrado	1.62	0.4	0.34	0.05	0.11	575	100	25	25

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 1999)

Tabla 2. Análisis químico del suelo después de la cosecha de los cultivos. Hacienda Las Mercedes.

Tratamientos	MO		N		P		K	
	%		%		ppm		meq/100	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Valor inicial *	3.14	3.66	0.15	0.18	4.3	20.8	1.26	2.98
Sin fertilización	3.01	4.1	0.15	0.2	4.4	24.6	1.59	2.24
Completo (12-30-10)+Urea 46%	3.38	3.76	0.16	0.18	13.9	23.3	2.02	2.35
Efluente de cocina (4 100.4 l/ha)	2.88	4.04	0.14	0.2	16.4	22.5	1.79	2.47
Efluente de cocina (6 150.4 l/ha)	2.58	4.67	0.12	0.23	15.8	22.5	1.62	2.47
Efluente de concentrado (6 049.4 l/ha)	2.64	4.33	0.13	0.21	13.8	23.5	1.92	2.43
Efluente de concentrado (9 074.0 l/ha)	2.82	4.44	0.14	0.22	10.2	20.3	1.52	2.28

Diciembre, 1999. Tisma, Diciembre, 2000. (Vega, 2000).

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (UNA, 2000)

1/ Suelos Las Mercedes. 2/ Suelos Tisma

* Son los datos antes de establecer el ensayo.