

TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE UNA INDUSTRIA PAPELERA UTILIZANDO UN WETLAND CONSTRUIDO DE FLUJO SUPERFICIAL

Jacob, M. Fiorella^A

^AFacultad de Ingeniería Química UNL

Área: Ingeniería
Sub-Área: Ambiental
Grupo: X

Palabras clave: Fitorremediación, Contaminantes, Macrófitas.

INTRODUCCIÓN

Un Wetland de Flujo Superficial (FWS) está formado por tierra u otro sustrato que contiene las raíces de las plantas y una estructura que mantiene un nivel poco profundo de agua. En este sistema, el efluente circula por la superficie. La zona cercana a la misma es aerobia, mientras que las zonas más profundas y el sustrato son anaerobias (Choudhary, 2011). Las macrófitas son el principal componente biológico de los humedales de tratamiento ya que no sólo asimilan los contaminantes directamente en sus tejidos, sino que además influyen en la biogeoquímica de los sedimentos, actúan como un catalizador para las reacciones de purificación, aumentando la diversidad del ambiente en la zona de las raíces favoreciendo diversas reacciones químicas y bioquímicas que mejoran la purificación (Jenssen, 1993). 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.

OBJETIVOS

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

Objetivos específicos:

- Evaluar la tolerancia de las macrófitas *Typha domingensis* y *Canna indica* a las condiciones del efluente.
- Evaluar la eficiencia en la remoción de principales contaminantes (Sólidos suspendidos, Sólidos totales, DBO y DQO) determinando la concentración en el efluente antes y después del tratamiento en experiencias de laboratorio.

METODOLOGÍA

Diseño de la experiencia

Se utilizaron ocho reactores de flujo superficial, armados con baldes de 20 litros (**Figura 1**). Se colocaron seis kilos de tierra en cada uno y se plantaron tres plantas por reactor. Se construyeron cuatro reactores con *C. indica* y cuatro con *T. domingensis*; dos reactores de cada macrófita se utilizaron para tratar distintos efluentes (duplicados).

Las experiencias se realizaron con efluentes reales, provenientes de la empresa *Celulosa Moldeada S.A.* Esta industria no fabrica papel sino que recicla papel para la fabricación de diferentes tipos de envases.

Se tomó la decisión de analizar en las experiencias de laboratorio los siguientes parámetros: DQO, DBO, turbidez, sólidos suspendidos totales, sólidos totales secados a 105°C, sólidos fijos, sólidos volátiles y sólidos sedimentables, de acuerdo a Standard Methods (APHA, 2012). También se decidió medir la conductividad, el pH, oxígeno y temperatura en los reactores, realizando la medición in situ con una sonda multiparamétrica.

Se determinó que se agregaría en cada reactor un volumen de efluente igual a 10 litros, realizando experiencias con un tiempo de residencia siete días.



Figura 1. Reactores utilizados para realizar las experiencias

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron cinco volcados (experiencias), con un tiempo de residencia de siete días y se analizaron los parámetros anteriormente mencionados.

Los resultados obtenidos para los distintos análisis se expresan en la **Tabla 1**, para los distintos reactores (promediando los duplicados), con valores promedios entre los cinco volcados, junto con el rango de concentraciones de los efluentes iniciales (previos al tratamiento).

Tabla 1. Rangos de concentraciones y promedios de los efluentes iniciales.

	Iniciales Sedimentador		Iniciales Filtro	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
DQO [mg O ₂ .l ⁻¹]	1249,72	[725; 1840]	1077,91	[275; 1700]
DBO [mg O ₂ .l ⁻¹]	600,65	[351,1; 1042,3]	543,06	[195; 963]
pH [unidades de pH]	7,29	[6,844; 7,71]	7,30	[6,84; 7,79]
Temperatura [°C]	21,36	[20; 23,7]	20,96	[19,9; 21,8]
Conductividad [µmhos.cm ⁻¹]	878,65	[763; 1093]	811	[498; 1088]
Oxígeno [mg.l ⁻¹]	2,53	[0,167; 9,34]	3,91	[0,149; 7,11]
Sol. Susp. [mg.l ⁻¹]	541,78	[344; 726]	472,33	[338; 664]
Sol. Totales [mg.l ⁻¹]	1836,4	[1200;2748]	1676,5	[732; 2382]
Sólidos Fijos [mg.l ⁻¹]	843	[626; 1188]	801,75	[432; 1194]
Sólidos Volátiles [mg.l ⁻¹]	993,4	[554; 1674]	874,75	[300; 1520]
Sol.Sedimentables 10 minutos [ml.l ⁻¹]	23,64	[0,2; 110]	8,43125	[0,3; 15]
Sol.Sedimentables 1 hora [ml.l ⁻¹]	18,11	[2,8; 62]	11,71875	[6,5;17]
Sol.Sedimentables 2 horas [ml.l ⁻¹]	17,5875	[3,6; 58]	11,2625	[6;16]
Turbidez [NTU]	971,5	[0,2; 110]	924,71	[573; 1494]

A partir de los datos obtenidos para los efluentes iniciales (previos al tratamiento) provenientes del sedimentador, podemos notar que los parámetros pH, conductividad y sólidos fijos se mantienen constantes aunque la DQO se modifique. Por otro lado, se observa que para valores altos de sólidos sedimentables y sólidos volátiles, la DQO aumenta; en tanto que valores menores de sólidos sedimentables denotan una mayor turbidez. Respecto a los sólidos suspendidos, no se registra gran variación entre los

valores hallados.

Analizando los efluentes iniciales provenientes del filtro, se observa que los sólidos fijos presentan una gran variación entre volcados, en tanto que los sólidos suspendidos se mantienen en todas las experiencias entre los mismos valores. Se puede resaltar que, al igual que con el efluente del sedimentador, la DQO aumenta al incrementarse los sólidos volátiles.

Los resultados obtenidos para los efluentes posteriores al tratamiento (finales) se expresan en la **Tabla 2**.

Los resultados finales correspondientes a los sólidos sedimentables indicaron siempre valores menores a 0,1 ml.l⁻¹.

Con los datos recogidos podemos analizar también en cada reactor, un promedio de los porcentajes de remoción logrados, junto con su desviación standard, los cuales se expresan en la **Tabla 3**.

Tabla 2. Rangos de concentraciones y promedios de los efluentes finales.

	Finales T. Sediment		Finales C. Sediment		Finales T. Filtro		Finales C. Filtro	
	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango	Prom	Rango
DQO [mg O ₂ .l ⁻¹]	581,33	[151,8; 962,6]	566,94	[132; 832]	541,56	[99; 873,2]	502,64	[125,4; 778,8]
DBO [mg O ₂ .l ⁻¹]	279,08	[38,95; 472,35]	266,16	[68,55; 499]	244,6	[28,1; 452,5]	197,44	[41,25; 447]
pH [unidades de pH]	7,29	[7,06; 7,56]	7,24	[6,49; 7,58]	7,29	[7; 7,476]	7,30	[7,053; 7,52]
Temperatura [°C]	21,75	[21,6; 21,9]	21,8	[21,8; 21,8]	18,85	[21,7; 21,7]	16,4	[11; 21,8]
Conductividad [µmhos.cm ⁻¹ a 25°C]	1146,7	[915; 1442]	1120,2	[900; 1433]	1084,1	[697; 1346]	1109,9	[684; 1482]
Oxígeno [mg.l ⁻¹]	0,111	-	0,1	-	0,079	[0; 0,079]	0,2965	[0,045; 0,548]
Sol. Susp. [mg.l ⁻¹]	22,4	[12; 42]	23,4	[5; 63]	18,7	[4; 30]	23,95	[4; 39]
Sol. Totales [mg.l ⁻¹]	1216,8	[702; 1608]	1229	[722; 1864]	1141,2	[528; 1626]	1120,4	[550; 1662]
Sólidos Fijos [mg.l ⁻¹]	618,7	[428; 968]	596,6	[445; 864]	555,4	[362; 864]	579,4	[344; 880]
Sólidos Volátiles [mg.l ⁻¹]	598,1	[150; 1125]	632,4	[240; 1419]	585,8	[144; 1104]	541	[204; 1214]
Turbidez [NTU]	89,83	[14,54; 238]	92,13	[24,9; 233]	94,37	[6,89; 282]	58,48	[6,92; 191]

Tabla 3. Porcentajes de remoción y desviación standard de los distintos reactores.

	Typha Sedimentador		Canna Sedimentador		Typha Filtro		Canna Filtro	
	Prom	Desv Stand	Prom	Desv Stand	Prom	Desv Stand	Prom	Desv Stand
DQO	58,41	12,30	58,65	12,70	59,16	12,56	60,66	12,41
DBO	54,91	14,94	59,63	15,88	64,21	14,91	64,73	11,51
Sol. Susp.	95,11	3,15	95,69	1,77	96,02	2,03	95,15	2,14
Sol. Totales	36,81	6,13	34,43	7,30	35,49	5,37	35,44	7,40
Sol. Fijos	27,14	6,76	28,51	10,46	28,61	5,89	26,25	13,93

Sol. Volátiles	46,52	15,91	40,41	17,03	43,63	13,13	44,07	18,19
Turbidez	90,31	12,21	91,13	10,12	88,62	12,97	93,67	6,98

Con los datos de la **Tabla 3**, se realiza el gráfico de % Remoción vs Análisis (**Figura 2**), donde cada columna representa un reactor.

A partir de la **Tabla 3** y de la **Figura 2**, podemos observar que para el caso de DQO y DBO, ambos parámetros alcanzan una remoción del 60%, siendo un porcentaje aceptable dado el alto valor de estos parámetros en los efluentes iniciales. Podemos apreciar también que la turbidez de los distintos reactores alcanza una remoción cercana al 90%; en tanto que los sólidos suspendidos se aproximan el 96% de remoción.

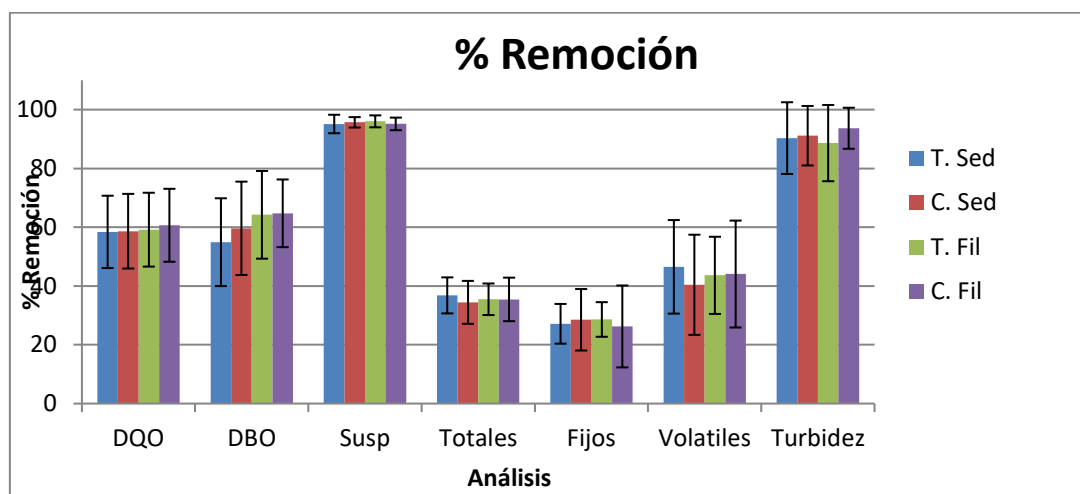


Figura 2. Porcentajes de remoción para los distintos reactores

Se realizó un Test de Diferencia de Medias con el Software STATGRAPHICS Centurion para verificar la existencia de diferencias significativas en todos los parámetros, entre los distintos reactores. Se observa que los porcentajes de remoción no varían significativamente con el tipo de efluente ni con los distintos tipos de macrófitas, con un 95% de nivel de confianza.

CONCLUSIONES

Las especies de macrófitas *T. domingensis* y *C. indica* pueden ser utilizadas en este tipo de tratamiento satisfactoriamente ya que no mostraron signos de fitotoxicidad y ambas dieron buenos resultados de remoción de contaminantes.

Los diferentes reactores resultaron adecuados para disminuir las concentraciones de DQO, DBO, sólidos y turbidez del efluente de la industria papelera.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

APHA, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. American Public Health Association, Washington, DC.

Choudhary, A.K., et al, 2011. Constructed wetlands: an option for pulp and paper mill wastewater treatment. Department of Paper Technology, Indian Institute of Technology Roorkeem Saharanpur Campus, Saharanpur, U.P., India.

Jenssen, P., Maehlum, T., Krogstad, T., 1993. Potential use of constructed wetlands for wastewater treatment in northern environments. Water Sci. Technol. 28(19), 149-157.