

APROVECHAMIENTO DE BIOGAS PROVENIENTE DEL ABONO DE GANADO VACUNO DE UN ESTABLO UBICADO EN IXTAPALUCA ESTADO DE MEXICO.

Juan Carlos Doroteo Otlica, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U. Z, Área Disciplinaria: Ambiental, jcdoroteo@yahoo.com.mx

Descripción del trabajo. El presente trabajo tiene por objeto encontrar un uso adecuado de las excretas del ganado con el que cuentan en el establo Los Montaña ya que estas excretas son desechadas en terrenos baldíos a la intemperie, generando esto diferentes tipos de contaminación.

Introducción. Desde la revolución industrial los combustibles fósiles han constituido una gran parte de nuestros energéticos, sin embargo el crecimiento de la población ha dado lugar a que estos recursos se vean agotados, causando además un serio problema en el medio ambiente debido a los gases efecto invernadero. El biogás se transforma en energía eléctrica mediante procesos térmicos y biológicos. El proceso de gasificación en residuos orgánicos es el que atrae mayor interés debido a que tiene una mayor eficiencia comparado con la combustión.

El Biogás consiste principalmente de gas metano (55%-65%) producido por materia orgánica. Tiene la ventaja que a través de éste se puede generar energía eléctrica, iluminación, calor y potencia mecánica; el tren metropolitano regiomontano (metro) es el primer transporte colectivo de su tipo en México que utiliza energía generada a través de residuos sólidos para desplazarse. La energía eléctrica utilizada es generada a partir de los gases producidos en la descomposición de los residuos orgánicos de un relleno sanitario ubicado en el municipio de Salinas Victoria en el estado de Monterrey, México.

Ubicación geográfica. El establo en donde será aplicado el proyecto de tesis está ubicado en la población de Río Frío, Municipio de Ixtapaluca, Estado de México.

Río Frío se localiza en el extremo este del Estado de México y casi en los límites con el estado de Puebla, en las coordenadas geográficas 19° 21' 09" N, 98° 40' 11" O / y a una altitud de 2,980 metros sobre el nivel del mar; sus principales vías de comunicación son la Carretera Federal 150 o carretera libre México-Puebla y la Carretera Federal 190 o Autopista México-Puebla.

Se encuentra ubicado en una región de clima frío con temperaturas medias que van desde 0 °C a 25 °C.



Figura1- Vista Satelital de la ubicación del poblado de Río Frío Estado de México.

Resultados y discusión. Una vez que se obtiene el producto que en este caso el Biogás producido por las excretas se procedió a llevar a cabo un análisis para determinar la composición porcentual de Metano (CH₄) y Dióxido de Carbono (CO₂) que son sus principales componentes y básicamente de Metano (CH₄) que es el componente que proporciona el poder calorífico al Biogás (figura 6.3).

Tabla 6.3 Porcentaje de Metano, Dióxido de Carbono y otros Gases en la muestra de biogás.

Elemento	Porcentaje
Metano	50 %
Dióxido de Carbono	45 %
Acido Sulfhídrico	2.5%
Nitrógeno	2.5 %

Conclusiones. El Biogás producido por las excretas de ganado cumple con el porcentaje mínimo del 50% de contenido de metano marcado por Dr. José Antonio Guardado Chacón.

El estudio muestra un valor económicamente atractivo para la aplicación de este sistema, además de que presenta beneficios incuantificables en el aspecto ambiental, que van de acuerdo al desarrollo sustentable.

Palabras clave: Biogás, Biodigestor.

Referencias.

Guardado J. (2006), *Tecnología del Biogás*, Cubasolar, La Habana.

APROVECHAMIENTO DE BIOGAS PROVENIENTE DEL ABONO DE GANADO VACUNO DE UN ESTABLO UBICADO EN IXTAPALUCA ESTADO DE MEXICO.

Juan Carlos Doroteo Otlica, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura U. Z, Área Disciplinaria: Ambiental, jcdoroteo@yahoo.com.mx

Introducción. Desde la revolución industrial los combustibles fósiles han constituido una gran parte de nuestros energéticos, sin embargo el crecimiento de la población ha dado lugar a que estos recursos se vean agotados, causando además un serio problema en el medio ambiente debido a los gases efecto invernadero. El biogás se transforma en energía eléctrica mediante procesos térmicos y biológicos. El proceso de gasificación en residuos orgánicos es el que atrae mayor interés debido a que tiene una mayor eficiencia comparado con la combustión.

El Biogás consiste principalmente de gas metano (55%-65%) producido por materia orgánica. Tiene la ventaja que a través de éste se puede generar energía eléctrica, iluminación, calor y potencia mecánica; el tren metropolitano regiomontano (metro) es el primer transporte colectivo de su tipo en México que utiliza energía generada a través de residuos sólidos para desplazarse. La energía eléctrica utilizada es generada a partir de los gases producidos en la descomposición de los residuos orgánicos de un relleno sanitario ubicado en el municipio de Salinas Victoria en el estado de Monterrey, México.

Justificación. Desde la revolución industrial los combustibles fósiles han constituido una gran parte de nuestros energéticos, sin embargo el crecimiento de la población ha dado lugar a que estos recursos se vean agotados, causando además un serio problema en el medio ambiente debido a los gases efecto invernadero.

El aumento del precio de los combustibles fósiles y los esfuerzos por reducir este tipo de emisiones que producen el efecto invernadero han producido un interés considerable en las fuentes de energía renovables. México tiene que aprovechar su potencial energético proveniente del viento, el sol, la biomasa, la fuerza del agua tanto en corrientes como en embalses (energía hidroeléctrica), y el calor de la tierra proveniente del subsuelo (energía geotérmica).

La energía renovable abre una gran oportunidad para contribuir a nuestra seguridad energética, a la vez que nos sumamos al esfuerzo global del combate al cambio climático. La constante disminución de gas debido a su indiscriminada extracción plantea la necesidad de enfocar los recursos técnicos en fuentes de generación alterna y renovable.

Una de ellas es el biogás, recurso renovable cuyo potencial no ha sido explotado en su totalidad. En el desarrollo de la presente investigación se diseñó un biodigestor anaerobio el cual se instaló en un establo llamado "Los Montaño" en el municipio de Ixtapaluca Estado de México, ante lo cual permitió lo siguiente.

- Disminuir costos en la obtención de energía.
- Disminuir la contaminación visual y ambiental a nivel local del establo producida por las excretas.
- Disminuir la contaminación visual y ambiental a nivel regional producida por las excretas.

Aprovechar las excretas producidas por el ganado en el establo "Los Montaño".

Historia del Biogás. Las primeras menciones del Biogás se ubican en el año de 1600, cuando fue identificado por varios científicos como un gas proveniente de la descomposición de la materia orgánica. Posteriormente, en el año 1890 se construye el primer biodigestor a escala real en la India, y en 1896, en Inglaterra las lámparas de alumbrado público eran alimentadas por el gas recolectado de los digestores que fermentaban los lodos cloacales de la ciudad.

Tras las guerras mundiales comienza a difundirse en Europa las llamadas fábricas productoras de Biogás cuyo producto se empleaba en tractores y automóviles de la época.

En todo el mundo se difunden los denominados tanques Imhoff para el tratamiento de aguas cloacales colectivas. El gas producido se utilizó para el funcionamiento de las propias plantas, en vehículos municipales y en algunas ciudades con lo que se llegó a inyectar en la red de gas comunal.

En los últimos 20 años se han tenido fructíferos resultados en cuanto a descubrimientos sobre el funcionamiento del proceso microbiológico y bioquímico, a través del material de laboratorio, que permitieron el estudio de los microorganismos que intervienen en condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno) para producir biogás.

Definición de Biogás. Es un gas que consiste principalmente en el gas metano (55%-65%) producido por la digestión anaeróbica (en la ausencia del oxígeno molecular) de materia orgánica (figura 1.1).



Figura 1.1. La composición del Biogás.

Fuente: Producción de biogás con fines energéticos, (Contreras, 2006).

Este gas se conoce por varios nombres, dependiendo de dónde se forma, dado que la digestión anaeróbica es muy frecuente en los humedales se le pone el nombre gas de pantano. Sin embargo, no importa donde se forme, todo biogás se produce con las mismas reacciones químicas para tener casi la misma composición gaseosa tablas 1.1 y 1.2.

Tabla 1.1 Elementos que contiene el biogás.

Componente	Concentración por Volumen	Características
Metano (CH ₄)	55%	Explosivo
Bióxido de Carbono (CO ₂)	35%	Acidez
Hidrogeno (H ₂)	<5%	Explosivo
Oxígeno (O ₂)	<5%	Inocuo
Mercaptanos (CH ₃ S)	1.1%	Mal olor
Acido Sulhídrico (H ₂ S)	<2%	Mal olor, Corrosivo

Fuente: Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V. Aprovechamiento de los desechos sólidos municipales para la generación de Energía Eléctrica, 2008.

Tabla 1.2 Las características del Biogás.

Características	CH ₄	CO ₂	H ₂ -H ₂ S	Otros	Biogás 60/40
Proporciones % volumen	55-70	27-44	1	3	100
Valor calórico mj/m ³	35,8	-	10,8	22	21,5
Valor calórico kcal/m ³	8600	-	2581	5258	5140
Ignición % en aire	5-15	-	-	-	6-12
Temp. Ignición en °C	650-750	-	-	-	650-750
Presión crítica en mpa	4,7	7,5	1,2	8,9	7,5-8,9
G/l	0,7	1,9	0,08	-	1,2
Densidad relativa	0,55	2,5	0,07	1,2	0,83
Inflamabilidad vol. en % aire	5-15	-	-	-	6-12

Fuente: Producción de biogás con fines energéticos, (Contreras, 2006).

El biogás con su alto contenido de metano, es una fuente de energía que puede usarse para cocinar, iluminar, generar calor y electricidad generando biogás.

VENTAJAS, DESVENTAJAS Y USOS DEL BIOGÁS

Ventajas del Biogás.

- La fermentación anaeróbica de la materia orgánica produce un residuo de excelentes propiedades fertilizantes y esto le trae beneficios al suelo, similares a los que se alcanzan con cualquier otra materia orgánica. Es decir, actúa como mejorador de las características físicas, facilitando la aireación, aumentando la capacidad de retención de humedad, la capacidad de infiltración del agua y la capacidad de intercambio catiónico.
- Actúa como fuente de energía y nutrientes para el desarrollo de núcleos microbianos que mejoran la solubilidad de los compuestos minerales del suelo. En este sentido presenta ventajas sobre el uso directo de la materia orgánica.
- Depuración ambiental y ecológica (contaminación, calentamiento global).
- Fertilizantes de gran calidad.
- Por medio de esta técnica se contribuye a la prolongación de la vida útil de las reservas con que se cuenta.
- La materia prima es existente en cualquier lugar.
- Evita la dependencia energética del exterior.
- Se Tiene gran excedente de materia prima disponible.
- Se disminuyen las emisiones nocivas que crean el efecto invernadero.
- La materia prima es un recurso doméstico, que no está afectado por fluctuaciones de precio a nivel mundial o/a por las incertidumbres producidas por las fuentes de combustibles importados.

Desventajas del Biogás. La actividad metabólica involucrada en el proceso metanogénico se ve afectada por diversos factores. Debido a que cada grupo de bacterias que interviene en las distintas etapas del proceso responde en forma diferencial a esos cambios, no es posible dar valores cuantitativos sobre el grado que afecta cada cambio a la producción de gas en forma precisa.

Entre los factores más importantes, pueden considerarse los siguientes:

- Tipo de sustrato (nutrientes disponibles).
- Temperatura del sustrato; la carga volumétrica.
- Tiempo de retención hidráulico.
- Nivel de acidez (PH).
- Relación Carbono/Nitrógeno.
- Concentración del sustrato; el agregado de inoculantes.
- Grado de mezclado.
- Presencia de compuestos inhibidores del proceso.

Usos del Biogás. En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural. La figura 1.2 resume las posibles aplicaciones.

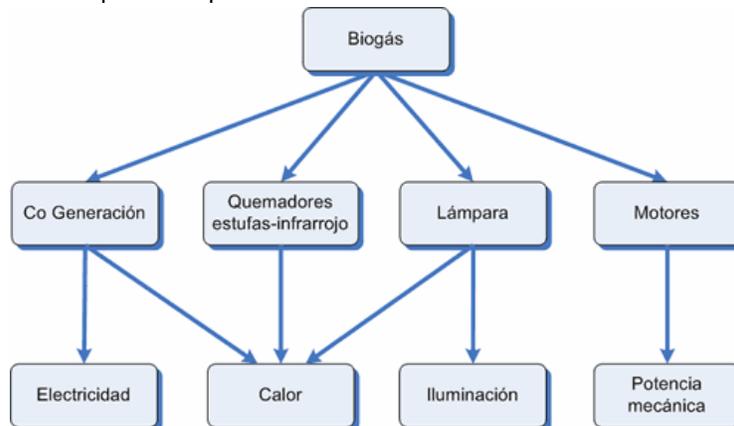


Figura 1.2 Diferentes aplicaciones del biogás.

Fuente: Energías renovables para el desarrollo sustentable en México, Secretaría de Energía, México, 2006.

Disponibilidad de Materia Prima. Las materias primas fermentables son muy abundantes ya que se incluyen dentro de un amplio panorama a los excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (producción de alcohol, procesamiento de frutas, verduras, lácteos, carnes, alimenticias en general), restos de cosechas y basuras de diferentes tipos, como los efluentes de determinadas industrias químicas.

A modo ilustrativo se expone directamente en la tabla 1.4 las cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento en gas de los mismos tomando como referencia el kilogramo de sólidos volátiles.¹

Tabla 1.4. Cantidades de estiércol por diversos animales en rellenos sanitarios.

Especie.	Peso vivo.	Kg Estiércol/día.	L/kg.	% CH ₄ .
Cerdos.	50	4,5 -6	340 - 550	65 -70
Vacunos.	400	25 - 40	90 - 310	65
Equinos.	450	12 - 16	200 - 300	65
Ovinos.	45	2,5	90 - 310	63
Aves.	1.5	0,06	310 - 620	60
Caprinos.	40	1,5	110 - 290	-

Fuente: Proyecto para la obtención de biogás a partir de estiércol, (García, 1986, datos actualizados a 2008).

Tipo de Biodigestores. Los biodigestores se pueden separar en:

- Alimentación por lote.
- Alimentación continua.

Biodigestores de Alimentación por Lote. Con los biodigestores en lotes, se pone una carga completa de materias primas (mezcla de abono y agua) en el biodigestor que se sella y se deja que fermente, en tanto se produzca biogás. Cuando la producción de biogás se haya terminado, se vacía el biodigestor y se vuelve a llenar con un nuevo lote de materias primas.

Biodigestores de Alimentación Continua. En el caso de los biodigestores de carga continua se agrega una pequeña cantidad de materias primas cada día, poco más o menos. De este modo, el índice de producción, tanto de biogás como sedimentos, es más o menos continuo y digno de confianza. Los biodigestores de carga continua son especialmente eficientes cuando las materias primas consisten en un suministro regular de desechos fácilmente digeribles, procedentes de fuentes, tales como estiércol de animales, plantas marinas, vegetación, o algas de estanques de producción.

Ubicación geográfica. El estable en donde será aplicado el proyecto de tesis está ubicado en la población de Río Frío, Municipio de Ixtapaluca, Estado de México.

Río Frío se localiza en el extremo este del Estado de México y casi en los límites con el estado de Puebla, en las coordenadas geográficas 19° 21' 09" Norte, 98° 40' 11" Oeste y a una altitud de 2,980 metros sobre el nivel del mar; sus principales vías de comunicación son la Carretera Federal 150 o carretera libre México-Puebla y la Carretera Federal 190 o Autopista México-Puebla.

Se encuentra ubicado en una región de clima frío con temperaturas medias que van desde 0 °C a 25 °C.

¹ Proyecto para la obtención de biogás a partir de estiércol, García Ovando Fernando, Instituto Politécnico Nacional, México, 1986, pág. 35, datos actualizados a 2008.



Figura1.3 Vista Satelital de la ubicación del poblado de Rio Frio Estado de México.

Metodología. En la figura 1.4 se puede ver un diagrama de la metodología que se siguió en el proyecto.



Figura1.4 Metodología.

Caracterización de Excretas. Para Determinar la composición química de las excretas del ganado vacuno que servirán como materia prima para la producción de biogás se realizaron las siguientes pruebas de laboratorio:

- Porcentaje de carbono orgánico total.
- Densidad real de la muestra.
- Densidad aparente de la muestra.
- Porosidad.
- Porcentaje de humedad.
- Cantidad de materia orgánica.
- Cantidad de Nitrógeno.
- Cantidad de Fosforo.
- pH.
- Demanda química de Oxígeno (DQO).
- Relación Agua - Excretas.

Parámetros del diseño. Para el diseño del biodigestor se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- a) La cantidad de biogás mensual necesaria para cumplir con los objetivos dados en este proyecto que son un generador de energía eléctrica, una estufa y un calentador, todos trabajando con Biogás:
El principal objetivo de este proyecto es obtener una producción de biogás que pueda cubrir al menos el 50% del consumo mensual de energía de la finca.
- b) La cantidad de estiércol de ganado vacuno requerido para la generación diaria de biogás:
En la finca existen 80 cabezas de ganado vacuno, la producción mínima diaria de estiércol de cada animal tomando en cuenta la tabla 1.5 es 10 Kg/día, da un total de 800 Kg de estiércol.

Tabla 1.5 Producción de estiércol de varios tipos de animales.

Tipo de animal	Producción de estiércol
Vacas	10 a 15 Kg/día
Búfalos	15 a 20 Kg/día
Cerdos	2.5 a 3.5 Kg/día
Gallinas	90 g/día

Fuente: Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Guidebook on Biogas Development, Energy Resources Development Series Nº. 21, New York 1980.

c) Las dimensiones del digestor:

Las dimensiones son determinadas en base al tiempo de retención y la cantidad de estiércol suministrada al digestor.

d) Cantidad del efluente removido cada día:

El efluente removido depende de la cantidad de estiércol introducido y de la cantidad de gas producido diariamente.

e) Temperatura:

El establo tiene la desventaja de encontrarse en una zona fría con una temperatura promedio de 15 °C, por lo que se trabajara en primavera y verano cuando la temperatura promedio aumenta a 22 °C.

f) Tiempo de digestión anaerobia (TD):

Para obtener una buena digestión anaeróbica, el tiempo de digestión debe ser de 30 días, como se observa en la tabla 1.6.

Tabla 1.6. Tiempos de digestión anaerobia en materia prima.

Materia prima.	T.D.
Estiércol vacuno líquido.	20 -30 días.
Estiércol porcino líquido.	15 -25 días.
Estiércol aviar líquido.	20 -40 días.

Fuente: Plantas de biogás de pequeñas dimensiones para fincas lecheras, Vázquez Duraña Omar., Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba, 2002, sin editorial, pág. 53.

Selección del sitio. En cada lugar donde un digestor es instalado, se debe hacer una cuidadosa selección de sitio. Los factores que influyen en la decisión son:

- a) Debe estar cerca donde el gas será usado, para usar la menor cantidad de tubería.
- b) Debe estar cerca del suministro de la materia prima o estiércol.
- c) Debe estar cerca al lugar donde el efluente pueda ser almacenado.
- d) Debe estar por lo menos de 10 a 15 metros de distancia de alguna fuente de agua, para evitar alguna clase de contaminación.
- e) Debe estar en un lugar donde este expuesto a los rayos del sol para mantener al digestor caliente y cubierto con una camisa de fibra de vidrio para evitar pérdidas de calor por la noche.

análisis del biogas. Una vez que se obtiene el producto que en este caso el Biogás producido por las excretas se procedió a llevar a cabo un análisis para determinar la composición porcentual de Metano (CH₄) y Dióxido de Carbono (CO₂) que son sus principales componentes y básicamente de Metano (CH₄) que es el componente que proporciona el poder calorífico al Biogás.

Para estos análisis se solicitó el apoyo del departamento de Biotecnología del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) en la separación de los diferentes gases que componen el Biogás producido, para esto se usó un cromatógrafo de Gases:

Modelo: Clarus 500

Marca: Perkin Elmer Precisely (Figura 1.5).



Figura 1.5. Cromatógrafo de Gases Perkin Elmer.

Fuente: <http://www.perkinelmer.com/>.

Resultados y discusión. Una vez que se obtiene el producto que en este caso el Biogás producido por las excretas se procedió a llevar a cabo un análisis para determinar la composición porcentual de Metano (CH_4) y Dióxido de Carbono (CO_2) que son sus principales componentes y básicamente de Metano (CH_4) que es el componente que proporciona el poder calorífico al Biogás (figura 1.7).

Tabla 1.7 Porcentaje de Metano, Dióxido de Carbono y otros Gases en la muestra de biogás.

Elemento	Porcentaje
Metano	50 %
Dióxido de Carbono	45 %
Acido Sulfhídrico	2.5%
Nitrógeno	2.5 %

Conclusiones. La producción de 250 kg de excretas de ganado vacuno generadas en el establo son factibles de ser aprovechadas en la localidad para una producción de 5 m³ Biogás al día, dado que en el establo efectivamente se genera esta cantidad de excretas y de acuerdo al giro del negocio del propietario puede generarse una cantidad mayor confirmamos que se generaría por lo menos los 5 m³ de Biogás al día esperada.

Hay diversas razones por las que tenemos la certeza de cumplir con la producción esperada, entre las más importantes se encuentran:

- La continua e ininterrumpida generación de excretas de ganado vacuno producidas en el establo.
- La disponibilidad de estas.
- La buena calidad de las excretas dado su elevado contenido de materia orgánica, superior al 85%.

El Biogás producido por las excretas de ganado cumple con el porcentaje mínimo del 50% de contenido de metano marcado por Dr. José Antonio Guardado Chacón integrante de la junta directiva de Cubasolar, a cargo de la promoción de la tecnología del biogás en Cuba.

El estudio muestra un valor económicamente atractivo para la aplicación de este sistema en el establo en cuestión, ya que el ahorro económico por dejar de comprar un tanque de gas mensual, además de que presenta beneficios incuantificables en el aspecto ambiental, que van de acuerdo al desarrollo sustentable.

Palabras clave: Biogás, Biodigestor.

Referencias.

- Contreras L. (2006), *Producción de Biogás con Fines Energéticos*, México.
- Guardado J. (2006), *Tecnología del Biogás*, Cubasolar, La Habana.
- Sistemas de Energía Internacional S.A. de C.V., (2002), *Aprovechamiento de los desechos sólidos municipales para la generación de Energía Eléctrica*, México.
- Secretaria de Energía, (2006), *Energías renovables para el desarrollo sustentable en México*, México.
- García O. F. (1986), *Proyecto para la obtención de biogás a partir de estiércol*, Instituto Politécnico Nacional, México, pág. 35, datos actualizados a 2008.
- Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, (1980), *Guidebook on Biogas Development, Energy Resources Development*, Series N°. 21, New York.
- Vázquez D. O. (2002), *Plantas de biogás de pequeñas dimensiones para fincas lecheras*, Ciencias Técnicas Agropecuarias, Cuba, sin editorial, pág. 53.