

“Humedal de tratamiento en flotación (HTF) con mayor cantidad de biofilm y mejor canalización hidráulica”

Autores: Gallego García, Laura^(*), Lassovsky, Leon A.

Lotus Filter Systems. C/ Castillo de Utrera, 1, Sevilla, España

(*)- laurag@lotusfiltersystems.com

RESUMEN

A diferencia de los humedales construidos donde las plantas enraízan en un sustrato, los Humedales de Tratamiento en Flotación (HFT) evitan la colmatación del sistema gracias a un soporte de macrófitas emergentes que las permite desarrollarse en gruesas mantas flotantes sobre la superficie del agua. El proyecto actual consta de tres fases que proporcionan la profundidad óptima de flotación en todas las etapas de crecimiento de las plantas. Ligadas a estas plataformas se encuentran "Cortinas biológicas" y "Cortinas hidráulicas", fabricadas en una malla de propileno patentada, que actúan como un medio de apoyo adicional para las bacterias que forman biopelículas sobre ellas, y canalizan el agua residual para exponerla a la máxima cantidad de biofilm posible dentro de la planta de tratamiento. Los procesos biológicos y químicos que ocurren en todas las áreas de tratamiento de esta instalación se han estudiado para documentar la eficiencia de este sistema patentado de humedal de tratamiento en flotación. Los resultados iniciales, tan sólo 40 días después de la siembra, indican que la remoción de DBO, DQO y SS fue de 68%, 60% y 40% respectivamente, siendo el resultado más importante la reducción de N total en casi un 80%.

ABSTRACT

Unlike constructed treatment wetlands where plants are rooted in sediments, Floating Treatment Wetlands (FTWs) avoid the possibility of system clogging by providing a support for emergent macrophyte plants so they may mature into thick floating mats on the surface of a wastewater treatment basin. The current project provides a three stage process providing the optimum depth of flotation for the plants. Attached to these platforms are "Biological Curtains" and "Hydraulic Curtains" made of a proprietary Propylene mesh to act as an added support medium for bacteria to form biofilms upon, and channel waste water exposing it to the maximum amount of biofilm in the treatment facility. The biological and chemical processes occurring in all the treatment areas of this installation have been studied to document the efficiency of this proprietary FTW treatment process. The initial results, just 40 days after the planting, indicate the removal of BOD, COD and SS were 68%, 60% and 40% respectively with the most important result being the Total N reduction of nearly 80%.

INTRODUCCIÓN

La depuración de las aguas residuales es una preocupación creciente en todo el mundo y es un campo en el que continuamente se buscan nuevas soluciones que permitan mejorar los procesos. Una de estas tecnologías, los humedales artificiales o humedales construidos está ampliamente extendida por todo el mundo desde hace décadas (Vymazal, 2008; Kadlec & Wallace, 2009). En dicha tecnología, gracias a procesos naturales, se consigue mejorar la calidad del agua mediante un método relativamente pasivo y alimentado con energía solar con un mínimo mantenimiento técnico (Headley & Tunner, 2012). Sin embargo, como todos los sistemas de depuración, presentan ciertos inconvenientes como son la posible colmatación del medio por la acumulación de fangos, así como la gran superficie que es necesaria para su implantación (Fernández, 2000). En busca de solucionar dichos inconvenientes, entre otros factores, aparecen los humedales de tratamiento en flotación (Headley & Tanner, 2006). Son más eficientes, en cuanto a que se reduce la

superficie necesaria de implantación y al no depender de un sustrato para las plantas, se evita la colmatación. Aun así, era necesario controlar el flujo dentro de las balsas ya que se podían crear caminos preferenciales, y reducir aún más la superficie mejorando el rendimiento en las depuradoras. Para ello era necesario potenciar una de las mayores ventajas de los humedales de tratamiento en flotación, que es su capacidad para fomentar la formación de biopelículas por parte de las bacterias adheridas en las raíces de las plantas (Borne et al., 2013) como si de una tecnología de película fija se tratara.

Los sistemas basados en macrófitas flotantes están pensados para trabajar de una manera similar a los filtros biológicos, con bacterias que se encuentran adheridas a la zona radicular de las plantas flotantes oxidando el carbono de las aguas residuales. Adicionalmente, las plantas aumentan la remoción de la DBO5 transportando oxígeno desde la atmósfera a su zona radicular, creando por tanto una rizosfera oxidada. Las bacterias en la rizosfera utilizan este O₂ como un aceptor de electrones durante la oxidación del carbono del agua residual (DeBusk & Reddy, 1991). Sin embargo, la descomposición de la materia orgánica y la manta flotante sobre la superficie del agua impidiendo el intercambio con la atmósfera, reducen la concentración de oxígeno (Headley & Tanner, 2006).

Ha habido numerosos estudios y casos pilotos para el tratamiento de aguas de escorrentía (Tanner & Headley, 2011; Borne et al., 2013) con humedales de tratamiento en flotación y en España se llegaron a desarrollar más de 200 instalaciones de depuración de aguas residuales con una tecnología similar, aunque con resultados dispares pero sin mucha documentación al respecto. El sistema estudiado incorpora varias mejoras a los sistemas utilizados hasta la fecha. Por una parte, consta de plataformas que mejoran la flotación y estabilidad del sistema, aseguran la viabilidad de los plantones instalados así como permiten la formación de la manta flotante en su crecimiento. Por otra parte, se han incorporado dos estructuras en forma de cortinas que añadidas al sistema de macrófitas en flotación suponen un cambio funcional importante. Las cortinas hidráulicas tienen una doble función, generan un laberinto para el agua en el interior de los estanques, obligando a que toda el agua residual pase por las zonas de tratamiento y junto con las cortinas biológicas, ya que están fabricadas en el mismo material, potencian la formación de biopelículas suponiendo un soporte biológico inicial que permite reducir el tiempo de puesta en marcha y mejorar el rendimiento de las depuradoras.

El principal objetivo de este experimento era comprobar la efectividad de dicho sistema de anclaje de macrófitas en flotación, así como de las mejoras en el rendimiento obtenidas gracias a las cortinas biológicas e hidráulicas.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se encuentra localizado en Carrión de los Céspedes a 36,4 Km de Sevilla, España, dentro del Centro de Experimentación de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA). El agua residual que recibe la instalación previamente pasa por un pre-tratamiento constituido por un tornillo tamiz, un desarenador, un desengrasado y una arqueta de homogenización tras el cual pasa a un primer tanque de hormigón de 25m² y 3,5m de lámina de agua, un segundo tanque de hormigón de 16m² y 2m de profundidad y un tercer tanque circular de fibra de vidrio de 19m² y 0,7m de profundidad.

El sistema de depuración instalado consta de plataformas de flotación construidas con travesaños fabricados en PVC en los que se han introducido macrófitas de la especie *Typha latifolia*, con una densidad de 12 plantas/m². Además, se han instalado un travesaño con cortina hidráulica en cada uno de los tanques. Las cortinas hidráulicas

están fabricadas en polipropileno de 200gr con protección ultravioleta y antiácido. Se han instalado 60 unidades de cortinas biológicas, a razón de una por metro cuadrado, sujetas a travesaños estancos. Las cortinas biológicas están también fabricadas en polipropileno. Además se instalaron 2 cortinas testigo por cada tanque para poder extraerlas manualmente y realizar el estudio visual de las biopelículas.

La instalación fue realizada el día 20 de Septiembre de 2013. La depuradora ha estado trabajando con un caudal de 17m³/día y un tiempo de retención de 7 días. Durante el experimento se han realizado dos analíticas para comprobar el funcionamiento del sistema. En ellas se ha medido la DBO, DQO, SS y Nitrógeno total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cortinas hidráulicas y biológicas comenzaron a llenarse de microorganismos a las 24 horas. La identificación visual de los mismos indicaba que en un primer momento se adhirieron principalmente cianobacterias y micro algas en los 20cm superiores y fue aumentando en profundidad los días siguientes. Posteriormente hubo un cambio poblacional y se empezaron a formar biopelículas de bacterias en toda la longitud de las cortinas hasta adquirir cierto grosor.

Se realizaron dos analíticas para comprobar el funcionamiento de la depuradora, una a los 20 días de instalación (Tabla 1), y otra casi a los 5 meses, en plena parada vegetativa (Tabla 2). En la primera analítica se tomaron tanto los datos de entrada el mismo día de la recogida de datos, como la del influente 7 días antes para contrastar resultados en función del tiempo de retención de la depuradora.

Tabla 1: analíticas 20 días después de la instalación

	Entrada 22/10/13	Entrada 29/10/13	Salida 29/10/13	% reducción (influyente 1)	% reducción (influyente 2)	% reducción (media influyentes)
Sólidos suspensión	200	130	53	73,5	59,23	67,87
DBO	360	290	130	63,88	55,17	60
DQO	596	475	285	52,18	40	46,77
N Total		52,1	10,7		79,46	79,46

Tabla 2: analíticas a los 4 meses y 20 días de la instalación

	Influente día muestra 11/02/14	Efluente 11/02/14	% reducción (influyente 2)
Sólidos suspensión	70	<10	85,7
DBO	100	17	83
DQO	230	54	78,7
N Total	38,4	10,7	72,1

Además se realizó una medición de la columna de fangos en el fondo del primer tanque para comprobar la efectividad de eliminación. Al reutilizar tanques, existía una capa de fangos antiguos y mineralizados en el fondo del primero, con una altura de 31cm. Se han realizado dos mediciones posteriores, una a los 60 días de la instalación, y otra casi a los 5 meses coincidiendo con la última analítica. En ambos casos, la columna de fangos en el fondo había disminuido hasta los 24 cm, manteniéndose estable.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran la viabilidad de la tecnología HTF con cortinas hidráulicas y biológicas como sistema de depuración de aguas residuales urbanas. A pesar de que las raíces no están desarrolladas en su totalidad y no actúan como sustrato para las biopelículas, la depuradora funciona correctamente, consiguiendo un rendimiento de un 50% de media en los parámetros requeridos en un primer momento, cumpliendo parámetros de vertido en el caso del nitrógeno. La hipótesis principal es que tanto las macrófitas en pleno crecimiento como las micro algas utilicen dicho nutriente como alimento. La presencia de bacterias rojas del azufre nos hace comprobar que el sistema de depuración está trabajando en condiciones de anaerobiosis.

En plena parada vegetativa y con un agua poco cargada, la depuradora es capaz de cumplir parámetros de vertido a los 5 meses de su implantación a pesar del escaso desarrollo alcanzado por las plantas y sus raíces, lo que nos indica que las cortinas hidráulicas y biológicas consiguen potenciar la actividad de los microorganismos presentes. Cabe destacar que la eliminación del nitrógeno cumple parámetros de vertido a pesar de la parada vegetativa. Esto es indicativo del buen funcionamiento de las biopelículas en las cortinas.

La eliminación de sólidos en suspensión y sólidos sedimentables es muy eficiente, y no sólo se elimina la materia del influente, sino que es capaz de eliminar fangos antiguos, haciendo que esta tecnología sea idónea para recuperación de infraestructuras en desuso.

El siguiente paso a seguir en futuras investigaciones será el estudio detallado de la evolución de las poblaciones formadoras de biofilms, la relación entre bacterias aerobias y anaerobias y su implicación en la depuración, así como la experimentación con un sistema formado únicamente por cortinas hidráulicas y biológicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Borne K.E., Fassman, E.A., Tanner C.C. (2013). Floating treatment wetland retrofit to improve stormwater pond performance for suspended solids, copper and zinc. *Ecological engineering* 54, 173-182
- DeBusk T.A., Reddy K.R. (1991). Chapter 3: Wastewater treatment by floating macrophytes. *Wastewater treatment*, 21-35
- Fernández, J. (2000). Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación. 62, 74, 83
- Headley T.R., Tanner C.C. (2006). Application of Floating Wetlands for Enhanced Stormwater Treatment: A Review. *Auckland Regional Council Technical Publication*. 9, 18
- Headley T.R., Tanner C.C. (2012). Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 42, 2261-2310
- Kadlec, R.H., Wallace, S. (2009). Treatment wetlands, 2nd edition. *CRC Press. Boca Raton, FL*.
- Tanner C.C., Headley T.R. (2011). Components of floating emergent macrophyte treatment wetlands influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering*, 37(3):474-486. 232,233
- Vymazal J. (2008). Constructed wetlands for wastewater treatment: a review. *Taal 2007: The 12th World Lake Conference* : 965-980