

Aprovechamiento del contenido gástrico ruminal vacuno generado en un rastro municipal pequeño

José Ramón Laines Canepa¹
José Aurelio Sosa Olivier²
Lucía Hernández Hernández³
María Martha Sandoval Arreola⁴

¹ Ingeniero Industrial Químico. Maestro en Ingeniería y Protección Ambiental. Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de sistemas Tropicales. Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

² Ingeniero Ambiental por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Profesor de la Universidad Autónoma de Guadalajara. Estudiante de la Maestría en Ciencias Ambientales.

³ Ingeniero Ambiental por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

⁴ Ingeniero Químico. Profesor en el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas.

Dirección (1): División Académica de Ciencias Biológicas, Km. 0.5 de la carretera Villahermosa - Cárdenas, entronque con Bosques de Saloya, Villahermosa, Tabasco, México. Tel (+52) 01 993 3392265. e-mail: josra_2001@yahoo.com.mx

II. Laines-México-1

MODALIDAD: ORAL

Palabras Claves: Biogás, Rastro municipal, Metano.

Introducción

La digestión anaerobia es una de las soluciones para el tratamiento de los residuos orgánicos que permite aprovechar la biomasa como fuente de energía renovable. Se obtienen compuestos altamente energéticos que pueden ser utilizados para la obtención de energía calorífica, o energía eléctrica. Desde el surgimiento del primer biodigestor, se han inventado y probado modelos de plantas de biogás con el objetivo de aumentar la eficiencia y reducir los costos (Kaiser *et al.*, 2002). El tipo de material de construcción es un factor importante. Poggio *et al.*, (2009), reportan que en 2007 se instalaron 13 biodigestores tubulares familiares (11 de polietileno y 2 de PVC), en la micro cuenca del Japón Mayo (Perú) y a finales de 2008 evaluaron el estado de los biodigestores, donde el 30% (solo polietileno) estaban en desuso, a consecuencia de ruptura en el plástico, por animales o envejecimiento. Pedraza *et al.*, (2002), mencionan que el tipo de material no afecta el comportamiento de los parámetros evaluados, la diferencia está en el costo del biodigestor. Se han utilizados diversos tipos de sustratos en la digestión anaerobia como residuos y subproductos de actividades agrícolas, forestales, industriales, estiércol de vacas, borregos, caballos, aves de corral, excrementos humanos, procesadora de carne e inclusive el jacinto de agua (Krishna *et al.*, 1991). Poco se ha escrito sobre el uso como sustrato del material ruminal gástrico vacuno (rumen) en la producción de biogás a escala real. Sólo se reporta como inóculo. Del Real *et al.*, (2007) y Fantozzi y Buratti (2009), lo han utilizado a nivel laboratorio como inóculo en la biodigestión de vinaza y cáscara de oliva respectivamente. Es una mezcla de material no digerido que tiene la consistencia de una papilla, de color verde oscuro y olor característico muy intenso cuando está fresco, además posee gran cantidad de flora y fauna microbiana (Trillos, 2006). Su manejo inadecuado, genera grandes problemas de contaminación por su alta carga orgánica. Alrawi *et al.*, (2011) mencionan que el fluido ruminal tiene una concentración de DQO de 54350 mg/l. Marcos *et al.*, (2012), realizó la degradación anaerobia de efluentes líquidos de mataderos de ganado bovino, inoculando con rumen vacuno, con una DQO inicial de 40500 mg/l y una DQO final de 10200 mg/l en 17 días, con una eficiencia de disminución del 75%. Alrawi *et al.*, (2011) obtuvo rangos de 90 a 92% de eficiencia de remoción de DQO. Los sólidos volátiles (SV), es la fracción de la materia orgánica capaz de volatilizarse (transformarse en biogás), Valencia *et al.*, (2011), reporta valores de 3973.1 mg/L mientras que Owens y Goetsch (1988), estiman valores entre 7 y 14%. Las cenizas, son compuestos minerales residuales que no son volatilizados. Trillos (2006), reporta valores de 2.86 a 3.55%. Uicab y Sandoval (2003), reportan humedad del 80% y un 27 % de ceniza. La temperatura es un factor que influye en la generación de biogás: cuanto más caliente el ambiente, mayor es la velocidad y el grado de fermentación de la materia orgánica (Asankulova, 2008). Dentro de todo biodigestor existen tres fracciones por diferencia de densidad, la *parte superior*, es una costra formada por grandes partículas y en el tiempo puede llegar a ser sólida, evitando la fluidez del biogás; la *parte media* de la fermentación, donde el líquido se acumula y la *parte inferior*, donde se ubica la fracción de lodos precipitados; las bacterias son más activas en la zona media y por lo tanto las fracciones en el digestor deben ser periódicamente mezcladas (Asankulova, 2008). La mezcla se puede hacer por medios mecánicos, medios hidráulicos (de recirculación en la acción de la bomba), bajo la presión de un sistema neumático o por los distintos métodos de auto-mezclado (Fantozzi y Buratti, 2009 y Cuetos *et al.*, 2010). En Tabasco, México, se ha generado muy poca información sobre el aprovechamiento de materiales orgánicos utilizando biodigestores. Lo anterior resulta paradójico ya que Tabasco es un estado del sureste mexicano donde se genera cantidades elevadas de materia orgánica y las características climatológicas son muy favorables para la degradación de la misma.

Objetivo

Aprovechar el contenido gástrico ruminal vacuno generado en un rastro municipal pequeño, mediante un biodigestor anaerobio tipo cúpula de flujo continuo, utilizando geomembrana de polivinilo de cloruro (PVC) y mezclado con un sistema de agitación hidráulica.

Metodología empleada

El proyecto se desarrolló en el rastro municipal del ejido el Moté, ubicado en Cunduacán, Tabasco, México (18°03'27.522"N y 93°13'03.12"O). La celda soporte del biodigestor, está sobre el nivel del suelo. Son

cuatro paredes de concreto, conforman un cubo de 14.8 X 3.6 X 1 m. El volumen interior de la celda es de 53.3 m³. Cuenta con registro de entrada, de concreto, de 0.80 X 1 X 0.4 m., conectado a la celda por un tubo de 1 m de longitud de PVC de 6", a un ángulo de 45°. La celda, que sirve como digestor, fue cubierta con una geomembrana de PVC de 1.5 mm. Cuenta con 4 Tubos de recirculación y extracción de sólidos de PVC de 1.30 m y 6" de diámetro, colocados tangencialmente al talud en un ángulo de 45°. La Cúpula está sellada a la celda térmicamente con un lienzo de geomembrana, de las mismas características, con un traslape de 20 cm que funciona como reservorio del biogás. El volumen del reservorio es de 110 m³. En la cúpula se instalaron dos tubos de PVC de con válvulas de paso, permiten muestrear y extraer el biogás. A uno de ellos, se conecta un filtro desulfurizador para 20,000 m³ de biogás energético^{MR}. El biodigestor se alimentó diariamente de contenido gástrico ruminal vacuno generado durante la matanza en el rastro municipal. Se pesó la biomasa sin filtrar la fibra y se mezcló con agua en proporción 4 a 1 (kg de agua: kg de rúmen). Esta cantidad de agua permite un mejor funcionamiento de la bomba de recirculación, ya que la fibra no obstruye la bomba. Se cargó el biodigestor con 6.5 toneladas de residuo, con un tiempo de retención que permitiera la reducción de DQO a un 90 %, para después de este tiempo, tener flujo continuo de carga y descarga diaria a una laguna de estabilización. Cada tercer día, se realizaba una agitación del sustrato con ayuda de una bomba de agua autocebante de 13 HP a través de los tubos de recirculación y extracción de sólidos, por periodos de tiempo de 30 minutos a 3450 rpm. La secuencia de recirculación era, 15 minutos de tubo a tubo colocados a los extremos y 15 minutos de tubo a tubo colocados en medio. Al inicio, del proceso, se determinó el % de Humedad (NMX-AA-016-1984), % de Sólidos Volátiles (NMX-AA-016-1984) y % de Cenizas (NMX-AA-018-1984). La DQO, se determinó al inicio, a la mitad y al final del proceso del llenado total de la cúpula mediante un equipo reactor HANNA^{MR} HI839800 y uno de medición HANNA^{MR} HI91443. La concentración de Metano se midió en campo con un analizador portátil Puxin^{MR} mod. BX568, Dióxido de carbono y Ácido sulfhídrico con un Draguer^{MR} mod. X am 7000^{MR}.

Resultados

La carga diaria promedio fue de 126.73. El tiempo de llenado de la celda fue de 52 días. El reservorio se llenó al 100% al cabo de 30 días. En la figura 1, se muestra el biodigestor con la cúpula llena, se observa por el frente, el tubo de punto de muestreo y extracción de biogás.



Figura 1. Biodigestor máxima capacidad de llenado

El contenido gástrico ruminal tiene una humedad de 87.85%, y 12.15% de base seca (800.68 kg). De la base seca, el 85.56 % (685.23kg), son sólidos volátiles y 14.44 % (115.64 kg), cenizas.

Los promedios fueron, para la temperatura, 30.69±2.2 °C; pH, 6.87±0.4; Oxígeno disuelto, 0.21±0.1 % en volumen; Metano, 71.45±6.24 % en volumen; Dióxido de carbono, 36.10±1.00 % en volumen, y Ácido sulfhídrico, 340.00±28.00 ppm antes del filtro y de 56.33±12.42 después del filtro (remoción del 83.43 %). La DQO inicial fue de 6000 ppm, y al término de 60 días 515 ppm, una remoción del 91.4%.

Conclusiones y recomendaciones

La digestión anaerobia del contenido gástrico ruminal, bajo condiciones mesófilas en un biodigestor continuo, tipo cúpula, construido con geomembrana de polivinilo de cloruro (PVC) y mezclado con un sistema de agitación hidráulica en Tabasco es factible. El PVC es un material funcional en el uso de biodigestores, no se deteriora rápidamente con los rayos del sol y soporta la intensidad de las lluvias torrenciales, comunes en las regiones tropicales. La cantidad de sólidos volátiles que posee el contenido

ruminal bovino, lo hace atractivo para su uso como sustrato en biodigestores y no es necesario separar la fibra. El proceso de recirculación hidráulica no afecta la operación por obstrucción en la bomba autocebante. Al momento de agitar con bombas hidráulicas, se favorece el rompimiento de capas que se forman en la parte superficial del sistema y se promueve la distribución de los sedimentables, favoreciendo la alimentación microbiana y la generación de biogás en poco tiempo. La proporción del metano y la concentración del ácido sulfhídrico en el biogás son aceptables. Aunque el costo es alto en comparación con plásticos flexibles de polietileno, la resistencia es mayor. La promoción de biodigestores anaerobios en regiones tropicales como el sureste mexicano coadyuva al aprovechamiento de la gran cantidad de materia orgánica generada y manejada de manera inadecuada, produciendo energías renovables y subproducto de gran valor económico.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, a la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y al Ayuntamiento de Cunduacán, Tabasco, por los apoyos económicos y facilidades otorgadas para la ejecución de este proyecto de investigación.

Referencias

1. Alrawi R., Ahmad A., Ismail N., Kadir M. (2011). Anaerobic co-digestion of palm oil mill effluent with rumen fluid as a co-substrate. *Desalination* 269. Pp 50–57.
2. Asankulova A. (2008). Analysis of Factors Influencing Biogas. *Release Geliotekhnika*. 3, 109–112.
3. Cuetos M., Gómez X., Otero M., Morán A. (2010). Anaerobic digestion and co-digestion of slaughterhouse waste (SHW): Influence of heat and pressure pre-treatment in biogas yield. *Waste Management* 30, 1780–1789.
4. Del Real J., Prieto G., Santos L. (2007). Factibilidad de un sistema de digestión anaerobia en el tratamiento de aguas de proceso de vinazas con microorganismos de rumiantes. *Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia*. 30, (2), 128-135.
5. Fantozzi F., Buratti C. (2009). Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester. *Bioresource Technology* 100 5783–5789.
6. Kaiser F., Bas F., Gronauer A. (2002). Producción de biogás a partir del guano animal: el caso de Alemania. *Agronomía y Forestal UC*, 16 (4), 4-8.
7. Krishna N., Sumitra D., Viswanath P., Deepak S., Sarada R. (1991). Anaerobic Digestion of Canteen Waste for Biogas Production: Process Optimisation. *Process Biochemistry*. 26, 1-5.
8. Marcos A., Al-Kassir A., López F., Cuadros F., Brito P. (2012). Environmental treatment of slaughterhouse wastes in a continuously stirred anaerobic reactor: Effect of flow rate variation on biogas production. *Fuel Processing Technology*. (Artículo en proceso).
9. Norma Mexicana AA-016-1984. Determinación de humedad. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
10. Norma Mexicana AA-018-1984. Determinación de cenizas. Secretaria de Medio Ambiente y Protección Ambiental.
11. Owens F. y Goetsch A. 1988. Fermentación ruminal. En: *El rumiante, fisiología digestiva y nutrición*. C. D. Church (Ed.). Editorial Acirbia, S. A.
12. Pedraza G., Chará J., Conde N., Giraldo S., Giraldo L. (2002). Evaluation of polyethylene and PVC tubular biodigesters in the treatment of swine wastewater. *Livestock Research for Rural Development* 14 (1).
13. Poggio D., Ferrer I., Batet Ll., Velo E. (2009). Adaptación de biodigestores tubulares de plástico a climas fríos. *Livestock Research for Rural Development*. 21. <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/pogg21152.htm>.
14. Trillos; G. L.; Plata; O. L.; Mestre; A. T. y Araujo; G. A. (2006), Análisis fisicoquímicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César, Facultad de Ingenierías. Programa de Agroindustria. Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Cesar. Colombia.
15. Uicab B. y Sandoval C. 2003. Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Yucatán. Núm. 2.
16. Valencia E, Valenzuela E, González S., Vargas C. (2011). Digestión anaeróbica de rúmen bovino en laboratorio y determinación química pre y post tratamiento. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 23.