



APLICACIÓN DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA PARA LA DEGRADACION DE LA MATERIA ORGÁNICA MEDIANTE UN REACTOR ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE Y MANTO DE LODOS, ALIMENTADO CON LIXIVIADOS

Guadalupe Cruz Pauseno¹, Isabel Rodríguez Pimentel², Florina Ramírez Vives ² y María Teresa Núñez Cardona¹

1 UAM Xochimilco. biologa1129@hotmail.com, mtnunez@correo.xoc.uam.mx

2 UAM Iztapalapa. isabelropi@hotmail.com, frav@xanum.uam.mx

RESUMEN

Uno de los grandes problemas en las grandes ciudades es la generación alta de residuos sólidos urbanos, los cuales podrían aprovecharse para generar energía. En el presente trabajo de investigación, se aplicó la digestión anaerobia como tecnología experimental, utilizando un reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos (UASB), a escala de laboratorio con la finalidad de evaluar el proceso de degradación de la materia orgánica presente en lixiviados generados por la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y agua residual y, con ello obtener metano. Se utilizó un reactor UASB de vidrio de 0.670 litros. Este fue monitoreado en continuo durante 131 días con un tiempo de retención hidráulico de 12 horas a 30 °C. Se evaluaron la DQO (entrada y salida), la producción de biogás, el pH, alcalinidad y NH_4^+ tanto del afluente como del efluente, cada 24 horas, por medio de los métodos estándares. El reactor se alimentó con agua residual y lixiviado proveniente de un reactor hidrolítico-acidogénico (FORSU). El biogás se obtuvo mediante el uso de una columna invertida con salmuera (250 g/L NaCl) y su composición (CH_4 y CO_2) se determinó por medio de un cromatógrafo de gases (GOW MAC) con un detector de conductividad térmica. Los resultados mostraron la eficiencia del reactor UASB para tratar afluentes con alto contenido de materia orgánica como son los lixiviados, alcanzándose altas eficiencias de remoción (90%) y un alto contenido de metano en el biogás (80%). El tratamiento de materia orgánica y aguas residuales en la producción de metano es una excelente alternativa para generar energía considerándose una solución rentable para los problemas ambientales que se tienen actualmente en los ecosistemas.

Palabras clave: reactor UASB, lixiviado, biogás, metano.

1. INTRODUCCIÓN

En el Distrito Federal, con una población estimada de 8,851,080 millones de habitantes (INEGI, 2010), se recolectan en promedio 17,043 toneladas de residuos sólidos urbanos al día, que representan la quinta parte de la recolección nacional (20%) de basura. Actualmente, para la disposición final de los residuos sólidos existen desde tiraderos a cielo abierto, hasta rellenos altamente tecnificados. Desafortunadamente en la Ciudad de México, no se tiene control de las emisiones líquidas (lixiviados) producidas en estos sistemas. El lixiviado es el líquido resultante de la degradación de la materia orgánica que se contamina por los componentes de los residuos cuando se infiltra y contiene desechos solubles que no son retenidos por el suelo ni se degradan química o bioquímicamente (Manahan, 2006). Investigaciones realizadas para el tratamiento de los RSU, han demostrado que los métodos utilizados con organismos anaerobios, frente a tecnologías convencionales (rellenos sanitarios) y métodos biológicos (compostaje) ofrecen ventajas económicas atractivas (Miranda *et al.*, 2001), además de ser los más adecuados ya que permiten



reducir la materia orgánica, también es posible generar biogás y materiales que pueden ser aprovechados como mejoradores de suelos. Por otro lado, con la recirculación de los lixiviados formados, es posible acelerar la degradación de los RSU. En el presente trabajo de investigación, se aplicó la digestión anaerobia como tecnología experimental, utilizando un reactor anaeróbico de flujo ascendente y manto de lodos (UASB), a escala de laboratorio con el fin de evaluar la degradación de la materia orgánica presente en lixiviados tratados en el digester anaerobio y cuantificar la producción de metano generado durante este proceso.

2. TEORÍA

Al inicio del proyecto se utilizó un reactor UASB de vidrio con capacidad de 950 ml con un tiempo de retención hidráulico (TRH) de 12 horas, se evaluó la DQO de la entrada y salida del reactor y se cuantificó la concentración de biogás. Fue operado con inóculo de lodos granulares y alimentado con una mezcla de lodo residual y lixiviado en condiciones anaerobias. A partir del día 56 se cambió el reactor, utilizado uno de 670 ml de capacidad (figura 1) el cual se operó en continuo, durante 131 días, con un TRH de 12 horas a una temperatura de 30 °C; fue operado y alimentado de la misma forma que el anterior.

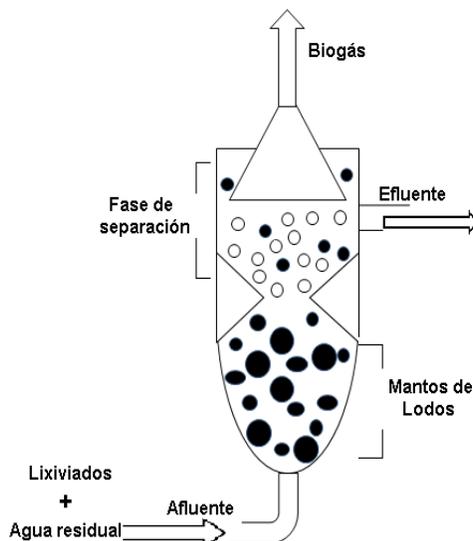


Figura 1. Reactor UASB (*Up Flow Anaerobic Sludge Blanket*) con capacidad de 670 ml (modificado de Noeggerath y Salinas, 2011).

Para la alimentación del reactor UASB se utilizó el lixiviado proveniente de un reactor acidogénico, que fue operado en el laboratorio de Aguas Residuales y Biotecnología de la UAM-I, donde se tratan residuos orgánicos provenientes de la cafetería de esta institución. Posteriormente se preparó una mezcla del lixiviado con el agua residual a partir de esta mezcla se hicieron registros, cada 24 horas del pH, demanda química de oxígeno (DQO), alcalinidad y amonio, tanto del afluente como del efluente. Se cuantificó además, la producción de metano.

Para determinar la DQO se utilizó el método colorimétrico de reflujos cerrados (APHA, 1995), mezclando 2.0 ml de muestra con: solución digestora y solución de ácido sulfúrico puro con sulfato de plata. La valoración de la alcalinidad se realizó en dos pasos, primero a 5.75 y posteriormente a 4.3. Tomando estos dos puntos finales de pH se definieron los parámetros de medida de la alcalinidad: alcalinidad total (AT= 4.3); alcalinidad parcial (AP=5.75), asociada a la alcalinidad al bicarbonato. La valoración se realizó con ácido sulfúrico de normalidad exacta conocida (0.1 N y 0.2 N) con medida continua del pH, hasta los dos puntos indicados.



Para cuantificar la concentración de amonio, se utilizó la técnica del electrodo selectivo de amoniaco (Phoenix electro de CO) por el método del electrodo de amonio (APHA, 1992), se utilizó una solución de hidróxido de sodio 10 N, para desprotonar el ión amonio (NH_4^+) y formar amoniaco (NH_3). Esto se realizó bajo agitación constante, tomando la lectura inicial y final del potencial (mV) y del pH con un potenciómetro Cole-parmer, DigiSense.

La medición de biogás, se efectuó por medio de una columna invertida en un recipiente con solución salina (pH=2), donde el volumen de la solución desplazada, corresponde al volumen de biogás producido y posteriormente su composición se determinó por cromatografía de gases, utilizando un cromatógrafo de gases (GOW MAC) con Detector de Conductividad Térmica (TCD).

3. PARTE EXPERIMENTAL

Durante la operación del reactor metanogénico el afluente siempre fue ajustado a pH=7, operando en condiciones favorables para la producción de metano. En cambio, en el efluente se observaron variaciones de pH con valores mayores o iguales a 8.

Determinación de DQO. Desde el arranque del reactor, previamente se había realizado una ecuación de la curva estándar de glucosa. Esta curva elaborada a partir de una solución madre con glucosa obtuvo una buena linealidad ($R^2 \geq 0.99$). La remoción de materia orgánica expresada como DQO se evaluó en un TRH de 12 horas. Las variaciones de la DQO (mg/L)_{total} en el UASB de 950 ml y la concentración tuvieron una variación en el afluente con un promedio de 7069 mg/L de DQO en comparación con el efluente el cual registró un promedio de 776 mg/L en base a la cantidad de materia orgánica contenida. También hubo un aumento significativo a partir del día 13. El comportamiento del UASB de 670 ml se alimentaba con lixiviados con un promedio de 7301 mg/L , en cambio el efluente disminuyó con un promedio de 637 mg/L (figura 2).

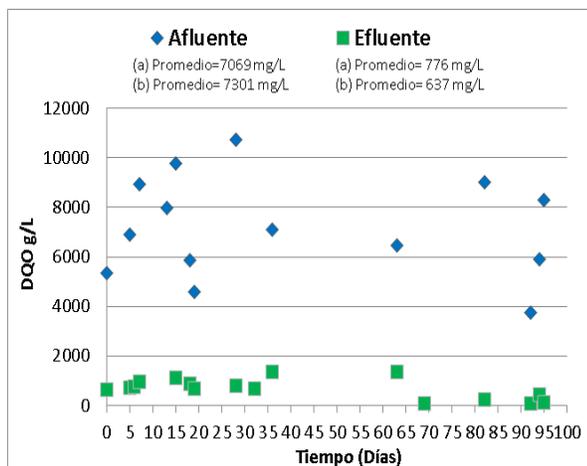


Figura 2. Variaciones del afluente y efluente de la DQO (mg/L) en los dos reactores (a) UASB de 950 ml y (b) UASB de 670 ml.

Alcalinidad y determinación de Amonio (NH_4^+). Se realizó tomando dos puntos finales de pH: AP y AT. Así mismo, se utilizó una curva estándar para la determinación de NH_4^+ y se calculó mediante la aplicación de la ecuación: $\text{Log } X = (Y - 46.954) / (-40.543)$ para el reactor UASB de 950 ml y la ecuación $\text{Log } X = (Y - 95.155) / (-5.556)$, para el reactor UASB de 670 ml. En la tabla 1 se muestran los resultados promedio de los parámetros medidos, en donde es evidente el aumento de pH (8.7) en el efluente con la consecuente, producción de metano. Mientras que los valores obtenidos de la



alcalinidad fueron favorables para la estabilidad del sistema ya que se mantuvo por arriba de 2500 mg/L con un ligero aumento en la producción de amonio a concentraciones no inhibitorias, tal y como lo indica Mehu (2011).

Tabla1. Resultados de los análisis del afluente y efluente del reactor UASB durante la operación.

Parámetro	Afluente del reactor UASB	Efluente del reactor UASB
pH	7.0	8.7 ± 0.35
Alcalinidad (mg de CO ₃)	8700 ± 610	5900 ± 203
Amonio(mg/L)	207.9 ± 186.83	273.7 ± 184.60

Medición y composición del biogas. Para la primera carga de alimentación, la DQO se mantuvo entre 16 y 18 g/L/día y se alcanzaron eficiencias altas de remoción de la materia orgánica (89-90%). La producción de metano fue de 10.5 y 11 L/Ld, observándose una disminución en la producción de éste para la segunda carga (figura 3).

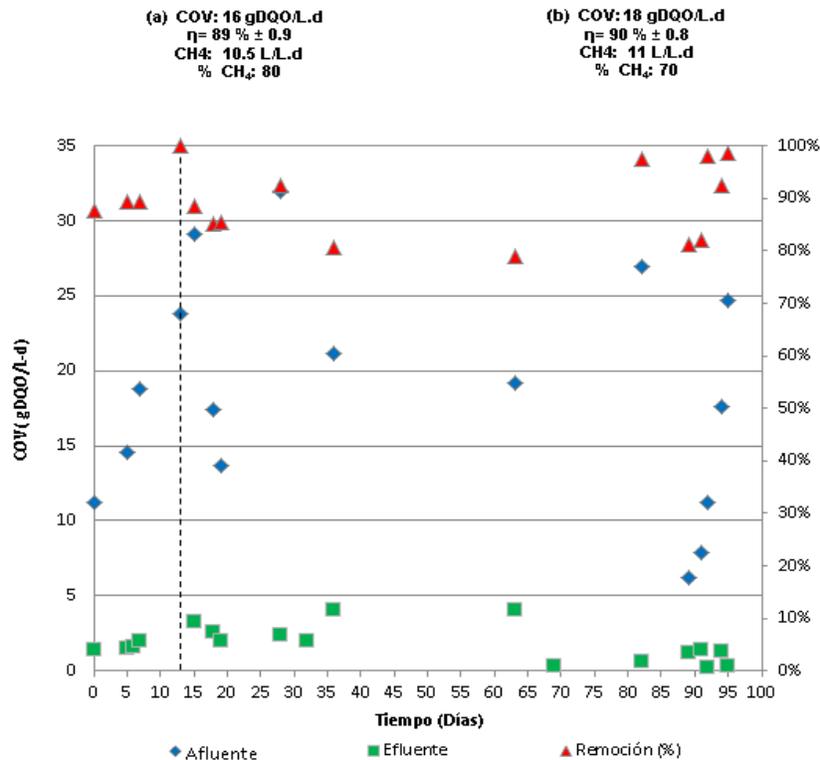


Figura 3. Funcionamiento del reactor UASB: (a) Reactor de 0.950 ml y (b) Reactor de 0.670 ml. COV: Carga orgánica volumétrica (gDQO/Ld). η =Eficiencia de remoción (%). \pm : δ . Tasa de producción de biogás (L/Ld) y tasa de producción de metano (%).



4. CONCLUSIONES

Con la aplicación de la digestión anaerobia como tecnología experimental, se alcanzaron valores altos en la eficiencia de remoción de la DQO_{total} y producción de metano significativa. Así mismo los valores altos de amonio registrados, se deben principalmente a la concentración de sales disueltas y metales pesados en la alimentación, permitiendo que el nitrógeno no presentara un efecto tóxico inhibitorio durante el proceso de la digestión anaerobia. Además, las altas cargas orgánicas de lixiviados y aguas residuales, con los cuales fue alimentado el reactor UASB dieron rendimientos altos de metano. Igualmente al aumentar las cargas orgánicas y reducir el tamaño del reactor se logró un aumento en la producción de biogás, corroborando que el sistema puede resistir incrementos mayores de carga orgánica, porque la biomasa inoculada es mucho mayor que en otro tipo de reactores.

BIBLIOGRAFÍA

1. APHA, AWWA, WPCF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The Public Health Association, Washington, D. C. p 67-69.
2. APHA. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, D. C. p 58.
3. INEGI. 2010. Disponible en www.inegi.gob.mx número de habitantes que viven en el Distrito Federal.
4. Manahan SE. 2006. Introducción a la química ambiental [Internet]. Reverté. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=5NR8DIK1>
5. Mehu J. 2011. Digestión anaerobia de lixiviados de residuos sólidos urbanos en dos reactores en serie [Tesis de Especialidad]. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 41 p.
6. Miranda G, Poirrier P, Chamy R. 2001. Evaluación técnico-económica de la implementación de un sistema de tratamiento anaerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU). XIV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). Escuela de Ingeniería Bioquímica. Chile. p 9.
7. Noeggerath FIM y Salinas CMA. 2011. Análisis comparativo de tecnologías para el tratamiento de lixiviados en rellenos sanitarios [Tesis]. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. 57 p.