



¿Por qué la excreta porcina produce biogás con mayor concentración de metano, en comparación con la bovina?

Ing. Joaquín A. Víquez Arias
VIOGAZ S.A. (www.viogaz.com)
Especialistas en Tecnología de Biogás
jviquez@viogaz.com

Introducción

El proceso de digestión anaeróbica (DA) ofrece una variedad de ventajas con respecto a otras tecnologías de tratamiento de aguas residuales, tales como mayores tasa de alimentación orgánica (TAO) y baja producción de lodos. La aplicación de

esta tecnología, alrededor del mundo, ha ganado mucha popularidad entre productores de ganado (Chen y otros, 2003), pues un biodigestor es capaz de transformar la excreta (a veces considerada como un contaminante), en biogás (Forster, 1971).

En términos generales, DA es un proceso por el cual la materia orgánica es reducida (en lugar de oxidada). Microorganismos convierten la materia orgánica en biomasa microbiana y otros compuestos, produciendo como re-

sultado final biogás, un gas compuesto por dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y otros gases (Wu, 2009). La tecnología de DA ha comprobado tener una producción neta positiva de energía, lo que convierte al biogás en una excelente fuente de energía para reemplazar combustibles provenientes del petróleo, lo cual tiene un efecto positivo sobre la reducción de gases de efecto invernadero (Batstone et al, 2002).

Como combustible, el valor energético del biogás se ve afectado por la

dilución del metano con otros gases tales como el CO_2 . Esta dilución tiene impacto sobre "velocidad de llama" y "límites de inflamabilidad". Los anteriores tienen un efecto importante sobre el uso del biogás como energía, pues en caso de que éste contenga una baja concentración de metano, su uso puede verse restringido (Walsh, 1988). Varios proyectos han indicado diferentes concentraciones de metano en biogás. Lansing et al (2008) reportó 62,6% y 76,4% de metano (v/v) en biogás de digestores alimentados con excretas de bovino y porcino, respectivamente. Zicari (2003) menciona que el biogás de lechería (excreta bovina) contiene entre 50-60% de metano (v/v). En concordancia con lo anterior; Curt (n.d.) reportó 58% de metano (v/v), usando excreta bovina, pero superior a 65%, cuando le agregaba desechos de comida. Por otro lado, Safley Jr y Westerman (1988), así como Hansen et al (1998) mencionan 68% a 80%, y 71% de metano de excretas porcinas. Existe una tendencia a que el biogás generado con excretas porcinas, contenga mayor concentración de metano, en comparación con el producido con excretas bovinas. Este artículo examina la razón (o razones) de esta diferencia en concentración de metano, usando excretas bovinas y porcinas.

El proceso de digestión anaeróbica

Para contestar la pregunta de este artículo, el proceso de digestión anaeróbica debe ser explicado con más detalle. Para lograr la conversión de materia orgánica (excretas) en biogás, debe ocurrir una asociación muy compleja de dos hasta cuatro fermentaciones continuas, liderada por diferente flora (Gould, 1971); Speece, 1983). El proceso inicia con la hidrólisis o desintegración de compuestos complejos en carbohidratos, proteínas y lípidos. Seguidamente, la hidrólisis extracelular convierte estos compuestos en azúcares, aminoácidos y cadenas largas de ácidos grasos volátiles (CLAGV). Posteriormente, acidogénesis transforma los azúcares y aminoácidos en ácidos grasos volátiles (AGV) e hidrógeno.

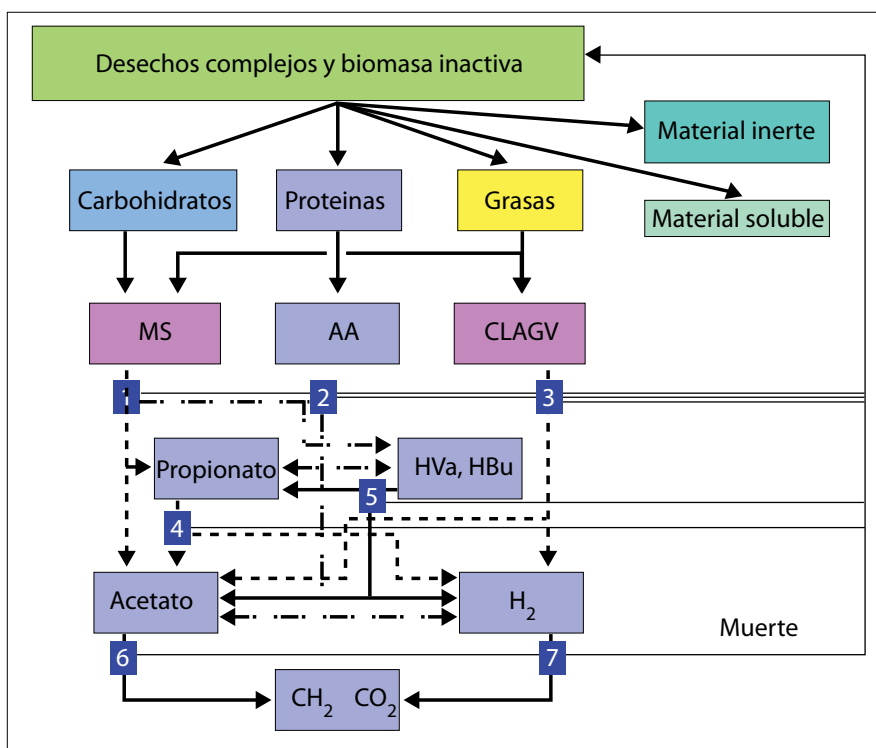


Figura 1. El modelo de digestión anaeróbica propuesto por Batstone et al (2002): (1) acidogénesis de azúcares, (2) acidogénesis de aminoácidos, (3) acetogénesis de ácidos grasos, (4) acetogénesis de propionato, (5) acetogénesis de butirato and valerato, (6) and (7) methanogénesis.

Acetogénesis continúa transformando CLAGV y AGV, en acetato. Finalmente, metanogénesis concluye el proceso, convirtiendo acetato e hidrógeno/ CO_2 , en metano (Batstone, 2002; Speece, 1983; Reith, 2003) (Figura 1).

El proceso de digestión anaeróbica, como se ha mencionado anteriormente, involucra un consorcio de microorganismos de todos los dominios (archaea, bacteria y eukarya). La reacción bioquímica más lenta del sistema será el factor limitante del biodigestor. Speece (1983) y Gould (1971) establecieron que la etapa de metanogénesis es el factor limitante de la DA, por lo que se le debe prestar mucha atención con el fin de obtener los resultados esperados.

El proceso de metanogénesis es llevado a cabo por microorganismos del dominio archa (no bacterias!), que aunque tengan mucho en común, como es el hecho de que sean microorganismos estrictamente anaeróbicos, con gran sensibilidad al oxígeno, tam-

bién se desarrollan diferentes especies de microorganismos metanogénicos, en diferentes sustratos, con líneas de fermentación distintas. Esto hace el proceso de digestión anaeróbica muy complejo (Gould, 1971).

Como adición a la complejidad del sistema, la fermentación interna que ocurre en el biodigestor (no solo el proceso de metanogénesis como tal) es liderada por otro consorcio de microorganismos (mayoría bacterias), con diferentes entradas y salidas de energía, con variaciones en termodinámicas y cinéticas. Por tanto, poder modelar el sistema de digestión anaeróbica para predecir, por ejemplo, la composición del biogás, será inevitablemente complejo. (Lubken, 2007).

Modelando el proceso de digestión anaeróbica

Antes de iniciar con la descripción de los modelos que han sido desarrollados para predecir la composición del biogás, es importante establecer la di-

ferencia entre composición de biogás, en relación con la concentración de metano por volumen y al rendimiento de biogás, el cual hace referencia a la cantidad (volumen o masa) de biogás (o metano), que se puede extraer de un volumen determinado de materia orgánica. La importancia de este artículo es con respecto a la concentración del metano en el biogás.

Uno de los primeros modelos fue desarrollado por Buswell (1930), con modificaciones y actualizaciones por Buswell y Mueller (1952), quienes formularon una ecuación, que predice la composición del biogás de acuerdo con la composición del sustrato.

Ecuación 1. Representación de una reacción de oxidación-reducción, en la que $(C_nH_aO_b)$ representa la materia orgánica, y a , b , y n son coeficiente sin dimensión (Wu, 2009).

Reith y Wijffels (2003) comentaron que esta fórmula aplica solamente cuando la materia orgánica es completamente biodegradable, en condiciones anaeróbicas para producir CH_4 y CO_2 ; asumiendo que la producción de lodos es nula. Adicionalmente, esta fórmula ha sido criticada, pues no contempla el factor que el CO_2 puede disolverse en la fase líquida del digestor (Buswell 1930). Esta ecuación tampoco considera la influencia de lignina. Buswell (1930), reconoció que no toda la celulosa es degradada cuando se combinan con lignina o pectina (que comúnmente están presentes en materia orgánica).

El acercamiento de Buswell para predecir la composición del biogás es considerado un modelo sencillo, pues no contempla reacciones bioquímicas fundamentales en el proceso. Con lo dicho, modelos con mayor complejidad han sido desarrollados, los cuales toman en cuenta tiempo de retención hidráulica (TRH), contenido de sólidos volátiles del sustrato, tasa de crecimiento microbiano, volumen del digestor, tiempo de retención de sólidos, TAO, reacciones bioquímicas y sus energías libres, temperatura, pH, entre otros (Batstone, 2002). Según Wu et al (2009), de los modelos complejos que

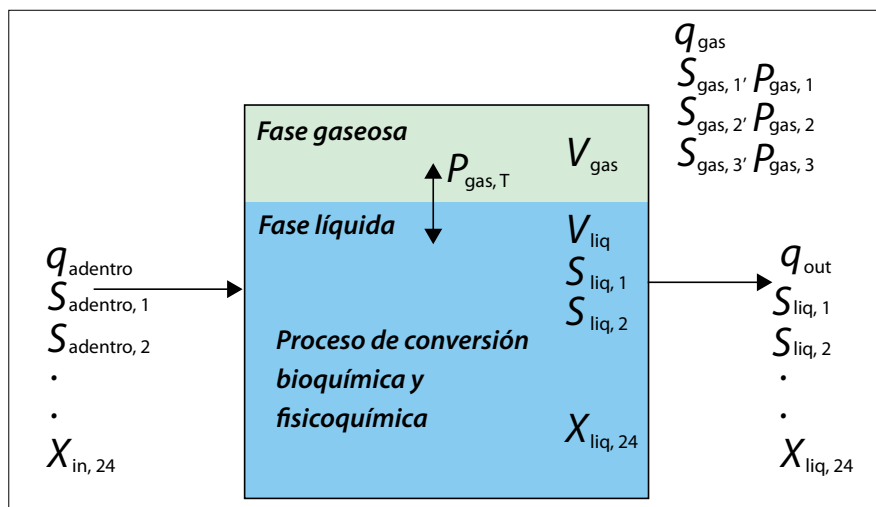


Figura 2: Expresa las diferentes interrelaciones entre la fase líquida y la gaseosa del digestor, así como su reactividad en relación con las entradas y salidas del sistema.

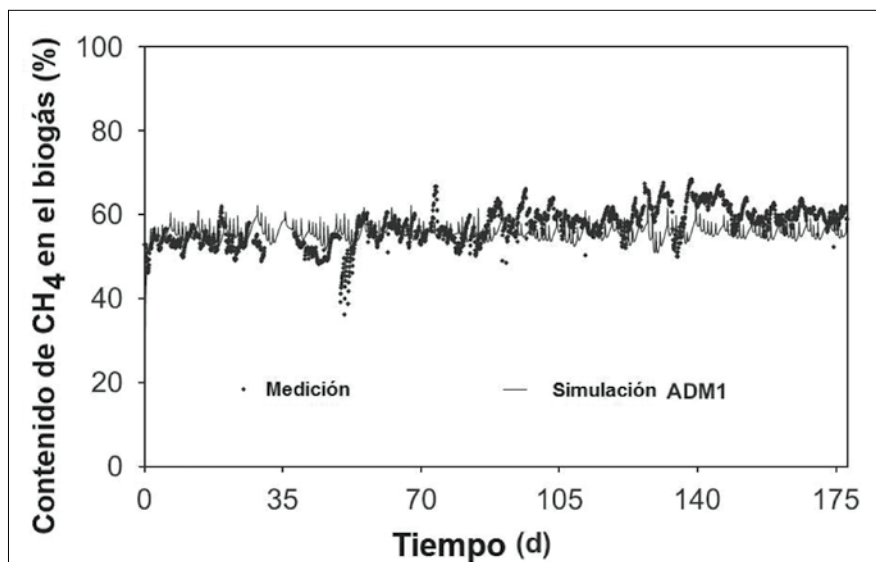


Figura 3. Predicción de la concentración de metano, basado en termodinámicas y composición del sustrato, versus medición de la concentración de metano (13)

han sido desarrollados, el "Anaerobic Digestion Model No.1 (ADM1)", diseñado por Batstone et al (2002) es el más completo, dado que incluye reacciones bioquímicas como fisicoquímicas (Figura 2).

Otros modelos han sido desarrollados para cuantificar la composición del biogás. Por ejemplo Lübken et al (2007), modificó el ADM1 y logró predecir la composición del biogás, basándose en la termodinámica de las reacciones bioquímicas y la caracterización del sustrato (Figura 3). Dado los modelos

desarrollados, como el caso del Lübken et al (2007), todos apuntan que la composición del biogás será afectado, en su mayoría, por la composición del sustrato, en relación con su contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos (Batstone, 2002; Lübken, 2007; Speece, 1983; Buswell 1930; Reith, 2003; Wu, 2009; Meynell, 1978).

Composición de la excreta

La composición de la excreta se ve afectada por muchos factores, tales

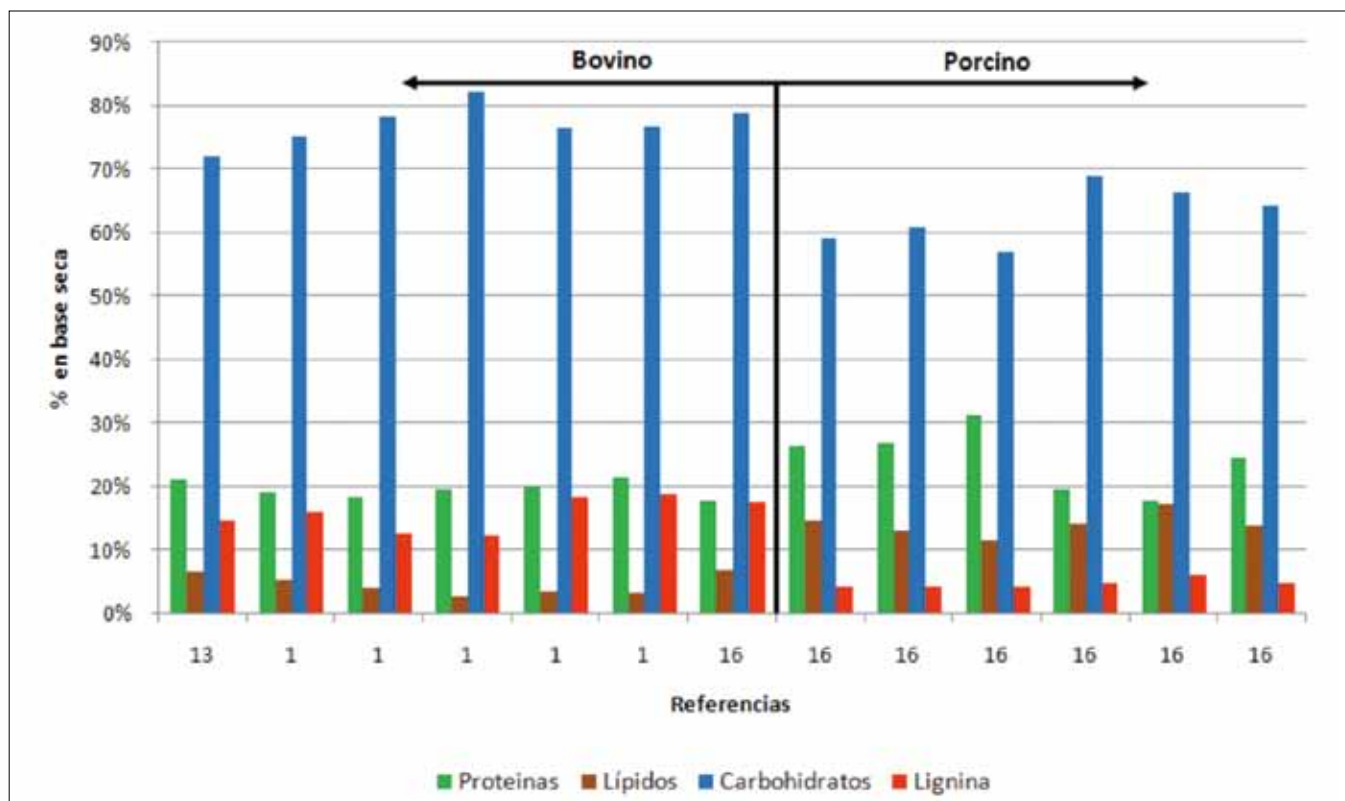


Figura 4. Composición de excreta bovina y porcina según su contenido de carbohidratos, proteínas, lípidos y lignina .

como la especie, la dieta, grado de digestibilidad, composición de los alimentos (en términos de contenido de proteína y fibra), edad del animal, y prácticas de manejo de la granja (Lorimor, 2000). Ahora bien, no es el propósito de este artículo presentar la influencia de cada uno de estos factores sobre la composición del biogás. Se realizó una extensa revisión de literatura, con el fin de compilar información sobre la composición de la excreta de ganado bovino y porcino, en términos de contenido de carbohidratos, proteínas, lípidos y lignina. Toda la información fue normalizada, en base seca (%) (Figura 4).

Meynell (1978) comentó que la composición del biogás es usualmente en el rango de 60-70%. Y la composición teórica de biogás, derivado de sustratos puros, es la siguiente: carbohidratos: 50%; lípidos: 72%, y proteína: 50% de metano (v/v), indicando que la concentración más alta de metano se logra con sustratos con mayor contenido de lípidos. Meynell (1978) también reportó que teóricamente, el biogás de ex-

cretas porcinas contiene una concentración de 65 a 70% CH_4 , mientras que el de bovina 65% CH_4 . Estos resultados parecen tener una correlación con la información copilada en la Figura 4. Es claro que el contenido de lípidos en la excreta porcina excede en 10% la de bovinas, lo que podría explicar el por qué se produce biogás con más alto contenido de metano.

Por otro lado, aparte del contenido de lípidos en la excreta, otra teoría que podría estar afectando la menor concentración de metano en el biogás generado a partir de excretas bovinas, es el contenido de lignina. Amon et al (2007) encontró una importante influencia de la lignina en la producción y composición del biogás. Aparentemente, la presencia de altos contenidos de lignina puede disminuir el potencial de producción de biogás; también la concentración (Amon, 2007). Interesantemente, dichos resultados también tienen una correlación con la información en Figura 4, en la que el contenido de lignina en excretas bovinas excede en 10%, con respecto a la excreta porcina,

lo cual puede también explicar la diferencia en concentración de metano en el biogás de estos dos sustratos.

Conclusión

- Una adecuada caracterización del sustrato es clave para la simulación o modelaje de proceso de digestión anaeróbica (Zaher, 2006), así como una predicción precisa en la composición del biogás es un indicador de una buena caracterización del sustrato.
- La concentración teórica de metano puede ser estimada utilizando el modelo ADMI (Zaher, 2006; Lubken, 2007; Batstone, 2002; McCarty, 1971), y la concentración de metano será afectada por la composición de la excreta, en términos de carbohidratos, proteínas, lípidos y lignina...
- En concordancia con Meynell (1978), la alta concentración de metano comúnmente reportada en proyectos de digestión anaeróbica, utilizando excreta porcina, en comparación con excreta bovina, puede ser dado

por la mayor contenido de lípidos en la excreta porcina, como también mayor contenido de lignina en excreta bovina (Amon y otros, 2007).

- Estos resultados no necesariamente indican que se debe agregar, por ejemplo aceites a un biodigestor, pues una alta concentración de los mismos puede afectar las reacciones bioquímicas, acumulando ácidos grasos volátiles y disminuyendo el pH del digestor, que finalmente lleva a un colapso total.

Bibliografía

mon, T.; Amon, B.; Kryvoruchko, V.; Zöllitsch, W.; Mayer, K.; Gruber, L., Biogas production from maize and dairy cattle manure--Influence of biomass composition on the methane yield. In Elsevier: 2007; Vol. 118, pp 173-182.

Batstone, D. J.; Keller, J.; Angelidaki, I.; Kalyuzhnyi, S. V.; Pavlostathis, S. G.; Rozzi, A.; Sanders, W. T. M.; Siegrist, H.; Vavilin, V.

A., The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM 1). In 2002; Vol. 45, pp 65-73.

Buswell, A. M.; Mueller, H. F., Mechanism of methane fermentation. In ACS Publications: 1952; Vol. 44, pp 550-552.

Buswell, A. M., Production of Fuel Gas by Anaerobic Fermentations. In ACS Publications: 1930; Vol. 22, pp 1168-1172.

Curt A. Gooch, P. E. (n.d.). "Anaerobic Digestion in the United States." PRO-DAIRY Program

Forster, C. F., Anaerobic upflow sludge blanket reactors: aspects of their microbiology and their chemistry. In Elsevier: 1991; Vol. 17, pp 221-231.

Gould, R. F., Anaerobic Biological Treatment Processes. American Chemical Society: Washington, D.C., 1971; p 196.

Hansen, K. H.; Angelidaki, I.; Ahring, B. K., Anaerobic digestion of swine manure: inhibition by ammonia. In Elsevier: 1998; Vol. 32, pp 5-12.

Kennedy, K. J.; Van den Berg, L., Anaerobic digestion of piggery waste using a stationary fixed film reactor. In Elsevier: 1982; Vol. 4, pp 151-158.

Lansing, S.; Viquez, J.; Martínez, H.; Botero, R.; Martin, J., Quantifying electricity generation and waste transformations in a low-cost, plug-flow anaerobic digestion system. In Elsevier: 2008; Vol. 34, pp 332-348.

Lorimor, J.; Powers, W.; Sutton, A., Manure characteristics. In MidWest Plan Service: 2000; Vol. 1, pp 1-24.

Lübken, M.; Wichern, M.; Schlattmann, M.; Gronauer, A.; Horn, H., Modelling the energy balance of an anaerobic digester fed with cattle manure and renewable energy crops. In Elsevier: 2007; Vol. 41, pp 4085-4096.

McCarty, P. L., Energetics and kinetics of anaerobic treatment. ACS Publications: 1971; Vol. 105, p 91-107.

Otras fuentes bibliográficas mencionadas en este artículo, pueden ser consultadas con el autor.

ANUNCIOS CLASIFICADOS

Instrumental quirúrgico e implementos para ganadería

Su jeringa es respaldada en calidad, servicio y repuestos...



- Set de empaques
- Casquillo de protección del vidrio
- Varilla de émbolo completo
- Cilindro de vidrio

Servicio Técnico Acavet S.A.

Telefax : 2297-5295 / Celular 8338-9461

Luis Mata / luismata49@yahoo.com



PRODUCTOS DE CONCRETO

ALAJUELA

Ofrece sistemas prefabricados para casas, bodegas, tapias, porquerizas, caballerizas y gallineros.

Se lo adaptamos a su presupuesto.

Abierto de lunes a viernes.

Consúltenos a los teléfonos 2442-0570 y 2440-3173

Nero



Raza: Frison
Importado de Holanda por su propietario
Color: Negro
Edad: 7 años
Padre: Brandus 345
Madre: Trudie Fan Harns

Propietario: Dr. Juan Luis Vargas Vargas

Información sobre saltos: Tels. (506) 2446 5002 o (506) 8843 5981

Fax: (506) 2446 7583 / e-mail : bp@caballoeu.com

Dirección: Atenas Centro, Costa Rica

CERCAS ELÉCTRICAS

LOS MEJORES IMPULSORES ELÉCTRICOS



Ganado controlado; mientras se ahorra esfuerzo y dinero.

Tel. 2551-9168

Ronald Jiménez

Taller de servicio. Más de 20 años de experiencia en sector Ganadero e Industrial