

EFICACIA DEL ESTIÉRCOL BOVINO COMO MATERIA PRIMA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Jeny Ventura¹

RESUMEN. La investigación sobre el aprovechamiento del estiércol bovino para la producción de biogás fue realizada entre los meses de octubre de 2010 a marzo de 2011. Se seleccionó la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales Aurora II, "Ing. Arturo Pazos" como lugar de la investigación. Se estudiaron y analizaron los diferentes tipos de biodigestores y se optó por el biodigestor tubular de polietileno por ser el más adecuado para llevar a cabo la investigación. Se diseñó un biodigestor de 5 m de largo y 1,20 m de diámetro para una carga diaria de 18,90 kg de mezcla (estiércol más agua), luego de instalarlo, se puso en marcha. La producción de biogás proyectada fue de 0,61 m³ por día encontrándose que había una producción extra de 0,37 m³ por día. Se analizaron ciertas variables que influyen en la producción de biogás como la temperatura, contenido de sólidos, nutrientes, relación carbono/nitrógeno y el pH. Se encontró que las variables mencionadas interfieren directamente en la producción diaria de biogás y que deben monitorearse periódicamente. El proceso de digestión anaerobia que ocurre dentro de un biodigestor deja como residuo un biofertilizante pero en este caso se encontró que aunque el efluente no se puede considerar como biofertilizante por ser pobre en su contenido de nutrientes, si es una fuente natural de aporte de nutrientes a los suelos.

PALABRAS CLAVE: Biogás, digestión anaerobia, biodigestores, temperatura, relación carbono/nitrógeno, biofertilizante, nutrientes del suelo.

ABSTRACT. The research on the use of cattle manure for biogas production was carried out between the months of October 2010 to March 2011. The research was run at the residual water treatment plan "Eng. Arturo Pazos." First, it was explored the different types of bio-digesters. By the analysis it was considered the polyethylene tubular bio-digester as the most appropriate one for the research. It was designed, constructed and run a bio-digester of 5,0 m long and 1,2 m diameter for a daily load of 18,9 kg of mixture (manure and water). It was projected a daily of biogas production of 0.61 m³; and it was found an overproduction of 0.37 m³ per day. Certain variables that influence the production of biogas such as temperature, content of solids, nutrients, carbon/nitrogen ratio and pH were analyzed. It was found that the above-mentioned variables influence the daily biogas production directly, so they should be monitored regularly. The process of anaerobic digestion occurring within a bio-digester leaves a bio-fertilizer as a residue. However, it cannot be considered as a bio-fertilizer, since it is poor in nutrient content. But still it is a natural source of nutrients for the soil.

KEY WORD: Biogas, anaerobic digestion, bio-fuels, temperature, carbon/nitrogen, bio-fertilizer, soil nutrients.

INTRODUCCIÓN

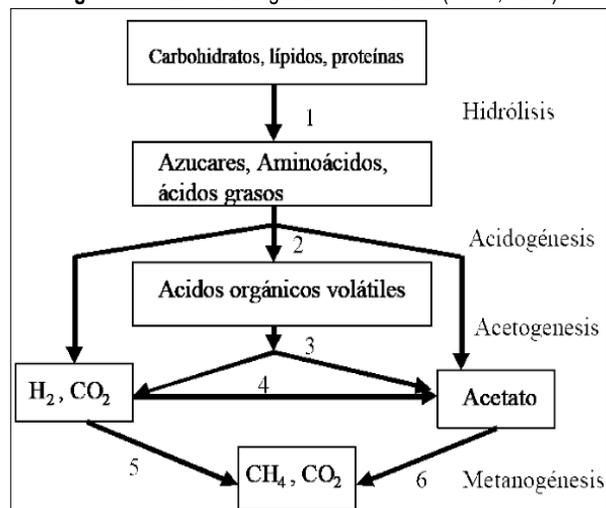
Los residuos orgánicos agroganaderos constituyen un problema de gran importancia en Centro América, pues en grandes cantidades pueden contaminar ríos y aguas superficiales, si no se toman las precauciones necesarias. (Reporte Nacional de Manejo de Residuos en Guatemala, 2004)

Si estos residuos llegan a los ríos o cuerpos de agua estáticos como lagos, el nitrógeno y el fósforo contenido en el estiércol pueden sobrefertilizar las algas, fenómeno conocido como eutrofización. Cuando crecen exageradamente, las algas consumen gran cantidad de oxígeno en el agua asfixiando los ecosistemas acuáticos. (Primer simposio de cianobacterias, Guatemala 2010).

El biogás es una mezcla gaseosa combustible que nace de la digestión anaeróbica (fermentación microbiana) de materia orgánica de origen vegetal y animal (biomasa). Para que el proceso tenga lugar es necesaria la intervención de distintos grupos de microorganismos capaces de transformar la materia orgánica en compuestos intermedios, principalmente ácido acético, anhídrido carbónico e hidrógeno, utilizables por los microorganismos metanógenos que concluyen el proceso produciendo el metano. (Selco MC, 2003).

El proceso de digestión se divide en tres etapas involucrando en cada una, un grupo específico de microorganismos (National academy of sciences, 1977), estas son: etapa hidrolítica, etapa productora de ácidos o acetogénica, etapa metanogénica. (Ver Figura 1)

Figura 1. Fases de la Digestión Anaeróbica (Biava, 1988).



Debido a sus características el biogás puede ser utilizado para fines energéticos (Ver Tabla 1). Tiene un poder calorífico que está entre los 4500 y 6500 Kcal/m³ (Plantas de Biogás, s.f), fácilmente puede reemplazar a los combustibles tradicionales.

Tabla 1. Composición del Biogás (Biava, 1988).

COMPONENTES	%
Metano (CH ₄)	50-70
Dioxido de Carbono (CO ₂)	30-50
Nitrógeno (N ₂)	0-3
Ácido Sulfhídrico (H ₂ S)	0-1
Monóxido de Carbono (CO)	0-1.5
Vapor de agua	Variable

El biogás es un poco más liviano que el aire, posee una temperatura de inflamación de alrededor de 700°C. La temperatura de la llama alcanza los 870°C. En cuanto a su poder calorífico, este aumenta proporcionalmente con el porcentaje de metano presente, que a la vez aumenta con el tiempo de retención en los biodigestores. Para lapsos de retención cortos el contenido de metano se reduce hasta en un 50%. Con un contenido de metano menor a un 50%, el biogás deja de ser inflamable. (United nations environment programme, 1981).

Variables en la Producción de Biogás

Temperatura

La temperatura en que se realiza el proceso de digestión anaeróbica varía entre los 15°C y 60°C. Los microorganismos metanogénicos son muy sensibles a los cambios de temperatura, un cambio brusco de temperatura sobre 3°C puede afectar gravemente la producción de biogás. (Fuenzalida, 1995)

Para el desarrollo óptimo del proceso se distinguen tres rangos: Psicrófilo, Mesófilo y Termófilo. (Flors, 1981).

Psicrófilo: Se desarrolla bajo los 20°C, la producción de biogás en este rango es baja, siendo casi cero al llegar a los 10°C. (RILLING, 1985).

Mesófilo: Se desarrolla entre los 25°C y 40°C, las bacterias desarrolladas en este rango, son de rápida reproducción y la mayoría de los desechos orgánicos se pueden digerir en este rango para la producción de biogás. La temperatura óptima para este rango es de 35°C. (Fuenzalida, 1995).

Termófilo: Se desarrolla entre los 50°C y 60°C, este es el rango de mayor producción de biogás y en el menor tiempo, pero debido a la alta sensibilidad de

las bacterias termofílicas, este rango es usado solo en instalaciones a nivel industrial. (Fuenzalida, 1995).

Acidez

Determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás, habiéndose encontrado un valor óptimo de pH entre 6,6 y 7,6. Fuera de estos rangos la producción de metano puede incluso detenerse (Biava, 1988).

Contenido en sólidos

Se suele operar en mejores condiciones con menos de 10% en sólidos, lo que explica que la biomasa más adecuada sea la de alto contenido de humedad. (Universidad nacional del nordeste, 2000).

Nutrientes

Para el crecimiento y la actividad de las bacterias, éstas deben disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales. (Universidad nacional del nordeste, 2000).

Relación Carbono/Nitrógeno

Para lograr una máxima producción de biogás, se requiere una proporción adecuada de micro y macronutrientes. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno forma las nuevas cadenas de las bacterias metanogénicas. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima es del orden de 30:1. (Biava, 1988). Si hay exceso de nitrógeno, se produce amoniaco en grandes cantidades el cual es un inhibidor, si por el contrario existe poco nitrógeno las bacterias no se multiplican y por lo tanto se limitará la producción de biogás. (Currie, 1991).

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló entre octubre de 2010 y marzo de 2011. Primero se caracterizó y cuantificó el estiércol disponible. Seguidamente se analizaron los tipos de biodigestores y se seleccionó el más conveniente para hacer el modelo experimental. Luego se diseñó un biodigestor tubular de polietileno de 5 m de longitud y 1,20 m de diámetro, se instaló y se puso en marcha con una carga inicial de 8 quintales de mezcla (estiércol más agua) en una relación 3:1. Los días siguientes se cargó diariamente con 56,7 kg de mezcla.

La etapa siguiente de la investigación consistió en analizar la composición del efluente en el laboratorio de suelo-planta-agua "Salvador Castillo Orellana" de la facultad de agronomía de la USAC así mismo se monitoreó la temperatura ambiental diariamente durante 35 días comenzando el 28 de febrero y finalizando el 15 de abril, la producción de biogás

durante 35 días comenzando el 28 de febrero y finalizando el 15 de abril, la producción de biogás durante 35 días, desde el 28 de febrero al 18 de marzo, cuantificando las horas de quemado y del 21 de marzo al 15 de abril mediante la instalación de un gasómetro artesanal.

RESULTADOS

El tiempo de retención para la producción de biogás fue inferior al tiempo de retención esperado el cual era de 54 días y se redujo a 15 días y este resultado está directamente relacionado a las condiciones climáticas del lugar específicamente la temperatura ambiental.

Según las temperaturas obtenidas el proceso de digestión anaerobia se llevó a cabo en un rango *Psicrófilo* con un temperatura promedio de 20°C.

En el monitoreo realizado sobre la producción de biogás contabilizando las horas de quemado se encontró que el biodigestor produce de 4 a 6 horas de biogás por día, lo cual fue suficiente para la cocción de los alimentos de una familia de 3 a 5 miembros. (Ver Figura 2)

En el monitoreo de la producción extra de biogás haciendo uso del gasómetro se determinó que en el biodigestor hay un promedio de 0,37 m³/día de producción extra de biogás equivalente en promedio a una producción total de biogás de 0,98 m³/día, con un rango entre 0,92 m³/día y 1,16 m³/día, lo cual es muy bueno considerando que la producción de diseño fue de 0,61 m³/día.

El monitoreo indica que la producción de biogás es más o menos constante, con pequeñas variaciones

que se dieron en los días en que la temperatura ambiente del lugar bajó uno o dos grados.

El pH obtenido fue de 9,1 lo cual se considera ácido ya que como regla general, un reactor debe estar operando en un medio neutro para asegurar que las condiciones sean las adecuadas para mantener las bacterias metanogénicas en un ambiente idóneo para su supervivencia y reproducción. Sin embargo esto no afectó la actividad bacteriana. (Ver Tabla 2 y 3)

Se encontró que hay relación carbono/nitrógeno del orden de 29,3:1 en el material de carga y de 40,8:1 en el material de descarga lo cual es excelente ya que para lograr una máxima producción de biogás, se requiere una proporción adecuada de micro y macronutrientes. (Ver Tabla 2 y 3). El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno forma las nuevas cadenas de las bacterias metanogénicas. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima es del orden de 30:1. (Biava, 1988)

El contenido de nutrientes fue favorable para el crecimiento y actividad de las bacterias las cuales deben disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales. (Ver Tabla 2 y 3)

No se analizó el contenido de sustancias tóxicas como detergentes ya que se pudo observar que en el establo no se usa ninguna sustancia química que pueda contaminar la materia prima.

Tabla 2. Valores obtenidos en los análisis de la mezcla de carga (estiércol más agua).
[Análisis realizados en el laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana" de la USAC]

IDENT	pH	μS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	
M-1	9.3	2125	0.42	0.63	1.13	0.36	20	95	700	100	800	36.30	1.24	29.3 : 1

Tabla 3. Valores obtenidos en los análisis de la mezcla de salida (estiércol más agua biodigerido).
[Análisis realizados en el laboratorio de Suelo-Planta-Agua "Salvador Castillo Orellana" de la USAC]

IDENT	pH	μS /cm C.E.	%				ppm					%		C : N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	
M-1	9.2	2370	0.40	0.56	0.88	0.23	20	90	415	70	650	37.10	0.91	40.8 : 1

Se encontró que la producción de biogás es más o menos constante, con pequeñas variaciones que se dieron en los días en que bajó la temperatura ambiente del lugar. Haciendo uso del gasómetro se determinó que

en el biodigestor hay un promedio de 0,37 m³/día de producción extra de biogás equivalente en promedio a una producción total de biogás de 0,98 m³/día para una producción de diseño de 0,61 m³/día. (Ver Figura 3)

Figura 2. Variación de la producción de biogás según la temperatura. [Producción medida en horas de quemado]

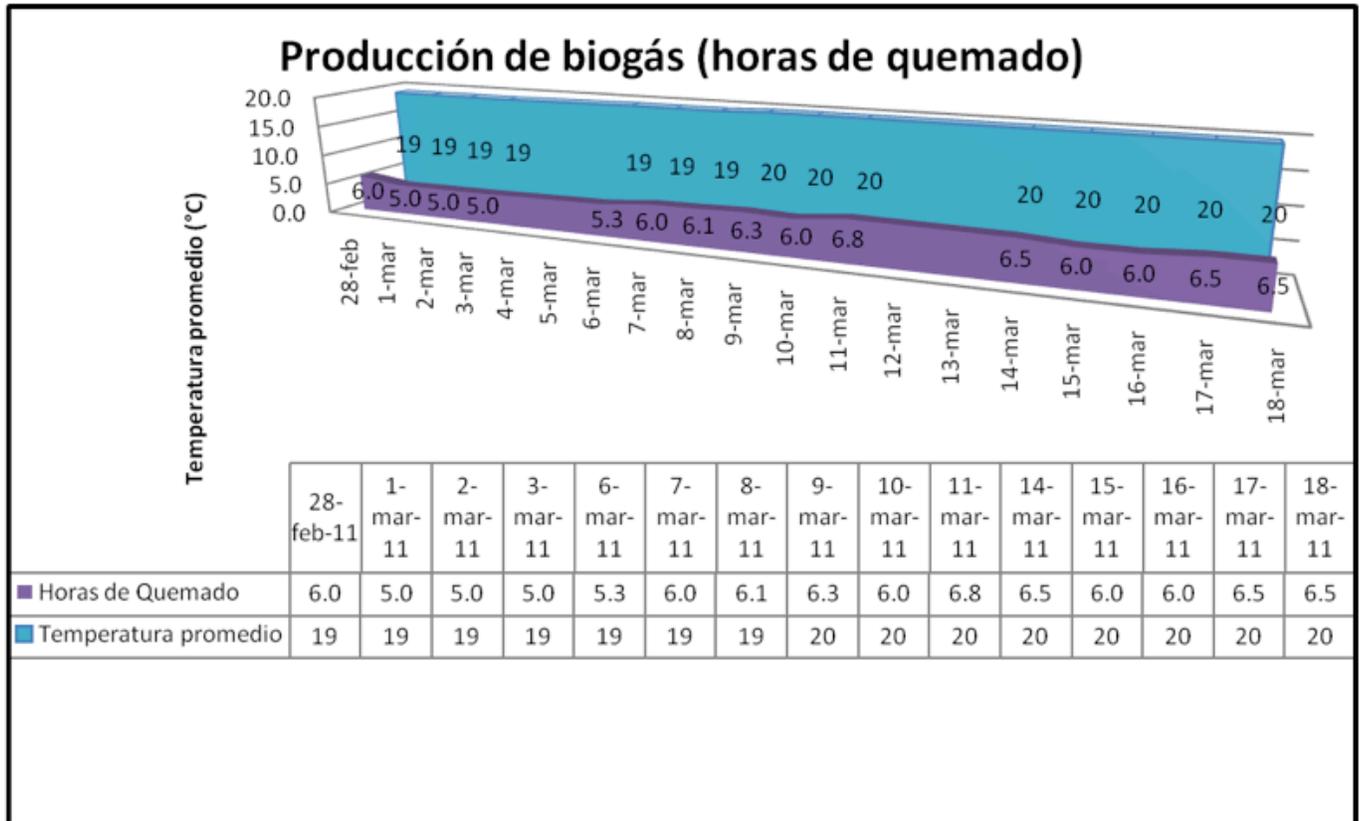
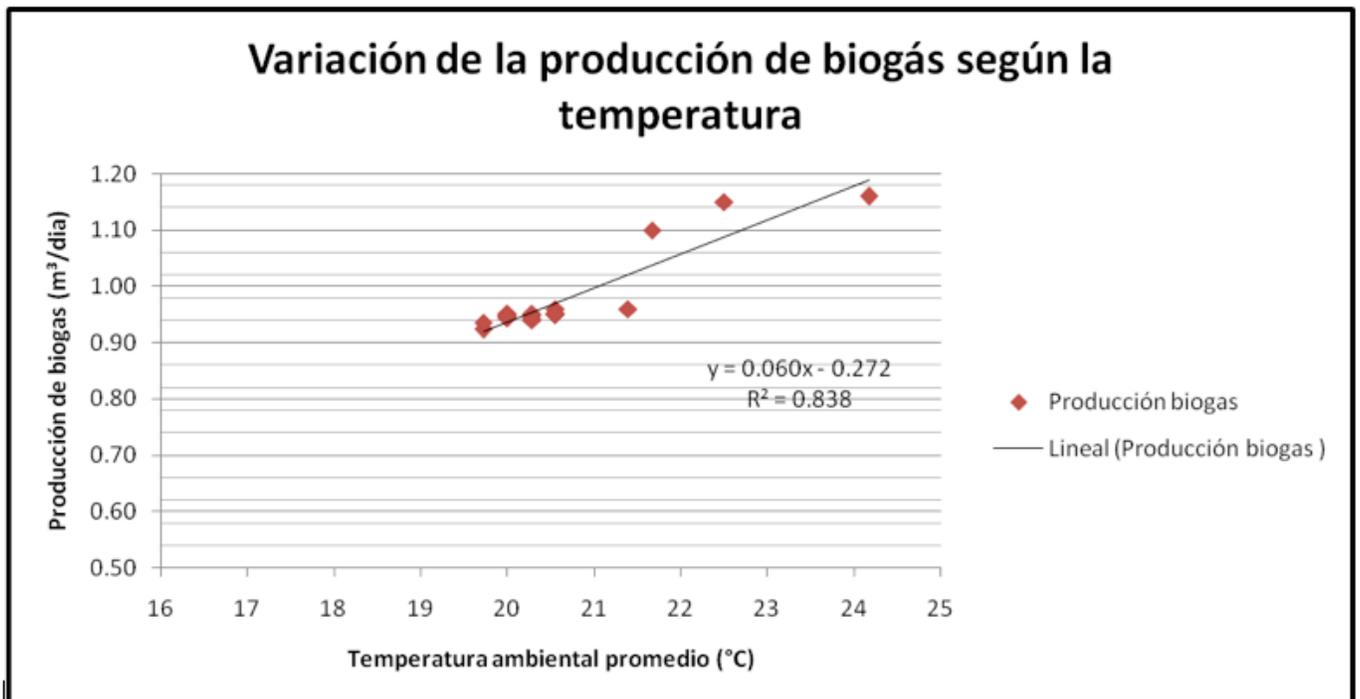


Figura 3. Variación de producción de biogás según la temperatura. [Producción medida en m³/día]



CONCLUSIONES

El contenido de nutrientes (N, P, K) en el estiércol varía considerablemente según la clase de ganado, la composición y calidad de los alimentos, condiciones y tiempo de conservación del estiércol, así como también el grado de su descomposición.

La producción de metano varía considerablemente según la composición del material orgánico suministrado lo cual indica que aunque el estiércol es eficaz como materia prima en la formación del metano se verá afectado por los factores ya mencionados como la calidad de los alimentos que ingiere el ganado, tiempo de conservación y el grado de descomposición.

La temperatura ambiental puede hacer variar el funcionamiento de un digestor, ya que pueden favorecer o impedir la generación de bacterias dentro del biodigestor por lo cual no todos los diseños de digestores funcionan de la misma manera en cualquier localidad ya que pueden verse afectados por las condiciones ambientales de cada lugar.

Considerando que un fertilizante orgánico completo contiene un promedio de nutrientes de N: 2,5, P₂O: 2,0 y K₂O: 3,0 se concluyó que el efluente analizado es muy pobre para calificarse como fertilizante orgánico pero es una buena fuente natural de aporte de nutrimentos a los suelos locales destinados al uso agrícola.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Deutscher Akademischer Austausch Dienst "DAAD" por su colaboración económica para la realización de esta investigación y al personal de la ERIS por el apoyo logístico y asesoramiento brindado.

REFERENCIAS

- MARTI HERRERO, JAIME. 2008. Biodigestores Familiares: Guía de Diseño y Manual de Instalación. GTZ Energía. Bolivia.
- B. A. YAGOUDIN, P. SMIRNAR, A.PETERBURGSKI, B. PLESHKOV. N. RESHETNIKOVA. 1986. Moscú. Agroquímica II. 73 p.
- VENTURA G., J. 2011. Disposición Final y Aprovechamiento del Estiércol Bovino para la Producción de Biogás. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de San Carlos de Guatemala. ERIS.
- C. BOTERO, R. 2006. Generación de Energía Eléctrica A Partir de Biogás. Costa Rica. Universidad EARTH.
- BIAVA N., M. 1988. Digestión Anaeróbica de Fecas de Conejos (*Oryctolagus Caniculus*) Para La Producción de Biogás. Tesis B. Valdivia, Univ. Austral de Chile, Fac. B. 94 P.