

18. Energía

Biogás a base de estiércol vacuno como alternativa energética en las fincas de una zona rural del Distrito de Juan León Mallorquín.

Hermosilla Bogado, Salvador Ezequiel

Orientador: Carlos Zacarías Cardozo

Universidad Nacional del Este
Facultad de Ingeniería Agronómica
Minga Guazú – Alto Paraná – Paraguay

s4lvadorhermosilla@hotmail.com, carloszcardozo@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el departamento del Alto Paraná, Distrito de Juan León Mallorquín, con el objetivo principal de evaluar la factibilidad de la producción y utilización del biogás a base de estiércol vacuno como alternativa energética en las fincas de una zona rural. Esto es, teniendo en cuenta la problemática actual de la energía y la contaminación. Se utilizó carpa negra, grifo para gas o canilla, manguera para gas, cocina a gas y 3 tambores de plástico de 200 litros, en ellos, fueron introducidos el sustrato o la materia prima (estiércol vacuno mezclado con agua), la proporción de la mezcla fue de 3 a 1. Se instalaron 3 biodigestores con diferentes tiempo de retención arrojando los siguientes resultados: 30 días de retención: 28 minutos de quemado; 35 días de retención: 32 minutos de quemado; 40 días de retención: 33 minutos de quemado. Las obras de adecuación requieren de medio día de trabajo entre una persona mayor y un ayudante menor y el costo total del mismo es 271.400 Gs, incluyendo medio jornal de una persona adulta. La cocina a leña tiene un costo de 600.000 Gs, además tiene un costo permanente a través del tiempo teniendo en cuenta el precio de la leña. Será factible la utilización del biogás como alternativa energética para sustituir a la leña, si se construye un modelo de biodigestor de "tipo continuo", en donde la carga de la materia prima y la producción de gas sean continuas.

Palabras Clave:

Biogás, Biodigestor, Tiempo de retención.

1. INTRODUCCIÓN

El biogás, es un gas combustible que es generado por la descomposición de la materia orgánica mediante la acción de algunos grupos de microorganismos en ausencia de oxígeno. Este gas se obtiene introduciendo la materia orgánica en un sistema herméticamente cerrado. Para la generación de dicho gas, se pueden utilizar diferentes tipos de material orgánico, como restos de cultivo, restos de podas, o estiércoles provenientes de diferentes tipos de animales de granja.

Estudios demuestran que la aplicación del biogás en el área rural ha sido muy importante, dentro de ella se pueden diferenciar dos campos claramente distintos. En el primero, el objetivo buscado es dar energía, sanidad y fertilizantes orgánicos a los agricultores de zonas marginales o al productor medio de los países con sectores rurales de muy bajos ingresos y difícil acceso a las fuentes convencionales de energía.

En este caso la tecnología desarrollada ha buscado lograr digestores de mínimo costo y mantenimiento fáciles de operar pero con eficiencias pobres y bajos niveles de producción de energía.

El segundo tipo de tecnología está dirigido al sector agrícola y agroindustrial de ingresos medios y altos. El objetivo buscado en este caso es brindar energía y solucionar graves problemas de contaminación. Los digestores de alta eficiencia desarrollados para esta aplicación tienen un mayor costo inicial y poseen sistemas que hacen más complejo su manejo y mantenimiento (Hilbert, 1990, pp. 2-3)

Este gas obtenido, tiene la ventaja de reducir los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono, ya que su componente mayoritario es el gas metano. Se puede obtener biogás a partir de estiércol vacuno, implementando diferentes modelos de biodigestores, y obteniendo diferentes resultados de producción dependiendo del modelo implementado. Gracias a esto, en muchos lugares se

puede utilizar este sistema de obtención de energía sustituyendo a otros más caros a mas difíciles de conseguir.

En el Paraguay, aún existen pocas localidades en las cuales se hayan construido un sistema de obtención de energía a partir de desechos orgánicos de animales. No obstante, lo que se realiza en esta investigación es implantar un sistema de obtención de energía a partir de estiércol vacuno en una localidad de la zona rural, y evaluar la factibilidad de la producción y utilización del gas obtenido para reemplazar a otros tipos de fuente de energía, en este caso la leña.

La mayoría de las familias, en las zonas rurales, por lo menos cuentan con 2 o 3 ganados vacunos. De esta cantidad ya se puede obtener el estiércol para la carga de biodigestores de tipo discontinuo, es decir, con la carga del sustrato en una sola vez.

En el presente trabajo se detallan los procesos a seguir para la producción de gas a partir de biodigestores solares, demostrándose que con una buena gestión del manejo de los mismos, se obtendrán beneficios económicos y ambientales en fincas de las zonas rurales.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la factibilidad de la producción y utilización del biogás a base de estiércol vacuno como alternativa energética en las fincas de una zona rural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la cantidadde producción debiogás en relación al tiempo de retención en términos de tiempo de quemado.
- Determinar los costos económicosde la generación del biogás, y costos de otro tipo de fuente de energía (leña).
- Comparar los resultadoeconómicos y de producción del biogáscon otro tipo de utilización de energía (leña).

3. METODOLOGÍA:

3.1 Localización:

El trabajo se realizó en el periodo comprendido de febrero y marzo del 2014 en el distrito de Juan León Mallorquín, a 5 km de la ruta internacional N° 7 Dr. José Gaspar Rodríguez de Francia, lugar denominado Ka'a Rendy Guazú, lado Monday del Departamento del Alto Paraná.

3.2 Clima:

El Alto Paraná presenta una temperatura máxima en el verano de 38 °C. La mínima en el invierno llega a 0 °C. La media anual es de 21 °C. Cuenta con abundantes precipitaciones durante todo el año. Los registros llegan a marcar 1.725 mm anuales. Las temperaturas de verano son favorables para la implementación de biodigestores solares, ya que la alta temperatura está íntimamente relacionada con la descomposición anaeróbica por algunos grupos de microorganismos mesófilos y termófilos.

3.3 Población:

Cuenta con aproximadamente 530 habitantes, según datos de la Municipalidad de Juan León Mallorquín. Las dos principales actividades de esta compañía son la agricultura y la ganadería. Siendo la ganadería una de las principales actividades, hacen favorables para que se lleve adelante el presente trabajo de investigación, por la cantidad de desechos orgánicos que generan los ganados a diario.

3.4 Muestra:

. Una vez seleccionada la finca, se procedió a la instalación de los tres biodigestores con diferentes tiempos de retención.

3.5 Criterios que se tuvieron en cuenta para la selección de la finca:

- Estar ubicado en zona rural.
- La principal fuente de energía para la cocción de alimentos, es la leña.
- La finca cuenta con más de 5 (cinco) ganados vacunos.
- Los integrantes de la familia no es superior a 6 (seis).
- Conformidad del propietario de la finca
- Acompañamiento de los integrantes de la familia para el montaje de los biodigestores
- La familia seleccionada, vive permanentemente en ese lugar.
- Cuentan con suministros de agua en el lugar.
- Posee título de propiedad.

3.6 Tipo de Investigación: es descriptiva, que sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos. Estos estudios se diseñan en forma de levantamiento de datos.

3.7 Diseño: es la no experimental, ya que no se provocó ni se introdujo ninguna variable que se deseaba estudiar, las variables no fueron manipuladas. Sólo se procedió a identificar y analizar las variables económicas y de producción. Y es de corte transversal, porque se realizó en un solo momento.

3.8 Tipo de biodigestor, instalación del mismo y utilización del gas

La instalación de los biodigestores, se realizó en tambores de plástico de 200 litros de capacidad. En ellos fueron introducidos el sustrato (estiércol vacuno mezclado con agua), la proporción de la mezcla fue de 3 a 1. El tiempo de retención del primer biodigestor fue de 30 días, del segundo biodigestor fue de 35 días, y del tercer biodigestor de 40 días.

3.9 Variables estudiadas:

- Producción de gas (cantidad de producción en tiempo determinado).

- Económicas (costo de producción del biogás, costo de utilización de la leña, diferencia asumida entre el biogás y la leña).

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES:

4.1 Resultado de la cantidad de producción del biogás en relación al tiempo de retención en términos de tiempo de encendido.

Cuadro N° 1: Cantidad de producción de biogás del primer biodigestor en un tiempo de retención de 30 días. Juan León Mallorquín. 2014

Tiempo de retención del primer biodigestor 30 días (del 14 de enero al 12 de febrero del 2014). Quemador de 7 cm. de diámetro con 40 agujeros.				
Fecha	Hora inicio	Hora final	Tiempo de encendido (minutos)	Unidad de medida
12/02/2014	07:00 hs.	07:28	28 minutos 12 segundos	Tiempo de quemado/segundo

El tiempo de retención del primer biodigestor fue de 30 días. En este lapso de tiempo, la campana del biodigestor no llegó a inflarse en su totalidad. Se procedió a la conexión de la campana por la cocina a través de una manguera especial para gas, y posteriormente se evaluó los resultados en términos de tiempo de encendido del gas.

Para un tiempo de retención de 30 días del sustrato, y un total de 200 litros de estiércol vacuno mezclado con agua, en una proporción de 3 a 1, se obtuvo un

total de 28 minutos de encendido del biogás, producto de la fermentación anaeróbica de la materia prima. Para realizar dicha prueba, se colocó la cocina a una distancia de 2 metros de los biodigestores y se midió el tiempo de encendido con un cronómetro (hora, minuto y segundo).

El tiempo de retención, suficiente para la digestión anaeróbica más eficiente de la materia orgánica componente de las excretas, es de 50 días (Botero, 1987, p.13).

Sin embargo, atendiendo a lo mencionado arriba, el tiempo de retención, Hilbert (1990, p. 45), aclara que la temperatura está íntimamente relacionada con los tiempos que debe permanecer la biomasa dentro del digestor para completar su degradación (Tiempo de retención, TR). A medida que se aumenta la temperatura disminuyen los tiempos de retención, como se muestra más abajo:

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE RETENCIÓN (DÍAS)
10 – 25	50–57
30 – 40	20–30
40 – 55	10–20

Los tres biodigestores instalados, operaron a una temperatura de entre 20 a 35 °C, ya que se instalaron en el mes de enero, y estuvieron en funcionamiento entre los meses de enero y febrero. Durante todo el proceso de funcionamiento de los biodigestores solo se registraron 4 días de lluvia y la temperatura mínima llegó a alcanzar los 20°C y la máxima 35 °C, según datos de la Dirección Nacional de Meteorología.

Cuadro N° 2: Cantidad de producción de biogás en un tiempo de retención de 35 días. Juan León Mallorquín. 2014

Tiempo de retención de 35 días (del 15 de enero al 18 de febrero del 2014). Quemador de 7 cm. de diámetro con 40 agujeros.
--

Fecha	Hora inicio	Hora final	Tiempo de encendido (minutos)	Unidad de medida
18/02/2014	07:00 hs.	07:32hs	32 minutos 30 segundos	Tiempo de Quemado/Segundo

El tiempo de retención de 35 días se obtuvo un total de tiempo de encendido de 32 minutos. Es decir, que a una temperatura comprendida entre los 20 a 35 °C, se puede obtener mayor cantidad de biogás si el tiempo de retención es de 35 días.

Cuadro N°3: Cantidad de producción de biogás en un tiempo de retención de 40 días. Juan León Mallorquín. 2014

Tiempo de retención del tercer biodigestor 40 días (del 16 de enero al 24 de febrero del 2014) Quemador de 7 cm. de diámetro con 40 agujeros.				
Fecha	Hora inicio	Hora final	Tiempo de encendido (minutos)	Unidad de medida
24/02/2014	07:00 hs.	07:33	33 minutos 12 segundos	Tiempo de Quemado/Segundo

Para una mejor ilustración, en el **Gráfico No. 1** se observa la cantidad de biogás producida en minutos, teniendo en cuenta el tiempo de retención (T. R).

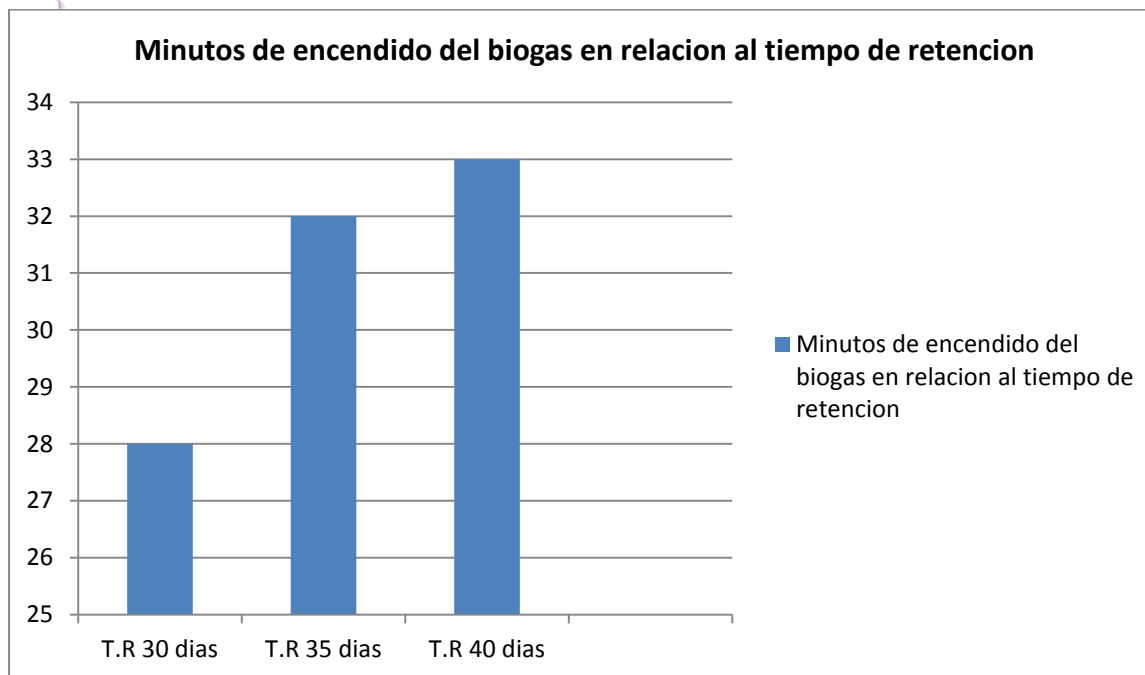


Gráfico No. 1 Cantidad de biogás producida en minutos, en relación al tiempo de retención (T. R)30, 35 y 40 días. Juan León Mallorquín. 2014.

La cantidad máxima de biogás se genera en un tiempo de retención de 40 días. La cantidad de gas generada, equivale a 33 minutos de encendido en la hornalla. Se trabajó con estos 3 tiempos de retención teniendo en cuenta la temperatura. Ya que un estudio demuestra que el tiempo de retención tiene que ser de entre 30 a 40 días a temperaturas de entre 25 a 30 °C, (Hilbert, 1990, p. 45). Durante el estudio se constató que una vez transcurrido los 40 días, toda la materia orgánica del biodigestor ha sufrido la descomposición anaeróbica, ya que una vez que se le ha quitado la campana, ya no existe la presencia de burbujas, lo cual es un indicativo de la existencia de gas Metano y Dióxido de Carbono.

4.2 Resultado de la determinación de los costos económicos para la puesta en marcha de un biodigestor de 200 litros de capacidad del sustrato y costo económico de otro tipo de fuente de energía (leña).

Cuadro N° 4: Costoeconómico para la puesta en marcha de un biodigestor de 200 litros de capacidad del sustrato. Juan León Mallorquín. 2014

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Sub. Total Gs.	Vida Útil aproximada
Tambor de 200 litros	1	125.000 Gs. c/u	125.000	2 años.
Carpa para la campana del biodigestor.	2 metros	10.000 Gs. por metro	20.000	6 meses.
Llave de paso	1	6.000 Gs. c/u	6.000	2 años.
Unión doble roscable	1	5.000 Gs. c/u	5.000	2 años.
Membrana	1 metro	10.000 Gs. por metro	10.000	2 años.
Adhesivo plástico	1	10.000 Gs.	100.000	
Cocina para la utilización final del biogás,	1	55.000 Gs.	55.000	3 años.
Manguera para gas	2 metros	5.000 Gs. por metro	10.000	3 años.
Medio Jornal	1 persona. Medio día.	30.400 Gs.	30.400 Gs.	
TOTAL			271.400 Gs.	

Para la puesta en marcha de un biodigestor de 200 litros de capacidad para el sustrato, se requiere de una inversión inicial de 271.400 Gs. Este modelo presentado, solo genera un tiempo de encendido de 33 minutos en 40 días de retención, Se necesitaría un biodigestor por día durante con tiempo de retención de 30 a 40 días, para obtener un tiempo de encendido de 33 minutos por día,. Se

puede utilizar un biodigestor tipo continuo, en la cual se cargue continuamente el sustrato, para así obtener, continuamente la energía.

López (2008, p. 5), afirma que el costo de un biodigestor dependerá del modelo elegido. Para este trabajo, se eligió un modelo de tipo discontinuo, es decir, se cargó una sola vez, se procedió al cierre hermético, y se esperó un tiempo máximo de 40 días. Esto se realizó en tambores de 200 litros, en un material de plástico, No obstante, existen algunos beneficios que trae consigo la implementación de biodigestores, independientemente del modelo que sea. Estos beneficios son los ambientales, ya que emite menor cantidad de CO₂, el cual viene a ser uno de los principales gases de efecto invernadero. Otro factor ambiental importante, es la utilización de un residuo orgánico, el cual podría ser un potencial foco en la cual se proliferan moscas y microorganismos patógenos, además de emitir un olor desagradable. Al utilizar esta tecnología, se evita la utilización de leña, y por ende, se evita también la deforestación.

Otro de los beneficios que trae consigo la implementación de biodigestores y la utilización del biogás, es lo que respecta a la salud de las amas de casa, esto es debido a que emite una cantidad ínfima de humo comparado con la leña

López (2008, p. 5), menciona que la gran efectividad de los biodigestores se explica por ser una tecnología sencilla (facilidad de construcción y de manejo) y por sus bajos costos de inversión, que permite obtener unos preciados productos finales: biogás y abono orgánico para los cultivos de la finca. Hasta el momento las aplicaciones del biogás a nivel doméstico se han limitado a satisfacer las necesidades de cocción de alimentos. El uso del biogás para la cocción de alimentos evita la emisión libre de metano a la atmósfera mediante la biodigestión controlada de estiércoles y la combustión del metano producido para liberar a la atmósfera, con menor proporción de daño, dióxido de carbono, nitrógeno, sulfuro entre otros. Al mismo tiempo que soluciona la escasez de leña para la preparación de alimentos. La quema de madera produce CO₂ que es el más importante de los gases de efecto

invernadero. Entre las ventajas para los usuarios hay la posibilidad de dedicar el tiempo liberado a otras actividades y evidentes mejoras en la salud por dejar de cocinar con leña.

Cuadro N°5: Costoeconómico de la leña. Juan León Mallorquín. 2014

Tipo de combustible	Cantidad	Precio Unitario
Leña	1 kg.	300 Gs. /kg

El costo de la leña, es de 300 Gs por cada kilogramo en las estaciones de servicio, y supermercados. Una familia de 6 integrantes, utiliza una cantidad aproximada de 60 kilogramos de leña por día. Esta cantidad de leña, es tomada como referencia en un día normal dentro del hogar donde se instalaron los biodigestores.

4.3 Resultado de la comparación económica y de producción del biogás con otro tipo de utilización de energía (leña).

Cuadro N° 6: Cantidad de leña requerida para un tiempo de encendido de 33 minutos. Juan León Mallorquín. 2014

Cantidad de leña requerida para un tiempo de encendido de 33 minutos			
Tiempo de encendido (minutos)	Cantidad inicial de leña.	Cantidad Final de leña.	Consumo Total.
33 minutos	25 kg.	7 kg.	18 kg.

Considerando que la mayor producción de biogás se obtuvo en un tiempo de retención de 40 días, y que en dicho tiempo de retención se obtuvo un tiempo de

encendido de 33 minutos. Para hacer la comparación con la leña, se procedió al encendido del mismo por 33 minutos y se midió la cantidad de leña utilizada en ese tiempo.

Cuadro N° 7: Cuadro comparativo del costoeconómico de la leña y producción del biogás, para un tiempo de encendido de 33 minutos de ambos combustibles. Juan León Mallorquín. 2014

Descripción (Tipo de combustible).	Unidades.	Tiempo de encendido.	Costo unitario.
Biodigestor de 200 litros del sustrato en un tiempo de retención de 40 días.(Biogás)	1 Biodigestor	33 minutos de encendido en un T.R de 40 días	271.400 Gs.
Cocina a leña. (Leña)	18 Kg.	33 minutos de encendido	300 Gs. /kg (5.400 Gs.)

Se observa que un biodigestor de 200 litros de capacidad de sustrato, produce un tiempo de encendido de 33 minutos en un tiempo de retención de 40 días. Y para un tiempo de encendido de 33 minutos de leña, son necesarios 18 kg. de dicho combustible(Ver Cuadro N° 6)., Para producir 33 minutos de encendido de biogás, se requiere de un costo inicial de 271.400 Gs (Costo de biodigestor). Y 33 minutos de encendido de leña, tiene un costo de 5.400 Gs. (300 gs/kgserá factible la utilización del biogás como alternativa energética para sustituir a la leña utilizando la proporcionalidad, y construyendo un modelo de tipo continuo, con capacidad para generar 6 horas de encendido por día. López (2008, p. 16), explica claramente que se podrá considerar el biogás como una opción provechosa cuando se usa mucha leña para cocinar, si se encuentra que la leña es cada vez más escasa, si existen problemas para eliminar el estiércol de los animales, si se busca otro combustible con menor costo que el diesel, la gasolina, la leña o si se considera que los costos de los fertilizantes utilizados en la parcela son muy altos. En estos casos, con una pequeña inversión, el uso de este combustible provoca una disminución de

los costos de operación de la finca, del hato o de la porqueriza, ya que el biogás, similar al gas propano, ofrece, mediante la instalación de un aparato sencillo, adaptado a las zonas rurales, la posibilidad de disminuir el gasto por la leña o gas propano, de eliminar desechos de animales y de la casa, al mismo tiempo que permite obtener un fertilizante con una alta concentración de nitrógeno para los cultivos. En este caso específico, se podrá considerar al biogás como una opción provechosa construyendo un modelo de biodigestor de Tipo Continuo y utilizando la proporcionalidad.

4.4 Diferencia asumida entre el costo de la generación del biogás y otro tipo de energía (leña)

Cuadro N° 8: Cuadro comparativo del costo de diferentes combustibles (biogás y leña). Juan León Mallorquín.

Tecnología con el tipo de combustible.	Costo inicial o momento cero. (Costo de construcción de la tecnología).	Costo semanal de la fuente de energía.				Mensual
		1 ^{ra} semana	2 ^{da} semana	3 ^{ra} semana	4 ^{ta} semana	
Biodigestor de 200 litros de sustrato (biogás)	271.400 Gs.	0 Gs.	0 Gs.	0 Gs.	0 Gs.	0 Gs.
Cocina a leña (leña, 60 Kg. Por día a un precio de 300 Gs. el Kg.)	600.000 Gs.	126.000 Gs.	126.000 Gs.	126.000 Gs.	126.000 Gs.	504.000 Gs.
Diferencia	328.600	126.000	126.000	126.000	126.000	.

Se observa en el cuadro anterior, que el costo inicial de la cocina a leña supera al costo de la instalación de un biodigestor de 200 litros de sustrato. La instalación de un biodigestor tiene un costo inicial un poco elevado, sin embargo, el

costo semanal es de 0 Gs. debido a que no se gasta en la obtención de la materia prima. Se puede construir un modelo a mayor escala usando la proporcionalidad, para obtener mayor cantidad de energía, de acuerdo a las demandas energéticas de cada familia rural. El costo de la cocina a leña también tiene un costo inicial elevado, y también un costo semanal elevado. Para realizar esta comparación, se tomó como referencia a una familia que utiliza diariamente una cantidad aproximada de 60 kg. de leña por día a un precio de 300 Gs. de leña por kilogramo.

CONCLUSION

- La utilización del biogás a base de estiércol vacuno como alternativa energética en las fincas de una zona rural es factible. Se observó que su aplicación es muy sencilla y de fácil manejo.
- La utilización de tanque de plástico PVC de 200 litros con una mezcla de 3 partes de agua de pozo y 1 de estiércol vacuno fresco, genera una producción de 33 minutos de quemado en 40 días de retención.
- El costo económico del biodigestor y el uso del biogás tiene un costo inicial elevado y muy bajo en costos anuales por ser solamente mano obra a ser tenido en cuenta. Sin embargo el costo del uso de la leña tiene un costo inicial similar al costo inicial del biodigestor (Cocina a leña) pero tiene un costo permanente a través del tiempo teniendo en cuenta el precio de la leña.
- Se realizó la comparación de los resultados económicos y de producción del biogás con otro tipo de utilización de energía (leña). Para la instalación de un biodigestor tipo discontinuo de 200 litros de sustrato, el costo inicial es de 271.400 Gs. Con esta capacidad, se genera un máximo de 33 minutos de encendido en 40 días. El costo es de una sola vez, pero solo con la capacidad de generar 33 minutos de encendido. El costo de la leña es de 300 Gs. Cada kg. Esta comparación es válida para los que utilizan grandes cantidades de leña por día y para los que tienen que comprar dicho combustible.

5 BIBLIOGRAFÍA

Botero, R. (1987). *Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de la excreta: Manual para su instalación, operación y utilización*. Costa Rica. Recuperado de <http://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/04-biodigestores.pdf>

Hilbert, J. (s.f) *Manual para la producción de biogás*. Argentina. Recuperado de inta.gob.ar/.../manual-para-la-producción-de-biogás

Lopez, P. (2007-2008) *Sistematización y cuantificación de biodigestores. Áreas e impactos: social, económica y ambiental*. San José, Costa Rica.