

TÍTULO DEL TRABAJO

“Comparación de diferentes plantas acuáticas en la depuración de aguas residuales con humedales de flujo subsuperficial”

TÍTULO RESUMIDO

“Comparación de plantas en depuración con humedales subsuperficiales”

NOMBRE DE AUTORES

Antonio de Lucas Martínez, Rocío Gómez Gómez, José Villaseñor Camacho* y Javier Mena Sanz

NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES

Departamento de Ingeniería Química, Instituto de Tecnologías Química y Medioambiental, Universidad de Castilla La Mancha, 13071, Ciudad Real, Spain.

NÚMERO DE TELÉFONO, FAX Y E-MAIL

Teléfono 902204100, Fax 926295242; Jose.villasenor@uclm.es

FIGURAS Y TABLAS

2 Figuras y 3 Tablas

COMPARACIÓN DE DIFERENTES PLANTAS ACUÁTICAS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Antonio de Lucas Martínez, Rocío Gómez Gómez, José Villaseñor Camacho* y Javier Mena Sanz

Departamento de Ingeniería Química, Instituto de Tecnologías Química y Medioambiental, Universidad de Castilla La Mancha.

PLANT COMPARISON FOR WASTEWATER TREATMENT BY SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLANDS

ABSTRACT

The objective of this work is the study of the influence of the type of aquatic emergent plant in the contaminants removal of a domestic wastewater treated with a subsurface flow constructed wetland pilot system. The experimental installation consists in five independent canals. In each canal, different species of aquatic emergent plants are planted: common reed (*Phragmites australis*), sedge (*Cladium mariscus*), yellow flag (*Iris Pseudacorus*) and purple loosestrife (*Lithrum salicaria*). One canal doesn't have plants in order to be a reference canal. During six months, COD, TN and TP were analysed at the inflow, outflow and intermediate points of each canal. The removal efficiency was in the range of 84-91%, 34-55% and 17-41% respectively. The best performances were obtained by the purple loosestrife for COD and TP and by the yellow flag for the TN. The results were adjusted to obtain significant parameters of a classic mathematical model in order to study the removal rate.

KEYWORDS: COD, nitrogen, phosphorous, model and removal rate

COMPARACIÓN DE DIFERENTES PLANTAS ACUÁTICAS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES CON HUMEDALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el estudio de la influencia del tipo de planta acuática emergente sobre la eliminación de contaminantes de un agua residual urbana en un humedal artificial de flujo subsuperficial a escala planta piloto. La instalación experimental consta de cinco canales independientes. En cada uno de ellos se han plantado diferentes especies de plantas acuáticas emergentes: carrizo común (*Phragmites australis*), masiega o mansiega (*Cladium mariscus*), lirio amarillo (*Iris Pseudacorus*) y fraile o salicaria (*Lithrum salicaria*), dejando libre de plantas uno de los canales para hacer de referencia. Durante seis meses se analizaron DQO, N_T y P_T a la entrada, salida y puntos intermedios de los humedales. Se obtuvieron eliminaciones entre 84-91%, 34-55% y 17-41% respectivamente. Los mejores resultados fueron para la salicaria en la DQO y el P_T , y el lirio en el N_T . Mediante ajuste se obtuvieron parámetros significativos de un modelo matemático clásico para estudiar la velocidad de depuración.

PALABRAS CLAVE: DQO, nitrógeno, fósforo, modelo, y velocidad de eliminación

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales de flujo subsuperficial (SFS) consisten en una tecnología natural de bajo coste para el tratamiento de aguas residuales. La depuración se consigue gracias a la concurrencia de una gran variedad de fenómenos físicos, químicos y biológicos, tanto en el relleno sólido, la población microbiológica dispuesta en forma de biopelículas sobre el anterior, y el efecto de las plantas.

Dichas plantas, macrófitas acuáticas emergentes, realizan diversas funciones que las señalan como un componente indispensable en los humedales (Kadlec y Knight, 1996; Brix., 1997): actúan como canales de transporte de gases (dióxido de carbono, metano...etc) hacia la atmósfera y oxígeno hacia el relleno; las raíces influyen en la conductividad hidráulica del terreno y compactan el lecho dotándolo de estabilidad, absorben nutrientes y actúan como soporte de microorganismos. Existen diversos estudios que evalúan el efecto de las plantas sobre el rendimiento de un humedal SFS (Brix, 1997; Tanner, 1996; Soto, 1999).

El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de diferentes tipos de plantas acuáticas emergentes en el tratamiento de aguas residuales urbanas en un SFS, comparando los rendimientos y las cinéticas de depuración en los diferentes casos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La instalación en la cual se realizaron los experimentos se diseñó a escala planta piloto y está situada en la zona del invernadero de la finca "Dehesa de Galiana", situada a pocos kilómetros de Ciudad Real. Consta de un humedal formado por cinco canales distintos e independientes, contruidos en acero inoxidable y ensamblados en paralelo. Este diseño se ha llevado a cabo según las ecuaciones de diseño encontradas en bibliografía (Kadlec y Knight, 1996; Vymazal, 1998) optimizando los valores de longitud, anchura y profundidad para asegurar unos niveles de eliminación de contaminantes aceptables y una distribución hidráulica adecuada. Según este diseño cada canal tiene las siguientes dimensiones: longitud 2,5 m., anchura 0,65 m., altura 0,65 m., pendiente 1%. La figura 1 muestra el esquema de la planta piloto.

Los distintos canales se rellenaron con grava de un tamaño de partícula entre 6 y 9 mm.,. De los cinco canales contruidos, el canal 2 se mantiene como blanco en el que no se ha colocado ninguna planta acuática, con el fin de estudiar la capacidad de depuración del lecho de grava por sí mismo y en los otros cuatro se han plantado una especie de planta acuática emergente por canal con una densidad de cuatro plantas por m² (en total seis plantas por canal). Las especies de plantas acuáticas emergentes seleccionadas para el estudio están adecuadas al clima de la zona (Cirujano, 2002) y son:

Canal 1: *Phragmites Australis* (carrizo común)

Canal 2: Sin Plantas.

Canal 3: *Lithrum Salicaria* (fraile o salicaria).

Canal 4: *Cladium Mariscus* (masiega).

Canal 5: *Iris Pseudacorus* (lirio amarillo).

La alimentación de agua residual se realizó de forma simultánea a los cinco canales con una carga hidráulica de 0,0307 m/d y una carga contaminante de 70 Kg DQO/ha-d. El agua residual alimentada era sintética, fabricada a partir de agua de pozo a la que se adicionaba un concentrado de nutrientes orgánicos e inorgánicos que permitían simular las características generales de un agua residual urbana tras ser sometida a pretratamientos físicos. Las características del agua residual alimentada se indican en la tabla 1.

El sistema trabajó en continuo durante seis meses aproximadamente (Abril a Septiembre de 2004), y se estuvo recogiendo muestras de entrada y salida, y de puntos intermedios a diferentes alturas, dos veces por semana. A todas las muestras, inmediatamente después de su recogida, se les realizó los análisis correspondientes de DQO, N_T y P_T utilizando métodos normalizados (APHA, 1989).

3. RESULTADOS

En la tabla 2 se presentan los resultados medios de DQO, N_T y P_T obtenidos a la salida de cada uno de los canales y su respectivo porcentaje de eliminación. Dichos resultados han sido tratados estadísticamente.

En la figura 2 se representan los perfiles de DQO dentro de cada uno de los canales con respecto al tiempo de residencia hidráulico.

4. DISCUSIÓN

Observamos que la eliminación de DQO, N_T y P_T en los cinco canales es satisfactoria, obteniendo unos porcentajes de eliminación comprendidos entre 80-90 %, 35-55 % y 15-40 % respectivamente.

En la tabla 2 se puede observar que los mejores resultados de eliminación de los diferentes contaminantes son obtenidos por el lirio y la salicaria, posteriormente les siguen la masiega y el carrizo, y por último el canal sin plantas. Puede decirse, por tanto, que el uso de plantas aumenta el rendimiento del sistema, lo que ya ha sido comprobados en otros estudios previos (Soto, 1999). La diferencia entre unas plantas y otras se debe al múltiple efecto que estas tienen sobre el sistema, que está investigándose actualmente: concentraciones de oxígeno disuelto por transporte a través de los rizomas, absorción de contaminantes, filtración, secreción de sustancias, ralentización del flujo aumentando el tiempo de residencia, aumento de la superficie de la biopelícula, aislante térmico, etc.

La suma de todos estos efectos hace que la salicaria sea la que elimine mayor cantidad de DQO y PT ; y el lirio, el nitrógeno.

La cinética de eliminación de DQO se puede cuantificar mediante el ajuste de los datos experimentales al siguiente modelo matemático (Kadlec y Knight, 1996), asumiendo la hipótesis de flujo pistón:

$$\frac{C_e - C^*}{C_o - C^*} = \exp(-K_T t)$$

Siendo C_e : Concentración del contaminante en el efluente, mg/l; C_o : Concentración del contaminante en el afluente, mg/l; C^* : Concentración de salida hipotética tras un tiempo de residencia infinito, mg/l; K_T : Constante de reacción de primer orden dependiente de la temperatura, d^{-1} ; t : tiempo de retención hidráulica, d. Con los datos de la variación de concentración de DQO con el tiempo de residencia se pueden obtener los valores de las constantes de primer orden (K_T) y los valores de la concentración residual (C^*) del modelo propuesto. Estos valores se indican en la tabla 3.

Los valores de K_T , en las temperaturas a las que se ha trabajado, son similares o algo inferiores a las referidas en la bibliografía, $0,98 d^{-1}$, (Kadlec y Knight, 1996). La C^* también se encuentra dentro de los valores típicos de bibliografía, $10,4 mg/l$, (Kadlec y Knight, 1996). Puede decirse que en general, la planta acelera el proceso de depuración, especialmente en el caso el Lirio. En todos los casos los valores de C^* predicen una contaminación final no tratable muy baja. Estos valores permitirían plantearse las alternativas del uso de diferentes plantas acuáticas, en lugar de las clásicas como el carrizo común. También, en el caso de Castilla La Mancha, podría plantearse el uso de la masiega, planta muy habitual en los humedales manchegos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.P.H.A.-A.W.W.A.-W.P.C.F, (1989). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Ed. Diaz de Santos.

Brix, H. (1997). *Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?* Wat. Sci. Tech. 35, (5), 11-17.

Cirujano, S. (2002). *Plantas Acuáticas de las lagunas y humedales de Castilla- La Mancha*, Ilustraciones Marta Chirino Argenta.

Kadlec, R.H y Knight, R.L. (1996). *Treatment Wetlands*. Boca Ratón: CRC Press.

Soto, F., García, M., De Luis, E. y Bécares, E. (1999). *Role of Scirpus lacustris in bacterial and nutrient removal from wastewater*. Wat. Sci. Tech. 40, (3), 241-247.

Tanner, C.C. (1996). *Plants for constructed wetland treatment systems – A comparison of the growth and nutrient uptake of eight emergent species*. Ecological Engineering, 7, 59-83.

Vymazal, J. (1998). *Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe*. Leiden: Backhuys Publishers.

7. TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Parámetros del agua residual influente.

PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN (mg/l)	PARÁMETROS	CONCENTRACIÓN (mg/l)
DQO	125	N-NO ₃ ⁻	1,5
DBO ₅	98	NTK	14,5
N _T	16	P _T	2,8
N-NH ₄ ⁺	9	P-PO ₄ ³⁻	1,9
N-NO ₂ ⁻	0	SO ₄ ²⁻	160

Tabla 2. Concentraciones de DQO, N_T y P_T en la salida y rendimientos de depuración.

	DQO (mg/l)	% Eliminación	NT (mg N/l)	% Eliminación	PT (mg P/l)	% Eliminación
Canal 1 (Carrizo)	19,6	84,6	11,23	34,0	2,36	17,3
Canal 2 (Blanco)	24,5	80,7	10,87	36,1	2,34	18,0
Canal 3 (Salicaria)	12,4	90,3	8,93	47,5	1,70	40,5
Canal 4 (Masiega)	16,1	87,3	10,88	36,0	2,05	28,1
Canal 5 (Lirio)	14,5	88,6	7,72	54,7	1,83	36,0

Tabla 3. Valores de velocidad de eliminación de DQO (K_T) y concentración residual (C*) de DQO.

	K _T (d ⁻¹)	C* (mg/l)
Canal 1 (Carrizo)	0.178	0
Canal 2 (Blanco)	0.213	6.0
Canal 3 (Salicaria)	0.410	14.6
Canal 4 (Masiega)	0.542	25.7
Canal 5 (Lirio)	0.788	16.5

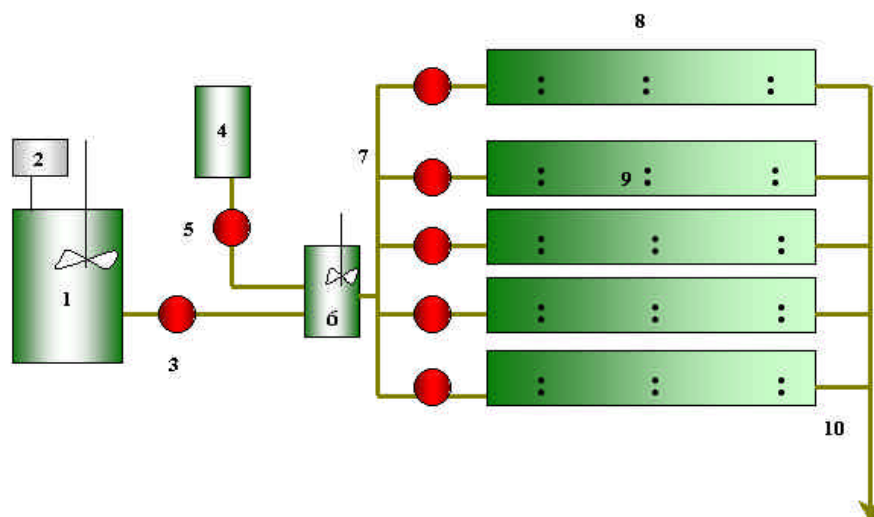


Figura 1. Esquema de la Instalación Experimental.

- | | |
|--|--|
| 1. Tanque de reserva de agua de pozo con agitación | 6. Tanque de mezclado concentrado y agua. |
| 2. Control de temperatura del tanque de agua | 7. Distribución de la alimentación con bombas individuales para cada humedal |
| 3. Bomba del tanque de agua | 8. Conjunto de humedales en paralelo |
| 4. Tanque de concentrado | 9. Puntos de toma de muestras |
| 5. Bomba de tanque de concentrado | 10. Salida de agua depurada |

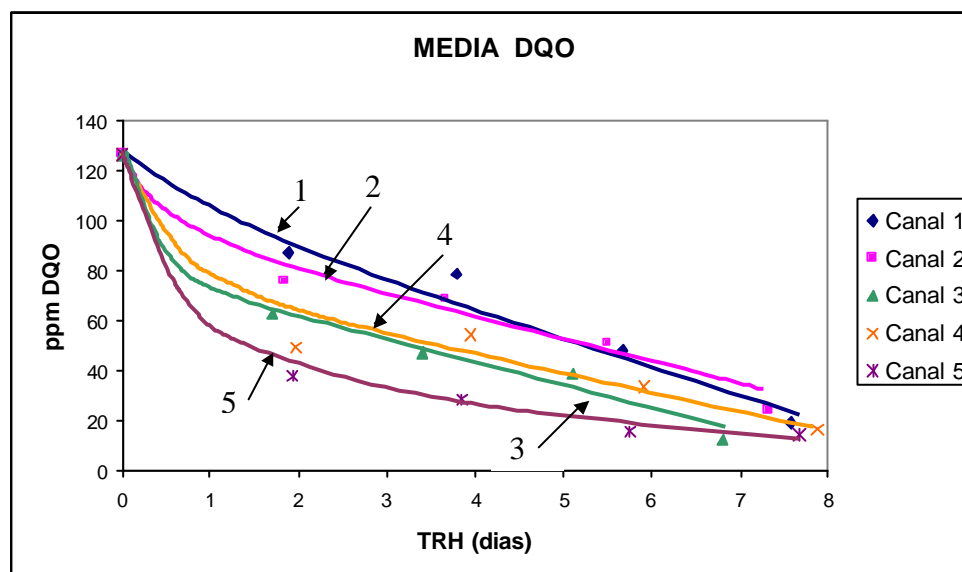


Figura 2. Perfiles de concentración de DQO a lo largo de los canales.