

USO DE WETLANDS CONSTRUIDOS SUBSUERFICIALES PARA REMOCIÓN DE DQO Y SÓLIDOS EN UN EFLUENTE DE PAPELERA

Romero Sergio^A

^AFacultad de Ingeniería Química

Área: Ingeniería

Sub-Área: Ambiental

Grupo: X

Palabras clave: *Wetlands* Construidos, Industria papelera, Macrófitas

INTRODUCCIÓN

Los *wetlands* construidos para el tratamiento de efluentes requieren poco mantenimiento y energía, son estables y se utilizan como tratamiento secundario o terciario. El tratamiento de efluentes utilizando *wetlands* construidos de flujo subsuperficial horizontal (WSSH) comenzó en Alemania aproximadamente en 1960. En este tipo de sistemas el efluente circula lentamente a través de sustrato poroso debajo de la superficie, en un flujo aproximadamente horizontal. Durante su recorrido, el efluente se encuentra con un sistema que contiene tanto zonas aerobias como anaerobias. Las zonas aerobias se encuentran alrededor de los rizomas que incorporan oxígeno al sustrato. En éste trabajo se evaluó la factibilidad de emplear un WSSH para el tratamiento final de un efluente una industria papelera. El efluente en cuestión posee altos niveles de sólidos, tanto suspendidos como sedimentables, y altos valores de DQO y DBO.

Los sólidos presentes en el efluente de la industria papelera representan un gran problema ya que suelen estar asociados con el cubrimiento de grandes áreas del lecho del río, provocando una reducción en el nivel de oxígeno y liberación de sulfuro de hidrógeno. La gran concentración de sólidos suspendidos en los efluentes de industrias papeleras puede, por lo tanto, destruir zonas de desove para la fauna local. Un efluente coloreado y con alta concentración de sólidos suspendidos reduce la penetración de la luz y afecta la productividad primaria, alterando la red de alimentación del sistema acuático.

Los WSSH remueven sólidos mediante sedimentación gravitatoria y filtración. Los sólidos no solo se depositan en la base, sino en la totalidad del volumen de sustrato. Un problema que presenta esta clase de *Wetland* es que se acumulan los sólidos y eso puede generar muchos problemas debido a obstrucción del flujo. La remoción del DBO se da mediante los microorganismos presentes en las raíces. Los WSSH se han demostrado efectivos en la remoción de DBO presente en el efluente de papelera.

Para la experiencia se eligieron dos especies de macrófitas: *Typha domingensis* fue elegida debido a su disponibilidad en la región y a que se han utilizado con anterioridad en otras experiencias y *Phragmites australis* fue utilizada en experiencias similares en bibliografía.

OBJETIVOS

Evaluar la eficiencia de un WSSH para el tratamiento final de un efluente de industria papelera.

Objetivos específicos:

- a. Evaluar la eficiencia en la remoción de DQO, DBO y sólidos.
- b. Evaluar la tolerancia de las macrófitas *T. domingensis* y *P. australis* a las condiciones del efluente.

METODOLOGÍA

Se construyeron reactores simulando *wetlands* subsuperficiales con canillas para recolectar el efluente en la parte inferior, y se los llenó con leca lavada (porosidad 0,45) con capacidad para tratar 10 litros de efluente aproximadamente, con caños de PVC con orificios para permitir la oxigenación y posibilitar la medición de algunos parámetros durante el transcurso de las experiencias. Se plantó una especie de macrófita por reactor, las mismas se aclimataron durante 1 mes y medio regándolas con agua de río.

Parte del efluente producido en el desfibrado del papel es tratado con un sedimentador y, la otra parte, se trata con un filtro Escort. Se determinó que los parámetros que se deseaban disminuir eran DQO, DBO y sólidos. Además, el efluente presenta colores (rosa, verde, violeta) debido al colorante que se utiliza en el proceso.

Para cada tratamiento se agregó efluente previamente homogeneizado en la parte superior del reactor, colectando el mismo por la parte inferior luego de un tiempo de residencia de 7 días, luego se vuelve a cargar con el efluente a tratar. Se tomaron muestras del efluente antes y después del tratamiento. En las mismas se determinó pH, conductividad, DQO, DBO, SST, sólidos totales secados a 103-105 °C, sólidos fijos y volátiles incinerados a 550°C, sólidos sedimentables y turbidez, de acuerdo al *Standard Methods* APHA 2012. También se midió la altura de las plantas, así como el número de brotes por cada reactor con el fin de determinar la tasa de crecimiento hasta el final de la experiencia.

Se estudiaron tres tratamientos: Sedimentador-*T.domingensis*, Sedimentador- *P. australis* y Filtro-*T. domingensis*. Los reactores se dispusieron en duplicado en cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efluente sin tratar presenta una alta variabilidad. En **Tabla 1** y **Tabla 2** se muestra el valor medio y el rango de los parámetros analizados para el efluente utilizado en la experiencia. Se utilizó el porcentaje de remoción para comparar entre los distintos tratamientos, dada la naturaleza variante del efluente.

Los tres tratamientos removieron la totalidad de sólidos sedimentables. Se observó que luego de los tratamientos, los efluentes tenían un color similar al agua de río, perdiendo los distintos colores que presentaban. Además, la conductividad aumentó en todos los casos y el pH se mantuvo constante.

En el **Gráfico 1** se presentan los valores de porcentaje de remoción para cada tratamiento, con su respectiva desviación estándar. Se realizó el test de diferencia de medias con 95% de confianza para todos los parámetros analizados comparando entre el tratamiento de *T. domingensis*-filtro y *T. domingensis*-sedimentador, y entre *T. domingensis*-sedimentador y *P. australis*-sedimentador. Los tratamientos son eficaces en la remoción de contaminantes ya que se obtuvieron altos porcentajes de remoción para todos los parámetros analizados. Además se puede decir que no existe diferencia

significativa en los porcentajes de remoción para los distintos tratamientos.

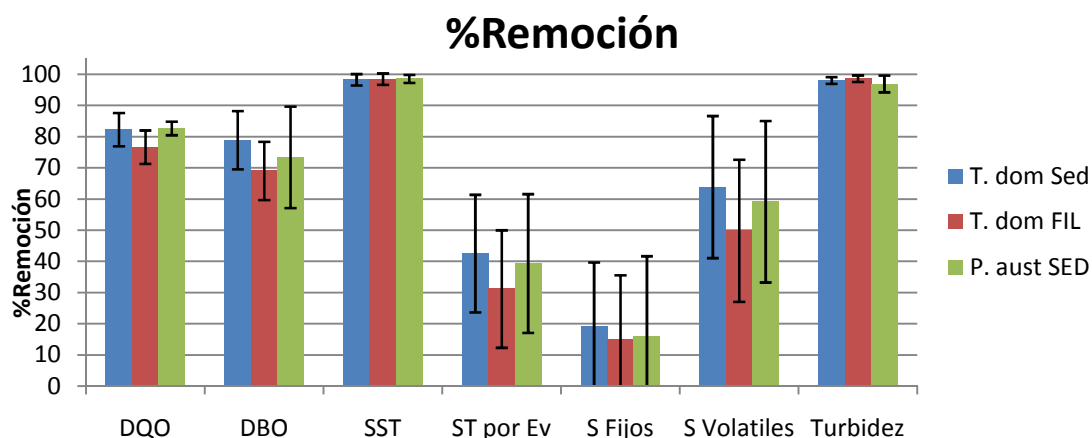
Tabla 2: Parámetros analizados para los efluentes iniciales provenientes del sedimentador

Efluente del Sedimentador	Inicial	Final (<i>T. domingensis</i>)	Final (<i>P. australis</i>)
Parámetros	Media (Rango)	Media	Media
DQO [mg O ₂ l ⁻¹]	1250 (725 - 1840)	249±120	239±95
DBO [mg O ₂ l ⁻¹]	601 (351,1 - 1042,3)	158±121	171±120
Oxígeno [mg.l ⁻¹]	2,53 (0,17 - 9,34)	0,98±0,40	0,46±0,65
SST [mg.l ⁻¹]	541 (344 - 726)	9,5±9,7	8,6±6,9
Sólidos totales [mg.l ⁻¹]	1836 (1200- 2748)	1072±492	1225±525
Sólidos Fijos[mg.l ⁻¹]	843 (626 - 1188)	639±71	695±86
Sólidos Volátiles[mg.l ⁻¹]	993 (554 - 1674)	432±446	529±492
Sólidos Sedimentables 10 min [ml. l ⁻¹]	23,6 (0,2 - 110)	<0,1	<0,1
Sólidos Sedimentables 1 hora [ml. l ⁻¹]	18,1 (2,8 - 62)	<0,1	<0,1
Sólidos Sedimentables 2 horas [ml. l ⁻¹]	17,6 (3,6 - 58)	<0,1	<0,1
Turbidez [UNT]	971 (446 - 1402)	19,04±9,33	21,95±14,11

Tabla 3: Parámetros analizados para efluente proveniente del Filtro

Efluente del Filtro	Inicial	Final (<i>T. domingensis</i>)
Parámetros	Media (Rango)	Media
DQO [mg O ₂ l ⁻¹]	1078 (275 - 1700)	239±170
DBO [mg O ₂ l ⁻¹]	543 (195 - 963)	171±128
pH	7,30 (6,84 - 7,79)	7,25±0,17
Conductividad [µmhos.cm ⁻¹]	811 (498 - 1088)	1201±97
Oxígeno [mg.l ⁻¹]	3,908 (0,149 - 7,11)	0,459±0,544
SST [mg.l ⁻¹]	472 (338 - 664)	8,6±5,9
Sólidos totales [mg.l ⁻¹]	1676 (732 - 2382)	1225±465
Sólidos Fijos[mg.l ⁻¹]	801 (432 - 1194)	695±89
Sólidos Volátiles[mg.l ⁻¹]	875 (300 - 1520)	529±455
Sólidos Sedimentables 10 min [ml. l ⁻¹]	8,4 (0,3 - 15)	<0,1
Sólidos Sedimentables 1 hora [ml. l ⁻¹]	11,7 (6,5 - 17)	<0,1
Sólidos Sedimentables 2 horas [ml. l ⁻¹]	11,3 (6 - 16)	<0,1
Turbidez [UNT]	925 (573 - 1494)	21,95±13,70

Grafico 1: Porcentajes de Remoción



Las macrófitas toleraron los tratamientos con los efluentes utilizados. En **Tabla 3** se presenta la tasa de crecimiento (R) para cada tratamiento, con su respectiva desviación estándar, así como el número de plantas al comenzar la experiencia y la cantidad de plantas que mostraron senescencia, así como la cantidad de brotes. De acuerdo a las tasas de crecimiento registradas, se puede decir que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Anova, 95% de confianza).

Tabla 3: Parámetros evaluados en macrófitas para los distintos tratamientos

Tratamiento	R	Plantas Originales	Plantas Senescentes	Brotes Nuevos
<i>T. domingensis</i> -Sedimentador	0,002133±0,002948	11	3	1
<i>T. domingensis</i> -Filtro	0,000926±0,001281	8	0	1
<i>P. australis</i> -Sedimentador	0,000209±0,000148	24	4	8

Si bien al comienzo de la experiencia, algunas plantas mostraron senescencia, al final de la experiencia, las macrófitas que toleraron los tratamientos, presentaban aspecto saludable, brotes, sin mostrar síntomas de fitotoxicidad.

CONCLUSIÓN

De acuerdo a estos resultados preliminares, los *Wetlands* Construidos de Flujo Subsuperficial resultaron adecuados para el tratamiento final del efluente estudiado, removiendo satisfactoriamente DQO, DBO, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales, entre otros parámetros.

Leca resultó un sustrato adecuado, permitiendo el desarrollo de las macrófitas.

T. domingensis y *P. australis* toleraron el efluente, por lo que pueden ser utilizadas en estos WSSH. *T. domingensis* presenta la ventaja de que es una especie nativa y abundante en la región.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Abira M. A.**, 2007. A constructed treatment wetland for pulp and paper mill wastewater: performance, processes and implications for the Nzoia River, Kenya.
- APHA**, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Kadlec R.H., Wallace S.D.**, 2009. Treatment Wetlands, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, Florida. p. 865
- Middlebrooks E. J., Crites R., Reed S. C.**, 2000. Natural Wastewater Treatment Systems.p. 227, 258 y 347.
- Moore J. A., Skarda S. M., Serwood R.**, 1994. Wetland Treatment of Pulp Mill Wastewater.