



KUXULKAB'

ISSN 1665-0514

REVISTA DE
DIVULGACIÓN
División Académica de Ciencias Biológicas

• Volumen XV • Número 28 • Enero - Junio 2009 •

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



200

aniversario

Charles Robert Darwin

REVISTA DE DIVULGACIÓN

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Kuxulkab' Voz chontal - tierra viva, naturaleza

CONSEJO EDITORIAL

Dra. Lilia Ma. Gama Campillo
Editor en jefe

Dr. Randy Howard Adams Schroeder
Dr. José Luis Martínez Sánchez
Editores Adjuntos

Lic. Celia Laguna Landero
Editor Asistente

COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

Dra. Silvia del Amo
Universidad Veracruzana

Dra. Carmen Infante
Servicios Tecnológicos de Gestión Avanzada
Venezuela

Dr. Bernardo Urbani
Universidad de Illinois

Dr. Guillermo R. Giannico
Fisheries and Wildlife Department,
Oregon State University

Dr. Joel Zavala Cruz
Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco

Dr. Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Publicación citada en:

- El índice bibliográfico PERIÓDICA., índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.
Disponible en <http://www.dgbiblio.unam.mx>
- E-mail: publicaciones@cecea.ujat.mx
- <http://www.ujat.mx/publicacion>

KUXULKAB' Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas, publicación semestral de junio 2001. Número de Certificado de Reserva otorgado por Derechos: 04-2003-031911280100-102. Número de Certificado de Licitud de Título: (11843). Número de Certificado de Licitud de Contenido: (8443). Domicilio de la publicación: Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco. Tel. y fax (93) 54 43 08. Imprenta: Imagen Gráfica, Morelos y Pavón No. 211. Col Miguel Hidalgo C. P. 86150 Villahermosa, Tabasco. Distribuidor: División Académica de Ciencias Biológicas Km. 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco.

Nuestra Portada:
Darwin 200 años

Diseño de Portada por:
Liliana López Gama
Estudiante de diseño y
comunicación visual
FES Cuautitlán

Estimados lectores de Kuxulkab´.

Este es un año muy importante en la historia de la Biología, ya que se conmemoran 200 años del nacimiento de Charles Darwin, naturalista británico que sentó las bases de la actual teoría de la evolución. Durante todo el año se han realizado eventos en conmemoración de este acontecimiento en todo el mundo. Darwin apasionado por conocer el mundo, se embarcó en un recorrido de cinco años que le inspiró lo que culminó varios años después en su famoso libro: “El Origen de las Especies por medio de la Selección Natural”, en el que expone su teoría sobre el complejo mecanismo de cómo las especies van tomando forma. Los eventos de la vida de Darwin y su pasión por la comprensión de la naturaleza y todos los elementos que la componen, nos hacen reflexionar hoy más que nunca en la importancia de la integración de varias disciplinas en el análisis de las problemáticas ambientales resultantes de la explotación de los recursos naturales que nos rodean.

Como una contribución a la divulgación de estudios orientados a las ciencias ambientales, nuestra revista selecciona temas que muestren en forma sencilla, tanto el estado de nuestros recursos naturales como investigaciones relacionadas a la atención a problemas ambientales. En este número se publican artículos vinculados a la diversidad y uso de algunas especies particularmente importantes y amenazadas de la región. También se presentan propuestas metodológicas para la comprensión (incendios) o atención (contaminación) de problemas ambientales de recursos naturales importante para el estado. Este número incluye nueve artículos y dos notas que cubre diferentes temas y aspectos de las ciencias ambientales. En ellos se presentan desde resultados de contribuciones de investigación de campo o bibliográficas que se desarrollan en los cursos de los diferentes programas educativos de licenciatura y posgrado, así como resultados de investigaciones realizadas como tesis o en los proyectos de investigación que los profesores/investigadores llevan a cabo en nuestra escuela o en otras instituciones.

Les invitamos a enviarnos sus manuscritos y les recordamos que nuestra revista se enriquece con las aportaciones de todos los miembros de la comunidad de la División Académica de Ciencias Biológicas, haciendo una especial invitación a que cada vez más estudiantes se incorporen a la divulgación de temas que consideren serán de interés a sus compañeros y se unan a aquellos que han terminado o se encuentran realizando sus proyectos de tesis y que comparten con nosotros los resultados de sus investigaciones. Como siempre, agradecemos a los colaboradores de otras instituciones interesadas en la divulgación que comparten con nosotros temas de interés general así como los resultados de sus proyectos. Con un sincero reconocimiento a los colegas que desinteresadamente colaboran en el arbitraje que nos permite mantener la calidad de los trabajos.

Lilia Ma. Gama Campillo
Editor en Jefe

Wilfrido Miguel Contreras Sánchez
Director

División Académica de Ciencias Biológicas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco



Eficiencia de remoción de los parámetros de control para un Biofiltro Anaerobio utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica

Jorge Álvarez Malpica¹ y Ernesto Rodríguez Rodríguez²

¹Instituto Mexicano del Petróleo.
Dirección Regional Sur.
Gerencia de Proceso y Medio Ambiente.
Periférico Carlos Pellicer Cámara 1502 esquina calle Campo Giraldas,
Colonia José María Pino Suárez,
Villahermosa 86029 Tabasco, México
alvarezj@imp.mx

²División Académica de Ciencias Biológicas. UJAT.
0,5 km. Carretera Villahermosa – Cárdenas,
Villahermosa 86000 Tabasco, México.

Resumen

Se determinó la eficiencia de remoción de los parámetros de control de un biofiltro anaerobio utilizado para dar tratamiento al agua residual doméstica proveniente de una fosa séptica, de una institución escolar. El biofiltro consistió en una estructura rectangular con una base de 5.11 m² de superficie y una altura de 63 cm. Se utilizaron dos sustratos inertes como lecho de filtrado, los cuales fueron colocados en la parte inferior una capa de 15 cm de altura de grava de río, en la parte media 50 cm de arena fina y en la parte superior 15 cm de grava de río; finalmente se colocó una capa de tierra fértil donde se sembró el sustrato vegetal de plantas de la familia Commelinaceae. La eficiencia del biofiltro se midió mediante el análisis de la DQO, DBO₅, pH, Temperatura, SST, SSV, Color, Coliformes Fecales, NT, FT, Turbiedad en el agua del influente tanto como del efluente. Las concentraciones obtenidas en el agua del influente se asemejan a las esperadas para una institución escolar. El biofiltro se operó durante 73 días por lotes, los cuales se ajustaron a los horarios de mayor actividad dentro de la escuela y se logró su estabilización al cabo de 21 días de operación. Las concentraciones obtenidas en el agua del efluente fueron abatidas de tal forma que se registraron eficiencias del 70 % al 85 % en la mayoría de los parámetros de control, para las bacterias se obtuvieron eficiencias superiores al 90 % y para el caso de los iones se obtuvieron eficiencias del 85 % al 97 %.

Palabras clave: Biofiltro anaerobio, eficiencia, agua residual doméstica, sustrato inerte, sustrato vegetal, parámetros de control.

Introducción

La eficiencia de un biofiltro anaerobio se encuentra estrechamente relacionada con la estabilización del sistema desde su arranque, lo cual consiste en hacer pasar agua residual y mantener las condiciones idóneas para el desarrollo de la biomasa anaerobia. (Noyola, 1994). Típicamente el arranque y estabilización de un biofiltro anaerobio es lento, lo cual es provocado por la baja producción de biomasa en relación al sustrato consumido y será mucho más lenta aún si no se procede a la inoculación, además de que altas cargas orgánicas pueden provocar desestabilización, con lo cual se hace necesario un tratamiento de digestión previo al uso del biofiltro.

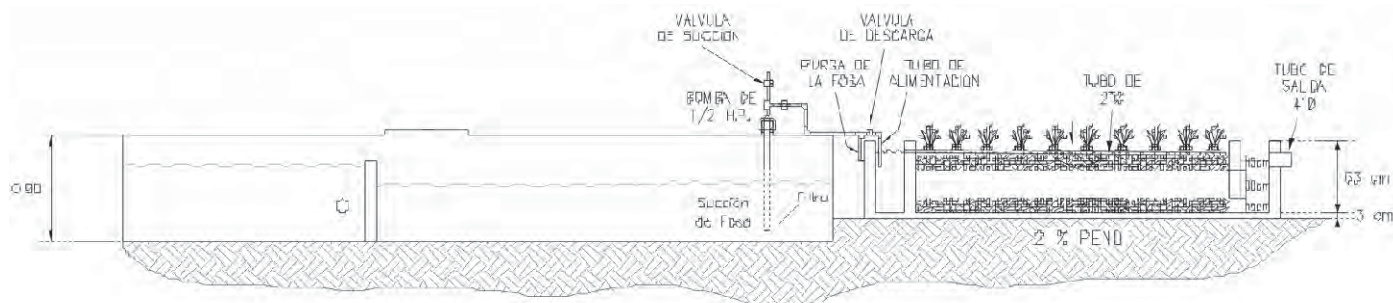
En términos generales la eficiencia de un biofiltro anaerobio representa la retención de biomasa viable en el sistema y su posterior acumulación, lo cual tiene que ver entre otros factores en las tasas hidráulicas de alimentación, tiempos de retención hidráulico, gastos de alimentación, configuración del sistema y la selección del sustrato, además de la formación de gránulos o "pellets" (Castro *et al.*, 1999; López *et al.*, 2000).

El control de los aspectos bacteriológicos es sumamente importante, puesto que si bien es cierto que los aspectos fisicoquímicos juegan un papel importante en lograr alcanzar las eficiencias esperadas, lo es más aún los aspectos biológicos que son responsables en un buen porcentaje del éxito del tratamiento de un biofiltro anaerobio. Es por eso que es importante vigilar el equilibrio entre las bacterias productoras y las consumidoras de ácidos. Un desequilibrio en ese sentido, durante el

arranque y operación significará la ausencia de un sistema microbiano maduro (Giraldo, 1998) y la eminente caída de la eficiencia.

Por otra parte, es necesaria una adecuada selección e interpretación de los parámetros físicos, químicos y biológicos que servirán como control de la eficiencia del sistema, pues estos representan elementos de juicio sólidos que permitirán realizar

entrada desde donde el agua del influente llega a cinco tubos de PVC hidráulico de 2,70 m de longitud, colocados en sentido horizontal a los cuales se les realizaron 54 perforaciones en cada uno. Estos tubos riegan el sustrato en sentido vertical y el agua realiza su recorrido hasta pasar por el canal y tubo de salida para realizar caída libre hacia el suelo. Se instalaron de purgas y válvulas de desvío de flujo para mantenimiento, así como el sistema eléctrico.



ajustes al funcionamiento de los biofiltros.

Materiales y métodos

Para obra civil se compactó y niveló el terreno con una pendiente del 2%. Se construyó un piso en un área de 5,11 m², para evitar que el agua residual se infiltre hacia el subsuelo. Se levantaron las paredes hasta una altura de 63 cm. Se instalaron traveses y columnas para dar soporte y amarre y contrarrestar daños a la estructura por movimientos diferenciales del suelo y soportar la fuerza lateral que ejerce el sustrato del biofiltro. Para evitar las pérdidas por humedad a través de las paredes, se recubrió la estructura con impermeabilizante y se aplicó pintura vinílica.

En la parte baja del biofiltro se utilizaron 47,7 m³ de gravilla de río la cual se colocó hasta una altura de 15 cm. En la parte media se emplearon 95,4 m³ de arena fina la cual fue colocada hasta una altura de 30 cm. En la parte superior nuevamente se emplearon 47,7 m³ de gravilla de río sobre el cual se colocaron 0,09 m³ de tierra fértil en la cual se plantó el sustrato vegetal consistente en plantas de la familia Commelinaceae.

El sistema hidráulico consistió en la instalación de una bomba de ½ HP para succión del agua residual de la fosa séptica hacia el canal de

Figura 1. Diagrama del biofiltro anaerobio con el sustrato estratificado y el sistema hidráulico, así como el pretratamiento que consistió en una fosa séptica existente.

El biofiltro fue operado por lotes durante un período de 73 días, en 3 horarios establecidos, los cuales corresponden a las horas de actividad dentro de la institución escolar con la finalidad de contar con la mayor carga orgánica fresca del día. Tres muestras simples del agua de entrada y salida del sistema del biofiltro se colectaron, un día por semana y midiéndose el gasto del flujo de entrada y de la descarga, así como la temperatura y pH. Durante el muestreo se tomó en cuenta las recomendaciones de la Norma Mexicana NMX-AA-003-1980 y se observaron las recomendaciones de recolección, preservación y almacenamiento de los Métodos de Prueba de los análisis realizados.

Los parámetros empleados para medir la eficiencia del biofiltro, fueron DQO, DBO₅, pH, Temperatura, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Suspendido Volátiles, Color, Coliformes Fecales, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Turbiedad, estos fueron medidos del total de 73 muestras en el influente y 73 muestras en el efluente del sistema. Una vez obtenidos los resultados analíticos, de realizaron los cálculos de eficiencia. Los análisis se realizaron siguiendo las técnicas indicadas en sus respectivos Métodos de Prueba. La caracterización

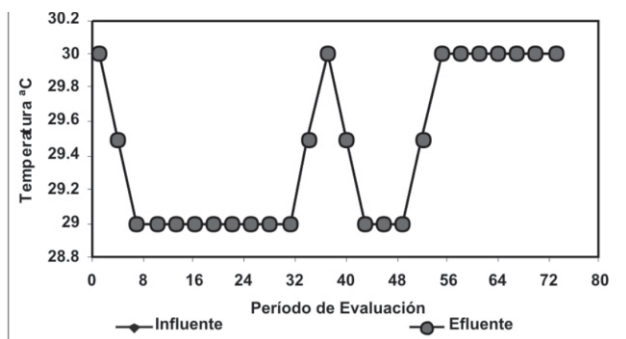
del agua residual doméstica fue realizada en una etapa previa a la experimentación con el biofiltro anaerobio evaluado que se presenta en la tabla 1 en la cual se incluye la descripción estadística de 21 parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Así, por sus propiedades, el agua residual con la que operó el biofiltro puede definirse como diluida o con baja carga orgánica.

VARIABLE FISICO-QUIMICA	N	MEDIA	DESV. EST.	SESGO	CURTOSIS
Temperatura (°C)	13	29,46	0,5188	0,1752	2,3636
Potencial de Hidrógeno	13	7,45	0,0858	0,0508	1,8204
Sólidos Susp. Totales (mg/L)	13	30,5384	17,486	2,8833	9,1391
Sólidos Susp. Volátiles (mg/L)	13	19,9231	10,266	2,1083	5,2582
Color UC	13	82,4615	11,362	-0,1904	-1,7395
Turbiedad	13	26,4615	12,657	0,7874	0,4289
DBO ₅ (mg/L)	13	116,753	50,293	0,9054	0,00326
DQO (mg/L)	13	221,454	86,364	0,7876	0,1323
Nitrógeno Total (mg/L)	13	49,6338	14,426	-0,2938	-1,6141
Fósforo Total (mg/L)	13	11,4731	2,7239	3,0715	10,2882
Coliformes Fecales (NMP)	13	2 300	360,55	-3,6055	13,0000

Tabla 1. Características físico-químicas del agua residual.

Resultados

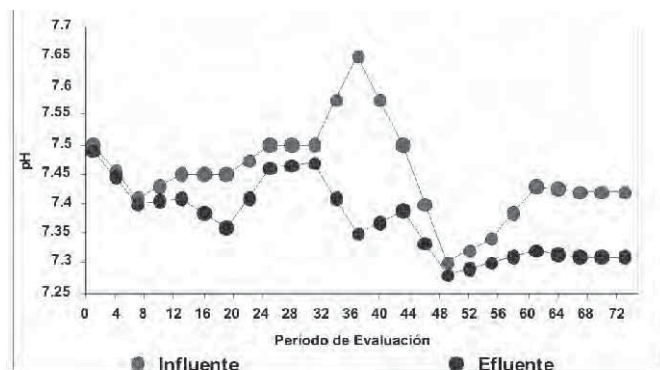
No se midió la eficiencia para la temperatura ya que los valores tanto en la entrada como en la salida fueron muy similares y se utilizaron como referencia, puesto que su comportamiento expresó condiciones favorables para la biodegradación de la carga orgánica lo que indicó que el proceso microbiano fue de tipo mesófilo (intervalo entre 20 °C y 45 °C), además que esta estabilidad en términos de temperatura, asegura el proceso de digestión anaerobia. La gráfica 1 muestra las variaciones promedio de 1 °C durante los 73 días de operación, además que la temperatura óptima de operación fue de 29 °C, que se registró al estabilizarse el sistema a los 21 días.



Gráfica 1. Temperaturas promedio registradas en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

Para el potencial de hidrógeno no se realizaron cálculos de eficiencia, puesto que los niveles de pH de entrada y salida del sistema se mantuvieron homogéneos, registrándose una esperada ligera acidificación del medio, lo cual muestra que se llevó a cabo la precursión de ácidos grasos volátiles (AGV) y acetato, puesto que estos compuestos tienden a disminuir el pH del sustrato (Marchaim, 1992).

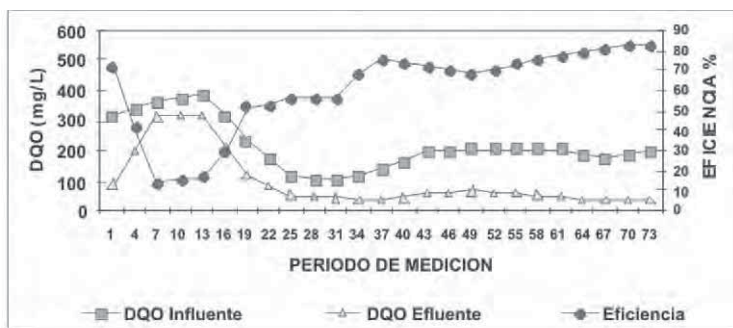
La gráfica dos indica que durante el arranque del biofiltro los niveles del pH fueron similares en la entrada y la salida por no existir biomasa acumulada en el sistema; después del cuarto día de operación el medio se acidificó ligeramente hasta alcanzar 0,05 U de pH durante su estabilización; la máxima variación se presentó durante el día 48 de operación en 0,30 U de pH.



Gráfica 2. Variaciones de pH registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

La eficacia de remoción de la DQO y la DBO₅ fueron bajas al inicio del arranque, tal como se evidenció en esta etapa, pero a medida que la colonización de las bacterias metanogénicas y la retención de materia orgánica crecieron, las eficiencias de remoción mejoraron. Se observó que se redujeron con respecto a los valores obtenidos durante el arranque, por lo cual se pudo asumir que

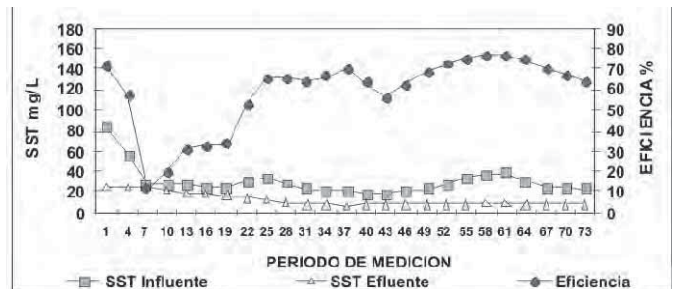
se empezó a estabilizar el proceso para iniciar la fase metanogénica, hasta alcanzar al final de los días de experimentación niveles de eficiencia de hasta el 85 %. Tanto la gráfica 3 de DQO como la gráfica 4 de DBO indican que desde el arranque del biofiltro se presentó una eficiencia cercana al 80 % para ambos parámetros, pero esta se vio abatida durante los siguientes siete días de operación hasta eficiencias del 20 %, consecuencia de la alta carga orgánica entrante en el sistema. Para los 21 días de operación se alcanzó la estabilización y se mantuvo constante hasta alcanzar el 85 % de eficiencia en ambos casos.



Gráfica 3 y 4. Variaciones de DQO y DBO registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

La concentración de sólidos suspendidos totales (SST) en la entrada del biofiltro es recíproca a la concentración de sólidos suspendidos volátiles (SSV), las concentraciones de estos parámetros en el agua residual del influente, indican que inicialmente en la entrada del sistema los sólidos estaban constituidos por una alta fracción de materia orgánica, la cual fue estabilizada después del arranque del sistema. Esta situación es la esperada, ya que se buscaba el aumento de los SSV, que representan el crecimiento de la biomasa activa del sistema. La eficiencia de remoción

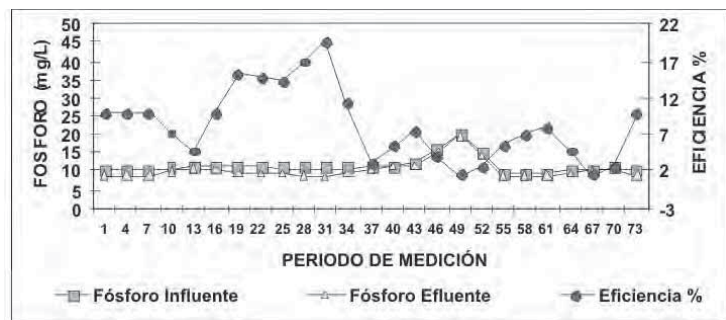
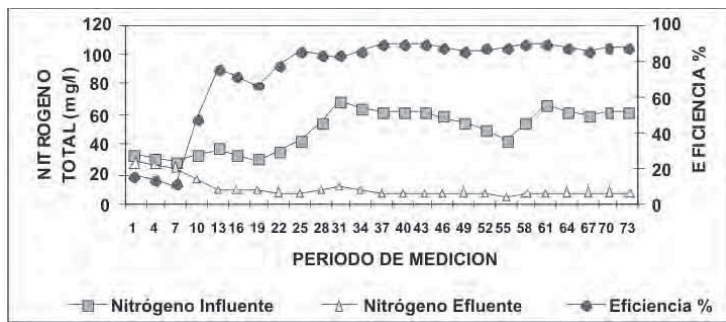
cercana al 80 % para los SST representa una alta retención de sólidos en el sustrato de filtración y su asimilación por una masa microbiana activa. Esta es representada por el incremento de los SSV y eficiencia de remoción de este mismo parámetro del 80 %, lo cual indica también un equilibrio en el sistema, sin sobrepoblación de las bacterias, lo que afectaría sustancialmente el proceso. En la gráfica 5 se observa que los SST fueron removidos al arranque del biofiltro con una eficiencia del 80 %, causado por la retención en el sustrato filtrante, pero esta eficiencia decayó al sexto día de operación a causa de una alta carga orgánica al sistema, para el día 21 de operación se registró la estabilización y se conservaron eficiencias promedio del 75 % durante la restante etapa de prueba. En la gráfica 6 se muestra que los SSV mantienen una curva de eficiencia de remoción similar a la de los SST y esto se debe a que una porción de los sólidos totales está compuesta de los suspendidos volátiles; sin embargo, la ligera acidificación del efluente y las altas eficiencias de remoción de otros parámetros sugiere presencia de biomasa activa en el sistema.



Gráfica 5 y 6. Variaciones de SST y SSV registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

Además de una fuente de carbono orgánico, los microorganismos requieren de nitrógeno, fósforo y otros factores de crecimiento que tienen efectos complejos. Los niveles de nutrientes deben estar por encima de la concentración óptima para las

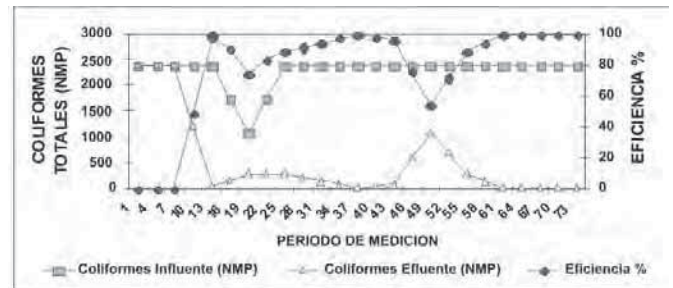
metanobacterias, ya que ellas se inhiben severamente por falta de nutrientes. Sin embargo concentraciones de nitrógeno y fósforo total en el influente, demostraron que la cantidad de nutrientes entrante en el sistema fue la suficiente para sostener la actividad biológica. El biofiltro demostró eficiencias del 80 % de remoción de nitrógeno causado por la asimilación de nitrógeno por parte de los microorganismos, así como su resuspensión y fijación en los rizomas de las plantas. Sin embargo, la eficiencia de remoción de fósforo del 20 % indica que no existió buena asimilación por parte de las plantas, ocasionado por la alta carga hidráulica del equipo de bombeo para este parámetro.



Gráfica 7 y 8. Variaciones de NT y PT registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

Durante los días de experimentación se demostró que la digestión anaerobia mediante bacterias de tipo mesófilicas pudo degradar la población de las bacterias coliformes fecales, lo cual se puede observar con la máxima eficiencia registrada de casi el 100 %, sin embargo durante la etapa donde se considera que el biofiltro se encontraba estabilizado, existieron bajos niveles de remoción de las bacterias. Esta persistencia de las bacterias puede deberse a un ligero incremento de

carga que se registró, por contaminación de la muestra o un error analítico. Manejada apropiadamente, la digestión anaerobia puede reducir los niveles de bacterias con un factor más grande. La eficiencia de remoción de las bacterias coliformes fecales durante el arranque y los primeros días de operación fue prácticamente nula, pero al cabo del octavo día de operación alcanzó su máxima eficiencia del 100 %, lo que indica que para este parámetro la estabilización fue mucho antes. Esta sección de la gráfica es parecida a la que presentó el nitrógeno total y se estima que en este punto el biofiltro ya se encontraba colonizado por las bacterias de tipo mesófilicas responsables de la degradación de los coliformes.

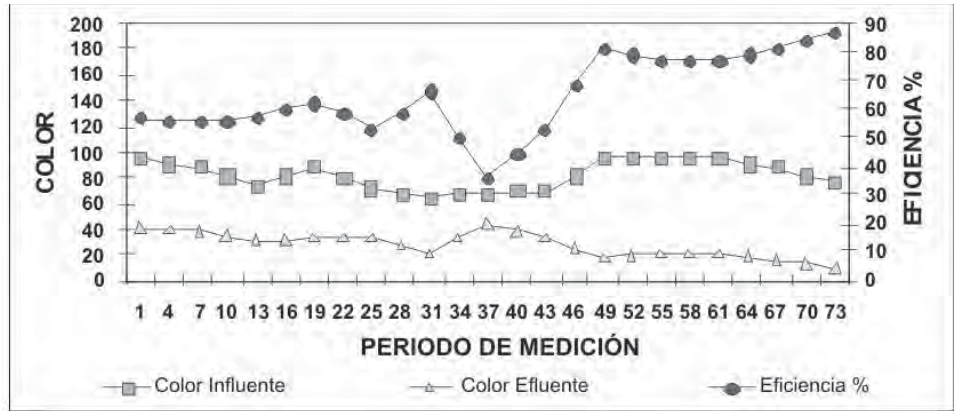


Gráfica 9. Variaciones de Coliformes fecales registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.

El agua tratada en el biofiltro fue de color gris claro, lo cual se considera como agua residual fresca, por lo cual todavía no existe una degradación bacteriana completa. Las altas eficiencias de remoción de color cercanas al 90 % se debe a que este parámetro está asociado con la presencia de material en estado coloidal y en suspensión fácilmente removido en un sistema de filtración. Básicamente en términos de remoción de color, el biofiltro fue estabilizado prácticamente desde su arranque alcanzando eficiencias cercanas al 80 %. Para el día 37 de operación se presentó un decaimiento de la eficiencia hasta el 50 % ocasionada por un desajuste en la operación del biofiltro.

Gráfica 10.

Variaciones de Color registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.



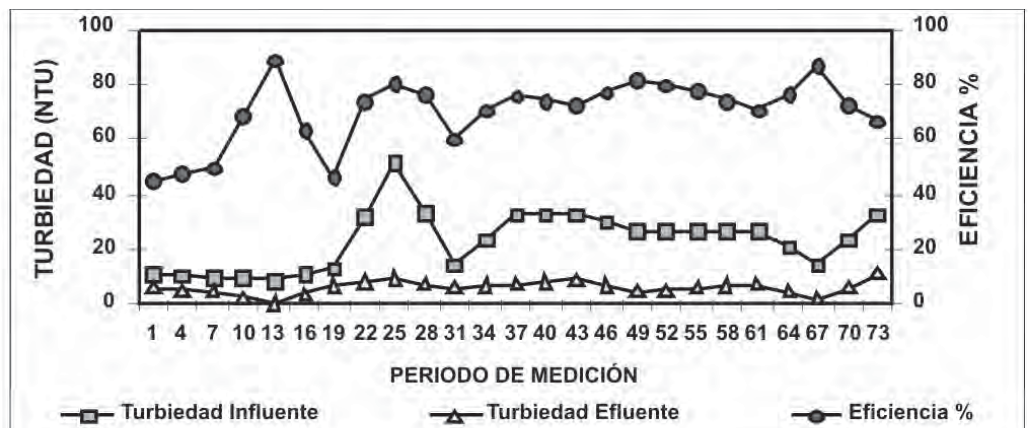
Este parámetro fue utilizado para indicar la presencia de materia coloidal e indirectamente de los sólidos suspendidos totales. Es sabido que los microorganismos entrantes en el sistema pueden tener un soporte donde pueden quedar adheridas y hacer su función en el agua residual más fácilmente que en un medio menos turbio, por lo cual también es una medida indirecta del control de los SSV en el biofiltro. Para este parámetro se registraron eficiencias máximas cercanas al 90 %, lo cual se debe a la alta capacidad del sustrato arenoso del biofiltro para retener materia de tipo coloidal. Durante los primeros 7 días de operación el biofiltro presentó eficiencias bajas del 50 %, pero tubo un incremento a los 18 días de operación y al cabo de los siguientes 4 días volvió a disminuirse la eficiencia hasta casi el 40 %, lo cual indica que en términos de turbidez el sistema logro su estabilización hasta aproximadamente el día 34 de operación.

Conclusiones

El Biofiltro produjo un efluente de alta calidad con concentraciones para todos los parámetros evaluados, por debajo de los límites máximos permitidos en la **NOM-001-SEMARNAT-1996**, **NOM-127-SSA1-1994** y **Ley Federal de Derechos en Materia de Aguas Nacionales**, tal y como se menciona en la tabla 2. La remoción del fósforo fue limitada, sin embargo los resultados serán más favorables si se realizan algunos cambios al sistema, como un sistema de dosificación que provea tazas de resuspensión más lentas. El desempeño del biofiltro dependió en gran manera del tipo y la biodegradabilidad del agua residual (dado por la relación DBO/DQO). Los factores medioambientales más importantes que determinaron la efectividad del tratamiento son la humedad del medio y la temperatura. Esta última afectó directamente la tasa de crecimiento microbiano, y otros factores que contribuyeron a la estabilización del agua residual. El desempeño del biofiltro demostró ser eficaz en el clima cálido, y bastaría realizar pruebas en ambientes con clima frío para conocer su eficiencia.

Gráfica 11.

Variaciones de Turbidez registrado en el influente y efluente del sistema durante 73 días de operación.



VARIABLE FISICOQUIMICA	VALOR PROMEDIO BIOFILTRO	NOM-001-SEMARNAT-1996	NOM-127-SSAI-1994	LFD
Temperatura (°C)	29,460	40		N.A.
Potencial de Hidrógeno	7,450	5 - 10	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0
Sólidos Susp. Totales (mg/L)	11,760	75		150
Sólidos Susp. Volátiles (mg/L)	5,500			
Color UC	28,260		20	N.A.
Turbiedad	6,380		5	N.A.
DBO ₅ (mg/L)	45,284	75		
DOO (mg/L)	97,794			320
Nitrógeno Total (mg/L)	10,595	N.A.	0,5	N.A.
Fósforo Total (mg/L)	10,531	N.A.		N.A.
Coliformes Fecales (NMP)	522,780	1 000	ND	1 000

Tabla 2. Comparación de valores de parámetros del agua tratada del biofiltro con normatividad ambiental mexicana.

Literatura Citada

Ferreira, C., A. Albuquerque y F. Santana. 2004. Avaliação da cinética em sistemas de tratamento por biomassa fixa para a remoção de residuais de carbono. Proc. 8ª Conferencia Nacional de Ambiente, Lisboa, 27-29 de octubre de 2004.

American Public Health Association APHA 1995. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 19th edition, Washington DC, USA.

Barber B. L., Leenher A. J., Noyes I. T. Y Stiles A. E. 2001. Nature and Transformation of Dissolved Organic Matter in Treatment Wetlands.

Batty L. C., and Younger L. P. 2002. Critical Role of Macrophytes in Achieving Low Iron Concentrations in Mine Water Treatment Wetlands.

Moshiri G. A. 1993. Constructed Wetlands for Water Quality Improvement. Edit. Lewis Publishers.

Rodríguez V. L. C. 1986. Desarrollo de Sistemas de Tratamiento de Aguas Mediante el Empleo de Plantas Acuáticas Emergentes. Centro de Calidad Ambiental/ITESM Campus San Luis Potosi.

Scholz M., Hohn P., and Minal R. 2000. Mature Experimental Constructed Wetlands Treating Urban Water Receiving High Metals Loads.

NOM-001-SEMARNAT-1996. Se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales.

Crites R. y Tchobanoglous G. 2000. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Edit. Mc Graw Hill. Santa Fé de Bogotá, Colombia.

CONTENIDO

Generalidades e Importancia de las Plantas Trepadoras y Avances en su Estudio en el Estado de Tabasco CARLOS MANUEL BURELO RAMOS, MARÍA DE LOS ÁNGELES GUADARRAMA OLIVERA, ANDRÉS MANUEL DE LA CRUZ LÓPEZ Y ELIZABETH VERÁSTEGUI HERNÁNDEZ.....	5
Propuesta de un Sistema Digestor Anaerobio y Generación Eléctrica para abastecer el Herbario de la DACBIOL. AURI BEATRIZ DÍAZ VALENCIA, CLARA DEL ROCÍO TOLEDO MÉNDEZ Y ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS.....	11
Eficiencia de remoción de los parámetros de control para un Biofiltro Anaerobio utilizado en el tratamiento de agua residual doméstica JORGE ÁLVAREZ MALPICA Y ERNESTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ.....	21
Diversidad de moluscos bentónicos en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla OSCAR MANUEL ORTIZ LEZAMA, LUIS JOSÉ RANGEL RUIZ Y JAQUELINA GAMBOA AGUILAR.....	29
Discriminación de umbrales de áreas quemadas mediante imágenes Landsat TM, en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla CRISTÓBAL DANIEL RULLÁN SILVA, ADRIANA EMA OLTHOFF, LILLY GAMA, EUNICE PÉREZ SÁNCHEZ Y ADALBERTO GALINDO ALCÁNTARA.....	37
Eficiencia del extracto acuoso de <i>Rhizophora mangle</i> sobre <i>Lymnaea (Fossaria) cubensis</i> , hospedero intermediario de <i>Fasciola hepatica</i> en condiciones de campo JAIME CARRILLO CONTRERAS.....	45
Sustitución total de aceite de pescado con aceite vegetal en larvas de pejelagarto <i>Atractosteus tropicus</i> MARICELA HUERTA-ORTIZ, CARLOS ALFONSO ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, GABRIEL MÁRQUEZ-COUTURIER, WILFRIDO M. CONTRERAS-SÁNCHEZ, ROBERTO CIVERA-CERECEDO Y ERNESTO GOYTORTÚA-BORES.....	51
Biología, importancia y controversias del sapo común <i>Chaunus marinu</i> (Amphibia: Anura: Bufonidae) en Tabasco, México JAVIER HERNÁNDEZ GUZMÁN, SELENY MORALES GARCÍA Y ALFONSINA HERNÁNDEZ CARDONA.....	59
Gradientes en Biodiversidad: El Caso de la Latitud MARÍA DE JESÚS CONTRERAS-GARCÍA, ROSA AURORA PÉREZ-PÉREZ, JUAN ARMANDO AREVALO-DE LA CRUZ, KARINA SÁNCHEZ-CARRIZOSA, LUIS DANIEL JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, PAVEL ALEKSEI CASTILLO-ENRÍQUEZ Y MIRCEA G. HIDALGO MIHART.....	65
NOTAS	
Distribución del Tigrillo (<i>Felis wiedii</i>) en la rancharía Los Cerros Cunduacán, Tabasco ANA KAREN HERNÁNDEZ CONCHA Y DANIELA CORONEL PÉREZ.....	71
Cruceros Oceanográficos del Golfo de México: "Justo Sierra" y "Río Hondo" JOSÉ A. OSEGUERA PONCE.....	73
Una Conciencia Ecológica no está nada mal CELIA LAGUNA LANDERO.....	77
NOTICIAS	
Proyectos de Investigación.....	85
Avisos.....	91



ISSN - 1665 - 0514