

EVALUACIÓN OPERACIONAL DE UN SISTEMA A ESCALA LABORATORIO DE BIOPELÍCULA ANAEROBIA SOPORTADA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

E.F. CASTILLO*, J.K. SOLANO**, M. P. RANGEL**.

Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander
* Director Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales – CEIAM
** Ingeniera Química UIS
E-mail: ceiam@uis.edu.co

Fecha Recepción: 21 de Agosto de 2006
Fecha Aceptación: 27 de Septiembre de 2006

RESUMEN

Se presenta en este trabajo el estudio de la biopelícula anaerobia sobre tusas de mazorca como material de soporte seleccionado, para un reactor de lecho fijo de flujo descendente en un sistema de tratamiento anaerobio de aguas residuales domésticas. Se utilizó como inóculo para el reactor una mezcla de lodos nativos provenientes tanto de una planta de tratamiento de aguas residuales así como de excretas porcícolas. Se evaluaron las condiciones generales operacionales tales como rangos de pH, temperatura y concentración de carga orgánica, para un buen desempeño en el reactor de lecho fijo en donde se hicieron mediciones de parámetros como Demanda química de Oxígeno (DQO), pH, ácidos grasos volátiles, composición del biogás generado, análisis microbiológicos y pruebas de microscopía óptica sobre el material de soporte.

También se muestra la implementación de un sistema hidráulicamente estable, para tratamiento de aguas residuales a escala piloto-laboratorio, el cual esta conformado por un reactor anaerobio soportado de flujo descendente, un sedimentador de lodos, un intercambiador de calor de carcaza y tubo de un solo paso, un tanque de alimentación y una bomba centrífuga sumergible.

Palabras claves: *Biopelícula, Sustrato, Soporte, Demanda Química de Oxígeno, Inóculo*

INTRODUCCIÓN

La contaminación de agua genera problemas técnicos, sociales y de salud; por un lado, se agotan cada vez más fuentes de agua potable; por el otro, se contaminan cuerpos de agua que pueden ser utilizados por otras comunidades (ríos, lagos, mantos freáticos, océanos). Resolver esto no es sencillo, pero se puede desarrollar la tecnología adecuada para tratar y reutilizar en caso necesario agua con cualquier tipo de contaminación. En las últimas décadas una variedad de métodos anaerobios se están aplicando en forma creciente en el tratamiento de residuos domésticos y residuos industriales, provenientes de plantas químicas, farmacéuticas, papeleras y alimenticias (lácticas, cerveceras, frigoríficas, de conservas, etc.) para remover materia orgánica soluble y suspendida de las corrientes líquidas residuales.

La tecnología basada en lechos fijos Anaerobios, es una tecnología que requiere bajos costos de construcción, no requiere equipos sofisticados y

además, se pueden utilizar como medio de soporte materiales de fácil consecución. Los filtros anaerobios son relativamente pequeños, fáciles de construir y presentan buenas eficiencias de remoción de materia orgánica.

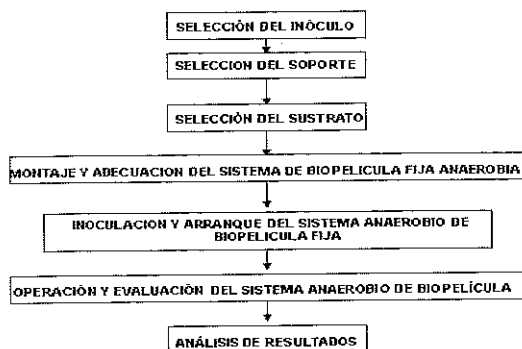
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para el estudio del tratamiento anaerobio de agua residual doméstica por medio de un reactor de biopelícula fija, se plantearon las etapas metodológicas esquematizadas tal y como se muestran en la Figura 1.

SELECCIÓN DEL INÓCULO Y EL MATERIAL DE SOPORTE

El inóculo se seleccionó de previas investigaciones realizadas en el área de digestión anaerobia en el Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales, CEIAM-UIS.

Figura 1. Metodología experimental.

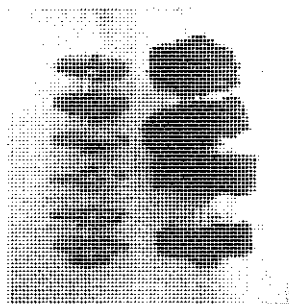


En la inoculación del reactor se utilizó una mezcla de lodos anaerobios. Uno proveniente del reactor UASB No. 2 de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Río Frío (Girón – Santander) y otro proveniente de una laguna para el tratamiento de excretas porcícolas (Mesa de Los Santos – Santander).

Se propusieron 3 soportes diferentes: 2 naturales (tusa de mazorca y estropajo) y uno sintético (Poliuretano).

En pruebas preliminares realizadas a la microporosidad de los tres materiales, el estropajo fue descartado como opción para soporte de la biopelícula ya que presentó el valor mas bajo en este parámetro. Para la evaluación de la tusa de mazorca y el poliuretano se realizó el montaje de una batería de experimentación conformada por 2 reactores. En la figura 2. se muestra el aspecto físico de la biopelícula sobre los soportes de poliuretano y tusa de mazorca; se observa una mayor fijación de biopelícula en el soporte orgánico de tusa de mazorca comparado con el soporte inorgánico de poliuretano. Debido a esto se escogió la tusa como mejor opción de soporte para el reactor anaerobio de flujo descendente y se procedió a las pruebas ópticas de microscopia de la porosidad.

Figura 2. Formación biopelícula sobre los soportes de poliuretano y tusa de mazorca.



MONTAJE Y ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE BIOPELÍCULA ANAEROBIA FIJA

El sistema a escala piloto laboratorio de biopelícula anaerobia soportada esta conformado por: Un reactor anaerobio de biopelícula soportada de flujo descendente provisto de tusas de mazorca como material de soporte para la biopelícula. Un sedimentador rectangular construido en vidrio. Un intercambiador de calor tubular de un paso, provisto de una termocupla Tipo.J y un controlador digital, para regular y mantener la temperatura dentro del reactor en 38°C, es decir, en condiciones mesofílicas. Un tanque de almacenamiento cilíndrico y una bomba centrífuga sumergible, que suministraron un flujo volumétrico constante al reactor.

INOCULACIÓN Y ARRANQUE DEL SISTEMA ANAEROBIO DE BIOPELÍCULA FIJA

Se procedió a inocular el reactor con lodo combinado y seleccionado en estudios anteriores, con un volumen de lodo mixto (2100 ml) equivalen al 60% del volumen efectivo de operación del reactor (3,5 l). Una vez inoculado el reactor se mantuvo inundado durante tres (3) días a una temperatura promedio de 38°C, período en el cual se buscaba contribuir a la generación y fijación de la biopelícula en el material de soporte. Transcurrido este tiempo, se arrancó el sistema con un tiempo de retención hidráulico (TRH) inicial de cuarenta y ocho (48) horas, que luego se redujo a veinticuatro (24) horas.

El proyecto se evaluó durante un periodo de 238 días. Teniendo en cuenta la respuesta del reactor a las condiciones dadas, se suministraron al reactor tres (3) sustratos distintos de alimentación durante este tiempo (agua residual doméstica enriquecida con azúcar comercial y trazas de metales 4063 mg de DQO/l, agua residual doméstica sin componentes adicionales 245 mg de DQO/l promedio, agua residual doméstica enriquecida con licor proveniente de un reactor anaerobio metanogénico para el tratamiento de residuos sólidos 6185 mg DQO/l). Los parámetros evaluados fueron Demanda química de Oxígeno (DQO), pH, ácidos grasos volátiles, Composición del biogás generado, análisis microbiológicos y pruebas de microscopia óptica sobre el material de soporte.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El estudio ofrece como resultado que el soporte escogido era adecuado y factible ya que no presentó degradación aparente durante un periodo de tiempo de 8 meses de experimentación (Figuras 3, 4, 5).

Figura 3. Biopelícula Anaerobia sobre el soporte orgánico seleccionado (tuza de mazorca).

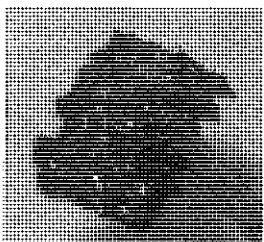


Figura 4. Corte Transversal del Centro de la Tuza.

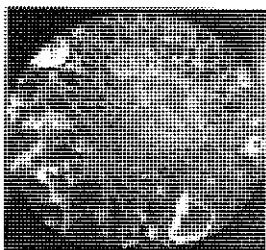
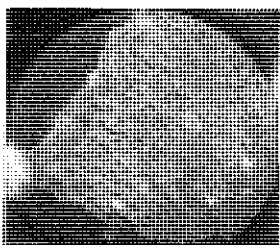


Figura 5. Tejido Interno del Nicho del Maíz en la Mazorca.



Se obtuvo una fijación aceptable de la biopelícula evaluada por medio del análisis óptico de la porosidad de la misma, obteniéndose un espesor aproximado de 10 a 13 micras sobre el material de soporte (Figura 6).

Figura 6. Formación de la Biopelícula sobre el material de soporte.



Se demostró que el reactor anaerobio de biopelícula soportada presenta los mayores valores de remoción en DQO (50-75%) como se muestra en la Figura 7 y de composición de metano en el Biogás (45-75%) cuando es alimentado con sustratos de cargas orgánicas aproximadamente mayores a 1500 mg de DQO/l bajo las condiciones de operación planteadas para el sistema. (Figura 8).

Figura 7. Porcentaje de remoción en Demanda Química de Oxígeno con el tiempo.

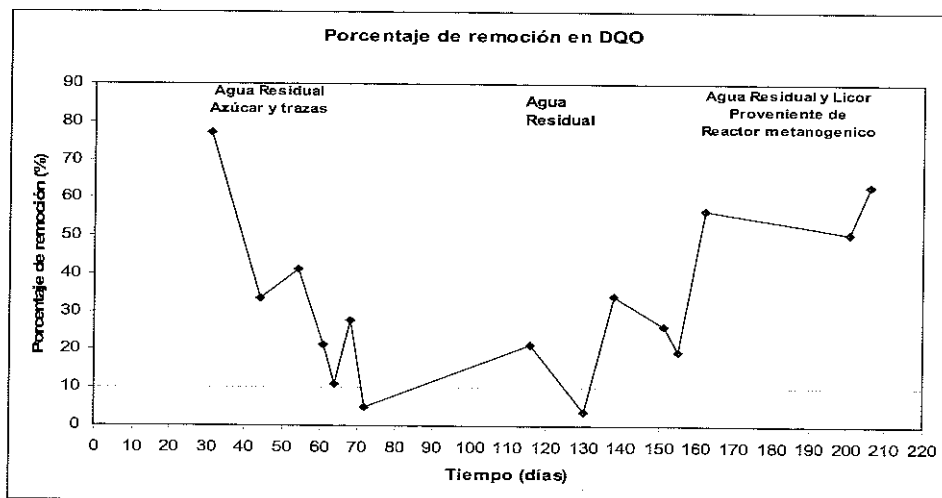
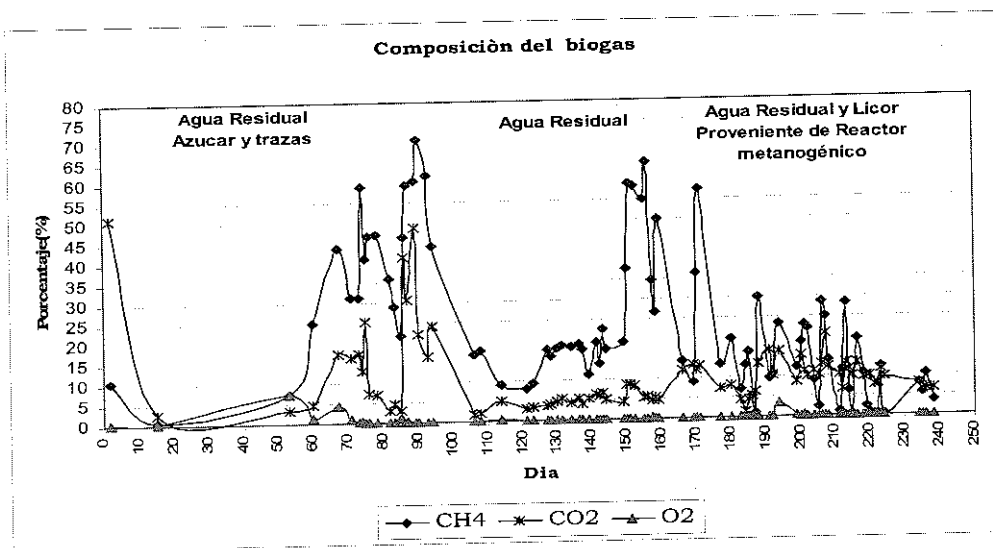


Figura 8. Composición del biogás en el reactor metanogénico.



Se observó que los valores más apropiados para la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto fueron: temperatura de 38°C, TRH 24 horas dentro del sistema y 6 horas dentro del reactor, pH en el rango de 6,5-7,5, DQO del afluente mayor de 1500 mg/l.

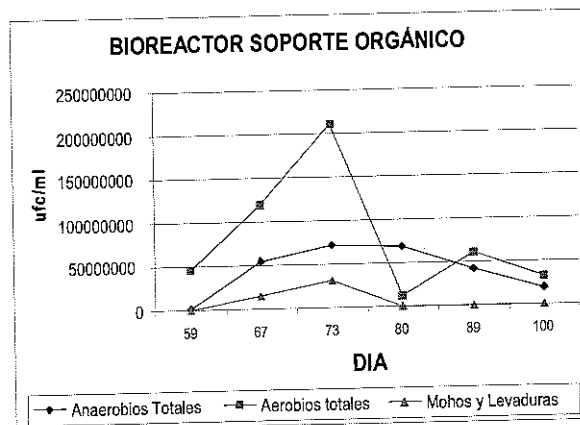
La Figura 9 muestra el comportamiento de los microorganismos aerobios y anaerobios totales presentes, así como mohos y levaduras en condiciones de anaerobiosis en el Biorreactor de biopelícula.

En ella también se observa el crecimiento continuo que presenta el grupo de microorganismos anaerobios. El largo tiempo de generación hace que el aumento de las células viables se dé más lentamente que en los aerobios; estos resultados están directamente relacionados con el desempeño del sistema, pues los conteos más altos de éste parámetro coincidieron con la mayor producción de biogás, y las mejores concentraciones de metano en la mezcla de gas en la salida del biorreactor.

El comportamiento inverso al crecimiento de los microorganismos anaerobios, muestra una selección de los microorganismos facultativos que sobreviven en el ambiente del biorreactor, marcando un ligero ascenso en el muestreo 5 (M5) donde se presentó una aireación accidental del sistema y una baja en la concentración al reestablecer las condiciones de anaerobiosis.

Para el comportamiento de los mohos y las levaduras la gráfica nos indica que en condiciones de anaerobiosis en el Biorreactor de biopelícula donde un pH (>7) desfavorecen la viabilidad de la mayor parte de esta microbiota.

Figura 9. Comportamiento de los microorganismos totales dentro del reactor.



Se implementó un sistema hidráulicamente estable, para tratamiento de aguas residuales a escala piloto-laboratorio, el cual está conformado por un reactor anaerobio soportado de flujo descendente, un sedimentador de lodos, un intercambiador de calor de carcasa y tubo, un tanque de alimentación y una bomba centrífuga sumergible.

ABSTRACT

It is presented in this work the study of the anaerobic biofilm on residue of cob as support material selected, for fixed-bed reactor of descendent flux in a system of anaerobic treatment of household residual water. It was used as inoculate for the reactor, a mix of native muds coming from both a treatment plant of residual water and pigs' excrements. It was evaluated the general operational conditions such as pH ranks, temperature and organic charge concentration that generate a suitable holding in the fixed-bed reactor where it was made measurements of parameters like chemical Oxygen demand (COD), pH, volatile fatty acids, composition of the biogas generated, microbiologic analysis and proofs of optic microscopy on the support material.

Moreover it is showed the implementation of a system hydraulically stable, for treatment of residual water to laboratory-pilot scale which it consists of an anaerobic reactor supported of descendent flux, mud sedimentor, an interchanger of heat transfer and a one passage tube, a feeding tank and a water-resistant centrifuge pump.

Keywords: *Biofilm, Substrate, Support, Chemical Oxygen Demand, Inoculum*

BIBLIOGRAFÍA

1. RITTMANN, B., McCARTY, P.L. *Biología del medio ambiente. Principios y aplicaciones*. España: McGraw Hill.
2. ROMERO, J. (2000). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
3. RUIZ, I., ÁLVAREZ, J.A. y SOTO, M. *El potencial de la digestión anaerobia en el tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes de baja carga orgánica*. Coruña: Universidad de Coruña. Facultad de Ciencias.
4. UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2001, Junio). *Optimización del diseño, manejo, operación y control de un filtro anaerobio a escala piloto para la depuración de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca de la región del cauca*. Informe técnico 3. Santiago de Cali, 5-6.