

# Biometanización Estiércol

## Francisco Sánchez Plaza

Ingeniero Químico.

Docente de la Carrera de Ing. Química UTM  
Director de la Carrera de Ing. Química UTM

fsanchez@utm.edu.com

franciscosantra@hotmail.com

Actualmente la sociedad mundial pasa por dos principales problemas, uno es el ambiental y el otro energético. El primero se debe principalmente a la alta producción industrial; en cuanto a las dificultades energéticas, este está ocasionado por la disminución de las fuentes convencionales de energía, debido al mayor requerimiento de éstas, las que son principalmente fuentes no renovables de energía. Es por ello que se hace necesario un aumento en la búsqueda de fuentes de energía renovables y el desarrollo e implementación de las ya existentes.

Una solución a las problemáticas planteadas es el uso de la digestión anaerobia, la cual permite solucionar estos a través de un solo proceso.

La degradación anaerobia de sólidos tiene como principal ventaja, el alto potencial que presentan para ser biometanizados, ya que éstos están compuestos por una alta concentración de materia orgánica y son de fácil degradación, lo cual resulta en un balance neto energético o económico positivo,



incluso cuando es requerido el calentamiento del afluente (Angenent et al., 2004). Sin embargo, tiene como principales desventajas la manipulación y mezclado del sólido y su baja remoción de materia orgánica, lo primero asociado al bombeo continuo al digestor; por lo que su tratamiento semicontinuo o por lote se hace necesario. Un digestor convencional requiere de un porcentaje de sólidos totales bajo un 10%, sobre éste valor se requiere de una dilución del residuo, con el fin de mejorar el bombeo y el mezclado; provocando el incremento del volumen del reactor, lo cual resulta en un aumento del capital.

Se recomienda el uso de un proceso de digestión anaerobia en dos etapas (hidrolítico-acidogénico y metanogénico, respectivamente), cuando se degradan residuos con una alta concentración de sólidos (sobre un 10% de sólidos). En la etapa hidrolítica-acidogénica es posible hidrolizar y solubilizar el residuo sólido, permitiendo y facilitando su biometanización en la segunda etapa metanogénica.

## OBJETIVO

*El objetivo del presente trabajo es demostrar la biometanización de un residuo sólido, como es el estiércol, buscando las condiciones óptimas de operación a partir de resultados encontrados en la literatura y aplicar estos a escala piloto.*

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se ha reportado en la literatura el tratamiento de residuos sólidos orgánicos, tales como estiércol de vacuno y cerdo, alimentos y vegetales. Estos también han sido tratados solos o mediante una codigestión con otros residuos orgánicos, tales como lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales.

En la tabla 3.1 se presentan algunos resultados encontrados en la literatura sobre la biometanización de residuos orgánicos sólidos (estiércol de vacuno, comida y codigestión de mezclas de desechos sólidos) a escala laboratorio. Es posible apreciar que el uso de reactores continuos de tanque agitado presenta el mayor potencial de biometanización de residuos sólidos, siendo estos la alternativa más empleada.

Se ha biometanizado estiércol de vacuno en diferentes tipos y configuraciones de reactores y a distintos porcentajes de sólidos y temperaturas de operación (Demirer y Chen, 2004, 2005; 2008; Kaparaju y Rintala, 2008; Lo y Liao, 1985; 1986; Liao y Lo, 1985; Nielsen et al., 2007; Zhiyou et al., 2007) y de cerdo (Chae et al., 2008), demostrándose su aplicabilidad como residuo biometanizable.

Generalmente el estiércol es diluido previamente antes de su degradación. Se ha estudiado la biometanización mesófila de estiércol de vacuno en una y dos etapas (Lo y Liao, 1985; 1986); siendo preferible un sistema de dos etapas, debido al menor tiempo de residencia hidráulico que requirió este último. Sin embargo; no se recomienda un sistema de dos fases para la digestión termofílica (55°C) (Liao y Lo, 1985).

La biometanización de estiércol mediante dos etapas no siempre ha sido la mejor alternativa para este propósito, presentando un sistema de una y dos etapas un comportamiento similar o menor en cuanto a la producción de biogás (Demirer y Chen, 2005; Lo y Liao, 1986), sin embargo, permite tratar altas velocidades de carga orgánica.

Se ha realizado un proceso de codigestión

de residuos sólidos, lo cual ha permitido un aumento en la producción de biogás (Alvarez y Lidén, 2008; Capela et al., 2008; Lindorfer et al., 2008; Nowak et al., 2007) y la reducción de nitrógeno, expresado como ión amonio (NH<sub>4</sub>) (Lindorfer et al., 2008; Nowak et al., 2007).

Durante la digestión anaerobia es posible apreciar la fluctuación del pH, principalmente debido a la alta producción de AGV; sin embargo, la codigestión de estiércol de vacuno con residuos sólidos municipales, especialmente lodo industrial, permite la estabilidad y mejora de la eficiencia del proceso junto con un aumento en la reducción de SV y de producción de metano (Capela et al., 2008).

La digestión anaerobia tiene la desventaja de ser proceso no adecuado de remoción de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>) al degradar estiércol, encontrándose valores superiores a los del afluente (Demirer y Chen, 2005; Lo y Liao, 1986). El desarrollo de un proceso anaerobio capaz de reducir los niveles de nitrógeno, es una de las áreas en donde la digestión anaerobia debe continuar investigando, con el fin lograr un proceso mucho más efectivo, económicamente viable y ser una tecnología ampliamente adoptada. Un mejoramiento de la remoción de nitrógeno amoniacal es forzar una precipitación en el reactor para obtener estruvita (MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O), la cual es una fuente de nutrientes para plantas (Uludag-Demirer et al., 2008). Kaparaju y Rintala (2008) proponen la separación sólido-líquido, con un posterior fraccionamiento de un residuo previamente degradado de estiércol de vacuno con un residuo industrial. Estos dos procesos tienen las desventajas de presentar inconvenientes adicionales, tales como el costo adicional del agente precipitador y del pretratamiento de fraccionamiento.

## CONCLUSIONES

Es posible una adecuada biometanización continua de un residuo sólido, como es el estiércol.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, R.; Lidén, G. 2008. Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste. *Renewable Energy* (33): 726-734.
- Angenent, L.T.; Karim, K.; Al-Dahhan, M.H.; Wrenn, B.A.; Dominguez-Espinoza, R. 2004. Production of bioenergy from industrial and agricultural wastewater. *TRENDS in Biotechnology* (22): 477-485.
- Capela, I.; Rodrigues, A.; Silva, F.; Nadals, H.; Arroja, L. 2006. Impact of industrial sludge and cattle manure on anaerobic digestion of the OFMSW under mesophilic conditions. *Biomass and Bioenergy* (32): 245-251.
- Chae, K.J.; Jang, A.; Yim, S.K.; Kim, I.S. 2008. The effects of digestion temperature and temperature shock on the biogas yields from the mesophilic anaerobic digestion of swine manure. *Biosource Technology* (99): 1-6.
- Demirer, G.N.; Chen, S. 2008. Anaerobic biogasification of undiluted dairy manure in leaching bed reactors. *Waste Management* (28): 112-119.
- Demirer, G.N.; Chen, S. 2005. Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. *Process Biochemistry* (49): 3542-3549.
- Demirer, G.N.; Chen, S. 2004. Effect of retention time and organic loading rate on anaerobic acidification and biogasification of dairy manure. *J. Chem Technol Biotechnol* (79): 1381-1387.

Tabla 3.1. Producción de metano: diferentes afluentes sólidos y distintas configuraciones de operación y de reactor a escala laboratorio.

| Tipo reactor | Afluente   | VCO (° gDQO/l d.° gSVl) (°) | TRH (d) |     |     | T (°C) | NH <sub>3</sub> (g/l) |      | V <sub>CH4</sub> (l <sub>CH4</sub> /l <sub>SV</sub> ·d) | Y <sub>CH4</sub> (° l <sub>CH4</sub> /g DQO <sub>org</sub> ° l <sub>CH4</sub> /g SV <sub>org</sub> ·d) | Remoción DQO (%) | Referencia            |
|--------------|--|-----------------------------|---------|-----|-----|--------|-----------------------|------|---|--|------------------|-----------------------|
|              |  |                             | H       | M   | S   |        | A                     | E    |   |  |                  |                       |
| RCPF         | Estiércol vacuno (7.5% ST y 6% SV)                                     | 49.0 *<br>32.8 **           |         |     | 1   | 35     |                       |      | 1.50  | 0.03 *<br>0.04 **  |                  | Lo y Liao, 1985       |
| RCTA-RCPF    |  | 23.1 *<br>13.2 **           | 1.5     | 1.0 | 2.5 | 35-35  | 0.22                  |      | 0.86  | 0.01 *<br>0.06 **  |                  |                       |
| RCTA         | Estiércol vacuno (7.5% ST y 6% SV)                                     | 17.6 **                     |         |     | 2   | 55     |                       |      | 1.03  | 0.06 **  |                  | Liao y Lo, 1985       |
| RCTA-RCTA    |  | 15.2 *<br>9.7 **            | 1.2     | 2.0 | 3.2 | 55-55  | 1.50                  |      | 0.92  | 0.06 *<br>0.09 **  |                  |                       |
| RCTA         | Estiércol vacuno (4% ST y 3.2% SV)                                     | 60.7 *<br>29.0 **           |         |     | 1   | 55     | 0.75                  | 0.75 | 1.97  | 0.03 *<br>0.07 *   | 40.4             | Lo y Liao, 1986       |
| RCTA-RCPF    |  | 27.8 *<br>15.2 **           | 1.5     | 1   | 2.5 | 55-55  | 0.75                  | 0.99 | 1.87  | 0.04 *<br>0.07 **  | 40.7             |                       |
| RCTA         | Estiércol vacuno (11.5% SV)  | 6.02 *<br>6.3 **            |         |     | 20  | 35     | 0.95                  | 0.90 | 1.36  | 0.14 *<br>0.13 **  | 63.0             | Demirer y Chen, 2005  |
| RCTA-RCTA    |  | 15.1 *<br>12.6 **           | 2       | 8   | 10  | 35-35  | 0.90                  | 0.80 | 1.91  | 0.08 *<br>0.10 **  | 62.5             |                       |
| S            | Estiércol vacuno (0.5% ST)   | 3.09 *                      |         |     | 15  | 35     | 0.18                  |      | 0.40  | 0.13 *   | 42.1             | Zhiyou et al., 2007   |
| RCTA         | Estiércol, RS de carnicería, de frutas y vegetales (1.8% ST y 6.1% SV) | 2.03 **                     |         |     | 30  | 35     |                       |      | 0.48  | 0.26 **  |                  | Alvarez y Lidén, 2008 |

- DQO: Demanda química de oxígeno.
- H: Reactor hidrolítico.
- M: Reactor metanogénico.
- NH<sub>3</sub>: amoníaco (nitrógeno amoniacal).
- RCTA: Reactor continuo de tanque agitado.
- RCPF: Reactor continuo de película fija.
- RFP: Reactor de flujo pistón.
- RS: Residuo sólido.
- S: Sistema (1 o 2 fases).
- SBR: Sequencing batch reactor.
- ST: Sólidos totales.
- SV: Sólidos volátiles.
- T: Temperatura.
- VCO: Velocidad de carga orgánica.
- V<sub>CH4</sub>: Velocidad de producción de metano.
- Y<sub>CH4</sub>: Rendimiento de metano.