

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“USO DE ESTIÉRCOL BOVINO PARA LA GENERACIÓN DE  
GAS METANO EN UN BIODIGESTOR.”**

**P O R  
JOSÉ MANUEL ÁVILA MEDRANO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila

Diciembre de 2012

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO

DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

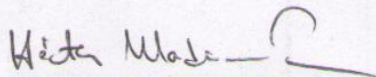
APROBADA POR:

PRESIDENTE



ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL



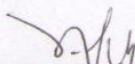
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL



DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE



MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO

DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

**“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**“Uso de estiércol bovino para la generación de gas metano en un biodigestor”**

**TESIS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**POR:**

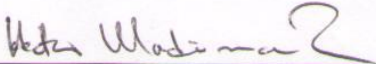
**JOSÉ MANUEL ÁVILA MEDRANO**

**APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES**

**ASESOR PRINCIPAL**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. JOEL LIMONES AVITIA**

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS**

**ASESOR**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ALFREDO OGAZ**

**ASESOR SUPLENTE**

  
\_\_\_\_\_  
**MC. NORMA L. ORTIZ GUERRERO**

  
\_\_\_\_\_  
**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS**



**Coordinación de la División de  
Agronómicas**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE DE 2012**

## Contenido

DEDICATORIAS .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN .....	vi
I INTRODUCCION.....	1
II OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
2.2 OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
III REVISION DE LITERATURA .....	5
Antecedentes.....	5
Definición de biogás.....	6
Características del biogás.....	7
Composición del biogás.....	7
Usos del biogás.....	8
Conducción del biogás.....	10
Beneficios ambientales: .....	10
Beneficios sociales y económicos:.....	11
Sostenibilidad y tecnología: .....	11
Biodigestor.....	11
Componentes de un biodigestor.....	12
Procedimientos para la instalación de un biodigestor.....	13
Beneficios del biodigestor.....	13

Productividad: .....	14
Medio ambiente:.....	14
Salud:.....	14
Medidas de un biodigestor según su volumen. ....	15
Estimación del tamaño de un biodigestor. ....	15
Producción de estiércol.....	16
Potencial producción de biogás. ....	17
Biofertilizantes:.....	18
Beneficios de biofertilizantes:.....	18
Digestión anaerobia. ....	18
Ciclo de la materia orgánica aerobio y anaerobio .....	21
Los daños al ambiente por emisiones de estiércol. ....	21
Implemento como energía alternativa. ....	24
Ventajas en comparación de otros combustibles. ....	26
IV MATERIALES Y METODOS.....	29
UBICACIÓN DEL AREA DEL ESTUDIO.....	29
V RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	31
VI CONCLUSIONES .....	33
VII RECOMENDACIONES.....	34
VIII LITERATURA CITADA.....	35

## **DEDICATORIAS**

*A dios. Por sus bendiciones e iluminar mi camino, darme la inteligencia y brindarme la fuerza necesaria, para poder lograr uno de mis grandes propósitos en mi vida profesional.*

*A mis padres:*

*Enrique Ávila González y Martha Medrano Gómez, por enseñarme a luchar hacia delante, por su gran corazón y capacidad de entrega, pero sobre todo por enseñarme a ser responsable dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí. Gracias Porque creyeron en mí, gracias a ustedes he llegado a esta meta.*

*A mis hermanos:*

*Rigo Alberto, Adriana, Ma. Guadalupe, Enrique y Alejandro por ser mis Ángeles. La vida no la concibo sin su compañía, sus cuidados y su gran amor. Gracias por hacer de todas las situaciones siempre aventuras inolvidables. Los quiero mucho.*

*A mis sobrinos:*

*Rosa Lizabeth, Santiago y Erick ustedes mis pequeños y queridos angelitos, quienes con su inocencia de la niñez me han dado hermosos momentos que he vivido día a día.*

*A mi familia:*

*Dedico mi triunfo profesional a lo más grande que Dios nos ha dado que es la familia por su apoyo moral y espiritual, que de una u otra forma tuvieron a mi lado apoyándome y así lograr alcanzar mi meta.*

*A mis amigos.*

*Por todas las experiencias buenas y malas compartidas a lo largo de la carrera, por enseñarme el valor de la verdadera amistad y por ser parte una vez más de un momento tan importante en mi vida. Gracias por hacer de todas las situaciones siempre aventuras inolvidables.*

## *AGRADECIMIENTOS*

*A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de realizar y terminar mis estudios GRACIAS.*

*Al Ing. Joel Limones Avitia. Por asesorarme en este proyecto ya que sin su apoyo no hubiese terminado, permitirme ser parte de su grupo, sus concejos, su paciencia, opiniones, conocimiento, confianza y sobretodo su gran amistad. GRACIAS.*

*Al Dr. Héctor Madinaveitia Ríos, por haberme asesorado en el desarrollo de este trabajo e impartido clases durante un semestre. GRACIAS.*

*Al Dr. Alfredo Ogaz, por haberme asesorado e impartido clases durante dos semestres y su Paciencia incondicional. GRACIAS.*

*Ala M.C. Norma Leticia Ortiz Guerrero, por haberme asesorado en el desarrollo de este proyecto. GRACIAS.*

*A mis Profesores, ya que son parte de este logro, el cual les comparto, ya que ustedes también lo trabajaron. Espero que su esfuerzo y empeño se vea reflejado en este logro, por su paciencia y conocimientos. GRACIAS*



## RESUMEN

El aprovechamiento del valor energético de los desechos del ganado es uno de los beneficios que actualmente está teniendo auge en muchas partes del mundo ya que permite aprovechar los residuos de una ganadería intensiva.

La obtención del biogás se puede llevar a cabo a través de la construcción de biodigestores a pequeña y gran escala. Actualmente existen instrumentos de fomento para la aplicación de tecnologías limpias que contribuyen al desarrollo sustentable de regiones.

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Biología de la UAAAN-UL, con el efecto de producir biogás usando estiércol de ganado bovino, ya que este es muy persistente en el medio ambiente y si no se le da un trato adecuado puede llegar a causar distintos problemas en él, medio ambiente y en el ser humano.

En este estudio se tomaron 4 muestras de estiércol, usando diferentes cantidades, recolectadas de los corrales de la UAAAN-UL, para la generación de biogás, se usó un biodigestor a nivel laboratorio, usando quitazatos sometidos a baño maría, así generando temperatura para la reacción anaerobia y así hacer más factible la producción de biogás.

**Palabras clave:** biogás, desarrollo sustentable, estiércol, valor energético, reacción anaerobia.

## **I INTRODUCCION**

En México la generación de energía a partir de la biomasa es muy importante y requiere una investigación más exhaustiva, sobre todo porque el petróleo, un combustible no renovable, es la principal fuente de energía. La biomasa constituida por estiércol de animales y residuos agrícolas, forestales, industriales, de tratamiento de aguas residuales, entre otros, están fácilmente disponibles (Magaña *et al*; 2011)

Desde el punto de vista ambiental, los sistemas ganaderos de explotación intensiva han mostrado impactos significativos indeseables los cuales dependen de la especie. La incrementada tendencia hacia la ganadería intensiva en muchas partes del mundo ha significado indudables logros socioeconómicos, pero también la producción de mayores volúmenes de residuos por unidad de superficie, lo cual ha traído repercusiones ambientales por la contaminación de agua, suelo y aire por los desechos generados.

En la actualidad la contaminación ambiental constituye una de las preocupaciones más importantes a nivel mundial, por lo tanto, la basura debe ser depositada a fuera del cono urbano, ya que la misma constituye un foco de infección pues atrae moscas, roedores y otros animales quienes aportan bacterias y con ellas enfermedades a la población, además el mal olor que incorpora al medio ambiente. Los residuos orgánicos existentes en la basura pueden ser usados como materia prima de donde extraer energía, para ello se requiere un biodigestor.

El alto costo financiero y ambiental asociado al empleo de combustibles fósiles, junto con las limitaciones propias de la red de interconexión eléctrica colombiana, han incentivado paulatinamente la utilización de energías alternativas en diferentes sectores productivos del país, especialmente en el sector rural en donde se reúnen

tanto la necesidad insatisfecha de suministro energético como el potencial para la generación de energía a partir de fuentes renovables. También se puede aportar con el aprovechamiento de este tipo de energía para solucionar parcialmente los problemas del hambre y la pobreza y a mejorar la salud. (Mantilla *et al*; 2007)

La producción de biogás a partir de esta materia prima es una práctica que tiene en el país cerca de treinta años. Inicia con la instalación masiva de digestores para procesar residuos orgánicos animales y vegetales con el fin de producir la energía necesaria para atender las necesidades básicas del sector rural como cocción de alimentos e iluminación. (Mantilla *et al*; 2007).

En los tiempos actuales la utilización de los residuos biodegradables para la producción de gas, va ganando espacio como consecuencia de los problemas energéticos provenientes de la crisis petrolífera y del calentamiento global. Se conoce que la actividad energética ocupa una gran importancia para el desarrollo del país que depende en lo fundamental de energía importada.(Campos, 2011).

Con el desarrollo de tecnologías de energía renovable, en particular el aprovechamiento de biogás, se abre la oportunidad para que estos desechos sean utilizados en producción de energía eléctrica y calorífica, los desechos de granjas, establos y rastros presentan una gran potencialidad de generación de biogás, con la cualidad de que la energía generada con este compuesto, puede ser aprovechado en diversos procesos productivos al interior de las explotaciones, de forma amigable con el medio ambiente.

En México se ha iniciado el intercambio de bonos por emisiones a la atmosfera a raíz del protocolo de Kyoto que pretende la reducción de gases invernadero como el metano producido en las instalaciones ganaderas. Se considera que los establos son una fuente rica para producción de energía a través de metano el cual se puede transformar en bonos verdes que pueden entrar en el comercio de emisiones o bien puede transformarse en energía eléctrica.(Casas *et al*; 2009).

Y no solo eso, sino que actualmente, bajo los llamados mecanismos de desarrollo limpio, el biogás proviene de los desechos de los animales, se ha convertido en una fuente de ingresos al realizar su quema directa y contabilizarlos como “bonos de carbono”

Por otra parte, cabe señalar que dentro de lineamientos de política de la secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación (SAGARPA) se han instrumentado diversas acciones buscando fomentar el uso y aplicaciones de la energía renovable en el sector agropecuario, con el fin de generar un desarrollo rural sustentable, que cuadyuve a disminuir los impactos negativos del medio ambiente (SAGARPA; 2006).

## **II OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Comprobar la generación de gas metano a partir del estiércol de ganado bovino mediante el uso de un biodigestor, a nivel laboratorio.

### **2.2 OBJETIVO ESPECIFICO**

Evaluarsi el estiércol de ganado vacuno puede:

- \* Producir Biogás a partir de estiércol de ganado bovino.
- \* Obtener abono orgánico
- \* Implementar estrategias para el manejo adecuado de los residuos orgánicos.
- \* Reducir emisiones de gases de efecto invernadero (CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>).
- \* Identificar los posibles usos del biogás como fuente de energía

### **III REVISION DE LITERATURA**

#### **Antecedentes.**

El comienzo de la historia del biogás se puede fijar en unos 5.000 años atrás.

Fuentes muy antiguas indican que el uso de desechos y los “recursos renovables” para el suministro de energía no son conceptos nuevos, pues ya eran conocidos y utilizados mucho antes del nacimiento de Cristo. Los inicios del biogás se han fijado en base a hechos históricos que dicen que, alrededor de 3000 años antes de Cristo, los sumerios ya practicaban la limpieza anaerobia de los residuos (Deublein y Steinhäuser, 2008).

En 1804, John Dalton describe la estructura química del metano y lo asocia con el biogás. (Bautista, 2011).

En 1808 Humphry Davy, químico inglés, produce gas metano en un laboratorio con estiércol de ganado. Se toma este acontecimiento como el inicio de la investigación en biogás. (Bautista, 2011).

En 1856, Reiset encontró que el CH<sub>4</sub> se libera al descomponer el estiércol amontonado y propuso que este proceso se estudiara para ayudar a explicar la descomposición del material orgánico en general. (Bautista, 2011).

Entre 1895-96, en la población de Exeter (RU) las lámparas del alumbrado público comenzaron a ser alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos de su alcantarillado. Constituyendo esto, el primer uso dado al gas metano obtenido por fermentación (Mc Cabe y Eckenfelder, 1957).

## **Definición de biogás.**

El biogás es un subproducto de la fermentación anaeróbica de materia orgánica. Este gas es un combustible renovable que se quema limpio, compuesto principalmente por metano. (Moniz et al; 2008).

El biogás es el producto de la digestión anaeróbica y resultado de un proceso donde los materiales orgánicos son descompuestos por las bacterias en condiciones anaeróbicas (Ramírez; 2009).

El biogás es una mezcla de metano y dióxido de carbono producido por la descomposición anaerobia de residuos orgánicos(Bridgewater; 2009).

El metano es un recurso renovable cuya utilización presenta características singulares y beneficios notables. Se trata de una fuente prácticamente inagotable, producida cíclica y continuamente por el reino vegetal y animal y el sistema urbano e industrial (Filippín et al; 2005).

De la descomposición bioquímica de las sustancias orgánicas se origina una mezcla de gas que asume diferentes denominaciones que según el ambiente de producción del mismo se podía llamar:

En agricultura: biogás.

En las plantas: gas de depuración

en las descargas: gas de descarga.

(Chávez; et al 2007).

## Características del biogás

El biogás es incoloro, relativamente inodoro (en relación al contenido de H<sub>2</sub>S) y no es venenoso. El límite de explosión de mezclado con el oxígeno varía según la presión y la temperatura en intervalo comprendido entre 6 y 12% (en volumen de metano).(Chávez; et al 2007).

## Composición del biogás.

El biogás está compuesto sustancialmente de metano (CH<sub>4</sub>), anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), oxígeno (O<sub>2</sub>), hidrogeno (H<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>).

Componentes en % son los siguientes:

Metano (CH<sub>4</sub>): 55-80

Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>): 20-40

Ácido Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S): 0,1-2

Oxígeno (O<sub>2</sub>): <1

Hidrogeno (H<sub>2</sub>): <1

Nitrógeno (N<sub>2</sub>): 1-3

(Chávez; et al 2007).

Cuadro No. 1 Se muestran los componentes del biogás y los porcentajes de cada uno de ellos, (Moniz et al; 2008).

Gases	%
Metano (CH <sub>4</sub> )	50 a 70
Dióxido de Carbono	30 a 40
Nitrógeno	0 a 10
Hidrógeno	0 a 5



Oxígeno	0 a 1
Sulfuro de hidrógeno	0 a 1
vapor de Agua	0,3

El biogás se produce a partir de la fermentación anaerobia de 1-1,5% (H<sub>2</sub>), 0,3-3% N<sub>2</sub> y varias impurezas, especialmente H<sub>2</sub>S. Utilizado como combustible presenta una baja densidad de energía en base volumétrica, comparada con otros combustibles gaseosos debido al alto contenido de CO<sub>2</sub>. Su velocidad de deflagración es menor comparada con otros gases como gas licuado del petróleo y gas natural; así mismo, presenta una mayor temperatura de auto ignición y un intervalo de inflamabilidad menor. Estas diferencias se presentan debido a que la presencia de CO<sub>2</sub> en el biogás ocasiona efectos térmicos y cinéticos que afectan las propiedades de combustión del biogás con respecto a las del metano, ocasionando que se disminuyan las posibilidades de aplicación como combustible en diferentes tecnologías (Cacuaet *al.*, 20010).

### **Usos del biogás.**

En México la generación de energía a partir de la biomasa es muy importante y requiere una investigación más exhaustiva, sobre todo porque el petróleo, un combustible no renovable, es la principal fuente de energía. La biomasa constituida por estiércol de animales y residuos agrícolas, forestales, industriales, de tratamiento de aguas residuales, entre otros, están fácilmente disponibles. (Magaña *et al*; 2011.)

El gas natural, cuyo componente principal el gas metano, fue utilizado por los pueblos chinos y persas hace miles de años como generador de temperatura; ellos lo utilizaban para calentar los baños de agua (Magaña *et al*; 2006).

Todos los residuos orgánicos (basura de cocina, restos vegetales y animales, excrementos, entre otros) son adecuados para ser fermentados anaeróbicamente

(en ausencia de oxígeno). Las bacterias van consumiendo así el carbono y el nitrógeno y como resultado se produce una combinación de gases formado por un 70% de metano, 20% de anhídrido carbónico, un poco de monóxido de carbono y anhídrido sulfuroso. La materia prima se mezcla en partes iguales con agua, se carga al biodigestor con la mezcla y de esta manera comienza el proceso. Al pasar un tiempo determinado, empiezan a producirse gases como producto de la digestión. Estos se van acumulando en el biodigestor, y su presencia y presión se registren mediante un manómetro. (Magaña *et al* 2006).

El biodigestor produce alrededor de 6 a 8 horas de gas por día, distribuidos en tres tiempos. Dicho gas es empleado principalmente para la cocción de los alimentos, pero también se puede obtener luz en forma de candil. Hay una importante contribución a la higiene ambiental, en tanto lo que se utiliza como materia prima es el estiércol de los animales o el excremento humano. (Núñez *et al.*, 2006).

La parte activa (metano) puede utilizarse para cocinar, para la calefacción, para alimentar motores, para la iluminación, etc. Un sistema doméstico, la producción de gas se lleva a cabo en un auto clave o en un biodigestor”. Estos aparatos se venden en muchas formas y tamaños, pero todos tienen funciones y características de diseños similares (Bridgewater; 2009).

La producción de biogás a partir de esta materia prima es una práctica que tiene en el país cerca de treinta años. Inicia con la instalación masiva de digestores para procesar residuos orgánicos animales y vegetales con el fin de producir la energía necesaria para atender las necesidades básicas del sector rural como cocción de alimentos e iluminación. (Mantilla *et al*; 2007).

El biogás se puede utilizar en:

Estufas.

Lámparas de gas.  
Los refrigeradores.  
Campanas de cristal.  
Incubadoras.  
Secadores.  
Motores de combustión interna.  
Bombas.  
Los generadores de electricidad.  
(Moniz et al; 2008).

### **Conducción del biogás**

Para conducir el gas a través de la tubería principal, el uso flexible, de pared gruesa tubería (tubo negro) o gluable PVC rígido (marrón para el agua) con el diámetro siguiente:

- a) 1 "al utilizar el biodigestor para un motor.
- b)  $\frac{3}{4}$  "cuando se utiliza el biodigestor para otros equipos, (Moniz et al; 2008).

Uno de los países que mayor interés ha mostrado por las fuentes de energía no convencionales, y en especial por la producción de biogás, ha sido Alemania. (Hohlfeldat al; 1986).

### **Beneficios ambientales:**

1. Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GHE).
2. Preservación de la flora y fauna nativa. Biogás, como un sustituto de la leña, reduce la necesidad de la tala de árboles.
3. Reducción de los olores nocivos. Los olores, procedentes principalmente de los estados secundarios de la descomposición de los excrementos bajo manejo inadecuado. (Moniz et al; 2008).

## **Beneficios sociales y económicos:**

1. Biogás genera ahorros en GLP, gasoil y leña, además de reducir la demanda en la producción y distribución de energía eléctrica.
2. Aumenta la producción de alimentos y el período de conservación.
3. Los beneficios que las mujeres rurales, que están agobiados por el trabajo de cortar leña, limpiar la cocina y ollas y cacerolas ennegrecidas por el hollín, así como las dificultades para encender el fuego en la estación húmeda. (Moniz et al; 2008).

## **Sostenibilidad y tecnología:**

Permite el máximo uso de los recursos locales e integra las actividades rurales. Eliminación de residuos sin tratar puede poner en peligro el medio ambiente (suelo, las plantas, los cursos de agua, las aguas subterráneas y los seres humanos). (Moniz et al; 2008).

## **Biodigestor.**

El biodigestor es una alternativa sencilla y practica que sirve para aprovechar los desechos orgánicos que se producen en los establos ganaderos (Elizondo, 2005).

Un biodigestor es una cámara cerrada donde se coloca la materia orgánica para la descomposición. Puede ser una cisterna recubierta y cubierta con una lámina impermeable de PVC, que, aparte de las tuberías de entrada y de salida, es

totalmente hermético, creando un libre de oxígeno, ambiente anaerobio. (Monizet al; 2008).

### **Componentes de un biodigestor.**

**1. Tanque de digestión:** Es el que define la denominación del biodigestor. El mismo está compuesto por la cámara de fermentación y la cúpula. En la cámara de fermentación anaeróbica el material a descomponer permanece un determinado tiempo, llamado *tiempo de retención*, en el cual ocurre la degradación y liberación del biogás. Su geometría es cilíndrica y su capacidad está dada por el volumen de material a degradar. La función de la cúpula es almacenar el gas en los momentos que no existe consumo, pues la producción de gas es ininterrumpida a lo largo de todo el día. La capacidad de almacenaje de la cúpula depende del volumen de la cámara de fermentación.

**2. Laguna de compensación:** En ella se acumula el material ya fermentado (digerido), donde puede recogerse. La capacidad de la laguna está en dependencia del volumen del biodigestor (un tercio del mismo) y puede tener diferentes formas (cuadrada, circular, rectangular) y construirse encima de la cúpula o al lado del tanque de fermentación.

**3. Registro de carga:** Puede tener variadas formas y su tamaño depende del diseño del digestor. En el mismo se introduce el material a fermentar, mezclándose con agua en las proporciones adecuadas y homogenizándose.

**4. Conducto de carga:** Comunica al registro de carga con el tanque de fermentación. (Campos, 2001).

## **Procedimientos para la instalación de un biodigestor.**

1. Cavar un hoyo en el suelo, con las mediciones establecidas en el proyecto dimensionado.
2. Dibujar un agujero más pequeño en la salida biodigestor, para acomodar el tanque o tambor de salida de la biofertilizante.
3. Abra la hoja de plástico PVC sobre el agujero.
4. Colocar los tubos de pegamento y los manguitos de chapa en el biodigestor.
5. Fijar el perímetro de la lámina de plástico enterrándolos, o por medio de un sello de agua.
6. Instale tubería de biogás.
7. Iniciar la carga. (Monizet al; 2008).

## **Beneficios del biodigestor.**

Generación de biogás, una energía renovable y limpia. Como sustituto de gas para cocinar, la quema de biogás es libre de humo y no deja residuos en los recipientes, lo que facilita el trabajo del ama de casa rural. Su uso sistemático reduce el costo del gas, incluido el transporte y el almacenamiento. Biodigestión anaerobia (sin oxígeno) permite el uso de estiércol de animales para la producción de biogás y biofertilizante, con beneficios que incluyen el aumento de la productividad, la conservación del entorno y la mejora de la salud humana y de los animales. (Moniz et al; 2008).

### **Productividad:**

1. Reducción de la mortalidad de los animales.
2. Aumento de forraje.
3. Reducción de los costes energéticos.

### **Medio ambiente:**

1. Preservación de la vegetación local.
2. Mejora de calidad del suelo.

### **Salud:**

1. Humano: mejora de la calidad del aire en interiores en entornos domésticos.
2. Animal: la mejora de las condiciones sanitarias. (Moniz *et al*; 2008).

En tiempos modernos, existe la disputa entre dos ciudades para determinar quién ostenta el honor de poseer el primer digester anaerobio para biogás de la era moderna, ya que si bien numerosos autores comentan que la primera unidad de digestión anaerobia para la obtención de biogás a partir de aguas residuales fue construida en la India en 1859, en el asilo-hospital de leproso de Matunga, cerca de Mumbai (antes de 1995 se llamaba Bombay) en la India (Sathianathan, 1975).

En Cuba los biodigestores constituyen una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos generados en las empresas agropecuarias, pues permiten disminuir la carga contaminante, mejorar la capacidad fertilizante del material, eliminar los malos olores y se genera una energía renovable denominada *biogás*, que es un gas combustible que puede utilizarse para cocer alimentos, calentar agua, generar electricidad, y obtener luz directamente usando lámparas de gas. En la implementación de la estrategia de enfrentamiento al cambio climático elaborada por el Ministerio de la Agricultura de Cuba, se plantea que para la reducción de emisiones, la medida consistente en “Disminuir el consumo de combustibles de origen fósil, con el empleo de fuentes renovables de energía. (Campos, 2011).

Un sistema generador de Biogás, es una instalación cuyo funcionamiento provee energía. Así los excrementos de los animales y restos orgánicos agrícolas proveen energía mediante un proceso de transformación química con ayuda del proceso de Bio-conversión como técnica portadora de energía. (Schulz; 1996).

Medidas de unbiodigestor según su volumen.

Cuadro No. 2 cálculos para el diseño de un biodigestor de acuerdo a su volumen.

volumen (m3)	profundidad (m)	Aumentar la longitud de C1 (m)	Mayor anchura L1 (m)	C2 menor longitud (m)	Más pequeña anchura L2 (m)
3	1.0	3.5	1.2	3.0	0.7
7	1.0	6.0	2.0	4.8	8.0
15	1.4	7.0	2.5	5.5	1.0
20	1.5	8.0	3.0	6.0	1.0
30	1.5	10.0	3.5	8.0	1.5

### Estimación del tamaño de un biodigestor.

Para la determinar el tamaño mas apropiado de un biodigestor, se puede aplicar las siguiente formula;

$$BV = DL \times HRT$$

Donde cada una de las literales indican lo siguiente;

BV =volumenBiodigestor(m3);mm3/día);DL = volumen de carga diaria (excremento + agua)

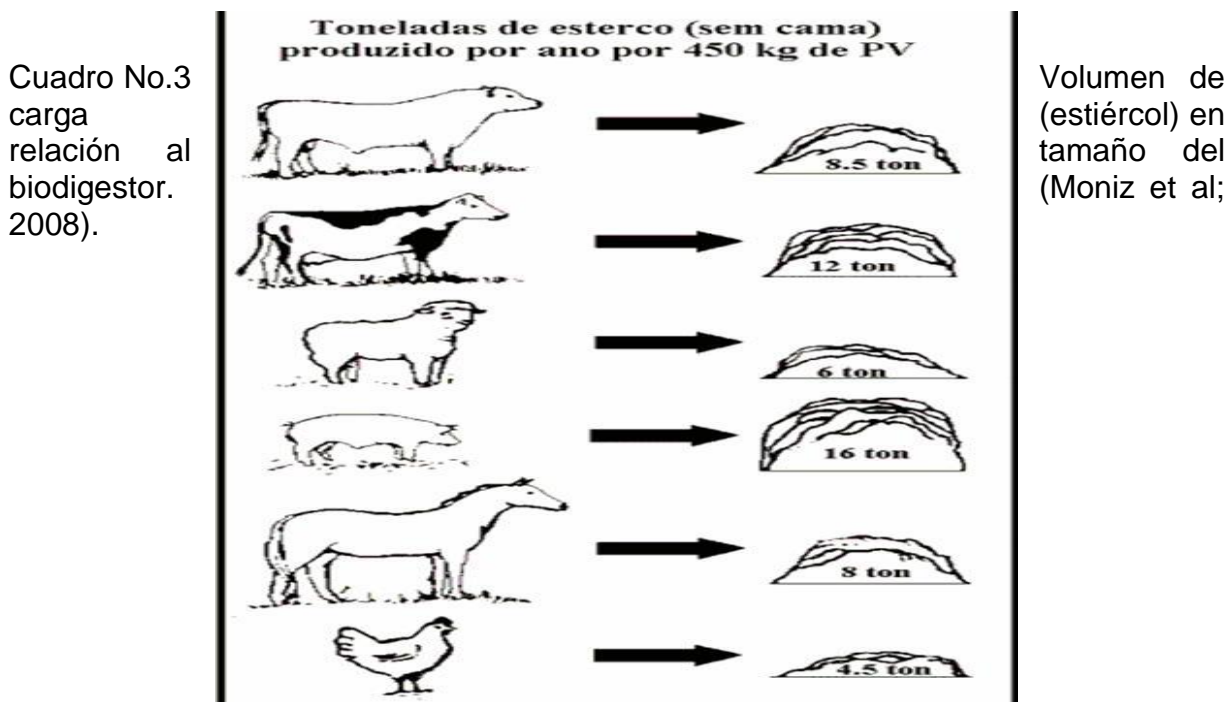
TRH = tiempo de retención hidráulica (días).(Moniz et al; 2008).



## Producción de estiércol

Una vaca lechera con 450 kg de peso vivo (PV), por ejemplo, produce 12 toneladas anuales. Este mismo LW en cerdos y ovejas se traduciría en 16 y 6 toneladas / año, respectivamente.  $BV = DL \times HRT \ 3)$

Figura No. 1 Estiércol, expresado en toneladas producidas anualmente, de acuerdo a especie de animal (Moniz et al; 2008).



Las especies animales	Estiércol por animal (kg)	Cantidad de animales	Estiércol total (kg)	Estiércol total (kg)	Cantidad de agua (m <sup>3</sup> ) 5	Volumen de carga (m <sup>3</sup> )
	A	B	C=AXB	D	E=CXD	F=C+E
cabras/borregos	0.5			1:4 5		
vaca	7			1:1		
Vaca lechera 7	25			1:1		
ternero	2			1:1		
toro	15			1:1		
cerdo	4			1:1.3		

Total						
-------	--	--	--	--	--	--

Potencial producción de biogás.

Cuadro No.4 Producción de biogás de acuerdo a algunas especies de animales.

Especies	m <sup>3</sup> de biogás / kg de estiércol	m <sup>3</sup> de estiércol kg biogas/100
Cabras / borregos	0.040-0.061	4.0-6.1
Vacas lecheras	0.040-0.049	4.0-6.1
Ganado vacuno	0.040	4.0
Cerdo	0.075-0.089	7.5-4.9
Pollos de carne	0.090	9.0
Gallinas ponedoras	0.100	10.0
Codornices	0.049	4.9

Cuadro No.5 Producción de biogás de acuerdo a la especie y a los cálculos indicados en el cuadro No.3.

Línea	Artículo	Operación	Unidad	Valor
1	Estiércol Total / día	Valor obtenido en la cuadro 3	kg	
2	Total de biogás / día	Valor de la línea 1 multiplicado por el dato de la cuadro 3	m <sup>3</sup> /día	
3	Biogás totales / mes	Valor de la línea 2 multiplicado por 30	m <sup>3</sup> /mes	
4	Equivalencia en 13-kg cilindros de GLP	Divida el valor de la línea 3 por 33 (33m <sup>3</sup> biogás = 1 GLP cilindro)	cilindro / mes	
5	La equivalencia en energía eléctrica (kWh)	Multiplique el valor de la línea 3 por 5,5 (1 m <sup>3</sup> de biogás = 5,5 kWh)	kWh / mes	

## **Biofertilizantes:**

Después de la fermentación en un biodigestor. EL biofertilizante a base de estiércol de ganado puede ser aplicado en la producción de forraje para los animales y los alimentos para las personas, el aumento de los rendimientos agrícolas. (Monizet al; 2008).

## **Beneficios de biofertilizantes:**

1. Carbono inferior (C) contenido en el material. La materia orgánica digerida libera carbono en forma de metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).
2. Superior nitrógeno (N) contenido y otros nutrientes, como resultado de la liberación de carbono.
3. Reducción del carbono / nitrógeno (C / N) de la materia orgánica, mejorando el uso agrícola
4. Mayor facilidad en el uso de biofertilizantes por los microorganismos del suelo, debido al nivel avanzado de descomposición.
5. Parcial solubilización de algunos nutrientes, haciéndolos más fácilmente disponible para las plantas. (Monizet al; 2008).

## **Digestión anaerobia.**

La aplicación del proceso de digestión anaeróbica para el tratamiento de restos orgánicos sólidos y semi-sólidos se ha incrementado en los últimos años en Alemania (Weiland; 2002).

El proceso de indigestión anaerobia depende de la actividad bacteriana y ocurre en tres fases: hidrólisis, o la reducción del tamaño de las moléculas, la producción de ácidos orgánicos, y la producción de metano. El metano, el principal componente del

biogás, es inodoro, incoloro e insípido, pero los otros gases presentes darle un nuevo podrido o Manual de indigestión a. El peso de metano es de un poco más de la mitad del peso del aire. El valor calorífico del biogás es de 5.000 a 7.000 kcal/m<sup>3</sup>. Cada m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,55 litros de aceite diesel, 0,45 L de gas para cocinar o 1,5 kg de leña. Aunque aparentemente complejo, este proceso de fermentación se produce de forma natural y continua dentro del biodigestor, siempre que el sistema se maneja correctamente (Monizet al; 2008).

La fermentación anaeróbica es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se degrada sin la presencia de oxígeno atmosférico para producir agua, dióxido de carbono y metano. Luis Pasteur definió este proceso como la vida sin aire. Este fenómeno ocurre naturalmente, sin la intervención humana, cuando la materia orgánica permanece en ausencia de oxígeno. Existen condiciones específicas que son suministradas para permitir el crecimiento de bacterias anaeróbicas. Estas condiciones pueden ocurrir en ambientes naturales como en sedimentos de lagos y en tractos gastrointestinales de animales o pueden ser creadas en procesos industriales, semi-industriales y rurales. La principal condición para la existencia de estas bacterias es la ausencia de oxígeno. Las especies de bacterias que crecen en condiciones anaeróbicas y producen metano son conocidas como metanogénicas y las principales son: *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* y *Methanosarcinas*. Estas bacterias pueden crecer en un amplio rango de temperatura y se desarrollan fácilmente en ambientes de pH neutro. (Chiriboga;2010).

Hay diferentes grupos de bacterias productoras de ácidos y metano, a las activas en la gama más alta se les llama bacterias termofónicas. Con relación al pH, durante la fase inicial acida que puede durar dos semanas, el pH puede bajar la fase inicial acida, que puede durar dos semanas, el pH puede bajar a 6 o menos, mientras que se produce una gran cantidad de CO<sub>2</sub>. Conforme prosigue la digestión se produce

menos CO<sub>2</sub> y más metano y el pH se eleva hasta llegar a un valor entre 7 y 8 (básico). (Magaña *et al* 2006).

Los procesos biológicos anaeróbicos han ampliado notablemente su campo de aplicación durante los últimos treinta años. A lo largo de este periodo, se han desarrollado técnicas de laboratorio de gran utilidad para evaluar la actividad biológica y la sensibilidad de la biomasa anaeróbica a condiciones ambientales para evaluar la actividad biológica y sensibilidad de la biomasa anaeróbica a condiciones ambientales adversas, como la presencia de sustancias tóxicas o inhibitorias (Corujeira y Durán 2004).

Un factor importante para la eficiencia de la digestión es la relación de C/N, es decir la cantidad de carbono dividida entre la cantidad de nitrógeno. Los alimentos principales de las bacterias 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 construcción de estructuras celulares. Estas bacterias utilizan carbono con una rapidez unas treinta veces mayor que su uso de nitrógeno. La digestión anaeróbica se lleva mejor a cabo cuando las materias primas suministradas a las bacterias contienen ciertas cantidades de carbono y de nitrógeno al mismo tiempo. (Magaña *et al* 2006).

Los procesos de digestión anaeróbica como tecnología de tratamiento natural de residuos orgánicos mantienen su vigencia, y su potencial de desarrollo ha sido reposicionado a partir de la actualidad de los procesos sustentables que desarrollan energías alternativas (biocombustibles), así como la reducción de los procesos de liberación de CO<sub>2</sub> (efecto invernadero – cambio climático global). La estabilización anaeróbica de residuos de tipo orgánico de origen animal o vegetal (o cloacales) permite reciclar casi la totalidad del valor nutricional de los residuos, recuperando además energía térmica mediante el biogás generado (Campaña *et al.*, 2006).

## **Ciclo de la materia orgánica aerobio y anaerobio**

Los seres vivos y la materia orgánica están formados básicamente por oxígeno, hidrogeno, carbono y nitrógeno; así como también, pequeñas cantidades de otros elementos como fosforo, azufre, calcio, potasio, y un largo. Estos elementos se encuentran también en la naturaleza vivía, acumulados en la atmosfera, n el suelo o en las rocas (fosfatos, carbonatos, entre otros),(Sogari y Noemí, 2003).

Todos los elementos cambian de forma química en la tierra a partir de las interacciones con animales, las plantas y los microorganismos, siguiendo ciclos cerrados. Se cumple así la ley de la conservación de la masa "En cualquier reacción química la masa se conserva, es decir, la masa y la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma y permanece invariable" estos ciclos mantienen una estrecha relación con el flujo de energía en el ecosistema, así la energía que utilizan los organismos es la que se encuentra en los enlaces químicos que unen los elementos para formar las moléculas (santos; 2000).

## **Los daños al ambiente por emisiones de estiércol.**

En épocas anteriores el medio ambiente era capaz de soportar los residuos provenientes de la actividad ganadera, debido a que los sistemas de producción no eran tan intensos. Hoy en día surge una creciente preocupación por los efectos en el medio ambiente derivados de la productividad ganadera, dicha problemática ha incentivado a que diferentes empresas del rublo hayan iniciado un proceso tendiente a mejorar su desempeño ambiental utilizando distintos sistemas de gestión ambiental (Sandoval y González; 2005).

El manejo inadecuado de los excrementos animales puede causar daños a las personas y al medio ambiente, como la alteración de los niveles de nitrato en el agua y la contaminación con *Escherichiacoli* y *Cryptosporidium*. El reciclaje de los nutrientes del estiércol dentro de la propiedad tiene como objetivo no sólo para controlar la contaminación del medio ambiente, sino también para reducir los costos a través de un menor número de importaciones de alimentos, tales como la compra de fertilizantes o alimentos. (Moniz *et al*; 2008).

La intensificación de la ganadería, ha ocasionado el aumento en la generación y concentración de estiércol vacuno, potencialmente contaminante. A su vez, el continuo crecimiento de las poblaciones provoca que las estaciones depuradoras de aguas residuales generen mayor cantidad de lodos como consecuencia del propio tratamiento. Frente a esta situación, la codigestión anaeróbica se presenta como una posible solución a la problemática planteada. (García y Pérez, 2010).

La acumulación de excremento puede proporcionar un entorno favorable para la proliferación de vectores transmisores de enfermedades. Desde un punto de vista sanitario, dípteros son considerados los insectos más importantes. Moscas domésticas (*Musca domestica*) y moscardas (*Chrysomyasp.*) Transmitir la fiebre tifoidea, la disentería, poliomielitis, entre otras enfermedades. Moscas domésticas pueden transmitir agentes patógenos, como los virus, rickettsias, protozoos, bacterias y helmintos, ya sea como huésped intermediario o transmisores mecánicos. La mastitis también puede ser transmitida por las moscas, causando pérdidas en la producción y calidad de la leche. (Moniz *et al*; 2008).

La fuente principal de contaminación en el estiércol es nitrógeno (N), que puede ser liberado en el aire en forma de amoníaco, o en la tierra y el agua en forma de nitrato. Fósforo (P) también está presente como un contaminante. Si el estiércol se aplica inadecuadamente tratados en P-suelos saturados, se contaminan las aguas superficiales y acuíferos. (Moniz *et al*; 2008).

El manejo inadecuado de los excrementos es un problema grave, a menudo representa un vector de enfermedades, la contaminación del agua y el suelo. Es una práctica común en Brasil para aplicar excrementos sin tratar como fertilizante. Esta práctica puede causar:

1. La contaminación del medio ambiente.
2. Nitrógeno secuestro de descomposición de la celulosa (presente en grandes cantidades en el estiércol) que causa la deficiencia de la planta.
3. La difusión de semillas de malas hierbas.
4. contenido de microorganismos patógenos. (Monizet *al*; 2008).

Esta intensificación de la producción animal se inició durante la década del cincuenta y, en esencia, implica la concentración de animales por unidad de superficie y el aumento en el uso de insumos (García y Pérez; 2010).

En la actualidad, la contaminación ambiental constituye una de las preocupaciones más importante a nivel mundial. Por lo tanto, la basura, por ejemplo debe ser depositada en las afueras del cono urbano, ya que la misma constituye un foco de infección pues atrae moscas, roedores, y otros animales, quienes aportan bacterias y con ellas enfermedades a la población, además del mal olor que incorpora al Ambiente. Los residuos orgánicos existentes en la basura, pueden ser usados como materia prima de donde extraer energía. Para ello se requiere de un biodigestor.(Sogaryet *al*; 2000).

Si se trata adecuadamente estiércol animal puede traer importantes beneficios a los agricultores. Indigestión anaeróbica de las excretas es una tecnología eficiente en el uso de residuos de cultivos, ganadería y pesca en el saneamiento ambiental, la producción de fertilizantes para la seguridad alimentaria y la generación de biogás como fuente de energía. Esto aumenta la producción agrícola, permite la integración de las actividades de cultivo y ganadería y el procesamiento de productos,



agregando valor, organización de la producción, en beneficio de la conservación del producto y la mejora de la logística. (Monizet al; 2008).

### **Implemento como energía alternativa.**

El biogás es una fuente de energía alternativa atractiva debido a que presenta una disponibilidad energética descentralizada, en tanto que su producción es posible siempre que existan fuentes de origen orgánico (Forsichet al., 2004).

En México se ha iniciado el intercambio de bonos por emisiones a la atmosfera a raíz del protocolo de Kyoto que pretende la reducción de gases invernadero como el metano producido en las instalaciones ganaderas. Se considera que los establos son una fuente rica para producción de energía a través de metano el cual se puede transformar en bonos verdes que pueden entrar en el comercio de emisiones o bien puede transformarse en energía eléctrica. (Casas et al; 2009).

Después del Protocolo de Kyoto, el interés en el aumento de la producción de energía por medios alternativos dentro del consumo primario de energía mundial ha ampliado significativamente la búsqueda en la disminución de la contaminación atmosférica y los cambios climáticos generados por el consumo de combustibles fósiles en los últimos cincuenta años (MacLean y Lave, 2003).

La importancia de la producción de metano se ha incrementado en los últimos años. Tal producción es uno de los caminos estratégicos, elegido por los ganaderos germanos tendientes a reducir la emisión de gases tóxicos emitidos por los combustibles, para proteger el medio ambiente. (Sogaryet al., 2003).

El alto costo financiero y ambiental asociado al empleo de combustibles fósiles, junto con las limitaciones propias de la red de interconexión eléctrica colombiana, han

incentivado paulatinamente la utilización de energías alternativas en diferentes sectores productivos del país, especialmente en el sector rural en donde se reúnen tanto la necesidad insatisfecha de suministro energético como el potencial para la generación de energía a partir de fuentes renovables. También se puede aportar con el aprovechamiento de este tipo de energía para solucionar parcialmente los problemas del hambre y la pobreza y a mejorar la salud. (Mantilla *et al*; 2007).

En vista de las limitaciones actuales concernientes a la disponibilidad de combustibles de origen fósil y al cambio climático ocasionado por el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, las investigaciones en el campo de los combustibles alternativos, los cuales son neutrales en las emisiones de CO<sub>2</sub>, se han incrementado en los últimos años.(Forsichet *al.*, 2004).

La conversión directa de la biomasa en gas, denominado biogás, que es una mezcla de metano y dióxido de carbono con pequeñas cantidades de otros gases tales como el sulfuro de hidrógeno. La materia orgánica es biotransformada por microorganismos (bacterias y archaees) en ambiente anaeróbico (ausencia de oxígeno), produciendo biogás con un contenido de energía entre 20% a 40% del poder calorífico de la materia prima (Álvarez; 2004).

Por las anteriores razones el desarrollo y la utilización de biodigestores para la producción de de biogás ha sido llamado la tecnología milagrosa. (Botero; 1987).

Las familias dedicadas a la agricultura, suelen ser propietarias de pequeñas cantidades de ganado (dos o tres vacas por ejemplo) y pueden, por tanto, aprovechar el estiércol para producir su propio combustible y un fertilizante natural mejorado. Se debe considerar que el estiércol acumulado cerca de las viviendas supone un foco de infección, olores y moscas que desaparecerán al ser introducido el estiércol diariamente en el biodigestor familiar. También es importante recordar la cantidad de enfermedades respiratorias que sufren, principalmente las mujeres, por la inhalación

de humo al cocinar en espacios cerrados con leña o bosta seca. La combustión del biogás no produce humos visibles y su carga en ceniza es infinitamente menor que el humo proveniente de la quema de madera.

Se llama biodigestores a los depósitos en los que tiene lugar la digestión anaerobia aprovechando el recurso de Biomasa. A grandes rasgos se pueden definir como recipientes o tanques que permiten la carga (afluente) de sustratos y descarga (efluente) de bioabono y poseen un sistema de recolección de biogás para su aprovechamiento. Los biodigestores son apropiados para las condiciones técnicas y posibilidades económicas de los países subdesarrollados. La tecnología del biogás está bien adaptada a las exigencias ecológicas y económicas del futuro, es una tecnología de avanzada y ecológica. (Moncayo; 2005).

### **Ventajas en comparación de otros combustibles.**

La compra de gas licuado de petróleo (GLP) o gas para cocinar, es un elemento muy costoso en el presupuesto familiar. Por otro lado, el uso de queroseno para la iluminación no sólo es costoso, sino que también contamina el aire interior, mientras que las baterías utilizadas para las radios o para otros fines, también son costosas y causar la contaminación del suelo y el agua, al ser descartado. (Moniz et al; 2008).

El biogás es incoloro, inodoro e insípido, por lo que es difícil detectarlo; pero por tener una densidad menor que la del aire su peligrosidad asfixiante y explosiva disminuye al construir locales altos y con ventilación. El poder calorífico del biogás lo convierte en un combustible apreciable, tanto en el ámbito doméstico, alumbrado y cocción de alimentos, como en la industria, en la producción de energía calorífica, mecánica o eléctrica al ser usado en caldera o en motores de combustión interna. (López; 2002).

Se utiliza como combustible y constituye una fuente alternativa de energía. Su valor calórico es de 5.000 a 7.000 kcal/m<sup>3</sup>. En comparación con otras fuentes de energía, 1 m<sup>3</sup> de biogás es equivalente a:

1. 0,61 litros de gasolina;
2. 0,58 litros de kerosene;
3. 0,55 litros de diesel;
4. 0,45 litros de gas para cocinar;
5. 1,50 Kg de leña;
6. 0,79Ldealcoholhidratado. (Monizet al; 2008).

El metano es un recurso renovable cuya utilización presenta características singulares y beneficios notables. Se trata de una fuente prácticamente inagotable, producida cíclica y continuamente por el reino vegetal y animal y el sistema urbano e industrial (Filippínet al; 2005).

Los combustibles fósiles son fuentes no renovables de energía, es decir, una vez agotado que no pueden ser reemplazados. Por otra parte, el carbón y el petróleo son altamente contaminantes, provocan la lluvia ácida, contaminan el aire, la tierra, el mar, los ríos y las aguas subterráneas durante sus procesos de extracción y, como consecuencia de las fugas frecuentes, producen los "gases de invernadero" que contribuyen al calentamiento global. Políticamente, las guerras y los conflictos internacionales se deben a la lucha por el control de las fuentes de petróleo. (Monizet al; 2008).

La escasez de fuentes de energía renovables con fines de producción, cocción, refrigeración, calefacción y la iluminación es un problema importante que enfrentan los productores rurales. La leña es el combustible para cocinar más común, pero es un recurso escaso que debe ser preservado. La deforestación agrava la sequía y la pérdida de suelo por erosión, poniendo en peligro el ecosistema de flora y fauna. Por otra parte, la quema de madera nacional provoca importantes problemas de salud,

sobre todo para las mujeres y los niños que están expuestos diariamente al humo. (Moniz *et al*; 2008).

Las principales fuentes de energía para el consumo de la cosecha brasileña y sector ganadero:

- Gasolina (58%);
- Leña (26%);
- Energía eléctrica (15%);
- Otros (1%). (Moniz *et al*; 2008).

La producción ganadera genera productos deseados, subproductos y efluentes. Los efluentes se denominan emisiones cuando son gaseosos (olores, CO, amoníaco, etc.); vertidos, si son líquidos (deyecciones líquidas, agua de limpieza, sobrantes de riego, etc.) Este interesante proceso de descomposición de la materia orgánica compleja (celulosa, carbohidratos, almidón, proteínas, etc.) que produce biogás combustible (con 60% de metano y aproximadamente el 40% de dióxido de carbono), se lleva a cabo dentro de una instalación completamente cerrada, denominada “biodigestor”, que permite recolectar diariamente todo el combustible producido. (Decara; 2004).

En el período de 2002 a 2004, los datos oficiales disponibles mostraron que los precios crecientes de la energía 30 a 50%, dependiendo de la fuente de energía. Los impactos causados por el alza en el costo de la energía se sintió con mayor intensidad en el sector rural de menores ingresos, en general, menos capitalizados y menos capaz de ofrecer a los cargos más altos, tanto para el consumo interno y las actividades productivas. (Moniz *et al*; 2008).

Las emisiones de metano producidas por la gestión del estiércol tienden a ser menores que las entéricas; las emisiones más significativas se asocian con operaciones de gestión, en las que el estiércol se maneja por medio de sistemas

basados en líquidos y su acumulación en estanques o lagunas (Comisión Nacional de Energía, 1986).

La comunidad científica mundial y la población han estado discutiendo el cambio del fósil mundial actual y el modelo de la energía nuclear para sistemas que incluyen energías renovables, alternativas y limpias. El debate internacional se debe a la necesidad de prácticas sostenibles en el uso de los recursos naturales y las medidas para frenar el ritmo del calentamiento global. (Monizet al; 2008).

## **IV MATERIALES Y METODOS**

### **UBICACIÓN DEL AREA DEL ESTUDIO**

Este trabajo se realizó en el laboratorio de biología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN U-L) Ubicada en la carretera Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila. Con coordenadas Longitudoeste  $103^{\circ} 22.397'$ , altitud 1130 m, latitud norte  $25^{\circ} 33.281'$ .

Laboratorio:

El estiércol para el desarrollo del proyecto, se recolectó de los corrales mismos de la UAAAN-UL, se tomaron 4 muestras de estiércol, usando diferentes cantidades de este material, las cantidades que se manejaron fueron de: 0.198 gr de estiércol por 320 ml de  $H_2O$ , 0.250 gr de estiércol por 275 ml de  $H_2O$ , 0.125 gr de estiércol por 370 ml de  $H_2O$  y 0.198 gr de estiércol por 320 ml de  $H_2O$  cuales fueron introducidas en quitazatos agregándoles agua ( $H_2O$ ), los quitazatos fueron sellados con un tapón de goma y se le colocó un globo en la boquilla del quitazato, ajustada con una liga para la captura del metano en caso de que se hubiera la generación.

Para la generación de biogás, se simuló un biodigestor a nivel laboratorio, utilizando un baño María el cual tenía como función mantener una temperatura promedio de 36 a 38°C para el crecimiento de las bacterias y así producir el biogás.

Después de las 48 horas, las muestras sometidas a una temperatura constante de 36°C, generaron diferentes cantidades de metano, el cual fue recolectado en los globos, los cuales posteriormente fueron pesados en una balanza con la finalidad de comprobar si se generó gas metano.

#### Materiales de laboratorio utilizados

- Kitazatos
- Baño maría
- Espátula Balanza
- Jara graduada
- Papel indicador de PH
- Probeta
- Termómetro de mercurio.
- Tapones de goma
- Globos-Ligas

Relación de estiércol agua.- la relación de estiércol-agua, que se colocaron en los quitazatos fueron las siguientes:

0.198 gr de estiércol por 320 ml de H<sub>2</sub>O

0. 250 gr de estiércol por 275 ml de H<sub>2</sub>O

0. 125 gr de estiércol por 370 ml de H<sub>2</sub>O

0.198 gr de estiércol por 320 ml de H<sub>2</sub>O

## V RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de regresión para definir las tendencias de los parámetros evaluados a través del tiempo. Para definir los efectos del estiércol sobre la generación del gas metano, mediante la metodología anaeróbica de las bacterias contenidas en el estiércol, para su descomposición y posterior transformación den gas, donde se evaluaron los parámetros de: tiempo, Ph, cantidad de materia orgánica y su relación con agua.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de cada una de las muestras, que se sometieron para la generación del gas metano a nivel laboratorio, a partir del empleo de estiércol de ganado vacuno.

Numero de muestra	Cantidad. De estiércol	Cantidad. H <sub>2</sub> O	Temperatura	Tiempo (días,horas)	pH	Volumen de gas generado
1	0.198 gr	320 ml	36°c/38°c	48 hrs	7.6	4.3 gr
2	0. 250 gr	275 ml	36°c/38°c	48 hrs	7.6	2.1 gr
3	0. 125 gr	370 ml	36°c/38°c	48 hrs	7.6	2.1 gr
4	0.198 gr	320 ml	36°c/38°c	48 hrs	7.6	4.6 gr

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que si observo la generación de gas, ya que como se ha mencionado anteriormente, a cada uno de los quitazatos se les coloca un globo con la finalidad de capturar los gases que se



podieran generar, al final de cada una de las muestras, se pudo observar que los globos presentaban captura de gas, en virtud de se observo que estos estaban inflados.

Las muestras que presentaron una mayor generación de gas en el globo colocado en la boquilla del quitazto, fueron las muestras 1 y 4, estas muestras presentan la relación que la literatura consultada indica como la mas idónea para la generación del gas, siendo esta relación de 1:2, lo que indica que por cada unidad de estiércol se tiene que agregar dos unidades de agua.

Por otro lado las muestras 2 y 3, mostraron una menor generación de gas, ya que la relación de estas muestras fueron las siguientes: muestra 2, 0. 250 gr de estiércol por 275 ml de H<sub>2</sub>O, relación y la muestra 3, con una relación de 0. 125 gr de estiércol por 370 ml de H<sub>2</sub>O.

Por la literatura consultada se cree que si hubo generación de gas metano, pero se recomienda que se analice el gas capturado, en equipos de laboratorio, con la finalidad de tener la certeza de que si es gas metano el que se genero en esta prueba.

## VI CONCLUSIONES

El empleo del estiércol es más factible para uso en procesos anaerobios, a fin de evitar la contaminación y evitar problemas ambientales.

Cualquier industria que genere residuos orgánicos puede establecer un biodigestor y generar su propio combustible.

La producción de biogás es amigable tanto para el ser humano como para el medio ambiente ya que es una energía alternativa limpia.

La inversión en un proyecto de biogás se recupera rápidamente y permite costos de producción menores, a la vez que se crean fuentes adicionales de trabajo.

## **VII RECOMENDACIONES**

Se recomienda el uso de los biodigestores para la generación de biogás, ya que son benéficos para el cuidado del medio ambiente.

Se recomienda a los ganaderos darle un uso adecuado al estiércol generado en los establos, ya que es fuente de enfermedades, tanto para el ser humano como al mismo ganado.

Elaborar y ejecutar proyectos encaminados a la construcción de plantas de biogás en las comunidades rurales, para el beneficio de las comunidades rurales.

Se recomienda realizar un uso adecuado del biogás que se genera en los biodigestores, ya que esto contribuye al ahorro de los combustibles fósiles y ha disminuído la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

## VIII LITERATURA CITADA.

MacLean H., Lave, L., 2003. Evaluating automobile fuel/ propulsion system technologies., Progress in energy and combustion science, Vol. 29, pp. 1-69, 2003.

Forsich C., Lackner, M., Winter, F., Kopecek, H., Winther, E., 2004, Characterization of laser-induced ignition of biogas-air mixtures., Biomass and Bioenergy, Vol. 27, No. 3, 2004, pp. 299-312.

Cacua k.,Amell A., Olmos L. 2010. Estudio comparativo entre las propiedades de combustión de la mezcla biogás-aire normal y biogás-aire enriquecido con oxígeno. vol.31 no.1, 2010.

Sogar y, Reuss, Boso, 2003. Diseño de un biodigestor para obtener metano utilizando excremento de vacas y cerdos en una escuela agro técnica. Vol. 2 no, 2010.

Bridgewater, B.2009. Energías alternativas. Editorial, Ediciones Nabel, S.A, Madrid España, 2009.

García. k., Pérez M. 2010.codigestion de estiércol vacuno y lodos de depuradora: influencia de las condiciones de temperatura,Vol. 14, 2010. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

Campaña H., Benedetti P., Prieto M., Linquimán, 2006. Producción de biogás a partir del exceso de barros del tratamiento de efluentes de una malatería de cebada. XXII IACChE (CIIQ) 2006

Álvarez A., R. 2004. Producción anaeróbica de biogás aprovechamiento de los residuos del proceso anaeróbico. La Paz – Bolivia Proyecto 09 CNI – IIDEPROQ, 2004.

Botero T, 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizantes a partir de excretas. Rio de Janeiro Brasil 1987

Moncayo G., 2005. Ecológicamente Compatible de las Cuencas del Tungurahua (Digestión Anaerobia y Diseño de Biodigestores). Ambato Provincia de Tungurahua Ecuador, Marzo 2005

López C., P. 2002. Valorización del estiércol de cerdo a través de la producción de biogás, Revista de ciencias agroquímicas, año/vol. 63, número 001, Instituto agroquímico de Camperas, Brasil. 2002.

Sogar y, Reuss, Boso, 2000. Diseño de un biodigestor para obtener metano utilizando excremento de vacas y cerdos en una escuela agro técnica .Bayer - Landesanstalt für Landtechnik- Technische Universität München. - Alemania. 2000.

Schulz H. 1996. Biogás – Praxis.  
Grundlagen. Planung. Anlagenbau. Beispiele. Ökobuch Verlag, Freiburg.

*Decara I., Sandoval G., Funes. 2004. El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba. Universidad Nacional DE Río Cuarto. (Córdoba), Río Cuarto, 29 de agosto de 2004*

Magaña J. L., Rubio R., Jiménez H., Martínez M. 2011. Tratamiento anaerobio de desechos lácticos y estiércol de cabra. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 31 No. 1 APRIL 2011 (93-98)*.

Magaña I. R., Ernestina Torres R., Martín T., Carmen S. Y Rosalía H. 2006. Producción de biogás a nivel laboratorio utilizando estiércol de cabras, p. 27,29.

Chiriboga O. 2010. Desarrollo del Proceso de Producción de Biogás y Fertilizante Orgánico a partir de Mezclas de Desechos de Procesadoras de Frutas. Universidad San Francisco de Quito. 2010.

Mantilla G. J., Duque D. D., Galeano U. C. Diseño y estudio económico preliminar de una planta productora de biogás utilizando residuos orgánicos de ganado vacuno. *Ing. Investig. vol.27 no.3 Bogotá Sep./Dec. 2007*

Campos B. C. 2011. Metodología para determinar los parámetros de diseño y construcción de biodigestores para el sector cooperativo y campesino. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 20, No. 2, 2011*

Casas P. M., Rivas L. B., Soto Z. M., Segovia L. A., Morales M. H., Cuevas G. M., Keissling D. C. 2009. Estudio de Factibilidad para la Propuesta En Marcha de los Digestores Anaeróbicos en Establos Lecheros en la Cuenca Lechera de Delicias, Chih. cuarta época. Año XIII. Volumen 24. Enero – junio 2009.

Sandoval O., Gonzales S. 2006. Diseño de sistemas de tratamiento y aprovechamiento de purinas de origen bovino.

Filippín J., Follari J. 2005. Diseño de un biodigestor para obtener gas metano y fertilizantes a partir de la fermentación de excrementos de vacas lecheras en la facultad de agronomía de la universidad nacional de la pampa, p. 7,8.

Hohlfed J. Sasse L. 1986. Production and utilization of biogás in rural areas of industrialized and developing countries. GTZ. Eschborn, Alemania.

Comisión Nacional de Energía, 1986

- Deublein D. y Steinhäuser A. 2008 « Biogas from Waste and Renewable Resources: An introduction » Wiley-VCH editors Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 447 págs.
- Sathianathan M. A. 1975 Biogas Achievement and Challenges Association of Voluntary Agencies and Rural Development, New Delhi: A multidisciplinary Reviewed by Andrew Barnett, Leo Pyle and Subramanian, The Biogas Technology in the third world.
- McCabe B.J. y Eckenfelder N.W. 1957 “Biological Treatment of Sewage and Industrial Wastes”. En: Vol. II “Anaerobic Digestion and Solids-Liquid Separation” New York. Reinhold Publishing. 330 pp.
- Bautista L J. 2011. Historia del Biogás. Región de Murcia, consejería de agricultura y agua. Marzo 2011.
- Corujeira A. y Duran J. 2004. Actividad metano génica y toxicidad de productos de la industria química, Instituto Nacional del Agua (INA).
- Elizondo D. 2005. El biodigestor. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 2005.
- Chávez C J, Cartolin E R, Villanueva U R, Cervantes O W. 2007. Biodigestores y el protocolo de kyoto. Lima 2007.
- Sogari, Noem. 2003. Cálculo de la producción de metano generado por distintos restos orgánicos. *Facultad de Cs. Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE*.
- Weiland P. (2002). Kontinuierliche Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen. VDI-Workshop. Vergärung organischer Stoffe. Düsseldorf.
- Ramírez S. 2009. Tratamiento anaerobio de desechos lácticos y estiércol de cabra. *INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 31 No. 1 APRIL 2011 (93-98)*
- Santos, P. 2000. *Guia técnico de biogás*. 117 p. Centro para a Conservación de Energía, Espinho. Portugal.
- Moniz O A, Andrade S A, Gusmão Q D, Everett VR. 2008. Manual de Capacitación en biodigestion (Winrock Internacional- Brasil).