



00

Estimación del potencial teórico de biogás en una granja de producción lechera de Tabasco

LORENA MERCEDES SÁNCHEZ PEDRERO*, JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA*, JOSÉ AURELIO SOSA OLIVIER*

En el año 2014 la actividad agropecuaria aportó 2.8% del Producto Interno Bruto al país (PIB), destacándose el sector pecuario (ganadería, avícola y apícola). De la producción de ganado bovino 64.78% se realiza en diez estados de la república, siendo Tabasco el séptimo lugar, con 1'583,656 cabezas aproximadamente,^{1,2} tanto en producción de carne como lácteos. Cabe resaltar que el manejo de las excretas representa un punto de atención importante. Se estima que un bovino lactante cuyo peso promedio es 500 kg, genera aproximadamente 68 kg de excretas por cada 1000 kg de peso.^{3,4} Con base en lo reportado por Sánchez,³ Pino *et al.*⁴ y SIAP,¹ se puede estimar que en Tabasco se generan 53'844,304 kg de excretas al día. En su mayoría, estas actividades generan importantes cantidades de residuos (biomasa), principalmente orgánicos, siendo un recurso potencial en la producción de energías renovables, o un riesgo potencial de contaminación. Los sistemas de producción de leche de tipo orgánico impactan en menor magnitud al agua y al suelo, pero emiten más gases de efecto invernadero (GEI), comparados con los sistemas de producción de leche convencional.⁵ Los GEI que se generan con mayor frecuencia son el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nítrico (N₂O), Marañón⁶ menciona que en España, en 2008, la contribución del sector agrícola a las emisiones de GEI fue de 9.6% con 38.95 Mt CO₂ eq, siendo la ganadería la actividad que aportó 53.8% de CO₂ eq;^{3,6} sin embargo, esta actividad no sólo afecta al ambiente, sino que perjudica a la población debido al consumo de agua contaminada con estiércol, la cual tiene bacterias patógenas como la *Escherichia coli* que provoca diarrea y gases abdominales, así como altos contenidos de nitratos, el cual reduce la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre.⁴ La biomasa puede ser generada en tres grandes grupos: a) residuos sólidos urbanos; b) residuos generados en actividades agropecuarias y c) cultivos y plantaciones con propósitos energéticos.² La digestión anaerobia es un proceso apropiado en el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía en áreas rurales para su desarrollo, maximiza el manejo sustentable y recuperación de

los residuos orgánicos transformados en biogás.^{7,8} En México se generan 137.1 GWh a⁻¹ con el aprovechamiento de biogás, los residuos agrícolas actualmente generan 1.1 GWh a⁻¹.⁹ Un proceso de biofermentación de las excretas reduce 66% de las emisiones de metano y óxido nítrico y 98% de los olores, lo que resulta beneficioso para el ambiente y la sociedad.⁴ La digestión anaerobia es un proceso de conversión biológica por medio de una transformación bioquímica, en la que el carbón orgánico es oxidado para convertirlo en CO₂ y reducirlo a CH₄.¹⁰ Los digestores anaerobios son sistemas herméticos que proporcionan condiciones anaerobias para la fermentación de sustratos y producción de biogás, obteniendo beneficios económicos y ambientales. Sánchez³ señala que el empleo de los biodigestores hace que la captación del biogás se maximice y pueda emplearse en forma de calor, como sustituto de la leña, o bien, como fuente de electricidad. Es importante señalar que en la producción de biogás intervienen diversos factores que influyen en el proceso, los cuales pueden provocar un incremento en la generación. Sutaryo *et al.*,¹¹ al realizar experimentos empleando excretas de ganado lechero con tiempos de retención hidráulica (TRH) de 70 días, obtuvieron una producción de metano de 138.2, 155.6, 157.4 y 196.7 L kg⁻¹ SVT, en R4, R3, R2 y R1, respectivamente.¹¹ Sin embargo, la aplicación de esta tecnología a gran escala en cuestión a lo señalado por Cavinato *et al.*¹² puede presentar valores inferiores en comparación con los de una escala piloto, debido a que esta escala permitía una mejor degradación de los sustratos, incrementando la producción total del biogás, en la que los resultados obtenidos de las escalas –real y piloto– fueron 0.54 m³ kg⁻¹ SVT a escala piloto y 0.45 m³ kg⁻¹ SVT escala real, señalando que la producción de biogás en el reactor a escala piloto resultó ser significativamente más elevada que a gran escala, con un contenido de CH₄ de 58.8 y 52.3%, respectivamente, aun con la implementación de excretas de ganado lechero, con restos de comida y cultivos

* Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
Contacto: ing_javo@hotmail.es

energéticos.¹² El objetivo del presente trabajo es determinar la generación de biogás teórica en una granja lechera a partir de las excretas generadas en el área de vientre.

MÉTODO

La granja de estudio (figura 1) se encuentra ubicada en el municipio de Jalapa, Tabasco, que actualmente cuenta con 186 animales distribuidos en sus respectivas áreas: sementales, becerros, vientre, novillonas y de engorda.



Figura 1. Área de vientre.

Para este estudio se tomaron en cuenta sólo los animales del área de vientre, con 80 cabezas de ganado (tabla I), cuya finalidad es la producción de leche.

Tabla I. Descripción de la granja por área.

No. animales	Área
80	Vientre/lechera
40	Novillonas
36	Becerros
26	Engorda
4	Sementales
186	Total



Figura 2. Pesaje de las excretas de vaca y aplicación del método de cuarteo.

Las excretas generadas en la sección de vientre fueron recolectadas y pesadas (figura 2) para realizar una muestra compuesta. Se realizó el método de cuarteo en base a la NMX-015-AA-1985,¹³ para obtener una muestra representativa y posteriormente realizar los análisis del laboratorio.

Caracterización elemental

Las muestras fueron previamente secadas a $103 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 24 h,¹⁴ después se pulverizaron y envasaron para su envío a la Unidad de Servicio y Apoyo a la Investigación (USAI) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) –laboratorio acreditado ante la ema®– para determinar su composición elemental. Se determinó el contenido de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre, cada determinación se efectuó por triplicado (tabla II), empleando un Analizador Perkin Elmer® modelo PE 2400.

Cálculo del potencial teórico de biogás

Los resultados elementales se utilizaron en la estimación teórica de la generación, composición y rendimiento de biogás, con respecto a los valores de SVT, utilizando la metodología de fórmulas química mínima (ecuación 1) reportada por Tchobanoglous *et al.*¹⁵

Ecuación 1:

$$C_xH_yO_zN_pS_r + \left(v - \frac{w}{2} - \frac{x}{4} + \frac{3y}{2} + \frac{z}{4} \right) H_2O \rightarrow \left(\frac{v}{2} + \frac{w}{8} - \frac{x}{4} - \frac{3y}{8} - \frac{z}{4} \right) CH_4 + \left(\frac{v}{2} - \frac{w}{8} + \frac{x}{4} + \frac{3y}{8} + \frac{z}{4} \right) CO_2 + yNH_3 + zH_2S$$

Ecuación 2:

$$\text{Masa del gas (kg)} = \frac{\text{Masa de la ec. balanceada}}{\text{Masa del residuo org. en la ec.}} (ST)$$

Ecuación 3:

$$\text{Volumen del gas (m}^3\text{)} = \frac{\text{Masa del gas (kg)}}{\text{Densidad del gas (kg/m}^3\text{)}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generación de excretas

Con base en lo reportado por Sánchez,³ en la granja mensualmente se generan 189,720 kg de excretas, donde solo el área de vientre genera 81,600 kg.

Caracterización elemental

En la tabla II se puede observar la composición elemental de las excretas de ganado lechero.

Tabla II. Caracterización elemental de las excretas.

Elemento	%	Desv. Estándar
C	40.6500	0.4866
H	5.5133	0.0737
O	28.8400	-
N	1.7267	0.0404
S	0.4600	0.0436

Cálculo del potencial teórico de biogás

Se determinó la siguiente ecuación química (ecuación 4) con base en los resultados elementales.

Ecuación 4:

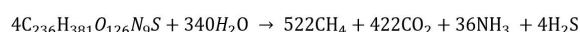


Tabla III. Resultados teóricos de la producción de biogás.

Gas	Gas que se genera (kg)	Volumen (m ³)	m ³ /kg de SVT	Composición (%)
CH ₄	5649.84	7868.86	455.71	52.95
CO ₂	12526.38	6332.85	366.76	42.61
NH ₃	413.56	590.80	34.22	3.98
H ₂ S	91.97	67.62	3.92	0.46
Biogás	18681.75	14860.13	860.60	100.00

En la tabla II se presentan los valores teóricos de generación de biogás y rendimientos en masa de un periodo de 30 días de generación, con base en las ecuaciones 2 y 3.

De acuerdo a los resultados teóricos, las excretas de ganado lechero obtuvieron una producción de biogás de 14,860.13 m³mes⁻¹, con un rendimiento de 860.60 m³kg⁻¹ de SVT mayor a lo reportado Sutaryo *et al.*¹¹ Los valores teóricos calculados en la composición de biogás son similares a los reportados por Cavinato *et al.*¹² y Comino *et al.*,¹⁶ para el CH₄, 52.3 y 53%, respectivamente. El CO₂ calculado es ligeramente inferior a lo observado por Comino *et al.*¹⁶ de 46.8%. Finalmente, el H₂S calculado es superior a lo reportado por Cavinato *et al.*¹² con 0.0483%.^{11,16}

CONCLUSIÓN

Es importante considerar el potencial que tienen las granjas lecheras para la producción de biogás, las cuales pueden aprovecharse como generadoras de energía a partir de los residuos orgánicos generados en ellas, atendiendo al manejo y tratamiento adecuado que estos materiales requieren.

RESUMEN

La digestión anaerobia es un proceso que maximiza el manejo de los residuos orgánicos para su aprovechamiento como fuente de energía. El presente trabajo tiene el objetivo de estimar la potencialidad teórica en la generación de biogás en una granja lechera en el municipio de Jalapa, Tabasco. Se realizaron muestreos y determinaciones elementales de las excretas generadas en el área de vientre. La producción teórica de biogás obtenida fue de 14,860.13 m³mes⁻¹ con un rendimiento teórico de 860.60 m³ kg⁻¹ de SVT.

Palabras clave: biogás, excretas, vacas lecheras.

ABSTRACT

The anaerobic digestion is a process that maximizes the use of organic waste for its use as an energy source. This study has the objective of estimating the theoretical potential in the generation of biogas from a dairy farm in the municipality of Jalapa, Tabasco. Sampling and elemental determinations of excreta generated in holding pens were made. The theoretical production of biogas obtained was 14,860.13 m³ m⁻¹, with a theoretical yield of 860.60 m³ kg⁻¹ of SVT.

Keywords: biogas, manure, dairy cows.

REFERENCIAS

1. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). Tabla de población ganadera (bovina lechera).
2. Posadas Domínguez R.R., Salinas Martínez J.A., Callejas Juárez N., Álvarez Fuentes G., Herrera Haro J., Arriaga Jordán C. M., Martínez Castañeda F. E. (2014). "Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012". *Contaduría y Administración* (59) 2. Pp. 253- 275.
3. Sánchez Miño, S.J. (2003). *Energías renovables, conceptos y aplicaciones*. Biomasa. Pp. 98-114.
4. Pinos-Rodríguez, J.M., García-López J.C., Peña-Avelino L.Y., Rendón-Huerta J.A., González-González C., y Tristán-Patiño F. (2012). "Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América". *Agrociencia* 46. Pp. 359-370.



5. Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Iepema, I.J.M. de Boer. (2008). "Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands". *Agric. Systems* 96. (1-3). Pp. 95-107.
6. Marañón E., Salter A., Castrillón L., Heaven S., Fernández-Nava Y. (2011). "Reducing the environmental impact of methane emissions from dairy farms by anaerobic digestion of cattle waste". *Waste Management* 31. Pp. 1745-175.
7. Mata Álvarez J., Macé S., Llabrés P. (2000). "Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives". *Bioresource Technology* 74. Pp. 3-16.
8. Ferrer I., Garfí M., Uggetti E., Ferrer-Martí L., Calderón A., Velo E. (2011). "Biogas production in low-cost household digesters at the Peruvian Andes". *Biomass and Bioenergy* 35. Pp. 1668-1674.
9. *Prospectiva de energías renovables 2013-2027*, Secretaría de Energía. Pp. 97.
10. Angelidaki I. y Sanders W. "2004". Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants". *Environmental Science and Biotechnology* 3. Pp. 117-129.
11. Sutaryo S., James Ward A., Bjarne Møller H. (2012). "Thermophilic anaerobic co-digestion of separated solids from acidified dairy cow manure". *Bioresource Technology* 114. Pp. 195 – 200.
12. Cavinato C., Fatone F., Bolzonella D., Pavan P. (2010). "Thermophilic anaerobic co-digestion of cattle manure with agrowastes and energy crops: Comparison of pilot and full-scale experiences". *Bioresource Technology* 101. Pp. 545-550.
13. Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-muestreo-método de cuarteo.
14. Norma Mexicana NMX-AA-016-1984. Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos municipales-determinación de humedad.
15. Tchobanoglous, G. Theisen, Hilary. Vigil, Samuel. (1993). *Gestión integral de residuos sólidos*.
16. Comino E., Rosso M. y Riggio V. (2009). "Development of a pilot scale anaerobic digester for biogas production from cow manure and whey mix". *Bioresource Technology* 100. Pp. 5072-5078.

Recibido: 11-11-15
Aceptado: 13-03-16



REVISTA CIENCIAUANL

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



<http://cienciauanl.uanl.mx>

La otra forma de enseñar la ciencia



Revista CIENCIAUANL
Biblioteca Magna Universitaria "Raúl Rangel Frías", 5o piso.
Av. Alfonso Reyes 4000 Nte. C.P. 64290. Col. Regina, Monterrey, N.L., México.
Tel. (5281) 8329 4236
revista.ciencia@uanl.mx o rciencia@gmail.com

