

Efecto del rendimiento de biogás con la adición de *Hylocereus undatus* a las aguas residuales porcinas como sustrato básico

Artículo largo



Louise Gilbert¹; Wilbert Trejo Lizama^{2*}

¹ Universidad de Kassel, Alemania

² Universidad Autónoma de Yucatán, México.

*wtlizama@correo.uady.mx

Resumen

El presente estudio describe el efecto del rendimiento de biogás con la adición de 5 % y 10 % de cladodios picados de pitahaya [*Hylocereus undatus* (CPP)] a las aguas residuales porcinas (ARP) como sustrato básico en comparación a la mono-digestión de ARP. Se utilizaron ocho biodigestores tipo tubular elaborados de geomembrana plástica. La mezcla de las ARPs y los CPP, dieron como resultado las concentraciones de 0,52, 0,86 y 1,47 de sólidos totales en los influentes e incrementó la relación C/N de 8 a 24 y 29 para los tratamientos control sin CPP, 5 % de CPP y 10 % de CPP, respectivamente. El rendimiento de biogás se triplicó en el tratamiento con 5 % de CPP; con 10 % de CPP el rendimiento de gas se cuadruplicó (4,5). La mejor relación C/N y de materia orgánica en los tratamientos con CPP, explica la mejora en la producción de biogás.

Palabras clave:

Cofermentación;
Relación C/N;
Biodigestor; Pitahaya.

Effect on biogas performance with the additions of *Hylocereus undatus* to the pig slurry as basic substrate

Abstract

The present study describes the effect of biogas production with the addition of 5 % and 10 % of grounded cladodes of Dragon fruit [*Hylocereus undatus* (CPP)] to pig slurry (PSL) as basic substrate in comparison to monodigestion of PSL. There were used 8 biodigesters of tubular form made of plastic geomembrane. The mix of PSL and the CPP result in 0.52, 0.86 y 1.47 % of total solids of the influent and increased the rate of C/N from 8 to 24 and 29 of the treatments control without CPP, 5 % of CPP and 10 % of CPP respectively. The performance of biogas of the 5 % of CPP treatment triple and with 10 % of CPP the increase was 4.5 times. The better C/N rate and organic matter in the treatments with CPP explain the improvement of biogas production.

Keywords:

Co-fermentation; C/N
rate; Biodigester;
Dragon fruit.

Forma de citar: Gilbert, L., y Trejo Lizama, W. (2021). Efecto del rendimiento de biogás con la adición de *Hylocereus undatus* a las aguas residuales porcinas como sustrato básico. RedBioLAC, 5, 71-76.

Introducción

Una de las principales limitantes de la monodigestión anaerobia es la dificultad de tener un sustrato que cumpla con la composición química adecuada para el proceso de biodigestión anaerobia. Ciertos procesos productivos que generan gran cantidad de sustratos pueden ser utilizados como base para el proceso de biodigestión anaerobia, este es el caso de las aguas residuales porcinas, cuyo contenido de materia seca o sólidos totales es muy bajo (menos de 2 %) y la relación C/N baja (de 11/1). Esto hace necesario identificar otros sustratos que permitan mejorar el balance de la mezcla con cosustancias e incrementar la producción de biogás. Un aspecto relevante por considerar en la identificación de cosustancias, es la disponibilidad de biomasa residual en las plantaciones de cultivos. La composición química de la pitahaya [*Hylocereus undatus* (CPP) aporta materia seca y carbono que contribuyen a mejorar los elementos que adolecen los sustratos base para el proceso de biodigestión anaerobia. Diversos estudios han establecido la relación de la codigestión con mejoras en el rendimiento de biogás, en particular en la mejora del balance de la relación C/N y el aporte de sólidos totales y de materia orgánica (Esposito *et al.*, 2012). El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la adición de cladodios picados de *Hylocereus undatus* a las aguas residuales porcinas como sustrato básico sobre el tiempo de quemado de biogás producido.

Metodología

Este trabajo se realizó en el área de biodigestores del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán (CCBA-UADY), la cual se encuentra en el estado de Yucatán, México. La temperatura promedio anual es de 26,1 °C. Se utilizaron biodigestores tubulares de material plástico, instalados en zanjas con una alfombra entre el biodigestor y la zanja. Para iniciar el estudio, se retiró con una bomba de succión el 90 % del contenido de los biodigestores de manera que el inóculo utilizado fue el lodo activado remanente, estimado en 300 litros.

Los sustratos utilizados fueron las aguas residuales porcinas (ARP) que se obtuvieron de la granja intensiva de cerdos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, con aproximadamente 600 cerdos de ciclo completo y con un cárcamo de colección de las descargas diarias que son de alrededor de 30 m³ de ARP, de la cual mediante una bomba sumergible se bombeo para llenar los biodigestores (**Figura 1**). Se determinaron los sólidos totales (mg/L) NMX-AA-034-SCFI-15¹ gravimétrico, sólidos totales volátiles NMX-AA-034-SCFI-15² gravimétrico.

Los cladodios de pitahaya se obtuvieron de una plantación cercana y se colectaron 1,5 toneladas del material para realizar el estudio. Los cladodios de pitahaya se trituraron en una picadora con una criba de 5 mm para poder introducirlos al biodigestor (**Figura 2**). Se determinaron la materia seca, cenizas, materia orgánica, nitrógeno Kjeldahl, fibra detergente neutra (FDN), lignina y carbono.

El desarrollo del estudio consistió en el llenado inicial de los biodigestores, que funcionaron con flujo de pistón, con ARP y la aplicación inicial de CPP según las cantidades descritas en la **Tabla 1**. Posteriormente, una vez a la semana se alimentaron los biodigestores tomando en consideración un TRH de 45 días, por tal razón las cantidades alimentadas semanalmente fueron de 7 días. Durante la primera semana se observó la producción de biogás.

Los valores estimados de ARP se aplicaron mediante el cálculo de llenado con la bomba sumergible del cárcamo de la granja de cerdos de un recipiente de 200 litros, que fue de 26 segundos. Con base en ello se aplicó el tiempo correspondiente para el volumen necesario de acuerdo al tratamiento. En el caso de CPP, se pesó con una báscula colgante la cantidad correspondiente para cada tratamiento. La cantidad de biogás producido por tratamiento se midió considerando el tiempo de funcionamiento de los respectivos quemadores y una flama de referencia, como se muestra en la **Figura 3**. La medición se realizó con base en la producción del biogás en cada tratamiento, durante el tiempo que duró el estudio. Se fijó una apertura de la llave del quemador (50 % de la apertura total de la llave), de manera que se utilizó la misma para la quema del biogás de todos los tratamientos.

Tratamientos

El tratamiento 1 consistió en solo ARP con 2 repeticiones, el tratamiento 2 en ARP y 5 % de CPP y el tratamiento 3 consistió en ARP y 10 % de CPP; los tratamientos 2 y 3 tuvieron 3 repeticiones cada uno. Uno de los biodigestores del área se encontraba dañado, razón por la cual no se realizaron las 3 repeticiones en el tratamiento de solo ARP. El % de aplicación del cladodio de pitahaya usado como cosustancia se calculó teniendo en cuenta la materia seca de la ARP y la capacidad del biodigestor, que fue de 3,333 litros. Los biodigestores de cada tratamiento estaban conectados de manera independiente a un contenedor de biogás (**Figura 4**). La unidad experimental fue cada uno de los biodigestores a los que se les asignó al azar uno de los tratamientos, las variables evaluadas fueron tiempo de quemado de biogás, los sólidos totales y sólidos totales volátiles. La información obtenida se organizó en gráficas de estadística descriptiva de las medias y desviación estándar de los tratamientos.



Figura 1 | Recarga de biodigestores con ARP como sustrato base.



Figura 2 | Co-sustrato de planta de pitahaya triturado, aplicándose al biodigestor.

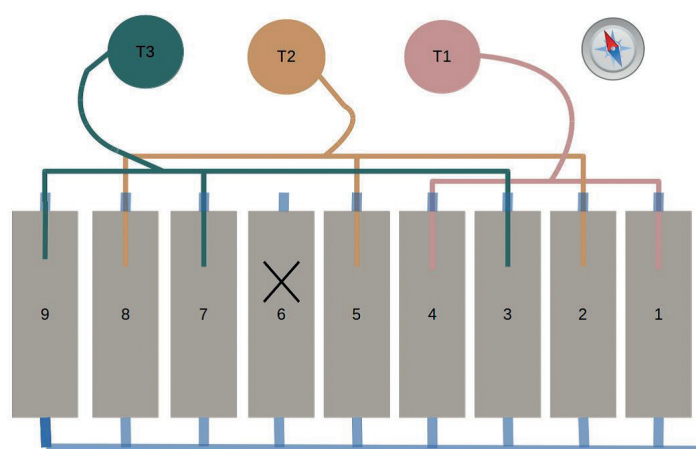


Figura 3 | Flama de referencia para el quemado de biogás.

Tabla 1 | Valores estimados para la carga y recarga de los biodigestores en los diferentes tratamientos del experimento.

Tratamientos	Sustratos					
	Cladodios de pitahaya			Agua residual porcina		
	Aplicación inicial (kg)	Aplicación kg por día	Aplicación kg/7 días	Aplicación inicial (L*)	Aplicación L por día	Aplicación L por 7 días
T1 solo ARP	-	-	-	3,333	74,06	518,47
T2 5 % CP**	166	3,7	25,9	3,167	70,35	492,64
T3 10 % CP	333	7,4	51,8	2999,7	66,70	466,62

*L= litros ** El porcentaje de CP fue calculado sobre materia en base seca.

**Figura 4** | Distribución de tratamientos asignados a cada biodigestor.

Resultados y discusión

Durante el estudio, la temperatura ambiente estuvo entre 16,2 °C y 37,6 °C con un valor promedio de 26 °C, datos de la estación climatológica más cerca al lugar de estudio (estación CHMR, Mérida). Las temperaturas (°C) de los efluentes de los biodigestores fueron: 27,7±1,7, 28,4±2,5 y 30,3±2,9 en los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. La temperatura promedio de los efluentes estuvo 3 °C por encima del promedio de temperatura ambiente, presentando una tendencia a incrementarse la temperatura en los tratamientos con pitahaya. Posiblemente, la sombra de árboles aledaños al área, en uno de los biodigestores del tratamiento sin CPP fue la causa de una temperatura inferior en ese tratamiento.

En cuanto al pH, los valores obtenidos fueron: en el influente, 7,38±0,23, 6,43±0,90 y 6,53±0,45 en los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente; en el caso de los efluentes, el pH fue de 7,31±0,10, 7,16 ±0,12 y 7,20±0,10 en los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente. Se puede observar una ligera tendencia a acidificarse el pH del material que ingresaba al biodigestor, en los tratamientos con la cosustancia pitahaya. Sin embargo, el pH de los efluentes fue muy similar y no

presentó modificación por la ligera tendencia de disminuir el pH del influente.

Los cladodios de pitahaya tuvieron 12,7 % de materia seca y 12,1 % de cenizas en base seca. El contenido de materia orgánica fue de 87,9 %. El contenido de fibra detergente neutra (FDN) fue de 50,6 %, de lignina de 9,4 % y de Carbono (C) de 40,1 %. La proteína cruda fue de 7 %, lo que equivale a 1,1 % de nitrógeno en los cladodios de la pitahaya. Con las cantidades de carbono y nitrógeno mencionadas se tiene una relación C/N de 36/1.

La materia seca o sólidos totales de las ARP (utilizadas como influentes), fue de 0,52 %. Al hacer la mezcla de las ARPs como sustrato base y los cladodios de pitahaya como cosustancia con 12,7 % de MS en las proporciones correspondientes a cada tratamiento (5 y 10 % para el tratamiento 2 y 3), y las utilizadas para alimentar el biodigestor en las cantidades descritas en la metodología y señaladas en la **Tabla 1**, dieron como resultado las concentraciones de 0,52, 0,86 y 1,47 % de MS para los tratamientos 1, 2 y 3 respectivamente. Lo que equivale a 17,332; 37,550 y 57,891 kg de MS aplicada en la carga inicial en cada tratamiento 1, 2 y 3, respectivamente. De manera que la carga orgánica inicial aplicada a cada biodigestor fue

de 6,965; 25,149 y 43,443 kg de MO. El incremento de la MS en 2,2 y 3.3 veces significó un incremento en 3,6 y 6,2 veces la MO del material alimentado a los biodigestores de los tratamientos 2 y 3, respectivamente.

En cuanto a la producción de biogás, la suma de la duración del estudio del biogás quemado por biodigestor fue de 83

minutos para el tratamiento 1, de 240 min para el tratamiento 2, y de 374 min para el tratamiento 3. El total de biogás quemado correspondiente a cada tratamiento acumulado en los contenedores de cada tratamiento se muestra en la **Figura 5** y fue entre 3 y 4,5 veces mayor en los tratamientos con la cosustancia cladodios de pitahaya con 5 y 10 %, respectivamente.

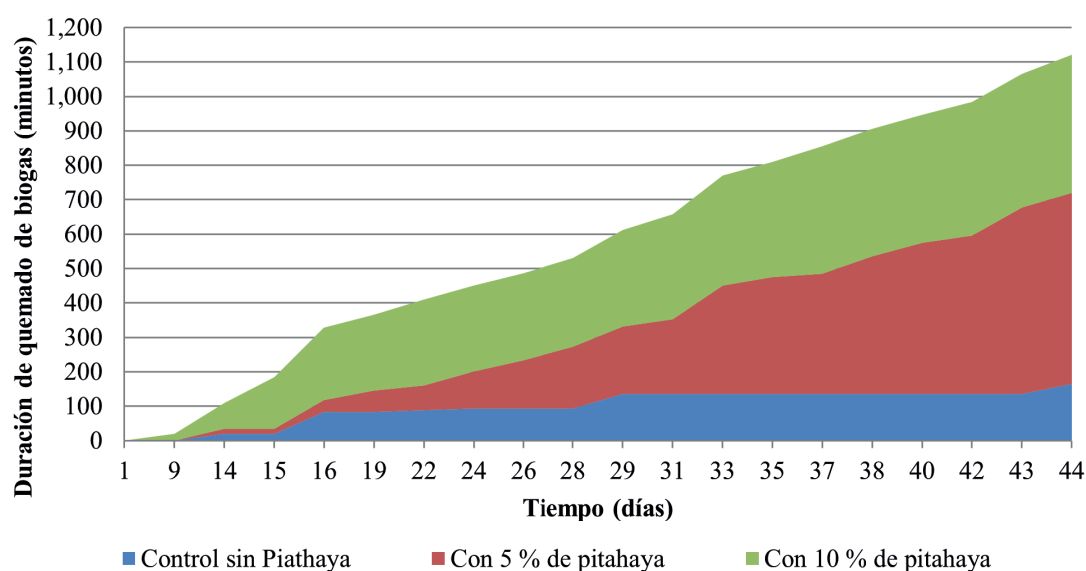


Figura 5 | Tiempo de quema de biogás acumulado a lo largo del estudio.

Según IRRI México (2015) los 83, 240 y 374 minutos de biogás quemado por biodigestor correspondientes a los tratamientos 1, 2 y 3, respectivamente, equivalen a 0,8, 2,4 y 3,7 m³ de biogás producido, respectivamente. Se puede observar un incremento del tiempo de llama en los tratamientos con mayor MO, lo que coincide con Esposito *et al.* (2012). Otra característica que limita en particular, la monodigestión de las ARPs, es la baja relación C/N. Las ARPs utilizadas fueron provenientes de los cárcamos del área de producción porcina del CCBA. Estas aguas tienen en promedio 92,15 mg/g de C y 11,31 mg/g de N, que resulta en una relación C/N de 8,1/1 (Morales *et al.*, 2012). Teniendo en cuenta las cantidades citadas por Morales *et al.* (2012) para las ARPs y los valores determinados para los cladodios de pitahaya en el presente estudio, con la carga de materiales ARPs y cladodios de pitahaya descritas en la **Tabla 1**, la mezcla de la cosustancia incrementó la relación C/N de 8 a 24 y 29 en los tratamientos control, T2 y T3, respectivamente. Esto permitió alcanzar valores óptimos para metanogénesis de relación C/N entre 20 y 30 sugeridos por Friehe *et al.* (2013). La mejor relación C/N en los tratamientos con cladodios de pitahaya y la mayor materia orgánica incorporadas a los biodigestores, explica la mejora en la producción de biogás en los tratamientos con cladodios de pitahaya. Estos resultados coinciden con

lo encontrado por Trejo *et al.* (2017) al utilizar otra fuente de carbono como cosustancia. Sin embargo, queda por estudiar la energía gastada para la trituration del cosustrato, de manera que se considere este costo energético como parte del proceso de aprovechamiento de dichas cosustancias.

Conclusiones

La adición de cladodios picados de *Hylocereus undatus* como cosustancia a las aguas residuales porcinas como sustrato básico incrementó la producción de biogás. La mejor relación C/N en los tratamientos con cladodios de pitahaya y la mayor biomasa incorporadas a los biodigestores, explica la mejora en la producción de biogás en los tratamientos con cladodios de pitahaya.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la amplia colaboración de Brisa Guadalupe Gómez Ochoa y Luis Guillermo Montes Cortez, estudiantes de la asignatura de Manejo de residuos agrícolas de la Licenciatura en Agroecología del CCBA-UADY.

Referencias

- Esposito G., Frunzo L., Giordano A., Liotta F., Panico A., y Pirozzi F. (2012) Anaerobic co-digestion of organic wastes. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 1-18.
- Friche J., Schattauer A., Weiland P. (2013). Grundlagen der anaeroben Fermentation. Pp 11-20. In: Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung. 6. überarbeitete Auflage. *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. FNR (Hrsg.)*, Gülzow. 244p.
- IRRI Mexico (2015). Mexico low emissions development program (mled). USAID. pp. 65.
- Morales Maldonado E. M., Trejo Lizama W., Santos Ricalde R. H., y Bacab Pérez H. (2012). Caracterización química de excretas de cerdo secas y maduras provenientes de tres niveles de energía. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15: 567-573.
- Trejo Lizama, W., Zavala Escalante, L., Castillo Caamal, J. B., Santos Flores J., y Erales-Villamil, J.A. (2017). Tratamiento de agua residual porcina mezclada con hojarasca de *Terminalia catappa* para la producción de biogás. Reunión científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y la Seguridad Alimentaria, Universidad Autónoma de Chiapas, México, pp. 89-91.