



BIO-TAPONAMIENTO DE MEMBRANA DURANTE ULTRAFILTRACIÓN DE EFLUENTES ANAEROBIOS.

Miguel Herrera Robledo, Edgar Sierra Palacios, Juan Morgan-Sagastume y Noyola Adalberto.
Coordinación de Bioprocesos Ambientales, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-472; 04510, Ciudad Universitaria, Coyoacán, México, D.F., México. FAX (+52) 55-5616-21-64. E-mail: MHerreraR@iingen.unam.mx

Palabras clave: agua residual municipal, MBR, ultrafiltración.

Introducción. En los países desarrollados la vanguardia tecnológica en el tratamiento del agua residual municipal la componen los Bio-reactores de membrana (BRM) que agrupan un proceso biológico con una filtración por membranas, estas frecuentemente colocadas en el interior de un tanque biológico convencional de lodos activados. Este arreglo ofrece agua de excelente calidad que puede usarse sin restricción en el riego de hortalizas y jardines. Una dirección que ha tomado la investigación en estos sistemas ha sido la de la aplicación anaerobia, utilizando membranas externas al digestor. Sin embargo los BRM anaerobios (BRAM) aplicados en aguas residuales de tipo municipal no cuentan con un sustento de investigación básica tan amplio como lo tienen los sistemas aerobios. Existe poca información acerca de los fenómenos que se llevan a cabo en la filtración de biosólidos anaerobios y de los efectos de las condiciones de operación en el taponamiento de la membrana, así como sobre las especies microbianas relacionadas con el *biofouling* (taponamiento por formación de biopelículas) en estos sistemas. El objetivo fundamental de este trabajo fue el identificar, a través de técnicas instrumentales modernas, los componentes principales de la capa taponante (microorganismos, ultraestructura) durante la filtración a largo plazo de efluentes de bio-reactores de lecho de lodos flujo ascendente (UASB) utilizados para tratar el agua residual municipal generada en el *campus* de CU.

Metodología. En una planta escala laboratorio fueron evaluadas, en primera instancia, la capacidad de depuración de contaminantes y el comportamiento de disminución de flujo permeado para luego estudiar, en experimentos a largo plazo, los fenómenos relacionados con el taponamiento biológico. Se reportan determinaciones de identificación de microorganismos a partir de técnicas de biología molecular, estudios con microscopía electrónica (MEB) y espectroscopia por dispersión de energía (EDS) y ensayos con óptica acústica con laser.

Resultados y Discusión. Se determinaron las condiciones adecuadas de operación de los reactores BRAM como lo son: los tiempos de retención hidráulica (TRH) y celular (TRC). Se pudo constatar la alta eficiencia de remoción de contaminantes de los sistemas BRAM ya que el efluente cumple con la normatividad mexicana para reutilización directa de

agua residual (NOM-003-SEMARNAT-1997). Se estudió el papel de la velocidad de filtración y de la presión transmembrana (PTM) aplicada al sistema a través de la construcción de gráficos de PTM y flujo de permeado *versus* tiempo encontrándose que el taponamiento ocurría mediante el comportamiento típico de dos etapas: Taponamiento inicial masivo durante las primeras horas de filtración y un posterior estado estacionario en los que la tasa de taponamiento es limitada. La segunda etapa, cuando se opera el sistema en un tiempo mayor al convencional (cientos de horas) presenta caídas marcadas en el flux, asociadas con incrementos en la PTM, lo cual no ha sido reportado en la literatura. Estos cambios fuera de la tendencia esperada se relacionaron con la posible superposición de películas identificadas con ayuda de micrografías de MEB. La microbiota asociada a las biopelículas taponantes está formada principalmente por proteobacterias. Agrupando las evidencias de la autopsia de la membrana, se generó la hipótesis de colapso – compresión, que supone una consolidación de micro-construcciones tridimensionales de origen microbiano. En ella, se plantea la posible ocurrencia de la mineralización biológicamente inducida (MBI) favorecida por la red de compuestos extracelulares compactados en la parte estructural de la biopelícula. En cierto momento, se presentaría un abrupto colapso de esta estructura, seguido de una compresión debido a las condiciones de presión a la que está sometido el sistema de filtración.

La capa taponante desarrollada en el sistema de filtración se encuentra compuesta básicamente por material orgánico (85% en base seca). El material inorgánico restante esta relacionado con compuestos de Ca, Si, Fe, Mg y P. La biopelícula presenta material genético de nueve especies microbianas, particularmente Proteobacterias del tipo alfa, beta y gama, especializadas en secreción de sustancias poliméricas extracelulares (SPE).

Conclusiones. El efluente del arreglo BRAM cumple con los límites de la norma mexicana para el reuso público urbano de aguas residuales tratadas. Los incrementos abruptos de presión pueden ser explicados por la hipótesis de colapso-compresión presentada en este trabajo.

Agradecimiento. CONACyT, NSF, Natalie Cabirol, y Margarita Cisneros.