

Aprovechamiento de residuos sólidos urbanos mediante su co-digestión anaerobia con cáscara de banano maduro

Harnessing urban solid waste through its anaerobic co-digestion with ripe banana peel

John Zuma Lalangui, Andrea Camacho Vásquez, Jonathan Acaro Espinoza, Hugo Romero Bonilla

jzuma2@utmachala.edu.ec

RESUMEN

El objetivo de la investigación consistió en aprovechar sedimentos de aguas residual urbanas mediante su co-digestión anaerobia con cáscara, para obtener biogás. Para ello se utilizaron tres recipientes de vidrio de 250 ml de capacidad por triplicado. De esta manera se obtuvieron tres tipos de reactores con tres relaciones diferente de sedimento/cáscara: Reactor A (2:1); Reactor B (3:2); y Reactor C (1:1). El análisis de la composición de biogás producido fue medio mediante un Cromatógrafo de Gases. Se determinó que el reactor B (90/60) produjo la mayor cantidad de biogás de 0,21L con un 0,24% de metano después de 3 días de experimentación. Se pudo deducir que la cantidad de cáscara influye tanto en la producción de biogás como en la composición de metano en el mismo. Adicionalmente, si existen diferencias significativas en la producción media de biogás para los tratamientos A-B y B-C, mientras que en la media del contenido de CH₄ las diferencias se presentan entre los procesos B-C. El tratamiento B registró mayor rendimiento en la producción de biogás, así como, en el contenido de CH₄, ya que se encontró una correlación positiva entre los gramos de sedimentos, la producción de biogás y el contenido de CH₄.

Palabras clave: Fermentación, tratamiento de desechos, sedimentos, biomasa.

ABSTRACT

The objective of the research was to take advantage of urban wastewater sediments through anaerobic co-digestion with shell, to obtain biogas. To this end, three 250 ml capacity glass containers were used in triplicate. In this way three types of reactors with three different sediment / shell ratios were obtained: Reactor A (2: 1); Reactor B (3: 2); and Reactor C (1: 1). The analysis of the biogas composition produced was mediated by a Gas Chromatograph. It was determined that reactor B (90/60) produced the largest amount of biogas of 0.21L with 0.24% methane after 3 days of experimentation. It could be deduced that the amount of husk

influences both the production of biogas and the composition of methane in it. Additionally, if there are significant differences in the average biogas production for the A-B and B-C treatments, while in the mean of the CH₄ content the differences are presented between the B-C processes. Treatment B registered a higher yield in the production of biogas, as well as in the content of CH₄, since a positive correlation was found between the grams of sediments, the production of biogas and the CH₄ content.

Keywords: Fermentation, waste treatment, sediments, biomass.

INTRODUCCIÓN

El consumo energético se ha incrementado en los últimos años debido al aumento de procesos dándose un interés en reducir la dependencia del petróleo por los países que son importadores de combustibles fósiles y lograr que los estados, empresas y las instituciones públicas y privadas, promuevan el uso de diferentes fuentes energéticas alternativas y renovación. El uso de la biomasa como potencial para la producción de energía es un aspecto que es necesario profundizar debido a las diferentes fuentes energéticas, la composición de estas fuentes y el potencial energético (Núñez, 2012).

Los sistemas de aguas residuales anaerobias proporcionan muchas ventajas, por ejemplo, una operación de bajo costo con alta eficiencia y también con la posibilidad de producir un biogás de fuente de energía útil (Kantachote, Chareunjiratrakul, Noparatnaraporn & Oda, 2017).

En este sentido, los desperdicios de alimentos, residuos de frutas u hortalizas, y lodos de aguas residuales deshidratados pueden ser co-digeridos en biorreactores para la producción de biogás (Romero, Acaro, Camacho & Castillo, 2017).

El biogás es una fuente de energía que se utiliza como combustible de automóviles, o para la producción de calor o electricidad en diversos países. La producción de biogás a partir de lodos activados es un proceso antiguo y casi establecido. La digestión anaerobia tiene ventajas en comparación con otro tipo de proceso de degradación, como un mejor manejo de los desechos húmedos, la producción de biogás útil, y la atenuación de sustancias malolientes (Mohammad & Keikhosro, 2008).

También se ha producido recientemente en escalas industriales a partir de residuos sólidos municipales (RSU) y algunos residuos homogéneos como el estiércol. Los residuos forestales, agrícolas y los RSU son por naturaleza heterogéneos en tamaño, composición, estructura y propiedades.

Esto implica que es necesario comprobar la confiabilidad de estos métodos y determinaciones analíticas. La validación de las técnicas analíticas proporciona un alto grado de confianza y seguridad en los métodos y en la calidad de los resultados que se obtienen. El grupo de investigación, aplicaciones electroanalíticas y bioenergía de la Universidad Técnica de Machala se encuentra desarrollando varios métodos, entre los que se puede mencionar los cromatográficos (Romero, Acaro, Camacho & Castillo, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y preparación de sustratos

Los residuos sólidos urbanos (sedimentos) se recolectaron en el estero El Macho, ubicado en la ciudad de Machala, provincia de El Oro. Las muestras fueron extraídas y recolectadas en recipientes de polipropileno de 300 ml de capacidad. Las muestras se transportaron de inmediato al Laboratorio de Electroanalítica y Bioenergía, de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de Universidad Técnica de Machala y se almacenaron en refrigeración a 4°C aproximadamente.

Las cáscaras de banano maduro fueron proporcionadas por la empresa de deshidratados de frutas DIANA FOOD S:A. Para determinar la producción del biogás a partir de las cáscaras de banano maduro y sedimentos de desechos urbanos, se prepararon tres biorreactores con sustrato (cáscara + sedimento) en proporciones diferentes para cada biorreactor.

Biorreactor para almacenar el biogás generado por las cáscaras de banano maduro + sedimento de desechos urbanos

Se adaptaron tres recipientes de vidrio de 250 ml de capacidad. Los biorreactores disponían de una entrada con un tubo de plástico retirado de un suero de solución salina limpio y seco, que permite la entrada del biogás, y de una salida con una jeringa adaptada al extremo, para permitir el almacenamiento del biogás. De esta manera se obtuvieron tres tipos de reactores con tres relaciones diferentes de sedimento/cáscara: Reactor A (2:1); Reactor B (3:2); y Reactor C (1:1).

Monitoreo de volumen de biogás producido en el biorreactor

Dos veces al día se procedió a medir el volumen de biogás producido por la cáscara de banano maduro y el sedimento, para ello se utilizó bolsas de propileno esterilizadas, como sistema de muestreo.

Determinación de la concentración de biogás producido en el reactor por los residuos de cáscara de banano maduro y sedimentos urbanos

El análisis de la composición de biogás producido fue realizado in situ, por medio de un Cromatógrafo de Gases marca FULLI. Se utilizó como gas portador el hidrógeno, con una temperatura en el horno e inyector de 250°C y el detector de ionización de llama con una temperatura de 350°C. Se elaboró una curva de calibrado con CH₄ y CO₂ como patrones de referencia. Todas las lecturas realizadas se las realizó por triplicado.

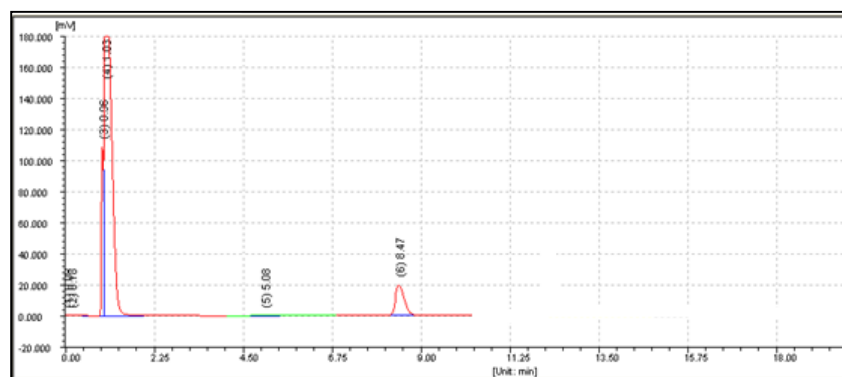
Análisis estadístico de resultados

Para el análisis estadístico de la correlación de variables se utilizó el software STATA 14.0.

DISCUSIONES

En lo referente a la composición del biogás obtenido en la figura 1 muestra el cronograma obtenido. Se puede observar que los tiempos de retención para el CH₄ y CO₂ son 5,08 minutos y 8,47 minutos respectivamente, con un contenido de 0,27% para CH₄ y 8,80% para CO₂ (tabla 1).

Figura 6. Cromatograma del biogás obtenido en el Reactor B



Por su parte, la relación sedimento/cáscara de banano maduro, producción de biogás y contenido de metano después de 3 días de digestión anaerobia, se pueden observar en la Tabla 2. En este sentido, se puede deducir que entre mayor relación sedimento y cáscara de banano, mayor será la cantidad de metano producido.

Así mismo, se comparó los reactores A, B y C, de los cuales se realizaron tres repeticiones, dando como resultado que en el reactor B hay mayor producción de metano con un 0,29% a los tres días de la co-digestión anaerobia. También se pudo determinar que, el reactor C produjo 0,16 % de metano a los mismos días de co-digestión. Por último, en el reactor A no se pudo detectar porcentaje de metano. Es decir, el contenido de CH₄ depende de la

proporción de cáscara de banana agregada al sedimento para realizar la co-digestión anaerobia.

Tabla 13. Contenido de CH_4 y CO_2 en el Reactor B

Señal	Componente	Área de pico ($\mu V/s$)	Área (%)	Contenido (%)	Tiempo de Retención (min)
5	CH_4	12112,1	0,2723	0,2723	5,09
6	CO_2	391572,8	8,8020	8,8020	6,47

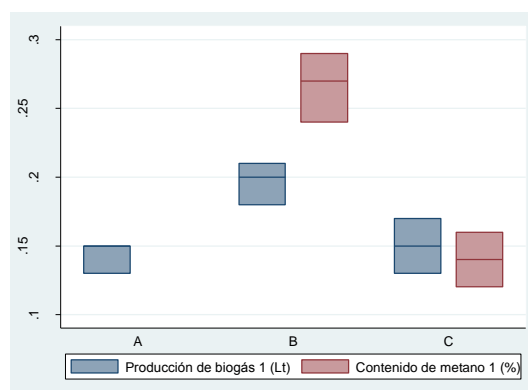
A partir de los datos obtenidos en la tabla 2 producto de los análisis cromatográficos, se pudo comprobar que existe relación entre la producción de biogás en nuestra investigación, con los datos obtenidos de la referencia bibliográfica (Li, Chen, & Li, 2009).

Por otro lado, la figura 2 presenta la relación de la producción de biogás y contenido de metano por tipo de composición (gramos de sedimento / gramos de cáscara da banana) para la digestión A (60/30), B(90/60) y C(60/60). Se observa que, el reactor B presenta el mayor contenido de producción de litros de biogás y el mayor porcentaje de contenido de metano.

Tabla 14. Relación sedimento/cáscara de banana maduro, producción de biogás y contenido de metano después de 3 días de digestión anaerobia

Reactor	Relación (sedi/casc) (g)	Producción de biogás 1 (Lt)	Producción de biogás 2 (Lt)	Producción de biogás 3 (Lt)	Contenido de metano 1 (%)	Contenido de metano 2 (%)	Contenido de metano 3 (%)
A	60/30	0,13	0,15	0,15	No se detectó	No se detectó	No se detectó
B	90/60	0,18	0,2	0,21	0,24	0,27	0,29
C	60/60	0,13	0,15	0,17	0,12	0,14	0,16

Figura 2. Relación de la producción de biogás y contenido de metano por tipo de composición del biogás obtenido en el Reactor B



Adicionalmente, la tabla 3 presenta las diferencias entre las medias en la producción de biogás para cada uno de los tratamientos. Se observan diferencias estadísticamente significativas en la producción de biogás entre la composición A-B y B-C, mientras que entre A-C no se encontró una diferencia estadísticamente significativa.

CONCLUSIONES

A partir de las relaciones empleadas de sedimento y cáscara de banano, y el respectivo análisis cromatográfico, se pudo determinar que las proporciones utilizadas en el reactor B (90/60) permitieron obtener 0,21ltrs de Biogás con un 0,24% de metano. Por el contrario, el reactor A (60/30) produjo menor cantidad de biogás (0,15litros) con ausencia de metano. Por lo que se puede deducir que la cantidad de cáscara de banano y sedimento influye tanto en el volumen de biogás obtenido, como en la composición de metano del mismo.

Adicionalmente, de los tres tipos de composición sedimento/cáscara de banano, existen diferencias significativas en la producción media de biogás para los tratamientos A-B y B-C, mientras que en la media del contenido medio de CH₄ las diferencias se presentan entre los procesos B-C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

El-Mashad, H. & Zhang, R. (2010). Biogas production from co-digestion of dairy manure and food waste. *Bioresource Technology*, 4021-4028.

Jiménez Martín, S. (2016). Alternativas para generación de energía eléctrica a partir de biogás procedente de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU).

Kantachote, D., Charernjiratrakul, W., Noparatnaraporn, N. & Oda, K. (2007). *Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*. Obtenido de Selection of sulfur oxidizing bacterium for sulfide removal in sulfate rich wastewater to enhance biogas production: <http://bit.ly/2F5K9fN>

Li, R., Chen, S. & Li, X. (2009). *Springer Link*. Obtenido de Biogas Production from Anaerobic Co-digestion of Food Waste with Dairy Manure in a Two-Phase Digestion System: <http://bit.ly/2F1Wpyb>

Mohammad, J. & Keikhosro, K. (2008). *Molecular Sciences*. Obtenido de Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: <http://bit.ly/2oAHYXg>

Núñez, D. (2012). *Corporación Universitaria del Meta*. Obtenido de Using agricultural waste for the production of biofuels: <http://bit.ly/2HOLdTV>

Qi, B. C., Aldrich, C. & Lorenzen, L. (2007). Acidogenic Fermentation of Lignocellulosic Substrate with Activated Sludge. *Chemical Engineering Communications*, 1221-1242.

Pistonesi, C., Haure, J. L. & D'Elmar, R. (2010). Energía a partir de las aguas residuales. *Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional*, 1-62.

Romero Bonilla, H., Ayala Armijos, H. & Lapo Calderón, B. (2015). Efecto de tres pre-tratamientos de cáscara de banano para la obtención de jarabe glucosado mediante hidrólisis enzimática. *Avances en Química*, 79-82.

Romero, H., Gadway, K. & Castillo, A. (2017). Potencial biotecnológico y bioeconómico de residuos lignocelulósicos de la agroindustria del banano. *Conference Proceedings*, 695-705.

Romero, H., Acaro, J., Camacho, A. & Castillo, A. (2017). *Revista Cumbre*. Obtenido de Reliability of a method for determining CO₂ by gas chromatography: <http://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/68/51>

Salazar Cuaila, J., Llave Pérez, J., Amusquivar Coaquira, C. & Rivasplata Cabanillas, C. (2012). Producción de biogás y biol a partir de excretas de ganado: experiencias en la ciudad de Tacna. *XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente*, 14-17.

Sánchez, O. & Cardona, C. (2005). Producción biotecnológica de alcohol carburante I: obtención a partir de diferentes materias primas.