
Digestividad anaeróbica en reactores batch de lodos orgánicos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz

Chen, Angélica

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
angelica.chen@utp.ac.pa

Arias, Judith

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá
judith.arias@utp.ac.pa

Deago, Euclides

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas
Ciudad de Panamá, Panamá
euclides.deago@utp.ac.pa

Abstract

Organic sludge can generate biogas through biological processes such as anaerobic digestion, which is why this article has the purpose of evaluating the sludge that is brought from the Juan Diaz Wastewater Treatment Plant and thus determine the methane generation potential of thickened and digested municipal sludge. Measurements were carried out in the Environmental Systems Laboratory of the Technological University of Panama using the manometric method through the OxiTop® system for an incubation period of 72 hours at a constant temperature of 35°C. The tests were carried out in triplicate showing a similar behavior in both cases, where it was possible to know the behavior of the different types of sludge, it could also be observed that these sludges have potential for the generation of biogas.

Keywords: Biogas, anaerobic digestion, methane, oxytop, sewage treatment plant

Resumen

Los lodos orgánicos tienen la capacidad de generar biogás mediante procesos biológicos como la digestión anaeróbica, es por ello, que este artículo tiene el propósito de evaluar los lodos que son traídos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz y de esta manera determinar el potencial de generación de metano de los lodos municipales espesados y digeridos. Las mediciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Sistemas Ambientales de la Universidad Tecnológica de Panamá utilizando el método manométrico a través del sistema OxiTop® por un período de incubación fue de 72 horas a una temperatura constante de 35°C. Los ensayos se realizaron en triplicado mostrando un comportamiento similar en ambos casos, en donde se pudo conocer el comportamiento de los diferentes tipos de lodos, también se pudo observar que estos lodos tienen potencial para la generación de biogás.

Palabras claves: Biogás, digestión anaerobia, metano, oxitop, planta de tratamiento de aguas residuales.

1. INTRODUCCIÓN

Los lodos orgánicos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) surgen como producto de la concentración de los sólidos que se encuentran en el efluente o de la formación de nuevos sólidos a partir de los sólidos disueltos. Están formados por agentes contaminantes y contienen grandes cantidades de materia orgánica, microorganismos y metales pesados [1]. El 8 de agosto de 2013 se inaugura en Panamá la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz con el propósito de mejorar la calidad del agua de los ríos en la región metropolitana a través del cumplimiento de la norma DGNTI-COPANIT 35-2019, “Medio ambiente y protección de la salud. Seguridad. Calidad del agua. Descarga de efluentes líquidos a cuerpos y masas de aguas continentales y marinas”; y del Reglamento Técnico DGNTI-COPANIT 47-2000 “Agua. Usos y disposición final de lodos”. Diariamente se genera un volumen de 70 a 80 toneladas de lodos que, al no utilizarlo como materia prima se vierte de forma directa en el relleno sanitario de Cerro Patacón, el cual, según el Programa de Saneamiento de Panamá (PSP) no cuenta con las condiciones necesarias para tratar el volumen de lodo que generará la planta con su ampliación [2].

El aprovechamiento de los biosólidos para la generación de energía aporta múltiples beneficios, permitiendo así, sustituir las fuentes de energía, disminuir la masa de lodo a eliminar, aumentar la eficiencia en el uso de energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero [3]. Además, está la cogeneración energética producto del biogás que generan en la PTAR de Juan Díaz [4]. Cabe destacar, que el metano es un gas de efecto invernadero muy poderoso, 21 veces mayor que el dióxido de carbono, por lo que no es prudente dejar que el metano desaparezca en la atmósfera, sino recolectarlo y quemarlo para generar energía [5]. Por lo tanto, a través de esta investigación evaluamos el potencial de generación de biogás de lodos orgánicos generados en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Juan Díaz utilizando el Sistema Oxitop.

2. MÉTODO

A. Sitio de muestreo y recolección de la muestra

Ante los motivos expuestos, se definió el sitio de muestreo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Juan Díaz, la cual está ubicada en el corregimiento de Juan Díaz, en la carretera de acceso al embarcadero del mismo nombre, a la altura de la salida de Llano Bonito del corredor Sur [4]. Por temas de bioseguridad, las muestras no se pudieron recolectar de forma directa, sino que fueron entregadas por parte de los operadores de la PTAR de Juan Díaz debidamente identificadas, una vez recibidas las muestras estas se colocaron en una enfriadora y se trasladó de forma inmediata al Laboratorio de Sistemas Ambientales de la Universidad Tecnológica de Panamá para el análisis de seguimiento.

B. Equipo y materiales

El método utilizado para la evaluación del potencial de metano fue el manométrico con el Sistema Oxitop®, este nos permite medir deltas de presión producido por el metano (CH₄) generado de la digestión anaeróbica. Este sistema consta de botellas de vidrio de 250 mL, dos boquillas con válvulas septum con sus trampas de caucho que, al añadirle perlas de hidróxido de sodio, permiten remover del batch el dióxido de carbono (CO₂) generado por la digestión anaeróbica, permitiendo que el sensor ubicado en el cabezal de la botella registre presiones de metano únicamente.

C. Metodología usada en lodos

Los lodos orgánicos utilizados fueron: lodo municipal espesado (LME) y lodo municipal digerido (LMD), se realizaron los ensayos batch en triplicado de cada uno, siguiendo el mismo protocolo. El volumen libre de cabezal fue 50 mL; un volumen útil de lodo de 200

mL siguiendo las recomendaciones de (Ortiz,2019), donde recomendaba volumen libre de cabezal de 20 al 25% del espacio de la botella [6]. Fueron colocadas 6 perlas de Hidróxido de Sodio (NaOH) en cada trampa de caucho, una lateral y la ubicada debajo del cabezal. Estas botellas se airearon con gas nitrógeno puro de 99.999 de pureza por un periodo de 2 minutos, donde se cerraron las válvulas laterales a la misma vez, con el objetivo de sacar el oxígeno presente dentro de la misma. Fueron activadas por medio del controlador OC-110, para mediciones de presión por un periodo de 72 horas, donde se colocaron en las plataformas de agitación marca WTW; dentro de incubador WTW TS 608 G/2i, donde se ajustó la temperatura a 35°C.

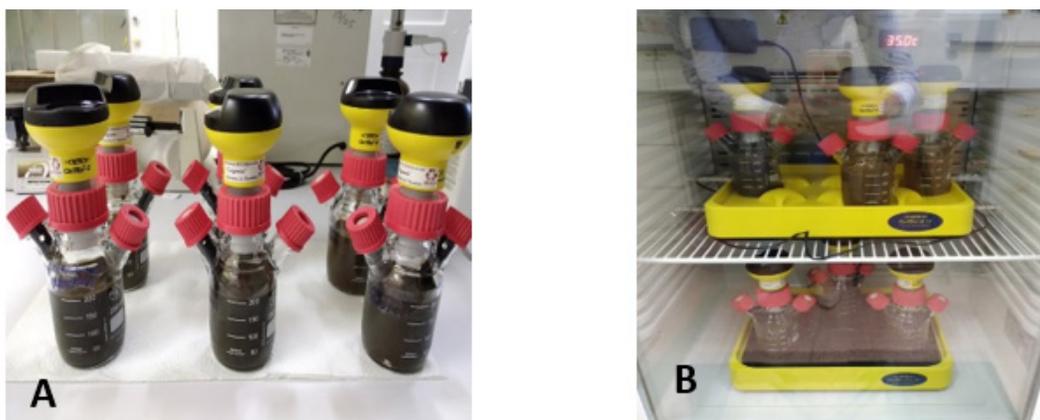


Figura 1. LME y LMD en Sistema Oxitop: A) Preparación de la Muestra, B) Muestras en Incubadora

Para determinar el volumen de metano se tomó como referencia la ecuación de los gases ideales [6], teniendo en cuenta la temperatura del ensayo y la presión registrada por el Sistema Oxitop. El número de moles generados a la temperatura y presión del ensayo se calcula de la siguiente forma:

$$n_{\text{generado}}^{\text{CH}_4} (\text{Moles}) = \frac{\Delta P * V^{EC}}{R * T} \quad (1)$$

Donde Δ es la diferencia de la presión registrada por el Sistema OxiTop en atm, VEC es el volumen del espacio del cabezal en litros, R es la constante de los gases ideales en atm*L/mol*K y T la temperatura del ensayo en °K. Una vez conocido el número de moles generado de metano se puede determinar los litros de metano generado.

$$V_{\text{generado}}^{\text{CH}_4} (L) = \frac{n_{\text{generado}}^{\text{CH}_4} * R * T}{P} \quad (2)$$

Los cálculos realizados del valor de metano solo dan el valor de metano presente en la fase de gas. Para contabilizar el total del valor de metano debemos calcular el metano disuelto aplicando la Ley de Henry para calcular así la fracción molar que hay en el líquido.

$$X_{Disuelto}^{CH_4} = \frac{\Delta P}{H_F^{CH_4}} \quad (3)$$

Donde ΔP es el incremento de la presión del gas registrada por el sistema OxiTop en atm y $H_F^{CH_4}$ es la constante de Henry del metano. Una vez calculada la fracción molar del metano en el líquido, podemos calcular la concentración molar, con esta, a su vez, calcular el número de moles de metano disuelto.

$$M_{Disuelto}^{CH_4} \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{M^{H_2O} * H_F^{CH_4}}{1 - H_F^{CH_4}} \quad (4)$$

$$n_{Disuelto}^{CH_4} (mol) = M_{Disuelto}^{CH_4} * V^{Muestra} \quad (5)$$

El volumen de metano disuelto se pasa a condiciones normales para poder comparar el valor de metano experimental con el valor de metano teórico.

$$V_{Disuelto}^{CH_4} \text{ en CN (ml)} = \frac{n_{Disuelto}^{CH_4} * R * T}{P} \quad (6)$$

El volumen total de metano es la suma del metano presente en la fase de gas y del metano disuelto.

$$V_{Experimental}^{CH_4} = V_{generado}^{CH_4} \text{ en CN (ml)} + V_{Disuelto}^{CH_4} \text{ en CN (ml)} \quad (7)$$

3. RESULTADOS

El ensayo batch nos pudo mostrar un comportamiento similar en cada triplicado de muestras de LME y LMD. La duración se detuvo a los tres días, aunque se pudo notar que el LME continuó teniendo un leve crecimiento en presiones registradas por el sistema, no fue nada significativo, menor del 1%. Por otra parte, Los LMD presentaron un crecimiento acelerado, durante las primeras 8 horas de ensayo y luego detuvo su producción de biogás.

Podemos observar el Volumen de metano generado por cada muestra (mL) para LME y LMD, en la Figura 2 y Figura 3 respectivamente.

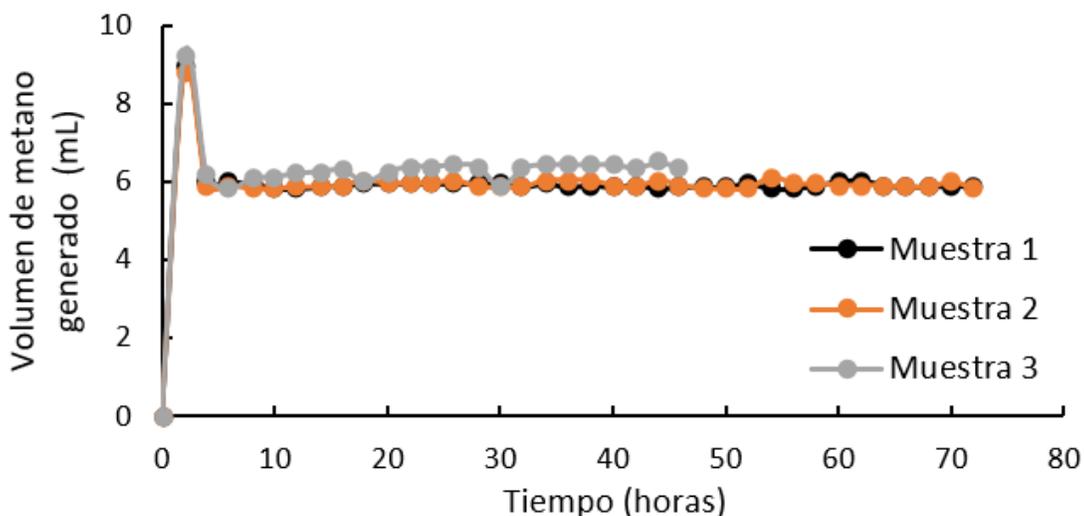


Figura 2. Volumen de Metano Generado (mL) de LME

El Volumen promedio de metano generado, estuvo entre los 5.90 mL, valor comparable con estudios parecidos como [5], donde para un lodo activado a 72 horas a una temperatura de 35°C, se obtuvo 6.8 mL de metano generado, así también tenemos el estudio de [6], donde utilizando lodos podemos notar que el volumen de metano para un periodo de incubación de 72 horas se obtuvo aproximadamente 4.5 mL.

Podemos ver los resultados obtenidos para LMD, mostrados en la Figura 3, donde la producción máxima se dio en las próximas 8 horas y se obtuvo el valor de 7.10 mL, mayor al obtenido con los LME, y que consideramos se debe a una pre-digestión que se tuvo en la planta de tratamiento que nos dan como resultado, menor población bacteriana activa, con el ventaja que ya estar pre-aclimatadas y que una vez entran en proceso de producción estas pueden tener una actividad acelerada, para luego caer la producción. Es importante destacar que este ensayo se realizó en un ambiente endógeno, donde no se utilizó ningún activador o estimulante para la actividad de las bacterias implicadas en la digestión anaeróbica.

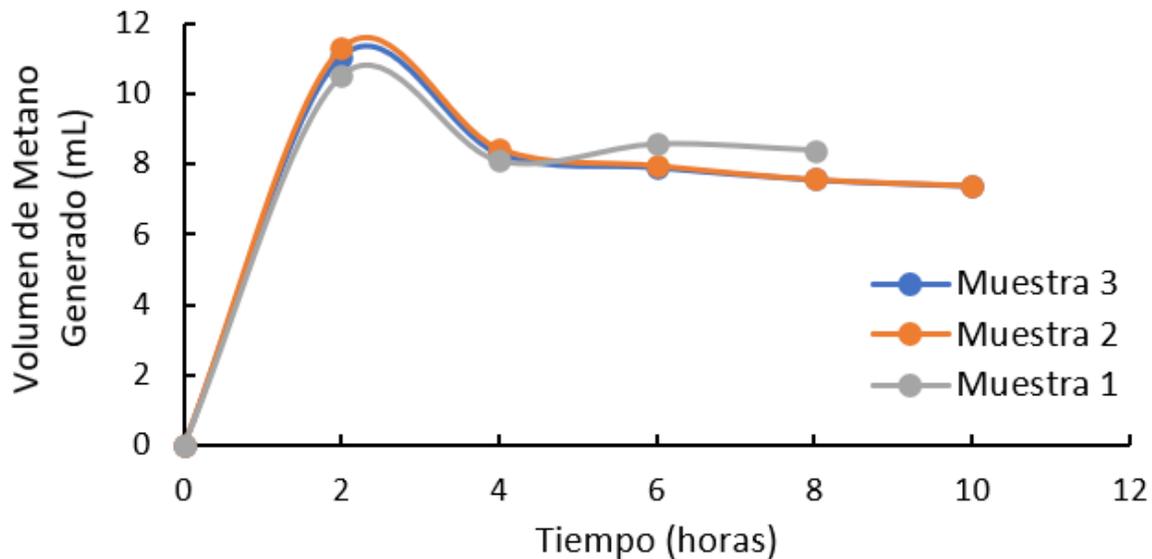


Figura 3. Volumen Generado de metano (mL) para LMD

4. CONCLUSIONES

Este ensayo preliminar nos ha permitido conocer el comportamiento de cada tipo de lodo orgánico; donde podemos observar que tanto el LME y LMD, tienen potencial para la generación de Biogás. Al ver el comportamiento de los LME, podemos observar un potencial para la producción de metano que puede ser potenciado al agregarle sustratos, que les permitan a las bacterias el alimento necesario para continuar su producción por más días y de manera más acelerada pero continua.

Es por esto que recomendamos, hacer codigestiones con sustratos y los LME y hacer un profundo estudio de los LMD, para poder hacer uso de este también sub-producto de manera que se pueda implementar una economía circular sostenible en el tiempo. Buscando un ahorro a nivel energético, por el aprovechamiento de esta materia prima actualmente aprovechada parcialmente.

Referencias

- [1] T. Souto, S. Aquino, S. Silva y C. Chernicharo, «Influence of incubation conditions on the specific,» *Biodegradation*, pp. 411-424, 2009.
- [2] E. Garrido, «Relleno del Cerro Patacón, área destinada para los residuos de la planta de tratamiento de Juan Díaz,» *El Capital Financiero*, 1 Abril 2018.
- [3] J. Limón, *Los Lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, ¿Problema o Recurso?*, México, 2013.

- [4] Programa de Saneamiento de Panamá, «Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Panamá,» 2015. [En línea]. Available: <https://saneamientodepanama.gob.pa/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-la-ciudad-de-panama/#tab-id-6>.
- [5] A. Penttilä, Initialization of the Oxitop® system for biogas production tests, TAMK University of Applied Sciences, 2009.
- [6] V. Ortiz Jordá, «Puesta a punto de una metodología para la determinación de la actividad metanogénica específica (AME) de un fango anaerobio mediante el sistema Oxytop. Influencia de las principales variables experimentales.,» 2011.

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XVIII a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XVIII ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.