

# EVALUACIÓN DE MEDIOS FILTRANTES EN UN BIOFILTRO PERCOLADOR DE FLUJO CONTINUO A ESCALA DE LABORATORIO

Grupo de investigación: HABITAT Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD DE AMERICA

*Diego Rubio\**

## RESUMEN

Este estudio se llevó a cabo para analizar la incidencia de los medios filtrantes en la eliminación biológica de nitrógeno y fósforo presentes en aguas colectadas en una fuente natural. Se utilizó un biofiltro de cuatro etapas, anaerobia-aerobia-anóxica y aerobia. Fue posible evaluar dos tipos diferentes de medios filtrantes, estropajo y PVC, seleccionados por su bajo costo y por ser poco convencionales. Se analizó la concentración de nitratos y fosfatos en el agua de entrada y de salida del biofiltro y la cantidad de unidades formadoras de colonias de bacterias fosfatolubilizadoras adheridas a los medios filtrantes de la etapa anaerobia. Se determinó que el estropajo ofrece mayor estabilidad para el sosten de biopelículas bacterianas y por lo tanto para el buen desempeño de los biofiltros.

**Palabras Clave:** Biofiltración, Aguas residuales, Eutroficación, Bacterias Fosfatolubilizadoras.

## ABSTRACT

This study was developed in order to analyse the incidence of filter media in the process of nitrogen and phosphorus removal present in water collected from a natural source. A four stage biofilter anaerobic, aerobic, anoxic and aerobic was used. It was possible to evaluate two different kinds of filter media, scourer and PVC. The selection of the filter media was based on the low cost and low conventionality. It was analyzed the nitrate and phosphate concentration from the inlet and outlet water and the quantity of colony formation units adhered to the filter media in the anaerobic stage. It was determined that the scourer offered most biofilm stability for the support of the bacterial biofilm and therefore for a better biofilter performance.

---

Recibido: 28 de noviembre de 2.008

Aceptado: 26 de mayo de 2.010

\* Docente investigador, Universidad de America.

**Key Words:** Biofiltration, Wastewaters, Eutrophication, Phosphate solubilizing Bacteria.

## INTRODUCCIÓN

La biofiltración de aguas comprende una serie de procesos que pueden definirse como el paso de agua contaminada a través de un material con una alta superficie la cual es el hábitat de microorganismos que forman una biopelícula. La operación estable y efectiva de los biofiltros está determinada por factores directamente relacionados con la multiplicación de los microorganismos en la biopelícula (Dueck y Pyl'nik, 2009).

Los biofiltros en general, son sistemas que separan los microorganismos y el agua a tratar, inmovilizando los microorganismos al material o medio filtrante (Cohen, 2001). Para que la operación de los biofiltros sea eficiente y rentable, deben retenerse altas concentraciones de biomasa, denominada biopelícula. Se ha establecido que entre los factores críticos en los procesos de escalamiento de biofiltros se encuentran los materiales utilizados para la retención de biomasa y son denominados medios filtrantes. Estos materiales juegan un papel importante en los procesos de escalamiento de los biofiltros, por factores como la eficiencia o los costos de implementación de estos sistemas de biofiltración (Show y Tay, 1999).

Algunos de los estudios más importantes relacionados con la incidencia de los medios filtrantes en el desempeño y costos de operación de biofiltros, se destaca el trabajo de Apilánez et al. (1998), quienes estudiaron el efecto de las características del medio de soporte o medio filtrante en la cinética de degradación del sustrato, y en la adherencia y crecimiento de biopelículas en un biofiltro de discos rotatorios. Se determinó en este estudio que el medio con mayor capacidad de filtración fue el carbón activado, probando entre vidrio, tierra, arena y carbón activado.

Show y Tay (1999) estudiaron el desempeño de tres biofiltros anaerobios a escala de laboratorio para examinar la influencia del medio de soporte en el crecimiento y retención de biomasa y en el éxito o falla del sistema. Se demostró en este estudio que la textura y porosidad de los medios filtrantes tienen un impacto significativo en el desempeño de los filtros anaerobios.

Los medios filtrantes y su relación con la eficiencia de los biofiltros han sido estudiados por (Lekang y Kleppe, 2000) quienes compararon tres tipos de arcilla expandida con tres tipos de plásticos. Este estudio mostro que la arcilla permite una tasa mayor de nitrificación que el plástico.

Moore et al (2001) analizaron el efecto del tamaño de los medios filtrantes en el desempeño de filtros biológicos aireados, variando el tamaño del medio en dos rangos, desde 1,5 milímetros y 3,0 milímetros y desde 2,5 milímetros y 4,5 milímetros de un material obtenido a partir de arcilla. Se concluyó que el tamaño del medio influye negativamente en el desempeño del los biofiltros, en el caso del material más pequeño.

Utilizando un biofiltro sumergido de membrana, Basu y Huck (2005), concluyeron que el medio de soporte no influye en la tasa de remoción de nutrientes. Esta conclusión puede deberse a factores como el uso de membranas para filtración, las cuales pueden en ciertos casos reemplazar el medio filtrante.

La información referente al uso de medios filtrantes no convencionales es escasa; en este estudio se evaluó la remoción de nutrientes y concentraciones de biomasa en dos medios filtrantes en un biofiltro percolador de flujo continuo de cuatro etapas, anaerobia, aerobia, anóxica y aerobia, en un proceso de biofiltración a escala de laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Biofiltro

Se implementó un biofiltro percolador de cuatro etapas a escala de laboratorio, anaerobia, aerobia, anóxica y aerobia. El biofiltro se construyó con pequeños tanques de vidrio apoyados en un soporte de madera con una altura de 1 mt aproximadamente en el cual se apoyaron los tanques para permitir el flujo de agua por gravedad.

Para generar condiciones diferentes en cada una de las etapas, se adecuaron los tanques para limitar o aumentar las condiciones de aireación. Las etapas o condiciones de aireación diferentes del biofiltro fueron establecidas con base en los procesos de nitrificación-desnitrificación y remoción de fósforo. Estos procesos procuran condiciones adecuadas para que los diferentes microorganismos que hacen parte de las biopelículas, adquieran energía para crecimiento por medio de reacciones de oxidación-reducción (Correa y Sierra, 2003). La circulación continua del volumen inicial de agua se generó por medio de una bomba impulsora con una manguera adaptada para llevar el agua hasta el tanque encontrado en el nivel superior del soporte.

Se utilizaron dos tipos diferentes de medios filtrantes, estropajo y cilindros de PVC. Los medios filtrantes se adhirieron a la base de todos los tanques del biofiltro por medio de silicona.

### Proceso Experimental

Se realizaron cuatro ciclos de biofiltración, con un volumen inicial de 10 Litros que alimentaron el biofiltro. La alimentación del biofiltro fue realizada una sola vez por ciclo para establecer en el volumen determinado, el comportamiento de los nitratos, fosfatos y formación de la biopelícula.

El agua para alimentar el biofiltro fue colectada en el río San Francisco (Bogotá), en recipientes plásticos transparentes. De los 4 ciclos de biofiltración desarrollados, se determinó la concentración de nitratos y fosfatos en dos de ellos, uno en el que se utilizó estropajo y el otro en el que se utilizó PVC.

Las concentraciones de nitratos y fosfatos fueron establecidas con base en el método estandarizado palintest, fundamentado en la transmitancia del agua estudiada. Esta transmitancia está relacionada con un valor de concentración para nitratos y fosfatos independientemente.

El seguimiento de la concentración de nitratos y fosfatos se determinó cuatro veces para cada ciclo en el que se llevó a cabo esta colecta de información, los días 1, 8, 14 y 20, de los ciclos, siendo el día 1 en el cual se colectó el volumen total de agua, en el río, para alimentar el biofiltro y 20 el día en el que se terminó el ciclo de biofiltración.

La cuantificación de nitratos y fosfatos se llevo a cabo en un volumen de 10 mililitros de agua tomada del rio para el estudio inicial y el mismo volumen para el agua tomada del biofiltro.

La determinación de la capacidad de adherencia de la biopelícula a los medios filtrantes fue realizada para los cuatro ciclos de biofiltración. El parámetro seleccionado para evaluar los medios filtrantes, fue el número de unidades formadoras de colonias de bacterias fosfatolubilizadoras (García et al. 2006). Las unidades formadoras de colonias pueden servir como indicativo de la cantidad de biopelícula formada en los medios filtrantes. Se colectaron los medios filtrantes de la etapa anaerobia para determinar por microscopia, la cantidad de bacterias presentes en la biopelícula formada durante los ciclos de biofiltración.

Los medios filtrantes se colectaron en la etapa anaerobia por que los organismos metabolizadores de fósforo o bacterias fosfatolubilizadoras toman los ácidos grasos volátiles durante esta etapa (Oehmen et al. 2007), lo que aumenta las probabilidades de encontrar estos microorganismos en la biopelícula.

**Tabla 1.** Fechas de inicio y terminación de los 4 ciclos realizados con dos medios filtrantes diferentes. Solo en los ciclos 1 y 4 se llevo a cabo análisis de la concentración de nitratos y fosfatos.

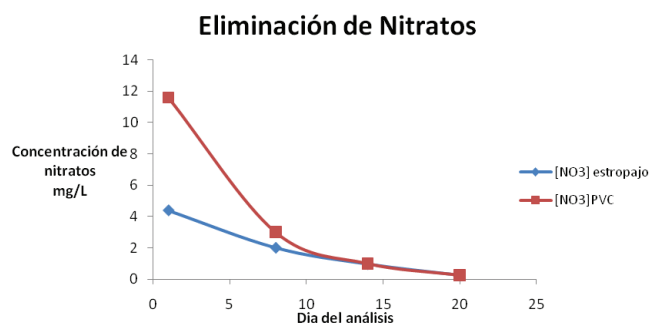
Ciclo	Medio Filtrante	Fecha inicio	Fecha final	Volumen	Muestra
1	Estropajo	03/05/2008	04/06/2008	10L	Río San Fco
2	Estropajo	07/06/2008	09/07/2008	10L	Río San Fco
3	PVC	16/08/2008	22/09/2008	10L	Río San Fco
4	PVC	27/09/2008	18/10/2008	10L	Río San Fco

Fuente: El autor.

## RESULTADOS

### Remoción de nitratos

Las concentraciones iniciales de nitratos para los dos ciclos analizados se presentan en la figura 1. Las dos curvas muestran tendencias similares en el tiempo de remoción de los nitratos presentes en el agua analizada. Aunque las concentraciones iniciales de nitratos fueron diferentes se observó un tiempo similar de remoción en los dos ciclos estudiados.



Fuente: el autor

**Figura 1.** Concentración de nitratos en el biofiltro empleando 2 medios filtrantes.

### Remoción de Fosfatos

La figura 2 presenta el comportamiento de los fosfatos durante el proceso de biofiltración. Las concentraciones de fosfatos son más bajas que las concentraciones de nitratos. Las muestras de agua analizadas presentan un comportamiento similar al de los nitratos en referencia al tiempo de generación; los datos sugieren que el estropajo tiene una alta eficiencia para la remoción de fosfatos.

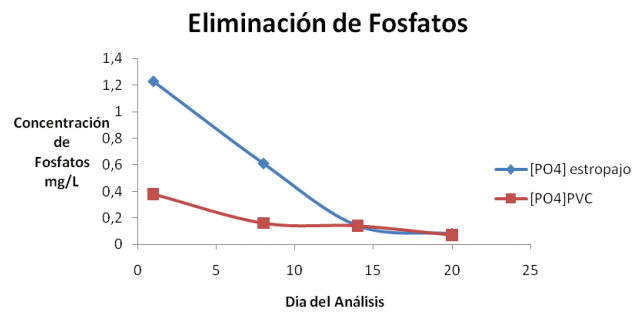
### Formación de Biopelícula en los medios filtrantes

Los resultados del número de unidades formadoras de colonias de bacterias fosfatosolubilizadoras se presentan en la tabla 2. Los análisis fueron hechos al final de cada ciclo, cuando las pérdidas de agua por evaporación del biofiltro disminuían significativamente el volumen total.

**Tabla 2.** Fecha de colecta de muestras del medio filtrante y Unidades formadoras de Colonia (UFC) para bacterias Fosfato solubilizadoras de cada medio.

Ciclo	Fecha toma de muestra medio filtrante	UFC para bacterias fosfato solubilizadoras
1	04/06/2008	16x10 <sup>3</sup>
2	09/07/2008	33x10 <sup>2</sup>
3	22/09/2008	<10 <sup>4</sup>
4	27/10/2008	28x10 <sup>7</sup>

Fuente: El autor.



Fuente: el autor

**Figura 2.** Concentración de fosfatos en el biofiltro empleando 2 medios filtrantes.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Configuración del biofiltro: Entre los procesos de remoción de nutrientes y biofiltración de aguas se encuentra el proceso anaerobio, anoxico, oxico o proceso A<sup>2</sup>O. El biofiltro utilizado en el presente ensayo busco simular este proceso, por lo cual las etapas se separaron, y se busco incluir una etapa óxica más para mejorar el desempeño del biofiltro. Se evidenció que tanto el fósforo como el nitrógeno fueron eliminados de las muestras de agua filtradas, sin embargo, estudios previos como el desarrollado por Peng et al. (2006), concluyen que un exceso de aireación puede disminuir la capacidad de los biofiltro para remover el fosforo.

Remoción de nitratos y fosfatos: Según los datos obtenidos para los ciclos 1 y 4, se presenta una diferencia entre las concentraciones de nitratos y fosfatos en los dos ciclos, siendo el ciclo 4 mucho más elevada la concentración de nitratos, el rango vario entre 11,6 mg/L y 0,26 mg/L, mientras que en el ciclo 1 la concentración tuvo un rango entre 4,4 mg/L y 0,23 mg/L. esta diferencia en las concentraciones no afectó las tendencias de los resultados, observándose una eliminación de nitratos en los 20 días de duración de cada ensayo.

En relación a la formación de biopelículas bacterianas, los resultados muestran que en el caso del estropajo, se presenta un conteo de unidades formadoras de colonias relativamente similar entre los dos ciclos. Estos resultados pueden interpretarse en función de la estabilidad que este material posee en relación al soporte de biopelículas bacterianas.

En el PVC se presentan los dos resultados más extremos de las cuatro pruebas llevadas a cabo, indicando la posibilidad de formación de biopelículas sobre la superficie de los cilindros, pero este medio no permite una estabilidad a las mismas, lo que se ve en el conteo número 3 en la tabla 2.

## CONCLUSIÓN

No se evidenciaron diferencias en la capacidad de remoción de nutrientes entre los dos medios filtrantes empleados en este ensayo. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos para el conteo de unidades formadoras de colonias de bacterias fosfatosolubilizadoras, es posible afirmar que el estropajo ofrece mayor estabilidad para la formación de biopelículas bacterianas que son las que llevan a cabo los procesos de nitrificación-desnitrificación y remoción biológica aumentada de fosforo.

## BIBLIOGRAFIA

- Apilánés, A., Gutierrez, A., Díaz, M. (1998). Effect of surface material on initial biofilm development. *Bioresource Technology* 66.
- Basu, O.D., Huck, P.M. (2005). Impact of support media in an integrated biofilter-submerged membrane system. *Water research* 39.
- Cohen, Y. (2001). Biofiltration- the treatment of fluids by microorganisms immobilized into the filter bedding material: a review. *Bioresource Technology* 77.
- Correa, M. y Sierra, J. (2003). Remoción Integrada de materia orgánica fósforo y nitrógeno en un sistema de filtros en serie en condiciones dinámicas. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* 31.
- Dueck, I.G., Pyl'nik, S.V. (2009). Theoretical and experimental study of the processes of water purification in a biofilter. *Journal of engineering physics and thermophysics* 82(2).
- García, H., Ivanova, N., Kunin, V., Warnecke, F., Barry, K., McHardy, A., Yeates, C. (2006). Metagenomic analysis of two enhanced biological phosphorus removal (EBPR) in sludge communities. *Nature*, 24(10).
- Lekang, O., Kleppe, H. (2000). Efficiency of nitrification in trickling filters using different filter media. *Aquacultural engineering* 21.
- Moore, R., Quarmby, J. y Stephenson, T. (2001). The effects of media size on the performance of biological aerated filters. *Water research* 35 (10).
- Oehmen, A., Lemos, P., Carvalho, G., Yuang, Z., Keller, J., Blackall, L. Reis, M. (2007). Advances in enhanced biological phosphorus removal: from micro to macro scale. *Water research* 41.
- Peng, Y., Wang, X. y Li, B. (2006). Anoxic biological phosphorus uptake and the effect of excessive aeration on biological phosphorus removal in the A<sup>2</sup>O process. *Desalination* 189.
- Show, K.Y. y Tay, J.H. (1999). Influence of support media on biomass growth and retention in anaerobic filters. *Water Research*, 33(6).

