



EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LA BIODIGESTIÓN ANAERÓBIA DE ESTIERCOL DE CERDO EN CONDICIONES DE MÍNIMO MANEJO

M. B. Menna¹, G. J. Murcia¹, B. Corleto¹, A. Dinamarca¹, J. Branda¹, E. Garin¹

Grupo de Estudio de Energías Alternativas y Ambiente (GEEAA)

Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) – Facultad de Ingeniería

Av Juan B. Justo N° 4302 (B7608FDQ) Mar del Plata – Argentina - Tel. 54-223-4816600 – Fax 54-223-4810046

RESUMEN: El presente trabajo analiza desde el punto de vista energético la generación de biogás, obtenido por digestión anaerobia de estiércol de cerdo, generado en cría intensiva con estrictos controles de la dieta diaria en todas las etapas del ciclo de desarrollo animal. Se analizó el comportamiento semanal con el objeto de determinar la factibilidad de un futuro aporte en escala real al sistema de calefacción del Galpón de Madres, ambiente de nacimiento y primera etapa del ciclo de producción que requiere control térmico.

Siendo la generación de biogás fuertemente dependiente de la temperatura, y debido a las condiciones climáticas del sudeste bonaerense, se controló la temperatura de biodigestión en dos rangos de temperatura $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ y $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Se comparó el comportamiento inicial y se cuantificó el potencial energético en una unidad de generación de biogás escala laboratorio, sin intervención en corregir pH, simulando operación en una futura implementación con mínimo manejo.

Los resultados obtenidos en laboratorio indican una producción aceptable de metano en un periodo compatible con el ciclo de producción porcina. Sin embargo desde el punto de vista de la gestión del estiércol, la remoción de materia orgánica en el período analizado no es significativa, por lo que se requiere del tratamiento combinado anaerobio/aerobio.

Controlando sólo la temperatura de biodigestión puede hacer factible el aprovechamiento energético de este tipo de unidades energéticas en la región, imponiéndose la necesidad del tratamiento de los lodos residuales de la biodigestión.

Palabras clave: valoración de residuos, energía renovable, biogás, biodigestión anaerobia, producción limpia.

INTRODUCCIÓN

Analizar alternativas tecnológicas, para satisfacer los requerimientos energéticos de la producción de carne porcina, es una actividad que se incorpora al Grupo de Estudio de Energías Alternativas y Ambiente (GEEAA) de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Se trabaja en un proyecto de investigación aplicada, con la intención de lograr el desarrollo de sistemas eficientes de generación de energía, utilizando recursos renovables disponibles en la región, capaces de asegurar un suministro oportuno y de calidad a un costo razonable, promoviendo el uso eficiente y la preservación de los recursos naturales disponibles.

Las investigaciones se han centrado en dos de las energías alternativas factibles de ser aprovechadas en gran escala en la zona de Mar del Plata: la energía eólica (Menna et al. 2005), y el biogás de relleno sanitario (Menna et al. 2007). También para escalas mucho más pequeñas (Menna et al. 2007), y combinando dos fuentes energéticas renovables (Menna et al. 2009) independizando la generación de biogás del clima del sudeste bonaerense: templado frío con influencia oceánica.

En esta oportunidad, el Grupo trabaja para incluir mejoras ambientales, en la gestión del estiércol, en los sistemas de producción de ganado porcino, que implican valorización de residuos, aprovechamiento energético, y reducción de emisiones de gas de efecto invernadero. Esto, a partir del tratamiento biológico combinado anaerobio-aerobio del estiércol porcino, para obtener energía (biogás) y un material estabilizado y útil (compost). Su transferencia al medio productivo como Proyecto de Mejora Ambiental, califica para obtener financiación en el marco de programas oficiales específicos para tal fin, en el ámbito provincial, nacional e internacional.

El objetivo de este trabajo es evaluar, desde un punto de vista energético, la conveniencia de trabajar en un determinado rango de temperaturas de amplitud acotada, para maximizar la generación de metano en un período compatible con el ciclo propio de generación de estiércol desde el sistema de producción porcina, independientemente de la caracterización climática de la zona de emplazamiento. En otro trabajo aparte, se aborda el tratamiento de los barros residuales de la biodigestión anaerobia mediante el proceso biológico aerobio, y la caracterización del producto final obtenido.

¹ Grupo Investigación GEEAA-FI-UNMDP. E-mails: maximomenna@fi.mdp.edu.ar, gjmurcia@, mbcorleto@, adimnamarca@, jbranda@, egarin@.

MATERIALES Y METODOS

Para evaluar el potencial de generación de metano a partir de estiércol porcino, generado en un establecimiento de cría intensiva del Partido de Mar Chiquita, Provincia de Buenos Aires, se cuantificó en escala laboratorio, el volumen de biogás generado por una mezcla de sustrato orgánico diluido y en proceso biológico anaerobio, a dos rangos de temperaturas de trabajo: $22\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y $35\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. El grado de dilución previsto, provee la fluidez necesaria para el bombeo o trasvase en una futura implementación basada en biodigestores del tipo continuo. Para la alternativa tipo batch, se previó inocular uno de los sustratos orgánicos para analizar su influencia sobre el tiempo en manifestarse la etapa metanogénica, período con generación de biogás no-combustible.

Se inocula uno de los sustratos orgánicos, asumiendo que en una futura implementación de biodigestores batch, durante la descarga se deja un remanente de aproximadamente un 50% de los lodos residuales de la carga anterior. El sustrato orgánico inoculado (A) consta de partes iguales de estiércol porcino fresco y estiércol porcino semidegradado, obtenido de un biodigestor en operación, y el otro sustrato (B) sólo consta de estiércol porcino fresco. Cada sustrato orgánico así conformado se mezcla con 1/3 de su peso en agua, y se introducen en biodigestores denominados respectivamente BD-A y BD-B. La tabla 1 presenta los datos de interés de los componentes orgánicos y de las mezclas A y B.

		Sustrato Orgánico		Agua Destilada	Mezclas	
		Inóculo	Estiercol		pH	Temperatura de Trabajo
Densidad	$\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	1,09	0,96	1		
pH		7,34	6,33	7		$^{\circ}\text{C}$
Biodigestor	BD-A	33,3%	33,3%	33,3%	A	$35\pm 0,5$
	BD-B	0,0%	66,6%	33,3%	B	$22\pm 0,5$

Tabla 1: Composición y características de los componentes y de las mezclas bajo estudio.

Para generar el biogás se utilizó una unidad (Menna et al. 2009), que consta de ocho sistemas de generación independientes, cada uno compuesto por tres recipientes de vidrio de 3000 cm^3 de capacidad, que ofician de: 1) biodigestor, 2) cierre hidráulico-acumulador de biogás, y 3) receptor del agua desalojada. La figura 1 muestra una imagen de la unidad de generación de biogás y un esquema de uno de los sistemas independientes.

El diseño de la unidad de generación prioriza la estanqueidad del conjunto, ya que el volumen de biogás es el parámetro a cuantificar. Así mismo, el recipiente que oficia de cierre hidráulico y acumulador de biogás, contiene agua acidulada con ácido clorhídrico al 3%, para minimizar la disolución del CO_2 .

La unidad de generación de biogás permite trabajar simultáneamente con distintos tipos de sustratos y/o distintas temperatura de trabajo. Se utilizaron sólo dos de los ocho sistemas disponibles, uno para cada temperatura de trabajo.

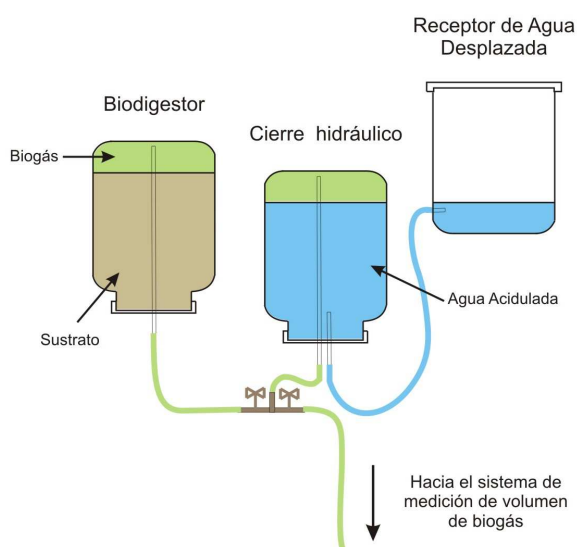


Figura 1: Esquema de uno de los 8 sistemas independientes de generación de biogás.

La unidad de generación se complementa con tres buretas de 100 cm³ conectadas en paralelo, y un dispositivo Orsat, donde se mide respectivamente, el volumen de biogás generado y el porcentaje de dióxido de carbono. Este último junto al metano son los componentes mayoritarios del biogás, por lo que el %CO₂ permite estimar indirectamente la composición máxima esperada de metano, el componente de interés por su propiedad combustible.

Los biodigestores tipo batch se cargaron hasta 2/3 de su capacidad. Uno de ellos, el BD-A, se cargó con la mezcla inoculada (mezcla A), y se lo sumergió en una cuba de agua (figura 3), con el control de temperatura ajustado en el rango de 35 ± 0,5 °C. El otro, el BD-B, se cargó con la mezcla B, y se lo expuso a la temperatura ambiente del laboratorio, también controlada automáticamente pero en el rango de 22±0,5 °C.



Figura 2: Imagen del conjunto de cuantificación de biogás y CO₂, respectivamente las tres buretas y el aparato ORSAT. Atrás y a la izquierda la unidad de generación, al fondo a la derecha: el tablero de control.



a)



b)

Figura 3: a) A la izquierda: parte de la unidad de generación de biogás. Sobre la pared el tablero de control. b) Detalle de la cuba donde se sumergió el BD-A junto al sensor, calefactor y agitador componentes del control automático de la temperatura del agua.

Los sistemas independientes de generación de biogás operaron durante 30 días, permitiendo determinar el período de generación de biogás no-combustible, la mayor tasa de generación de biogás combustible y el período en que se presenta. En atención a la necesaria coordinación con los períodos propios del sistema productivo que genera el estiércol, se hace hincapié en el análisis semanal.

RESULTADOS OBTENIDOS

Producción de biogás

En la figura 4 se presenta la generación diaria de biogás de cada biodigestor. Se observa que en los primeros tres días desde el arranque, el BD-A alcanzó una tasa de generación muy superior a la del BD-B, que se asume como producto de la acción

conjunta inoculación del sustrato orgánico y la mayor temperatura de trabajo. Sin embargo a partir del cuarto día y hasta el final de la experiencia, la generación diaria de ambos biodigestores tuvo un comportamiento similar, que se asume como consecuencia del pH fuera del rango óptimo.

La figura 5 presenta la generación diaria de biogás en las tres primeras semanas a partir de que se comprobó su propiedad combustible, esto fue en el sexto día para el BD-A y en el octavo día para el BD-B. El volumen diario de biogás combustible generado por ambos biodigestores no difiere significativamente en el periodo mencionado, y la tasa de generación diaria en la primera semana (días 6 al 13) resultó muy superior respecto de las dos semanas siguientes.

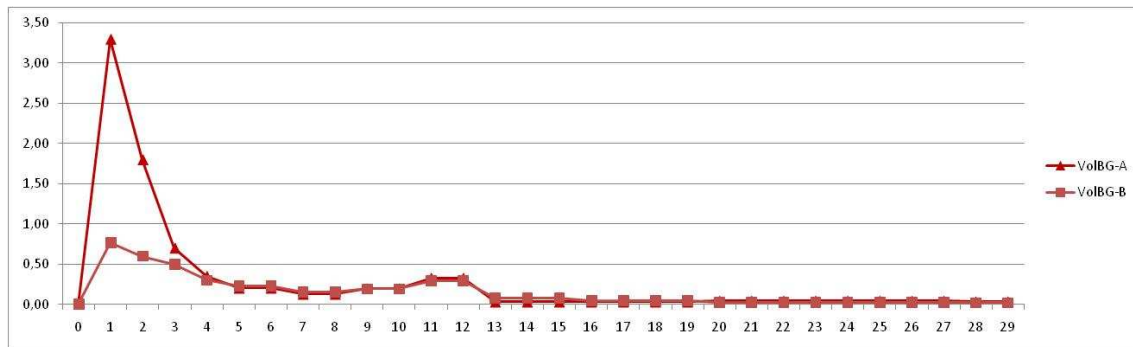


Figura 4: Volumen diario en litros de biogás generado en los biodigestores BD-A y BD-B en el periodo analizado.

Durante todo el periodo analizado, el pH del sustrato diluido en ambos biodigestores, se mantuvo por debajo del rango óptimo aunque por encima de 6, por lo que con el objetivo de simular una operación con mínima atención y manejo, no se intervino en su corrección, ya que es lo que se espera en una futura implementación en escala real. La similar tasa de generación de biogás combustible, registrada a partir del cuarto día desde el arranque en ambos biodigestores, se corresponde con el pH por debajo del rango óptimo, haciendo insignificante el beneficio de trabajar a mayor temperatura.

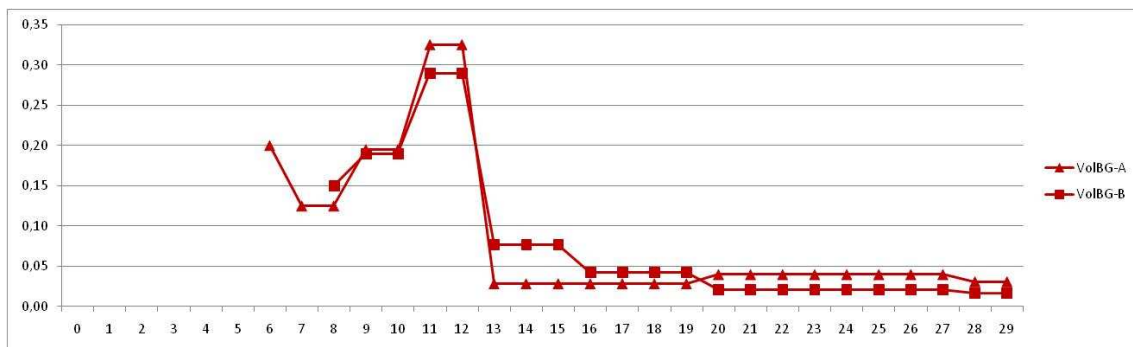


Figura 5: Volumen diario en litros de biogás combustible generado en los biodigestores BD-A y BD-B.

El volumen total de biogás combustible acumulado durante el periodo bajo estudio (figura 6), fue menor para el BD-B, alcanzando el 82,6% de lo totalizado por el DB-A. Esta diferencia porcentual (17,4 %) es del orden de la generación porcentual (15,9%) alcanzada en los dos días en que se adelantó la generación de biogás combustible en el DB-A respecto del BD-B (días 6 y 7). El volumen total de biogás combustible generado por cada biodigestor, en el periodo bajo estudio, se corresponden con el volumen de mezcla diluida con que se cargaron los biodigestores.

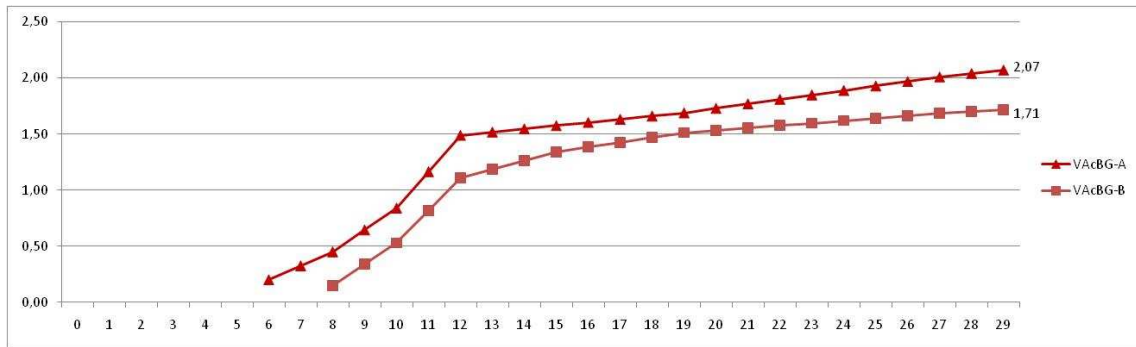


Figura 6: Volumen acumulado en litros de biogás combustible en el período bajo estudio.

La figura 7 muestra el volumen acumulado de biogás combustible, discriminado para la primera semana y para las dos semanas siguientes. En la primera semana el BD-A alcanzó el 73,4% del total del volumen generado en el período analizado, y el BD-B el 69,6%. La tasa promedio diaria en la primera semana de generación de biogás combustible resultó ser de 0,21 litros.día⁻¹ para el BD-A y de 0,20 litros.día⁻¹ para el BD-B, aproximadamente el 10% del volumen de sustrato orgánico.

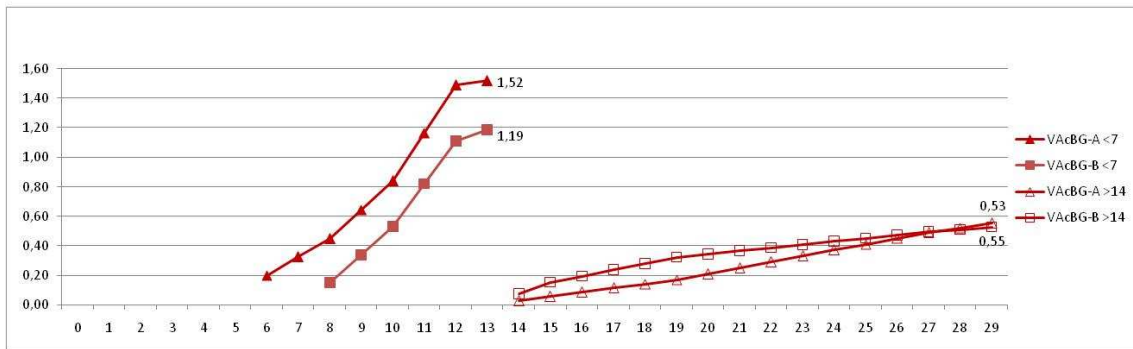


Figura 7: Volumen acumulado en litros de biogás combustible discriminado por periodos, en la primera semana y en las dos últimas semanas.

En base a esta experiencia de laboratorio, si consideramos el volumen de digestor y el volumen de mezcla utilizada, podemos inferir que un digestor lleno inicialmente a 2/3 de su capacidad, con una mezcla de 2/3 de sustrato orgánico y 1/3 de agua, genera biogás combustible en volumen diario equivalente al 20% del volumen de su digestor, con 62 % de metano.

Respecto a la gestión ambiental del estiércol porcino, la remoción de materia orgánica resultante para ambas mezclas A y B, son insuficientes como para considerarlo un tratamiento ambiental. Se propone su tratamiento biológico combinado anaeróbico/aeróbico, de forma que los lodos de la biodigestión anaerobia se compostan para obtener un producto estabilizado y útil, tal como ya se lo evaluó, utilizando la misma materia prima en un trabajo previo de los autores a publicarse simultáneamente a este.

CONCLUSIONES

El BD-A tuvo una mayor tasa de generación en la puesta en marcha del proceso biológico anaeróbico, lo que confirma el beneficioso efecto del inóculo y de la mayor temperatura de trabajo. Sin embargo, el pH de trabajo por debajo del rango óptimo, hace que a partir del cuarto día la tasa de generación de biogás sea similar para ambos biodigestores.

El carácter combustible en el biogás generado por el BD-A se presentó dos días antes que en el biogás generado en el BD-B. Sin embargo, el total de biogás combustible generado por ambos biodigestores en el período analizado, difieren en un volumen equivalente al generado en los dos días en que se adelantó en aparecer el carácter combustible del biogás del BG-A respecto del BG-B, manteniéndose tal diferencia hasta el final del período analizado.

Desde el punto de vista de la futura aplicación con mínimo manejo, sin intervención en el pH, es factible aportar de biogás combustible al actual sistema de calefacción del sistema productivo. Y asumiendo que el período de mayor tasa de generación de biogás combustible es la segunda semana desde la carga, no resulta significativa la diferencia en lo que aportan ambos biodigestores trabajando a las temperaturas de trabajo bajo análisis. Por lo que para esta aplicación particular, con perio-

dicidad de carga quincenal, operando biodigestores con mínimo manejo, no se justifica el gasto energético para trabajar a la mayor de las dos temperaturas analizadas.

Si bien la carga debe ser quincenal, en una operación tipo batch, para cubrir la deficiencia de biogás de la primera semana se impone poner a prueba un prototipo conformado por un sistema doble de generación de biogás, de funcionamiento en paralelo con fechas de carga defasadas una semana.

REFERENCIAS

- Menna M., Murcia G., Branda J., Garín E., Belliski G. (2005) Caracterización del Recurso Eólico en Mar del Plata – Argentina. VI Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de la Energía Eléctrica (CLAGTEE 2005). Mar del Plata. Argentina. ISBN: 85-903471-2-5.
- Menna M., Murcia G., Branda J., Garín E., Belliski G., E. Moschione. (2007) Aplicación de un Modelo Cinético de Primer Orden para la Estimación de las Emisiones de Metano en la Disposición Final de Residuos Sólidos de Mar del Plata – Argentina – con Fines Energéticos. VII Congreso Latinoamericano de Generación y Transporte de la Energía Eléctrica (CLAGTEE 2007). Viña de Mar, Chile. ISBN 978-85-61065-00-3.
- M. Menna, G. Murcia, J. Branda, G. Belliski, E. Garin, E. Moschione. (2007) .Metodología de Bajo Costo para la Cuantificación de Biogás en Biodigestores de Laboratorio. Avances en energías renovables y medio ambiente, ISSN 0329-5184.
- M. Menna, G. Murcia, J. Branda, E. Garin. (2009). Balance Energético de un Sistema Combinado biogás-eólico de Pequeña-Potencia. Etapa de Diseño. Avances en energías renovables y medio ambiente, ISSN 0329-5184.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Agroporc que motivó este trabajo y proveyó el estiércol porcino utilizado.
A Patricio Montalbetti por su incondicional colaboración en la publicación de este trabajo.

ABSTRACT

The present work analyzes the energy point of view the generation of biogas obtained by digestion anaerobia of pig ordure, generated in intensive raising of pigs with strict control panel of the daily diet in all the stages of the cycle of animal development. The energy contribution is evaluated to the system of heating of the Mothers' Room, ambience of birth and the first stage of the cycle of production that needs thermal control.

Being the generation of biogas strongly dependent on the temperature, and due to the climatic conditions of Southeast Buenos Aires, the temperature of bio digestion was controlled in two average levels 22°C and 35°C. The energy potential was quantified in a unit of generation of biogas, and the valuation of generation was calculated for every temperature of work.

The results obtained in laboratory indicate an acceptable production of methane in a period compatible with the cycle of porcine production, and indicate the expediency of the minor of the thermal analyzed levels. Nevertheless from the point of view of the management of the ordure, the removal of organic matter in the analyzed period is not significant, from what the combined anaerobic/aerobic treatment needs.

Controlling the temperature of biodigestion can make feasible the operation of this type of energy units in the zone, imposing the need of the construction of a prototype to validate the obtained results.

Keywords: waste valuation, renewable energy, biogas, anaerobic digestion, production cleans.