

Producción de biogás a partir de desechos vegetales combinados con estiércol de cerdos o búfalos en un sistema de biodigestores *in vitro*

Sopheap Yen, TR Preston ¹ y Nguyen Thi Thuy ²

Universidad Svay Rieng (SRU), Chambak Village, Comuna Chek, Provincia Svay Rieng, Camboya

yensopheap2013@gmail.com

¹ *Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Carrera 25 No 6-62 Cali, Colombia*

² *Universidad Cantho Vietnam*

Abstracto

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto sobre la producción de metano al agregar diferentes proporciones de desechos vegetales frescos al estiércol de cerdos o búfalos como sustrato en biodigestores de flujo de tapón. Los tratamientos en un diseño completamente al azar con cuatro réplicas fueron proporciones de desechos vegetales frescos a estiércol (cerdo o búfalo) de 0, 25, 50, 75 y 100%. Se realizaron mediciones de la producción de gas, el contenido de metano del gas y el pH del efluente durante un período de 30 días desde el inicio de los biodigestores hasta el final del experimento después de 30 días.

El porcentaje de metano en el gas y la producción total de metano se triplicó al incluir el 25% de los residuos de vegetales frescos en el sustrato. Las proporciones más altas de desperdicio vegetal condujeron a disminuciones lineales en la producción total de gas y metano. La producción de metano se triplicó cuando el sustrato era estiércol de cerdo y desechos vegetales en comparación con el estiércol de búfalo y los desechos vegetales. La relación entre el desperdicio de vegetales y el estiércol fue un factor crítico para determinar el rendimiento del biogás y la composición de metano en el gas, y se registró el óptimo al 25% del desperdicio de vegetales, seguido por la rápida disminución a valores cero cuando el sustrato era solo desperdicio de vegetales. .

Palabras clave: *nitrógeno, metano, pH, flujo de tapón*

Introducción

La energía renovable es un área importante para la investigación y el desarrollo, especialmente de las corrientes de desechos biológicos (Deublein y Steinhauser 2010). Aproximadamente 1.300 millones de toneladas de desperdicio de alimentos no se utilizan cada año; esto reduce los alimentos para el consumo humano, e igualmente grave termina en "vertederos" con producción de gas metano (FAO 2011; EPA 2012).

La digestión anaeróbica en un biodigestor es una forma de utilizar los desechos orgánicos de manera eficiente, produciendo no solo un gas combustible (metano) sino que también funciona como un sistema de eliminación de desechos. Según: Vaid et al (2013), el desperdicio de alimentos no solo hace que la digestión anaeróbica sea deseable, sino que también es rentable, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en los vertederos, utiliza la infraestructura existente para el desvío de desperdicios de alimentos y cumple con los objetivos de desviación de residuos locales y estatales. A nivel doméstico, desperdicio de alimentos; se puede agregar a los biodigestores para complementar las heces y la orina humanas (Thu Thien et al 2014). Esto aumenta la disponibilidad de gas para cocinar, así como reduce la cantidad de residuos que deben transportarse a vertederos o instalaciones de procesamiento centralizadas (Croxatto Vega et al 2014).

material y métodos

Lugar y duración

El experimento se realizó en el área experimental de la Universidad de Svay Rieng (SRU), en la provincia de Svay Rieng, Camboya, durante la estación seca de enero a febrero de 2016.

Biodigestores experimentales

Los biodigestores experimentales (Fotos 1-2) se hicieron con botellas de agua de polipropileno reciclado, según el diseño desarrollado por Thu Hien et al (2014). El volumen total de cada biodigesto fue de 5 litros. Los biodigestores se operaron con una velocidad de carga inicial establecida en 160 g de MS en un volumen de líquido total de 4 litros (concentración de 4% de MS). El tiempo de retención se fijó en 20 días, por lo que cada día se añadieron 8 g de MS y 192 ml de agua. Las cantidades sobre una base nueva se muestran en la Tabla 1. El gas se recogió por desplazamiento de agua usando botellas de 1,5 litros, con los fondos retirados, y calibrados a intervalos de 50 ml. Estos fueron suspendidos en botellas de 5 litros con la parte superior retirada y llena de agua.



Fotos 1-2. Los biodigestores a pequeña escala hechos de botellas de agua de polipropileno reciclado.

Diseño experimental

El experimento fue diseñado como un factorial $2 * 5$ con 4 repeticiones.

Los factores fueron:

Estiércol:

PM: estiércol de cerdo

BM: estiércol de búfalo

Nivel de residuos vegetales:

0, 25, 50, 75 y 100% del sustrato (base DM)

Sustratos

Los residuos vegetales se recogieron de la cantina de la Universidad Svay Rieng. Incluía desechos de espinacas de agua, lechuga, melón amargo, repollo, calabaza, coliflor, ñame, bok choy, papa, calabaza, zanahoria, luffa suave, rábano y amaranto. El estiércol de cerdos y búfalos se recolectó de hogares de

agricultores cerca de la Universidad. Los residuos vegetales se cortaron a mano en trozos pequeños (2-3 mm de longitud). Finalmente, los desechos vegetales y el estiércol de los cerdos o búfalos se agregaron a los biodigestores de acuerdo con las cantidades indicadas en la Tabla 1.



Foto 3. Residuos vegetales (lechuga, melón amargo, repollo, calabaza, coliflor, ñame, bok choy, papa, calabaza, zanahoria)

Foto 4. Residuos vegetales después de picar

Tabla 1. Cantidades de estiércol de cerdo y desechos vegetales puestos en los biodigestores diariamente

	Residuos vegetales,% como DM				
	0 0	25	50	75	100
Cantidades, g / d base fresca					
Residuos vegetales	0 0	22	45	67	90
Estiércol de cerdo	36	27	18 años	9 9	0 0
Agua, ml / d	164	151	137	124	110

Mediciones

La materia seca y el nitrógeno en los sustratos se determinaron de acuerdo con los procedimientos de AOAC (1990). El volumen del gas se registró diariamente a partir de las calibraciones en la botella receptora. El pH del efluente que sale del biodigestor se midió cada 24 h utilizando un medidor digital portátil (Foto 5). El porcentaje de metano en el gas se midió diariamente pasando una muestra a través de un analizador de infrarrojos Crowcon (Crowcon Instruments Ltd, Reino Unido) (Foto 6).



Foto 5. Medición del pH del efluente.



Foto 6. Medición del contenido de metano en el gas.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados por la opción GLM en el programa ANOVA del software Minitab (2000). Las fuentes de variación fueron: réplicas, fuente de materia prima, proporción de estiércol, interacción entre la fuente de materia prima * proporción de estiércol y error.

Resultados y discusión

Composición del sustrato.

Hubo diferencias importantes en la composición de los sustratos (Tabla 2). El estiércol de los cerdos era más alto en nitrógeno que el estiércol de los búfalos.

Tabla 2. La composición del sustrato.

	Residuos vegetales	Estiércol de cerdo	Estiércol de búfalo
DM,%	8,98	22,2	23,2
Como % de DM			
Nitrógeno	1,22	1,92	1.04

Producción de gas

La producción de gas aumentó en todos los tratamientos alcanzando valores máximos después de 12-15 días cuando se usó estiércol de cerdo (Figura 2). Con el estiércol de búfalo, los valores máximos se alcanzaron unos 3-5 días después (Figura 3). El efecto de agregar desechos vegetales difería en gran medida según las proporciones agregadas (Tabla 3; Figura 1). La producción de gas se triplicó

cuando el 25% del peso fresco del estiércol fue reemplazado por residuos vegetales. Pero con las crecientes tasas de producción de gas de reemplazo disminuyó linealmente. Las tendencias fueron similares para el estiércol de los búfalos, pero los volúmenes promedio fueron 50% menos.

Tabla 3. Valores medios de producción de biogás durante 30 días según fuente de estiércol y proporción de residuos vegetales

	Nivel de residuos vegetales,%					SEM	<i>pag</i>	Estiércol		SEM	<i>pag</i>
	0	25	50	75	100			Cerdo	Búfalo		
Gas, ml / d	324	744	536	360	325	43,2	<0.01	561	354	27	<0.01
CH ₄ ,%	24,8	39,5	20,9	9,91	2,33	1,82	<0.01	24,9	14,0	1,15	<0.01
CH ₄ , ml / d	148	423	177	52,3	14,2	20,1	<0.01	242,1	83,7	12,7	<0.01
pH	6,9	6.3	5.8	5.3	5.1	0,12	<0.01	6.1	5.6	0,07	<0.01

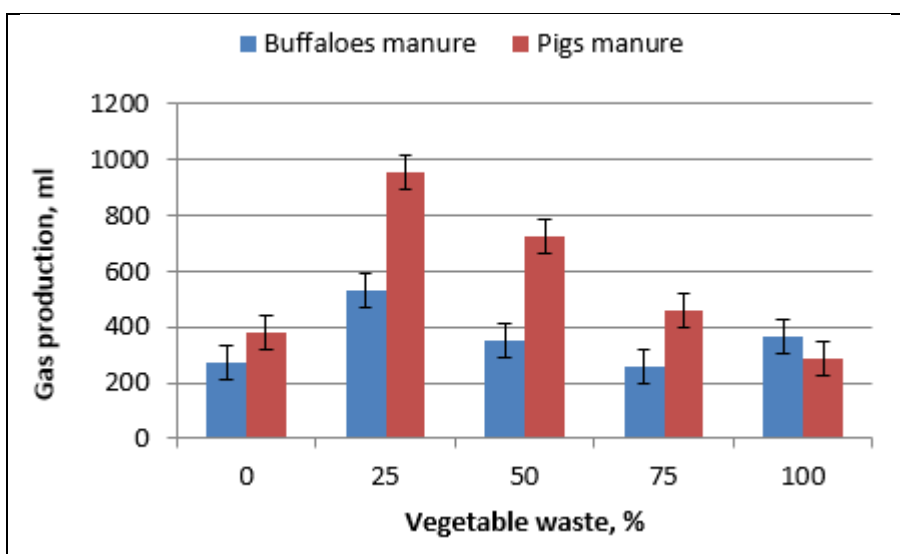


Figura 1. Valores medios durante 30 días de producción de gas a partir de mezclas de estiércol (de cerdos o búfalos) y desechos vegetales

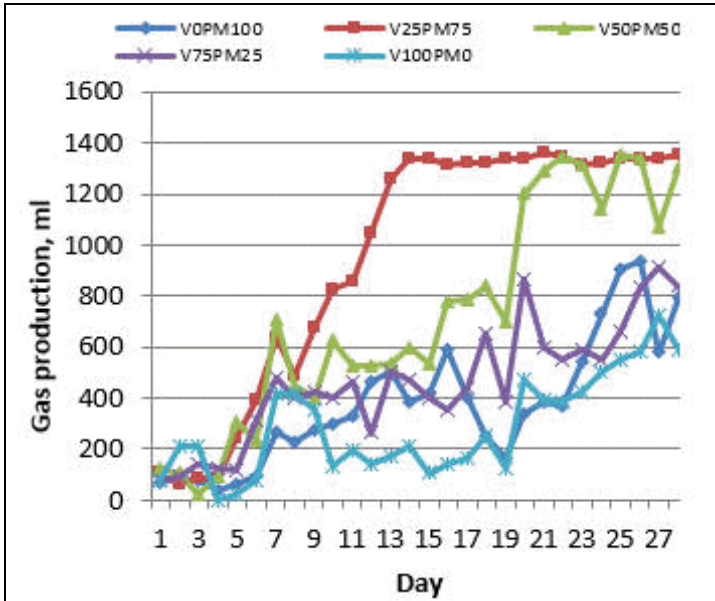


Figura 2. Tendencias en la producción de gas a partir de mezclas de estiércol de cerdo y residuos vegetales

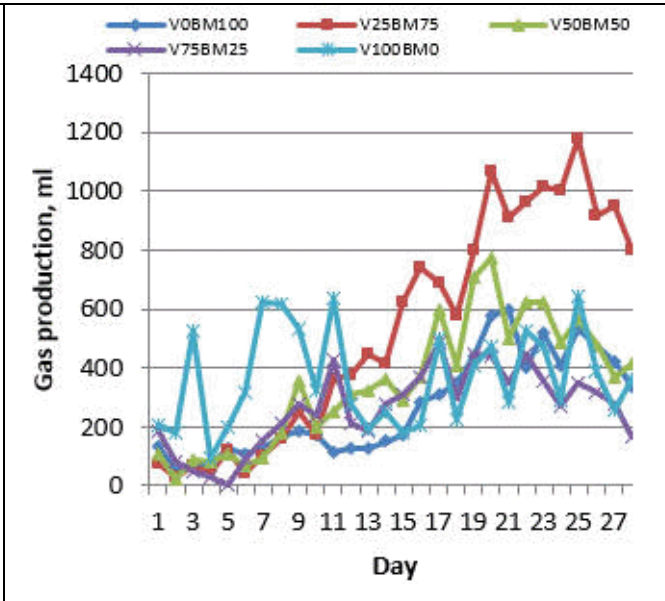


Figura 3. Tendencias en la producción de gas a partir de mezclas de estiércol de búfalo y desechos vegetales

Porcentaje de metano en el gas

Las tendencias para el contenido de metano del gas fueron similares a las registradas para la producción de gas, con valores máximos alcanzados después de aproximadamente 15-20 días (Figuras 4 y 5). Similar a la producción de gas, los porcentajes más altos de metano en el gas se registraron cuando la proporción de desperdicio vegetal a estiércol fue 25:75 (Figura 6).

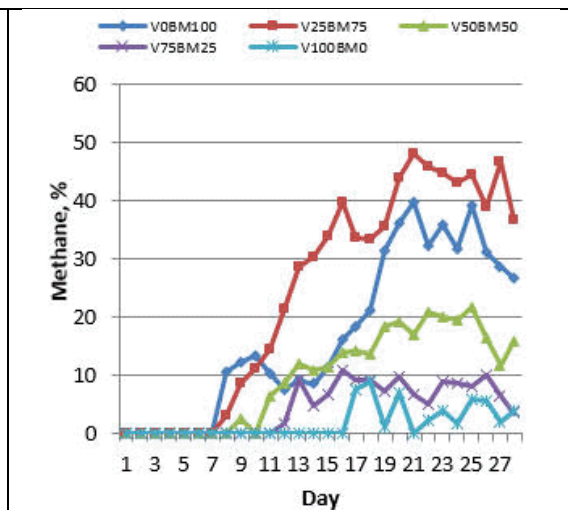
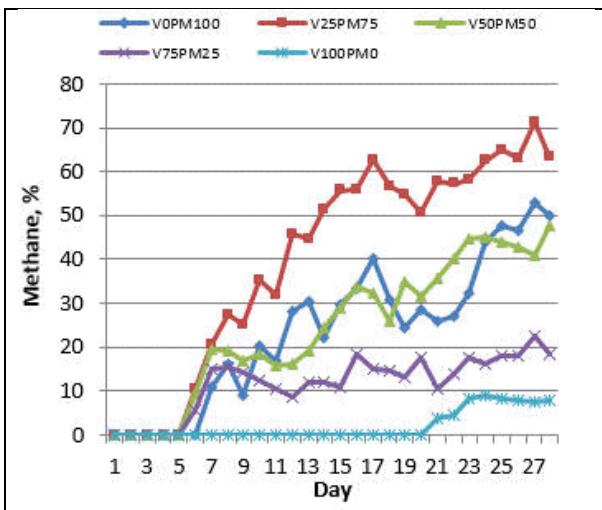
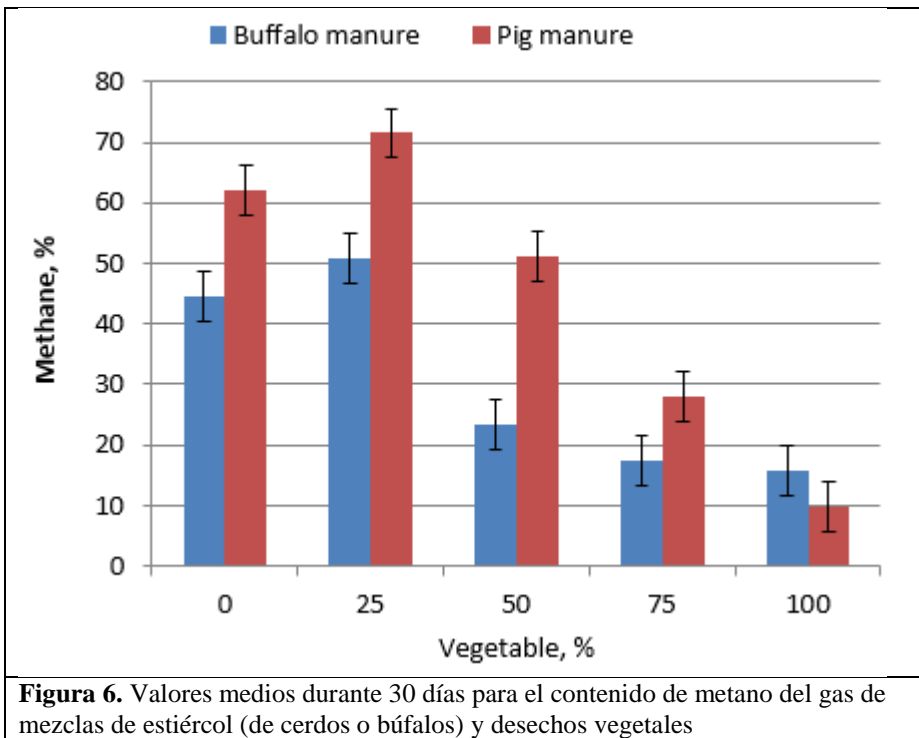


Figura 4. Tendencias en el porcentaje de metano en el gas de mezclas de estiércol de cerdo y desechos vegetales

Figura 5. Tendencias en el porcentaje de metano en el gas a partir de mezclas de estiércol de búfalo y desechos vegetales



Producción de metano

Las tendencias en la producción diaria de metano fueron similares a las de la producción total de gas (Figuras 7 y 8), obteniéndose rendimientos máximos de metano con un 25% de residuos vegetales y un 75% de estiércol (Figura 9).

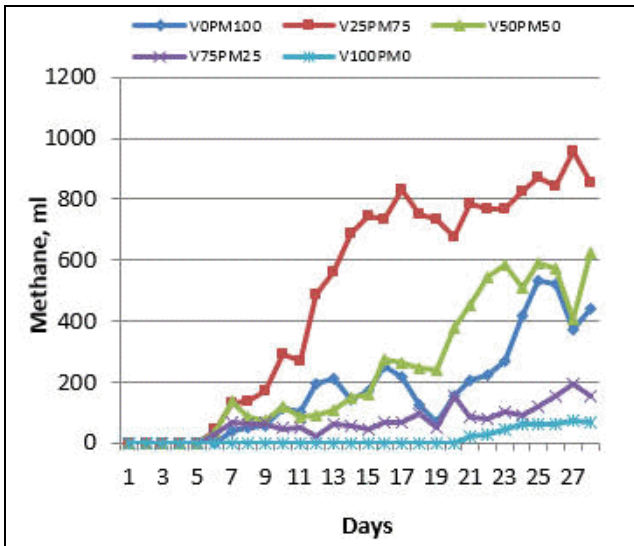


Figura 7. Tendencias de la producción de metano a partir de mezclas de estiércol de cerdo y desechos vegetales.

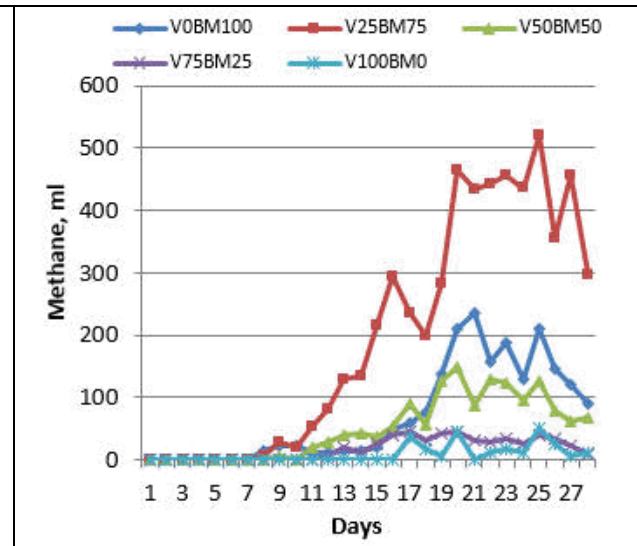


Figura 8. Tendencias de la producción de metano a partir de mezclas de estiércol de búfalo y desechos vegetales.

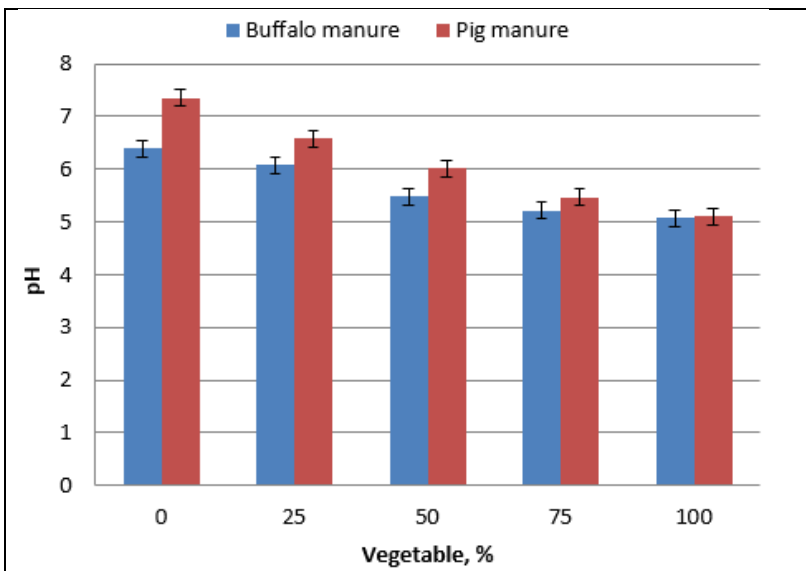


Figura 9. Valores medios durante 30 días de producción de metano a partir de mezclas de estiércol (de cerdos o búfalos) y desechos vegetales

El pH en los biodigestores disminuyó durante los primeros 7 días después de los cuales los valores se estabilizaron. (Figuras 10 y 11). El pH fue más bajo con el estiércol de búfalo que con el estiércol de cerdo (Figura 12) y disminuyó

linealmente a medida que aumentó la proporción de desechos vegetales (Figura 12).

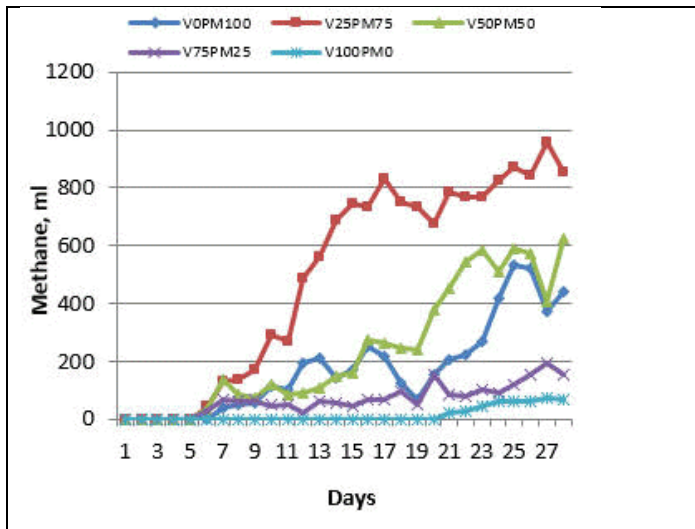


Figura 10. pH del efluente de digestores con estiércol de cerdo

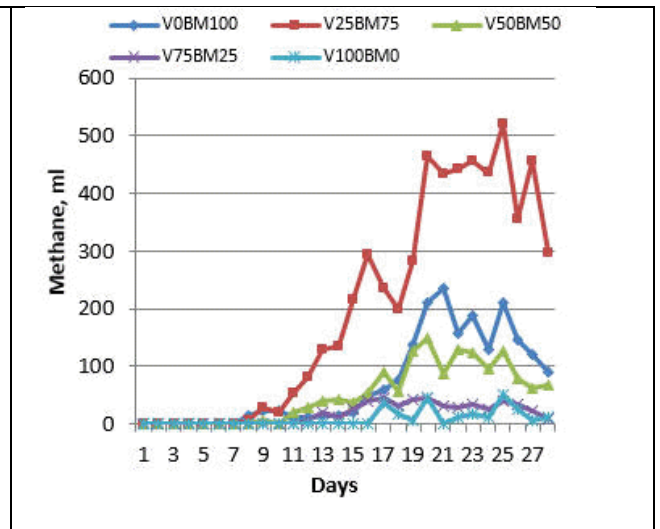


Figura 11. pH del efluente con estiércol de búfalo

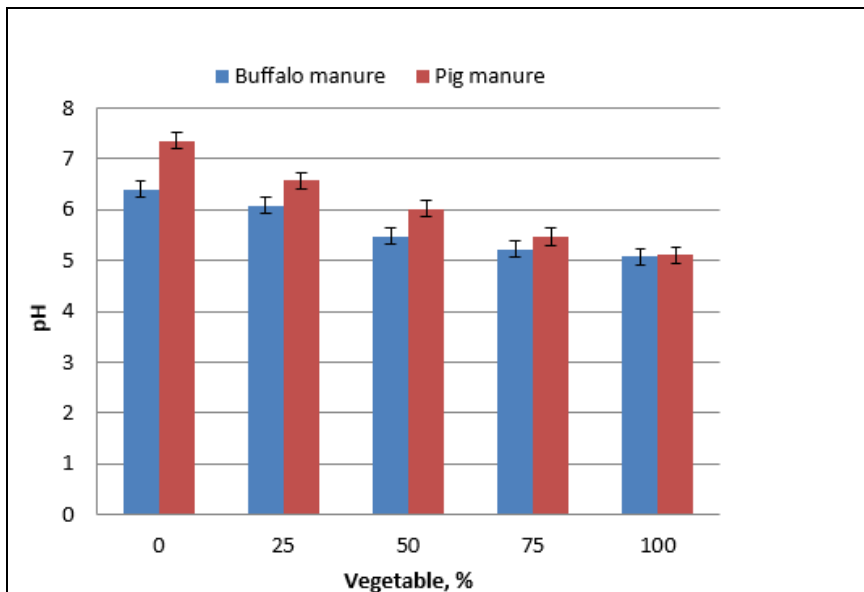


Figura 12. Valores medios durante 30 días de pH del efluente de biodigestores cargados con mezclas de estiércol (de cerdos o búfalos) y desechos vegetales

Discusión

Los resultados de este estudio son consistentes con los reportados por Thu Hien et al (2014) usando residuos vegetales combinados con estiércol de humanos, ganado o cerdos. Estos autores mostraron que en biodigestores de laboratorio similares, el pH después de 20 días había disminuido de valores iniciales de 5.5 - 6.5 a 4.5 cuando solo el sustrato era el residuo vegetal. También descubrieron que el contenido de metano del gas era menor cuando aumentaba la concentración de residuos vegetales.

La mayor producción de gas, la mayor proporción de metano en el gas, junto con el mayor pH en los biodigestores, cuando el estiércol provenía de cerdos en lugar de búfalos, probablemente refleja la naturaleza de los alimentos consumidos, que eran de mayor digestibilidad, y de equilibrio nutricional superior, en el caso de los cerdos frente a los búfalos. San Thy et al (2005) informaron un hallazgo similar de que el rendimiento del biogás fue mayor en el cerdo que en el estiércol del ganado. Hubo una interacción importante entre la posible fermentación del sustrato (desechos vegetales, estiércol) y el efecto resultante sobre el pH en el biodigesto que a su vez desempeñó un papel determinante en la producción de gas y el contenido de metano del gas, los cuales disminuyó notablemente cuando el pH cayó a valores inferiores a pH 6.

Desde un punto de vista práctico, el hallazgo importante de este estudio es que la producción de metano a partir de un biodigestor cargado con estiércol animal se triplicó al incluir el 25% de los desechos de vegetales frescos en el sustrato.

Conclusiones

- El porcentaje de metano en el gas y la producción total de metano a partir de un biodigestor a escala de laboratorio cargado con estiércol de cerdo o búfalo se triplicó al incluir el 25% de los residuos de vegetales frescos en el sustrato.
- La producción de metano se triplicó cuando el sustrato era estiércol de cerdo y desechos vegetales en comparación con el estiércol de búfalo y los desechos vegetales.
- La relación de desperdicio vegetal a estiércol fue un factor crítico para determinar el rendimiento del biogás y la composición de metano en el gas, con el óptimo registrado en el 25% del desperdicio vegetal y una

posterior disminución rápida a valores cero cuando el sustrato era solo desperdicio vegetal .

Expresiones de gratitud

Esta investigación fue realizada por el autor principal como parte de la contribución al grado de Maestría en Ciencias otorgado por la Universidad de Cantho, Vietnam. Se expresa un sincero agradecimiento al Proyecto MEKARN II, financiado por Sida, por apoyar esta investigación. Se agradece a la Universidad Svay Rieng por organizar la investigación y a los estudiantes universitarios que participaron con entusiasmo en todas las fases del experimento.

Referencias

AOAC 1990 Métodos oficiales de análisis. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales. 15a edición

Croxatto Vega GA, Ten Hoeve M, Birkved M, Sommer SG y Bruun S 2014 Elegir co-sustratos para complementar la producción de biogás a partir de la suspensión de animales: una evaluación del ciclo de vida de las consecuencias ambientales. Bioresource Technology, Volumen 171. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414012152>

Deublein D y Steinhauser A 2010 Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction, 2nd, Revised and Expanded Edition. <http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-3527327983.html>

FAO 2011 Pérdidas mundiales de alimentos y desperdicio de alimentos. www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e.pdf

Minitab 2000 Minitab Software Release 16.

San Thy, Preston TR, Khieu Borin, Pheng Buntha y Try Vanvuth 2005 La optimización de la producción de gas en biodigestores de plástico tubular al cargar con diferentes proporciones de estiércol de cerdo y ganado. Investigación ganadera para el desarrollo rural. Volumen 17, Artículo No. 132. <http://www.lrrd.org/lrrd17/12/sant17132.htm>

Thu Hien PT, Preston TR, Lam V y Khang DN 2014 Residuos vegetales suplementados con excreta humana o animal como sustrato para la producción de biogás. Investigación ganadera para el desarrollo rural. Volumen 26, Artículo # 176. <http://www.lrrd.org/lrrd26/10/hien26176.html>

Vaid V y Garg S 2013 Alimentos como combustible: perspectivas de la generación de biogás a partir del desperdicio de alimentos. Revista Internacional de Agricultura y Tecnología de las Ciencias de los Alimentos (IJAFST) 4 (2): 68-71. https://www.ripublication.com/ijafst_spl/ijafstv4n2spl_14.pdf

Recibido el 13 de junio de 2017; Aceptado el 17 de julio de 2017; Publicado 1 agosto 2017