

INFORME TECNICO

**BIODIGESTORES Y ESTUFA ECOLOGICA**

ANEXO  
INFORME FINAL

“CONVENIO MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, FUNDACIÓN CIPAV “

FERNANDO LEÓN DÍAZ F.

MARZO de 2001

## LOS BIODIGESTORES.

El hombre para sobrevivir necesitó proveerse de alimentos, agua y vivienda, además de una fuente de energía para cocinar sus alimentos y hacerlos más digestibles, librarse de los parásitos del agua y obtener calefacción.

Los árboles han ayudado a resolver estos problemas al proporcionar leña y carbón, pero este hecho ha contribuido inmensamente a la deforestación, que en nuestro país alcanza entre 600.000 a 800.000 Has/año.

En muchas partes del mundo ya no se cuenta con árboles para este fin, y se debe recurrir incluso a quemar estiércol seco como combustible, impidiendo que los nutrientes regresen al suelo. (CIPAV 1.987).

Tradicionalmente los habitantes del sector Rural se han visto marginados de los avances tecnológicos y el uso de la energía, por lo que en la mayoría de los casos sus condiciones de vida no son como bien podrían ser. Las familias del sector Agrario han recurrido al uso indiscriminado de la leña como fuente de energía para la preparación de alimentos, calentamiento de agua, etc., lo que implica:

- ❖ Depredación de los bosques.
- ❖ Inversión de tiempo en la tarea de recolección.
- ❖ Problemas oculares e higiénicos por la contaminación ambiental producida por la combustión.
- ❖ El despojo progresivo del suelo de sustancias nutritivas y el material orgánico.

La tecnología del biogas permite el aprovechamiento de los desechos orgánicos en especial los estiércoles y aguas negras para ser utilizados como fuente renovable de energía mediante el proceso de digestión anaeróbico, obteniendo el BIOGAS y el BIOABONO.

La tecnología del BIOGAS cuando se instala el digestor Tipo Taiwan, está al alcance de todo el sector Agrario aportando entonces:

### SOLUCIONES

- ❖ Económicas
- ❖ Ecológicas
- ❖ Energéticas

El uso de la biomasa por combustión directa no sólo se conoce bien desde tiempos antiguos, sino que todavía participa en forma importante en el balance energético de Colombia. La leña es la fuente principal de energía para la cocción del 75% de los hogares rurales, y otro 5% lo utiliza como fuente secundaria de energía para el mismo fin. Se estima que en 1.981 el consumo residencial de leña llegó casi a 9'400.000 toneladas. (Colciencias 1.985).

A raíz de las crisis energéticas de los años 70s, y de la necesidad planteada en la Cumbre Económica Mundial de 1.978 en Nairobi, de desarrollar programas energéticos específicos para los países en vías de desarrollo, entonces aquejados por una alta dependencia de importación de crudos, la República Federal de Alemania concibió en el año de 1.979 el programa especial de Energías Renovables (PEER) para diversos proyectos de cooperación técnica, cuyo objetivo principal es el de contribuir al abastecimiento de energía y aminorar efectos ecológicos de la erosión producida por la sobre explotación de la madera. (Convenio GTZ-C.V.C 1.982).

Uno de los problemas más graves que enfrenta el mundo actual y en particular los sectores rurales, es la escasez de combustibles, el costo creciente de los fertilizantes y los elevados niveles de contaminación del medio ambiente.

Esto ha incentivado la búsqueda de soluciones, prestando especial interés a las posibilidades que puede brindar la fermentación anaeróbica de desechos orgánicos. Este proceso permite obtener:

- ❖ Residuos estabilizados que pueden ser usados como acondicionador de suelos y/o bioabonos.
- ❖ Una mezcla gaseosa, combustible para uso doméstico o para uso agrícola;-
- ❖ Contribuir a mejorar las condiciones sanitarias y ecológicas. (ONU, Chile 1.986).

Estos procesos de fermentación como fuente de energía se conocen desde hace muchos años y es así como al término de la segunda guerra mundial, muchos granjeros tanto en Alemania como en Francia usaban este tipo de energía. Posteriormente estos sistemas de biodigestión fueron abandonados por la comodidad, simplicidad y bajos costos de los derivados del petróleo y la energía eléctrica.

Actualmente, en países en vía de desarrollo se ha incentivado esta tecnología con pequeños productores, con el objetivo de sustituir la leña empleada en la preparación de alimentos en el área rural.

A menudo se ilustran los casos de la República Popular China, e India, como ejemplos es los cuales esta tecnología ha tenido gran difusión, aplicándose en forma masiva en tres etapas a partir de 1.968/1.974 : Etapa de ensayo en la cual se construyeron 230.000. 1.975/1.978 : Etapa de gran desarrollo en la cual se construyeron 3'760.000 biodigestores a un ritmo de 900.000/año y de 1.979/1.983 : se construyeron 820.000 normativos de buena calidad, bien acogidos por los campesinos. (ONU, Chile 1.986).

En Colombia la experiencia lograda en este campo permite la construcción de plantas que eventualmente satisfacen las necesidades energéticas; desde un hogar campesino hasta una granja de mayores proporciones. En los centros de investigación o tecnológicos, las actividades se han concentrado en la familiarización con las tecnologías y las materias primas disponibles en el país, con ensayos de laboratorio, sin una proyección de difusión acentuada.

Por otra parte se ha logrado un pequeño grado de comercialización de algunas firmas especializadas. Sin embargo los costos de un biodigestor comercial tamaño familiar aún son altos.

Esta experiencia colombiana, a pesar de tratarse de tecnologías ampliamente conocidas, no es muy alagadora. Casi todos los biodigestores con base en desechos agrícolas (pulpa de café, por ejemplo) han fracasado y dada la importancia del cultivo en el país, sería aconsejable evaluar e internalizar la experiencia exitosa de algunos países centroamericanos en lugar de abandonar los esfuerzos. (Colciencias 1.985); aunque se ha obtenido mayor éxito en los que emplean estiércol de animales. Los problemas más comunes se refieren a la selección inadecuada de los materiales para la construcción del biodigestor; así como el desconocimiento de su operación, no solo por parte del usuario sino muchas veces del mismo constructor.

Vista la biodigestión como un proceso de múltiples propósitos y teniendo en cuenta consideraciones elementales para su difusión (como abundancia, periodicidad, distribución espacial y accesibilidad económica de las materias primas) se puede esperar de él una mayor contribución al desarrollo rural y agroindustrial. En este sentido no se puede descartar la investigación y desarrollo en este campo, particularmente si busca la apropiación de tecnologías, mejoramiento de materiales, conocimiento pormenorizado de los procesos físicos-químicos, diseño de prototipos u otras actividades que permitan ubicar su pleno potencial de aplicación y definir la tecnología donde sea ventajosa.

Esta tecnología ofrece varias ventajas en fincas, ya que no utiliza combustibles fósiles agotables, reduce el poder contaminante de las aguas residuales de lavado o contaminadas con estiércoles, elimina el olor desagradable de los desechos, no produce desequilibrios en el ecosistema y además, nos queda como subproducto, un efluente que puede utilizarse para la fertilización de estanques para peces o para el cultivo de plantas acuáticas.

El programa CIPAV, ha venido realizando ajustes en el modelo de biodigestor plástico de flujo continuo tipo Taiwan, y se ha podido trabajar con modelos desde 10 hasta 85 metros cúbicos de masa fermentable a bajo costo.

#### **Aporte de los árboles para los requisitos energéticos domésticos.**

| <b>CONTINENTE</b> | <b>APORTE DE LOS ARBOLES %</b> |
|-------------------|--------------------------------|
| Africa            | 58                             |
| Asia              | 42                             |
| América Latina    | 20                             |
| Colombia          | 29                             |

Fuente: VICN, PNUMA, WWF (1980)

\* DANE (1981)

## CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTIERCOLES DE VACUNOS Y PORCINOS

| DATOS BÁSICOS  | CERDO               | VACA                |
|--|---------------------|---------------------|
| Cantidad de estiércol fresco por cada 100 Kg. del peso vivo. | 3                   | 6                   |
| % de Sólidos Volátiles (SV) en estiércol fresco.             | 20                  | 16                  |
| Cantidad de estiércol por 500 Kg. de Peso Vivo.              | 15                  | 30                  |
| Cantidad de Sólidos Volátiles por 500 Kg de Peso Vivo.       | 3                   | 4.8                 |
| Cantidad de Sólidos Volátiles por 1Kg. de Peso Vivo.         | 6 gr.               | 7.6 gr.             |
| Producción de Biogas por 100 Kg de Peso Vivo.                | 0.25 M <sup>3</sup> | 0.21 M <sup>3</sup> |
| Producción de Biogas x Kg de sólidos volátiles.              | 0.42 M <sup>3</sup> | 0.22 M <sup>3</sup> |

C.V.C. 1.989 Cali.

### PRODUCCION ANIMAL POR DIA

| ANIMAL  | ESTIERCOL<br>(KG.) | LT.BIOGAS/KG. | TOTAL LT. BIOGAS |
|---------|--------------------|---------------|------------------|
| BOVINO  | 10.5               | 60            | 600              |
| PORCINO | 2.50               | 78            | 195              |
| AVES    | 0.20               | 62            | 12.4             |

### RENDIMIENTO ESPECIFICO DE BIOGAS

| RESIDUO<br>(ESTIERCOL) ST/SV | RELACION | LT/KG.ST  | LT/KG.SV.  |
|------------------------------|----------|-----------|------------|
| CERDO                        | 0.85     | 375 - 450 | 440 - 530  |
| VACA                         | 0.80     | 195 - 295 | 245 - 370  |
| POLLO                        | 0.65     | 375 - 925 | 575 - 1420 |

\* ST: SOLIDOS TOTALES  
SV: SOLIDOS VOLATILES

### TABLA DE TEMPERATURA PARA PRODUCCION DE GAS

| TEMPERATURA AMBIENTE (°C) | NUMERO DE DIAS |
|---------------------------|----------------|
| 35                        | 15 - 20        |
| 30                        | 15 - 25        |
| 25                        | 18 - 30        |
| 18                        | 25 - 45        |
| 15                        | 45 - 60        |

## EL PROCESO DE PRODUCCION DEL BIOGAS

El proceso de producción de biogas ocurre en varias etapas, y en cada una de ellas actúa un grupo específico de bacterias.

En una primera etapa conocida como fermentativa o de hidrólisis un amplio grupo de microorganismos facultativos, principalmente bacterias celulolíticas actúan sobre los polímeros orgánicos (carbohidratos, grasas, proteínas), desdoblándolos a fragmentos más sencillos como son los ácidos orgánicos solubles (propiónico, butírico, láctico y alcoholes).

En el segundo paso las bacterias acetogénicas, transforman estos ácidos orgánicos en hidrógeno, ácido acético y dióxido de carbono.

En la última etapa, conocida como metanogénica, las bacterias actúan sobre los productos de las etapas anteriores produciendo metano y dióxido de carbono principalmente. Este último grupo de bacterias es estrictamente anaeróbico, tiene un bajo porcentaje de reproducción y es sumamente sensible a los cambios de pH y temperatura. Camacho y Medina (1987), CVC (1987), Grajales (1987).

### QUE ES EL BIOGAS

El biogas es una mezcla de metano (CH<sub>4</sub>) y otros gases que se producen cuando ciertos grupos de bacterias en ausencia de oxígeno, fermentan la materia orgánica contenida en los estiércoles y otros residuos. Tienen un poder calorífico de 5500 kcal/m<sup>3</sup> y la temperatura de la llama de 850 grados centígrados. (Camacho y Medina 1987).

Taiganides (1980), afirma que las bacterias, capaces de producir metano a través de la descomposición de materia orgánica se encuentran en condiciones naturales en todo el mundo, en la materia en putrefacción y en especial, en los excrementos animales y humanos.

El biogas está constituido principalmente por carbono e hidrógeno; los minerales se conservan, ocurriendo una cierta mineralización, lo cual aumenta su valor como fertilizante. (Taiganides 1980).

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL BIOGAS

| COMPONENTE          | Fórmula química  | Porcentaje |
|---------------------|------------------|------------|
| Metano              | CH <sub>4</sub>  | 60-70      |
| Gas Carbónico       | CO <sub>2</sub>  | 30 - 40    |
| Hidrógeno           | H <sub>2</sub>   | 1.0        |
| Nitrógeno           | N <sub>2</sub>   | 0.5        |
| Monóxido de Carbono | CO               | 0.1        |
| Oxígeno             | O                | 0.1        |
| Acido Sulfídrico    | H <sub>2</sub> S | 0.1        |

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas México (1980).

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCION DE BIOGAS

Ya que este proceso es realizado por organismos vivos y deben realizarse una serie de reacciones bioquímicas para que se produzca el biogas, son muchos los factores que pueden influir. Entre los más importantes tenemos:

### TEMPERATURA

La producción de biogas puede realizarse desde temperaturas de 10 hasta 60 grados centígrados. Se habla de diferentes rangos de fermentación de acuerdo con el tipo de bacterias que actúan así:

- Fermentación Psicrófila 10 - 20. °C
- Fermentación Mesófila 20 - 35. °C
- Fermentación Termófila 40 - 60. °C

La tasa de producción de metano se incrementa con la temperatura, pero en la práctica los rangos más usados son los correspondientes a la fermentación psicrófila y mesófila. Por debajo de 10 grados centígrados la producción de biogas es muy baja.

### pH

Para una adecuada fermentación anaeróbica de la materia orgánica, el pH debe estar cercano a la neutralidad. La digestión se inhibe por debajo de 6.5 y cesa a pH 4.5, ya que las bacterias metanogénicas son muy sensibles a la acidéz.

Entre los factores que hacen descender al pH tenemos:

- Carga excesiva del biodigestor o la permanencia de éste sin cargar por mucho tiempo.
- Fluctuaciones muy grandes en la temperatura.
- Presencia de sustancias tóxicas en la carga.

Para remediar problemas de bajo pH se puede adicionar: carbonato de calcio (Ca), hidróxido de calcio, o bicarbonatos de calcio, magnesio y amonio. Problemas de pH alcalinos (mayores de 9) no son muy frecuentes y se solucionan cuando se agregan nuevas cargas al digestor.

### CONCENTRACION DE SOLIDOS

No se puede esperar una producción de biogas muy eficiente si el material de carga (estiércol) está muy diluido o muy concentrado, ya que ocurre una ineficiente actividad fermentativa y por lo tanto una baja producción de metano.

Camacho y Medina (1987) al analizar la producción de biogas y relacionarla con el volumen de la fase líquida del digestor, encontraron que para una concentración de sólidos de 5% en la carga, la producción correspondía al 40% del volumen líquido, incrementándose ésta a 60% cuando se cargó con 8% de sólidos. Santana y Pound 1980 analizaron concentraciones de sólidos totales de 1, 3, 5 y 8%, y observaron un incremento lineal en la producción de biogas, lo cual puede ser atribuido a la mayor concentración de materia orgánica disponible para la fermentación. En la práctica, se deben usar concentraciones del 4-6 % para los biodigestores plásticos de flujo continuo.

### **TIEMPO DE RETENCION**

Se define como el tiempo que el material de carga (influyente) debe permanecer en el biodigestor. Se relaciona estrechamente con la temperatura, concentración de sólidos y otros factores, ya que la materia orgánica más disuelta requiere de menos tiempo de retención, al igual que cuando se trabaja con temperaturas altas (Camacho y Medina 1987).

En un trabajo realizado por Bloodoo et al (1987), se observó que a medida que se aumentaba el tiempo de retención, se incrementaba también la producción de biogas por unidad de materia seca puesta en el digestor.

### **NUTRIENTES**

Para que exista una óptima actividad bacteriana, es necesario que haya un aporte adecuado de nutrientes. Los principales nutrientes requeridos por las bacterias son el carbono y el nitrógeno, además de algunos elementos minerales como: azufre, potasio, sodio, calcio, magnesio y hierro entre otros; que son requeridos en pequeñas cantidades y que se encuentran en su totalidad en los excrementos animales. Camacho y Medina (1987).

En términos generales una relación carbono/nitrógeno de 16:1 se considera adecuada, ya que las bacterias consumen más rápidamente el carbono que el nitrógeno. Existen otros factores como son: el mezclado; la presencia de materiales tóxicos como pesticidas, insecticidas y detergentes; altas concentraciones de nitrógeno en forma de amonio; presencia de oxígeno; presión excesiva en el interior del digestor; que pueden disminuir o incluso interrumpir el proceso de producción de biogas.

### **QUE ES UN BIODIGESTOR Y CUANTOS TIPOS HAY**

Un biodigestor se puede definir como un recipiente en el cual se crean las condiciones necesarias (ausencia de oxígeno principalmente), para que las bacterias puedan realizar una digestión anaeróbica de la materia orgánica contenida en los estiércoles y otros residuos, produciéndose el biogas.

Los biodigestores o plantas de biogas sencillas, se distinguen en tres tipos principales.



### 1- PLANTA DE CAMPANA FLOTANTE.

#### Ventajas:

- La mampostería tiene una larga vida útil.
- La presión del gas es constante.
- Es de fácil manejo.

#### Desventajas:

- Alto costo en la fabricación de la campana.
- Generalmente la campana es metálica y se corroe fácilmente
- Mantenimiento periódico de la campana.

### 2- PLANTA DE CUPULA FIJA.

#### Ventajas:

- Larga vida útil (15-20 años).
- No posee partes que se puedan oxidar.
- Construcción subterránea.

#### Desventajas:

- Debe tener buen sellado para evitar fugas cuando alcance presión máxima.
- La presión del gas no es constante.

### 3- PLANTA DE BALON (TAIWAN).

#### Ventajas:

- Bajo costo en su construcción.
- El material es de fácil manejo, transporte e instalación.
- Sistema apropiado en sitios con nivel freático alto, por su construcción horizontal.

#### Desventajas:

- Vida útil corta por el tipo de material.
- Debe protegerse contra radiación.
- Trabaja a bajas presiones.

Los bosques tropicales ocupan 2970 millones de hectáreas, un 20% de la superficie del planeta y están desapareciendo a una tasa de 21.5 hectáreas/minuto. Las necesidades de leña contribuyen a esta deforestación, ocho veces mayor que la industria maderera, pues cerca de 2000 millones de personas en el mundo aún cocinan con leña, y muchas de ellas difícilmente la consiguen. (UNEP - FAO 1987).

La deforestación según el Plan de Acción Forestal para Colombia (PAFC) entre 1.960 y 1.984 fue de 37'700.000 Ha atribuibles a tres causas:

|  |        |
|--|--------|
| 1- Colonización.                               | 76.3 % |
| 2- Leña.                                       | 12.7 % |
| 3- Materias primas para la Industria Forestal. | 11.0 % |

- 1- **COLONIZACION.** Si se considera que la colonización es la principal causa de deterioro de los ecosistemas andinos, el Estado otorgó estímulos importantes como la creación de la Ley 135 de 1.961, en la cual sólo se daba título de propiedad cuando se talaban las 2/3 partes del predio. Posteriormente la Ley 30 de 1.988 exigió para título, ocupación y explotación económica de las 2/3 partes incluyendo áreas de conservación y vegetación protectora. Para el Estado la conservación de recursos forestales al interior de los predios no significa beneficio económico, a pesar de su reconocido valor para la protección de cuencas hidrográficas; pero aún estas tierras forestales están sujetas al mismo régimen tributario que las tierras en explotación agropecuaria.
  
- 2- **LEÑA.** Como fuente de energía se talan 76.400 Ha por año sin incluir la leña que se consume en zonas de colonización. De la leña dependen todavía 8'000.000 de personas del campo, y 1'700.000 de personas de centros urbanos usan leña como fuente alternativa de combustible. En la zona andina ya existe un déficit por leña por la alta concentración de la población que induce a una alta presión sobre los restantes recursos. Esta situación atenta contra la regulación de caudales en las cuencas abastecedoras de acueductos.
  
- 3- **MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA FORESTAL.** Los procesos de transformación de maderas en la industria de muebles y construcción han impactado sobre especies finas de zonas frías tanto en reservas del Estado como en predios privados, sin que existan políticas claras para la reposición de especies por el estado o por los propietarios. En la Costa Pacífica, la extracción de madera se ha establecido como la actividad económica más importante. Esta región tiene un área de 7'259.000 Ha de las cuales 1'513.525 (20.8%) estaban deforestadas en 1.984 (IGAC 1984) y se estima que el área deforestada anualmente es de 159.000 Ha, una tasa de 2.2 % por año (INDERENA et al 1.990).

### **ALTERNATIVAS PARA REDUCIR LA PRESION HACIA LOS BOSQUES**

Para reducir la presión que el hombre ejerce hacia los bosques con el fin de conseguir combustibles para satisfacer sus necesidades básicas, la alternativa debe orientarse hacia la producción de energía en la finca, ya que es en el campo donde se está haciendo este daño a la naturaleza.

Dentro de las alternativas viables para la producción de combustible en el predio tenemos:

- Siembra de especies arbóreas para la producción de leña y/o carbón vegetal.
- Utilización de estufas eficientes.
- Utilización de otras formas de energía.
- Solar
- Hidráulica (Ruedas Pelton)
- Gas Pobre
- Biogas
- Cercas vivas de uso múltiple.

Para citar un ejemplo de las dos primeras alternativas, vale la pena mencionar el caso de Brasil donde 11 de los 38 millones de metros cúbicos de leña que se consumen anualmente, han sido reemplazados por cultivos de eucaliptos sembrados específicamente para obtener leña y carbón. En la República de Corea, la leña constituía un 55% de las fuentes de energía consumidas en 1966, reduciéndose hasta un 19% en 1979, principalmente a través de un uso más eficiente del calor en las estufas. (UNEP - FAO 1987).

Las otras formas de energía mencionadas no han sido muy acogidas por los productores de tipo mediano y pequeño, donde no se cuenta con energía eléctrica, principalmente por ser costosas y existir poca investigación y difusión sobre ellas.

El caso del biogas obtenido mediante biodigestores de bajo costo, es una alternativa viable para la producción de energía y el reciclaje de nutrientes.

La tecnología del biogas, permite el aprovechamiento particularmente en el sector agrario de los desechos orgánicos, en especial excrementos animales y aguas negras, para usarlos como fuente renovable de energía, mediante el proceso de digestión o fermentación anaeróbica.

Para que los biodigestores sean implementados por pequeños y medianos productores, se debe cumplir al menor con los siguientes requisitos:

- Que sean de bajo costo.
- De fácil manejo e instalación.
- Evitar el abastecimiento parcial o total de leña y contaminación de las fuentes de agua.
- Flexibilidad en su diseño que permita hacer ajustes en condiciones particulares.
- Disponibilidad de fuentes orgánicas para fermentar.
- Disponibilidad y abastecimiento oportuno de materiales de construcción en la zona.
- Aceptación por las comunidades y disponibilidad a recibir capacitación permanente.

El sistema Taiwan conocido también como tipo salchicha o bolsa digestora, se construye con materiales plásticos como el polietileno, plastilona y permafex y accesorios de PVC. En este tipo de digestores se disminuyen notablemente los costos, así como también los aspectos relacionados con la construcción y el montaje. Da Silva, Botero y Preston 1987, Davis y Preston 1983, Grajales J 1986, Kormi 1985.

## **CONSTRUCCION DE LA FOSA**

Se construye una fosa a nivel y en tierra de 0.8 m. de ancho en la parte inferior y 1.2 m. en la parte superior, con una profundidad de 0.9 m. y largos entre 10 y 15 m. que corresponde a la disponibilidad del terreno en cada caso en especial para biodigestores de polietileno calibre 6 ó 7 y 1.25 m. de diámetro el cual viene protegido contra rayos ultravioleta.

La carga diaria se estima según lo reportado, 30 kg/día en sistemas de 10 m. y 50 kg/día en los de 15 m.

En ambos extremos se construyen cajas de 1 m cúbico en ladrillo y revocadas con cemento en las caras que dan hacia la fosa y en las interiores. Una caja de carga que permite alimentar diariamente y otra que permite mantener el nivel del líquido dentro del sistema, y que a la vez permite evacuar automáticamente el efluente. En cada una de las cajas se monta un tubo de concreto de 1 m. de largo y 14-16 pulgadas de diámetro, este tubo se centra en la pared que da hacia la fosa dejando 50 cm. libres hacia la fosa para facilitar el amarre y a 50 cm. del radio del tubo hasta el fondo de la fosa. (Ver figura anexa).

Armado el biodigestor con su doble funda y fijada la válvula de salida del gas cercana al centro de este, se transporta a la fosa y se amarra a los tubos mediante correas de neumático de 7 a 10 cm de ancho.

Los sistemas se cargan inicialmente con las relaciones de cuatro partes de agua por una de estiércol diariamente, estos comienzan a ser usados entre los 15 a 60 días teniendo en cuenta la carga inicial y la época del año.

Si inicialmente hacemos cargas altas, el tiempo de producción se reduce significativamente tanto en zonas bajas como altas favorecido en períodos secos.

Cambios bruscos en la temperatura por nieblas densas, lluvias o aguaceros afectan la producción de gas, notándose pérdida de la tensión del plástico, caída en la presión de la llama y alta condensación en las mangueras, sin importar el tamaño del biodigestor ni el tipo de materia orgánica utilizada; impidiendo la utilización continua de la estufa, que se soluciona de alguna manera cuando se colocaban llantas sobre la funda para aumentar la presión de salida en el sistema o en el reservorio.

La mayoría de los sistemas se afecta por daños causados especialmente por animales o rupturas accidentales en limpiezas con machetes o azadones alrededor de la fosa que los sacan de funcionamiento temporalmente, siendo necesario hacer un encierro firme para evitar en algunos casos reponer el plástico o hacer parcheos.

El principal uso dado al biogas ha sido en la cocción de alimentos, siendo este hecho muy importante ya que puede contribuir a solucionar parcialmente el uso de leña y la deforestación, ocasionada cuando es el principal combustible.

El efluente presenta una gran potencialidad como fertilizante, en el cultivo de hortalizas, pastos, huertas caseras, viveros y jardines; este efluente permite economizar dinero y manejar aguas negras o residuales causantes de contaminación de fuentes.

## CONCLUSIONES

- 1- El diseño de los digestores anaeróbios y sus instalaciones auxiliares, depende principalmente del tipo y volumen de los materiales a digerir, de su disponibilidad y parámetros muy variados tales como topografía, clima de la zona, nivel de desarrollo y hábitos socio - culturales de la población.
- 2- La definición del uso del biogas en zonas rurales tiene múltiples ventajas, pero eso significa que todos los lugares son convenientes para hacerlos.
- 3- Se destaca la importancia que esta tecnología tiene para la preservación del medio ambiente y de las condiciones sanitarias de la población humana al manejar materias fecales.
- 4- La generalización rural de los biodigestores debe estar acompañada de políticas bioenergéticas del gobierno a corto, mediano y largo plazo con investigación.
- 5- Los campesinos deben participar para lograr el éxito, debe mejorar la calidad de vida e interpretarse integralmente en la finca. (Manejo de materia orgánica, suplir demanda energética, evitar daños al bosque y preservar el medio ambiente).
- 6- La capacitación y divulgación a todos los niveles debe ser permanente en el manejo y conocimiento de la tecnología.
- 7- Esta tecnología debe mantenerse y difundirse como una estrategia a procesos de producción local de energía barata, integrada a sistemas productivos donde sea posible generarla y finalmente se convierta en una estrategia de conservación de los recursos naturales locales y regionales.
- 8- Deben establecerse políticas de ayuda a los campesinos para el desarrollo del biogas, donde las comunidades tomen la iniciativa y las entidades den apoyo acompañado de incentivos técnicos, crediticios, educativos y de investigación.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- CENTRO DE ESTUDIOS EN TECNOLOGIAS APROPIADAS PARA AMERICA LATINA. CETAL. Los digestores y fertilizantes para el desarrollo rural. Valparaiso Chile. Diciembre de 1.987
- 2- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. D.N.P. Transferencia de paquetes tecnológicos de los recursos naturales renovables. C.V.C. Cali, 1.989
- 3- PROGRAMA ESPECIAL DE ENERGIAS RENOVABLES. (PEER). Difusión de la tecnología del biogas en Colombia. Documentación del proyecto. C.V.C. Cali, 1.987
- 4- PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA. Recursos energéticos República de Colombia. Colciencias 1.985
- 5- ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS. (ONU). Reciclaje de materias orgánicas y biogas. Una experiencia en China. Santiago de Chile, 1.986
- 6- C.V.C-GTZ. Seminario taller sobre biogas y fuentes alternas de energía en el medio rural. Cali, 1.986
- 7- FUNDACIÓN HERENCIA VERDE. Programa Andes Centrales. Fernando L. Díaz. 1.989-1.997
- 8- FUNDACIÓN CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. CIPAV. Los biodigestores de Flujo Continuo.

## LAS ESTUFAS ECOLOGICAS.

Ante la creciente demanda de madera para satisfacer las necesidades de leña en la zona rural y especialmente para procesos productivos de baja eficiencia como la fabricación de tejas y ladrillos o la elaboración artesanal de panela, se hace prioritario la generación de tecnologías de bajo costo y que busquen la liberación a corto plazo del uso de los bosques.

Los fogones, estufas y hornos deben ser ajustados al menor consumo de leña y a la mayor eficiencia en la transferencia del calor. La Fundación CIPAV, ha venido haciendo ajustes a estufas ineficientes, adecuando nuevos elementos mejoradores del poder calorífico en busca de minimizar el uso del bosque como único combustible para estas actividades.

En evaluaciones permanentes se ha demostrado que el uso de leña como combustible es el más caro y el de mayor impacto sobre los recursos naturales, ya que se considera como una despesa segura de recursos maderables para todas las necesidades del predio sin retribuciones en nuevas siembras, tiempos de reposición natural, aislamientos o enriquecimientos que los hagan sostenibles en el tiempo.

En condiciones generales se hace uso primero de las maderas finas para construcciones de casas, establos, corrales, posteadura y leña hasta agotarlas en el predio o en la región, en la medida en que se demandan se acortan los ciclos de reposición natural y sin darnos cuenta tenemos que usar maderas más viches, de menor resistencia y duración.

Aunque se citan muchas alternativas para la generación de energía a partir de fuentes naturales (sol, agua, viento, residuos orgánicos, etc.) su aplicación masiva para resolver todos los problemas en el campo no han tenido un buen acompañamiento por parte de las instituciones.

El uso eficiente de la madera como combustible no esta en los volúmenes disponibles sino en la posibilidad de aprovechar su poder calorífico y transferirlo; en el caso de combustibles fósiles se han desarrollado a plenitud motores eficientes de alto rendimiento con inyección de pocos volúmenes.

Sin embargo esta industria nos genera un sobrante de aceites en todo tipo de motores (aceite "quemado") que han perdido su viscosidad o su poder de lubricación, pero que conservan un alto contenido de carbono el cual puede servir de combustible y generar calor suficiente en estufas cerradas, mejorándolo con inyección de aire.

A partir del uso de fogones con A.C.P.M para el secado de café, se ha venido contemplando la implementación de estufas cuyo combustible es aceite quemado con buenos resultados económicos y ambientales para satisfacer necesidades en la elaboración de mieles o panela pero igualmente puede tener uso en ladrilleras o tejares que utilizan gran cantidad de desperdicios de madera, leña u otros contaminantes.

## **ELEMENTOS DE LA ESTUFA.**

### **Reservorio de Aceite.**

Es un tanque metálico para almacenar el aceite quemado, y puede ser de diferente capacidad (tinajas de 55, 20, 15, 10 galones) en cual se ubica en una base por encima del nivel de la hornilla ya que se inyecta por gravedad al quemador. La disponibilidad del aceite es alta y de poco valor y su precio puede ser el de transportarlo a la finca ya que en muchos casos o en la mayoría su disposición final a generado impactos al ambiente.

Por la manera en que son recogidos, estos vienen con muchas partículas de barro, arena, agua, grasa, limaduras etc, que hacen necesaria una decantación o filtrarlos antes de vaciarlos al recipiente que hará parte de la estufa.

Por encima del nivel inferior del recipiente seleccionado a 5 ó 10 cm se ubica una salida con tubería galvanizada de un metro y de ½ pulgada con una llave de bola al final para regular la alimentación del quemador y la eliminación del humo.

### **Conducción del aceite al quemador.**

Por debajo de la llave se hace coincidir un embudo de 3 pulgadas en su parte ancha y salida de ¾ el cual se inserta en un tubo de ½ pulgada que va hasta el quemador. (Ver figura adjunta). Esta tubería galvanizada de ½ pulgada sobresale por encima del nivel del suelo lo suficiente para recibir el aceite sin derramarse, el resto de la conducción va enterrada hasta unirse al quemador en su parte inferior en un bushing de 1" a ½ pulgada, el cual sirve de conducto hasta la cámara de aceite del quemador.

### **Quemador.**

Está compuesto de un recipiente cónico en hierro fundido de ½ pulgada de grueso, 26 cm de diámetro y una altura total de 17 cm. En los primeros 10 cm a partir del borde superior aparecen 2 series en triángulo de 9 huecos y de ¼" con separaciones de 4 cm entre series por donde circula el aire inyectado para avivar la llama. Después de estas series de huecos aparece la cámara de aceite con una altura de 7 cm, conformada en la parte superior por un disco plano de ½" y 19 cm de diámetro con 5 huecos de ¼" equidistantes por donde se alimenta el aceite; la parte baja de esta se comunica mediante un bushing con la tubería de alimentación de aceite. (Ver figura).

Este recipiente cónico va soldado a un cilindro de 42 cm de altura, construido en lámina calibre 1/8", a 10 cm de su parte inferior externa se fija un tubo galvanizado de 2" a ras de lámina y con un ángulo de 15 a 20 % hacia arriba para la entrada de aire del blower, todo esto conforma el quemador. (Ver figura).



### **Instalación del quemador.**

Sobre un suelo firme elegido para la construcción de la estufa y a una distancia prudente del recipiente de aceite (2 a 3 m.) se marca un círculo del diámetro del quemador, se cava hasta una profundidad de 52 cm, se introduce el quemador, se nivela y se instala la tubería de alimentación de aire y del aceite.

Se ajusta la tierra alrededor del quemador y se inicia la construcción de la hornilla.

### **Construcción de la Hornilla.**

Se traza un círculo a 20 cm del borde del quemador y por fuera de esta línea se inicia la pared con adobes crudos o cocinados, con traba en tizón iniciando con la primera hilada a nivel y se va levantando en redondo formando en cada hilada un ángulo de inclinación hasta alcanzar una altura no superior a 20 cm del suelo al fondo de la paila y que sólo quede expuesto el ladrillo a las llamas. Se busca entonces una distancia de cada punto del borde del quemador a la cúpula interna y al fondo de la paila de aproximadamente 20 cm para que la llama cubra el fondo de la paila. En la parte posterior y alta de la hornilla se ubica la chimenea con 2 tubos de gres.

Para la pega del ladrillo se prepara una mezcla de lorena (lodo y arena) en una proporción: 4 partes de arena gruesa limpia por 1 parte de arcilla bien mezclada. Posterior a la construcción se hace un aislamiento térmico con la misma mezcla más un 20% de cascarilla de arroz en un pañete parejo de 8 a 10 cm de grueso hasta cubrir homogéneamente todo el ladrillo dando el acabado. Sobre la última línea de ladrillos se pone una mezcla de solo lorena, se asienta la paila y se hace rotar suavemente hasta alcanzar una superficie lisa y sellada para evitar salida de las llamas. Dejar secar por 10 días para evitar agrietamientos posteriores.

### **Blower.**

Consiste en un ventilador eléctrico el cual hace circular aire en forma constante y permanente durante largos períodos de tiempo, lo cual garantiza una alimentación de aire rico en oxígeno, permitiendo la combustión del aceite quemado con poca o nula producción de humo. Este va fijo en un lugar directo al tubo de entrada de aire del quemador, evitando vibraciones con una manguera flexible la cual se ajusta con abrazaderas en ambos extremos. (Ver figura).

### **Puesta en funcionamiento.**

Una vez se encuentren todas las piezas acopladas se inicia el llenado de la cámara de aceite con la apertura de la llave hasta ver que salga por los 5 huecos superiores de la cámara. En este momento se cierra el paso y se procede a incendiar el aceite con un poco de gasolina (1 onza) vertida sobre el disco, una vez se inicie la llama y se caliente un poco, se prende el ventilador para mejorar la llama.

Cuando esto suceda abrimos nuevamente la llave del aceite para controlar la combustión hasta obtener una llama pareja, sonora, de buen color, permanente y sin humo. Una vez cuadrada la combustión se procede a poner la paila con un poco de agua o jugo de caña (nunca vacía) y se completa hasta el nivel.

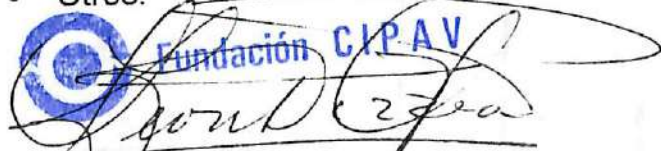
### **Resultados preliminares.**

Es fácil esperar resultados positivos tanto económicos como ambientales con la utilización de estufas eficientes de alto poder calorífico y de bajo costo en su combustible y que comparada con el uso de leña para la elaboración de panela, nos permite unos beneficios ambientales directos al liberar el bosque y todo la mano de obra necesaria para la extracción y transporte de leña hasta el fogón. Además es:

- Fácil de implementar.
- Utiliza materiales de la zona.
- No requiere mano de obra calificada.
- Su combustible es barato.
- Resuelve problemas de disposición final de los aceites quemados.
- No contamina.
- Libera tiempo.
- La opera una sola persona.
- Libera el bagazo.
- No acalora ni libera humos que afecten la salud.
- Rápidamente se recuperan los costos iniciales.
- Da tiempo al bosque para que se recupere.
- Otros.

### **Desventajas.**

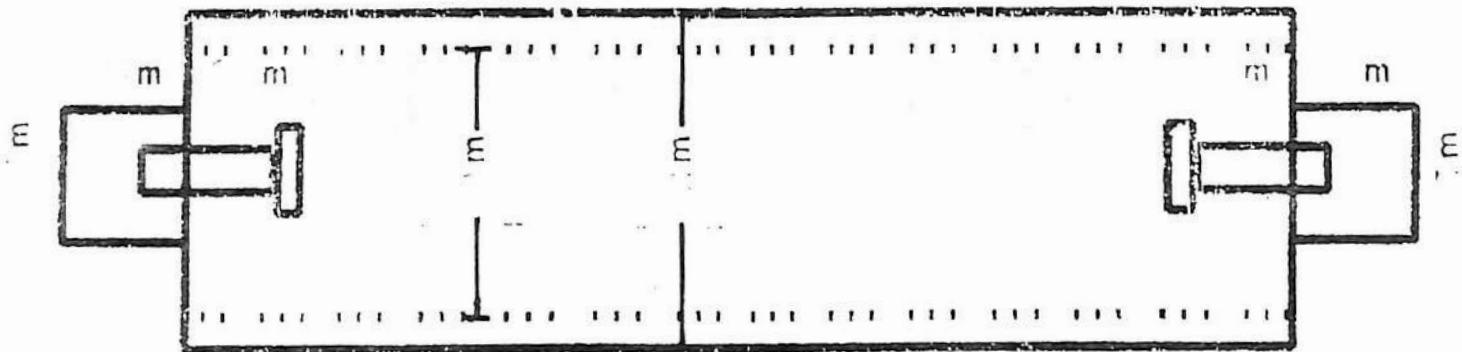
- El servicio de energía eléctrica .
- El costo inicial puede ser alto.
- Disponibilidad del aceite quemado.
- Otros.



**FERNANDO L. DÍAZ F.**  
**Fundación CIPAV.**



metros de largo



Propietario:  
 Finca:  
 Volumen del Biodigestor:  
 Fecha;

# ESTUFA ECOLÓGICA "CIPAV"

F.L.D.

