

TÍTULO DEL TRABAJO

“Influencia de la vegetación sobre la eliminación de bacterias en humedales de flujo superficial”

TÍTULO RESUMIDO

Efecto del cosechado sobre las bacterias

NOMBRE DE AUTORES

Torres¹, L.A.; Álvarez¹, J.A.; Reinoso¹, R. y Bécares², E.

NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LAS INSTITUCIONES

¹Instituto de Medio Ambiente (IMA), Universidad de León, Calle de La Serna, 56, 24007, León.

²Universidad de León, Dpto Ecología Genética y Microbiología, Área de Ecología. Campus de Vegazana, 24071, León.

NÚMERO DE TELÉFONO, FAX Y E-MAIL

Tlf.: 987 23 80 01. e-mail: degltv@unileon.es

FIGURAS Y TABLAS

Figura 1: Valores medios de los de la concentración de los microorganismos indicadores de contaminación fecales en las tres corrientes (unidades en ufc/100ml).

Figura 2: Valores medios de los rendimientos de eliminación de microorganismos expresados en porcentaje en la parte con y sin vegetación.

INFLUENCIA DE LA VEGETACIÓN SOBRE LA ELIMINACIÓN DE BACTERIAS EN HUMEDALES DE FLUJO SUPERFICIAL

Torres¹, L. A.; Álvarez¹, J. A.; Reinoso¹, R. y Bécares², E.

¹Instituto de Medio Ambiente (IMA), Universidad de León.

²Universidad de León, Dpto Ecología Genética y Microbiología, Area de Ecología.
Campus de Vegazana, 24071, León.

RESUMEN

El cosechado de vegetación es uno de los puntos controvertidos en relación con el funcionamiento y la gestión de humedales construidos. La cosecha generalmente se evita, en la mayor parte de los lugares, debido a la baja cantidad de nutrientes eliminados en relación con el gasto generado. En determinadas condiciones la cosecha podría tener importancia para reducir la producción de materia orgánica y aumentar la inactivación bacteriana. Se cosechó la mitad de la superficie de un humedal artificial de flujo superficial plantado con *Typha* y esta mitad fue aislada de la parte no cosechada utilizando una membrana impermeable. Los efluentes de ambas partes (cosechada y no cosechada) fueron comparados en relación con la eliminación de indicadores fecales. Coliformes fecales, *E. coli*, estreptococos, estafilococos, *Clostridium perfringens* y bacteriófagos fueron analizados en el influente y en el efluente entre los meses de diciembre de 2004 y abril de 2005. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en varios grupos bacteriales. Desde este artículo proponemos el sistema de cosechado como una técnica de gestión apropiada en condiciones mediterráneas sobre todo para aguas residuales de baja carga contaminante.

PALABRAS CLAVE: humedales construidos, flujo superficial, *Typha*, coliformes, indicadores fecales, cosechado

INFLUENCE OF THE VEGETATION ON THE ELIMINATION OF BACTERIA IN WETLANDS SUPERFICIAL FLOW

ABSTRACT

Harvest of vegetation is one of the controversial points in relation to operation and management of constructed wetlands. Harvesting is generally avoided in most places due to the low amount of nutrients removed and its associated costs. In some conditions harvesting could be important as it reduces organic matter production and increases inactivation of bacteria. A superficial-flow constructed wetland planted with *Typha* was half-harvested and isolated from the non harvested part using a impermeable layer. Effluents from harvested and non-harvested parts were compared in relation to faecal indicators removal. Faecal coliforms, *E. coli*, streptococci, staphylococci, *Clostridium perfringens* and phages were analyzed in the influent and effluents from december 2004 to april 2005. Results showed statistically significant differences in several bacterial groups. From this paper we propose harvesting as an appropriated management technique in Mediterranean conditions especially for low loaded wastewaters.

KEY WORDS: constructed wetlands, superficial flow, *Typha*, coliforms, faecal indicators, harvesting

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales construidos son sistemas pasivos de depuración constituidos por lagunas o canales poco profundos (normalmente de menos de 1 m) plantados con plantas propias de zonas húmedas (macrófitos acuáticos) y en los que los procesos de descontaminación son ejecutados simultáneamente por componentes físicos, químicos y biológicos, permitiendo la degradación de la materia orgánica de forma natural y participando en la reducción de un número determinado de bacterias (Brix, 1993). Los mecanismos de desinfección de los sistemas de lagunaje son múltiples y también dependen de otros factores como del tipo de organismo patógeno, reacciones que se producen en el interior de las lagunas, tipo de lagunas y de los factores climáticos y ambientales. Dentro de los procesos físicos, químicos y biológicos se encuentran la depredación, adsorción, sedimentación, muerte natural, y la inactivación causada por la luz, temperatura y pH entre otros. Sin embargo la importancia que representan estos factores no está claramente establecidos en la literatura (Maynard, 1999).

Los criterios de explotación de estos sistemas prácticamente se reducen a considerar el cosechado o no de la vegetación durante el invierno. El cosechado se recomienda en aquellos casos en los que la producción de la vegetación es grande (climas cálidos) o en aguas diluidas

(Bécares, 2004). Sin embargo, se sabe muy poco sobre el efecto que tienen estas prácticas en la eliminación de bacterias indicadoras de contaminación fecal u otros grupos patógenos presentes en el agua. En la presente investigación se ha realizado el estudio de un humedal de flujo superficial investigando el efecto del cosechado sobre la calidad del efluente del mismo, realizando un seguimiento de la cantidad de bacterias en cada una de sus partes.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se eligió un humedal, situado en la depuradora de aguas residuales urbanas de la localidad de Cubillas de los Oteros (León, España). Consta de un desbaste, laguna facultativa, humedal de flujo superficial y humedal de flujo subsuperficial. El humedal de flujo superficial tiene un área de 143 m² (13 m de largo y 11 m de ancho), y está compuesto por 40 cm de arcilla compactada, 30 cm de grava silíceo de 6-8 mm, 40 cm de agua y plantado con *Typha*. Este humedal se dividió en dos partes iguales, en una parte se conservó la vegetación (*Typha*) y la otra parte se cortó a principios de invierno. El estudio se inició en diciembre de 2004, previamente cada parte fue aislada mediante una pantalla estanca de madera tratada. Terminada la separación de las dos partes, cada humedal presentaba una superficie de 44 m² (11 x 4 m). La carga orgánica media aplicada al humedal superficial fue de 11,2 g DBO/m²d. Otros datos sobre las características físico-químicas pueden consultarse en Alvarez *et al.* (2005).

Las muestras fueron tomadas durante todo el invierno, en la salida de la laguna facultativa (influyente del humedal) y en la salida de cada parte del humedal (salida humedal con vegetación y salida humedal con vegetación cortada). Para la preparación de las muestras de microbiología, se realizaron suspensiones iniciales y diluciones decimales, según la norma (APHA-AWWA-WPFC, 1989). Se realizó un promedio aritmético de las placas sembradas y se contaron las colonias con menos de 300 ufc/ml, para ser multiplicadas por su respectiva dilución. Las muestras fueron analizadas el mismo día.

Previamente se analizaron los microorganismos que podrían ser posibles indicadores de contaminación, como *Salmonella*, *Proteus*, *Shigella*, *C. perfringens*, *Pseudomonas*, estreptococos fecales, estafilococos, bacteriófagos. Los tres primeros fueron muy difíciles de aislar, por lo cual se procedió a ensayar con, coliformes fecales y *E. coli*, que mostraron facilidad para ser aislados. Se decidió continuar trabajando con *C. perfringens*, coliformes fecales, *E. coli*, estreptococos fecales, estafilococos y bacteriófagos.

Se estudiaron grupos microbiológicos de origen fecal, en las tres salidas de cada laguna: coliformes fecales, *Escherichia coli*, estafilococos, estreptococos, *Clostridium perfringens* y Bacteriófagos. El tratamiento matemático que se le dio a los datos se llevó a cabo mediante el programa STADISTICA for Windows 3.0. En su caso se realizó el test de la *t* de Student para comparaciones entre pares variables y se transformaron los datos aplicando logaritmos en base 10.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

En la **figura 1** se observan los valores medios microbiológicos de la concentración de los microorganismos indicadores de contaminación fecal en la entrada al humedal (salida laguna facultativa) y salida de cada parte del humedal: con vegetación y sin vegetación de la depuradora Cubillas de los oteros (León), durante las etapas de muestreo del periodo invernal.

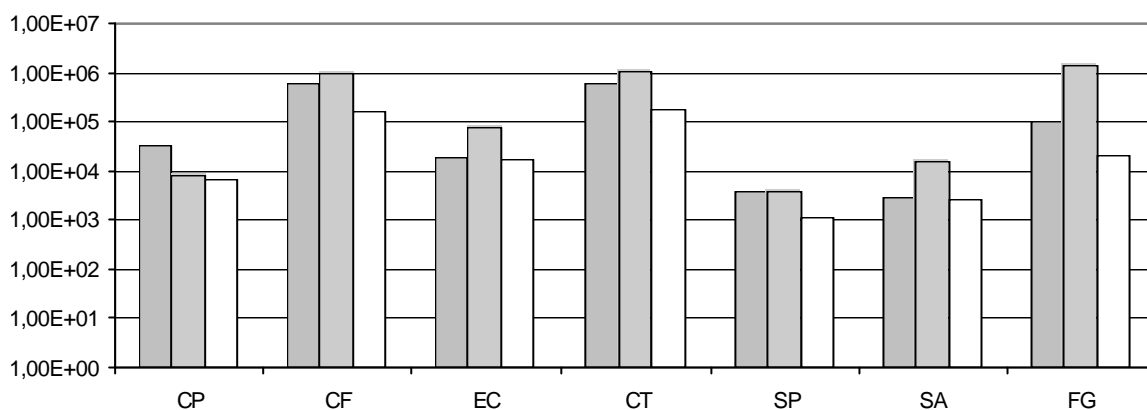


Figura 1: Valores medios de la concentración de los microorganismos indicadores de contaminación fecales, expresados en ufc/100 ml, en la entrada al humedal (gris), salida con vegetación (rayado) y salida sin vegetación (blanco). CP: *Clostridium perfringens*, CF: Coliformes fecales, EC: *Escherichia coli*, CT: Coliformes totales, SP: *Streptococcus faecalis*, SA: Estafilococos, FG: Fagos.

La elevada dilución que caracteriza las aguas residuales de esta depuradora se pone de manifiesto en las características microbiológicas del influente. El estudio de las abundancias medias de los grupos microbianos estudiados corresponden con una contaminación de tipo débil-moderada (Metcalf y Eddy, 1985) determinada por los niveles de coliformes totales que en ningún caso llegan a superar los valores de $1,42E+06$ ufc/100ml. La prueba *t*, realizada con los valores medios de la concentración de los microorganismos indicadores de contaminación fecal: CP, CF, EC, CT, SP, SA, FG, para todo el periodo actual de estudio, muestran que no existen diferencias significativas ($P > 0,05$), en la eliminación de estos microorganismos en los sistemas plantados y sin plantar. No obstante se observan valores próximos al nivel de significación para *C. perfringens* y Coliformes fecales, que serán fácilmente demostrados en muestreos posteriores.

Sin embargo al tener en cuenta solamente los datos obtenidos para el mes de marzo existen diferencias altamente significativas al aplicar el test de la *t* ($P < 0,01$), en la eliminación de *S. aureus*, que se ha mostrado como un buen indicador de las diferencias en la eliminación de los microorganismos patógenos en los dos sistemas de depuración estudiados.

Los rangos obtenidos de coliformes totales en nuestro estudio son similares a los obtenidos en estudios de otros países como EE.UU. y Sudáfrica presentan un rango entre $10^6 - 10^7$ ufc/ml (Grabow y Nupen, 1972), si bien estos valores pueden descender hasta un 10^4 ufc/ml (Gresberg *et al.*, 1989a). Por otra parte los coliformes fecales rondan los 10^6 ufc/100ml coincidiendo con los encontrados en otros trabajos (Soler *et al.*, 1995). Se observa que los coliformes totales, actúan como buenos indicadores de la eficacia del tratamiento del agua residual, ya que su supervivencia es la más alta en las tres salidas del sistema (Bitton, 1994).

Las diferencias entre los valores medios de la cantidad de bacterias que se eliminan en el efluente con vegetación y sin vegetación demuestran que son mejores en el efluente sin vegetación. Estudios similares se encontraron en un humedal de flujo superficial donde la eliminación fue mejor para coliformes totales, fecales y estreptococos (García, 2002).

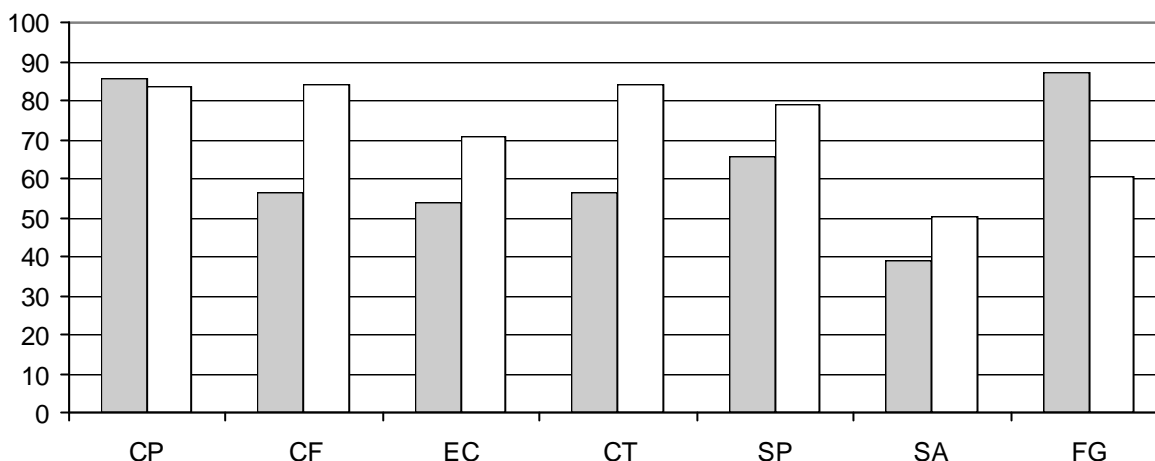


Figura 2. Valores medios de los rendimientos de eliminación de microorganismos en porcentaje del humedal con vegetación (rayado) y sin vegetación (blanco) en la depuradora de Cubillas de los Oteros (León).

En la **figura 2** se comprueba que los rendimientos son más elevados en el sistema sin vegetación (Blanco). Esto es lógico si se tiene en cuenta que la eliminación de la vegetación supone una mayor exposición a la luz solar, y una mayor actividad fotosintética del fitoplancton, lo que provoca pH más elevados y condiciones más hostiles para la supervivencia de las bacterias (Curtis *et al.*, 1992).

La comparación de rendimientos entre sistemas plantados y sin plantar es muy numerosa en la bibliografía, sin embargo apenas existen estudios en los cuales se comparen sistemas cosechados y sin cosechar respecto a la eliminación de indicadores fecales (Kadlec *et al.*, 2000). La presencia de la vegetación aporta una importante cantidad de materia orgánica que se descompone a lo largo del año, sin embargo dicha materia orgánica no supone un aporte nutritivo para las bacterias fecales, especialmente en las frías condiciones invernales de la zona de estudio (entre 2 y 8° centígrados de temperatura del agua) (Alvarez *et al.*, 2005). La presencia de la vegetación reduce las importantes oscilaciones diarias de temperatura en la época invernal (Brix, 1994). Este efecto, considerado beneficioso para el funcionamiento del proceso, es sin embargo negativo respecto de la eliminación de la contaminación fecal. La presencia de la vegetación evita el efecto inhibitor de la luz solar y atempera las diferencias térmicas, lo que favorece una mayor persistencia de las bacterias patógenas y sus indicadores en el proceso.

El cosechado de la vegetación no elimina los tallos sumergidos de la misma, por lo que se conserva una fracción muy importante de biopelícula responsable de la eliminación de la contaminación presente en el agua residual. Esta biopelícula, al recibir luz solar, podrá desarrollar una comunidad fotosintética que mejorará la actividad depuradora del proceso. El cosechado de la vegetación presenta el inconveniente de que, para grandes superficies, su operación puede ser costosa. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los sistemas se construyen en zonas rurales y presentan una superficie pequeña, lo que reduce el coste, y que en las condiciones climatológicas de la península la presencia de la vegetación invernal presenta más inconvenientes que ventajas respecto al rendimiento del proceso, este trabajo recomienda el cosechado de la vegetación como forma de optimizar el rendimiento de los procesos en época invernal.

4. CONCLUSIONES

El presente trabajo demuestra que en aguas residuales diluidas y en las condiciones ambientales de la zona, el cosechado de la vegetación tiene un efecto significativo sobre la eliminación de las bacterias fecales. La presencia de vegetación durante el invierno evita la acción de la luz solar sobre el agua y mantiene condiciones que permiten una mejor supervivencia de las bacterias en comparación con las zonas en las que la vegetación es cosechada.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez J.A., Torres L.A., Reinoso R., Bécares E. (2005) Efecto de la degradación de las en la eliminación de la materia orgánica en un humedal de flujo superficial. International Meeting on Phytodepuration. Lorca (España).

Bécares E. (2004) Función de la vegetación y procesos de diseño en humedales construidos de flujo superficial y sub-superficial. En: J. García, J. Morató, J.M. Bayona (ed.) *Nuevos criterios para el diseño y operación de humedales construidos*. Ediciones CPET, UPC, Barcelona, 51-63. ISBN: 84-7653-854-

Brix H. (1994). Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Wat. Sci. Tech.* **29**, 71-78.

Brix, H. (1993). Wastewater treatment in constructed wetlands: Systems design, removal processes, and treatment performance. In: *Constructed wetlands for water quality improvement*, G.A. Moshiri (ed), CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 9-22.

Curtis T.P., Mara D.D., Silva S.A., (1992) Influence of pH, Oxygen and humic substances on ability of sunlight to damage faecal coliforms in waste stabilization ponds. *App. Environ. Microbiol.* **58** (4): 1335-1343.

García, M. (2002). Importancia de la rizósfera de los macrófitos acuáticos sobre la eliminación de bacterias y nutrientes en un sistema experimental de tratamiento de aguas residuales. Tesis Doctoral, Universidad de León-España.

Grabow, W, Nupen E.M. The load of infectious microorganisms in the waste water of Wat Res 1972; 6: 1557-63. 23.

Kadlec R.H., Knight R.L. Vymazal J., Brix H., Cooper P. y Haberl R. (2000). *Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation*. IWA Specialist Group on use of Macrophytes in Water Pollution Control, IWA Publishing. 156 pp.

Maynard, H., S. Ouki y C. Williams. (1999). Tertiary Lagoons: A review of removal mechanisms y performance. *Wat. Res.* **33**: 1-13.

Metcalf y Eddy (1985). Ingeniería sanitaria. Tratamiento evacuación y reutilización de aguas residuales-2a edición. MacGraw-Hill Inc, Editorial Labor.

Soler, A., Torella, F., Sáez, J., Martínez, I., Nicolás, J., Lloren, M. y Torres, J. (1995). Performance of two municipal sewage stabilization pond systems with high and low loading in south-eastern Spain. *Wat. Sci. Tech.* **31**(2): 81-90.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, (1995). 19th. Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/ Water Environment Federation, Washington D.C., USA.