

USO DE SISTEMAS HIBRIDOS DE WETLANDS CONSTRUIDOS PARA TRATAMIENTOS DE UN EFLUENTE CON ALTA CONCENTRACIÓN DE AMONIO.

Molina, Claudia Fernanda^A

^AFacultad de Ingeniería Química - UNL

Área: Ingeniería

Sub-Área: Ambiental

Grupo: X

Palabras clave: Wetland, VFW, FWS.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes tipos de wetlands construidos: de flujo superficial, similares a lagunas naturales (FSW) y de flujo sub-superficial (el agua fluye a través del sustrato) que pueden ser de flujo horizontal (HSW) o vertical (VSW) de acuerdo a como circula el efluente. La vegetación transfiere oxígeno a la zona de raíces de manera que las bacterias aeróbicas pueden colonizar el área y degradar la materia orgánica. Al dosificar intermitentemente el efluente en los VSW, el sustrato sufre períodos de saturación e insaturación, lo que conlleva a que se presenten diferentes condiciones aeróbicas y anaeróbicas, favoreciendo procesos de nitrificación y desnitrificación.

Los sistemas híbridos, consisten en etapas sucesivas de tratamiento, combinando diferentes tipos de wetlands favoreciendo distintos procesos de acuerdo a los contaminantes presentes en el efluente a tratar. Los lixiviados de rellenos sanitarios contienen diversos contaminantes, entre los que se encuentran compuestos orgánicos, distintas especies nitrogenadas, y en particular contienen altas concentraciones de amonio.

Objetivo: -Evaluar la tolerancia de la macrófita *Typha domingensis* y *Phragmites australis* a altas concentraciones de amonio en wetlands subsuperficiales verticales.
-Evaluar la eficiencia de un sistema wetland híbrido (1ª etapa VFW, 2ª FWS), para la depuración de un efluente con alta concentración de amonio.

METODOLOGÍA

Materiales y Métodos:

Se realizaron experiencias de invernadero, para ello se dispusieron reactores simulando wetlands subsuperficiales de flujo vertical (VFW) y wetlands superficiales de flujo libre (FWS) con el fin de evaluar sistemas híbridos.

Para el diseño de los VFW se dispusieron de reactores cilíndricos plásticos de 90 cm de altura y 45 cm de diámetro (**Figura 1 A.**). Se colocó una cañería ramificada en la parte inferior del reactor para coleccionar el efluente a la salida del mismo (**Figura 1 D.**); Los reactores se llenaron con el sustrato: 15-20 cm de leca (10/20) en la parte inferior, 40-50 cm de arena gruesa y 15-20 cm de leca en la parte superior (**Figura 1 C.**). Las macrófitas estudiadas fueron *Typha d.* y *Phragmites a.* Se utilizó una especie por reactor, se plantaron diez ejemplares de la especie correspondiente en cada reactor. Las macrófitas fueron plantadas entre la capa superior de leca y la arena para posibilitar que se desarrollen raíces profundas en el medio filtrante.

Se dispusieron, por otra parte, reactores plásticos cilíndricos simulando FWS con 0,25 m de sedimento, plantados con *Typha d.* Se agregó efluente en los reactores hasta un nivel de 0,3 m sobre el sedimento.

Los reactores se dispusieron por duplicado en todos los casos. Las plantas fueron aclimatadas durante un período de

dos meses para obtener un buen desarrollo del sistema radicular.

Para evaluar la eficiencia de los sistemas se tomaron muestras del efluente antes y después de los tratamientos en cada reactor, para su posterior análisis. Los parámetros analizados fueron los siguientes: conductividad, Ph, NH_4^+ , NO_3^- , DQO y DBO; las determinaciones analíticas fueron realizadas de acuerdo a Standard Methods APHA (2012). La conductividad se midió con conductímetro ORION modelo 150 y el pH con un pHmetro Orion. NO_3^- y NH_4^+ se determinaron por potenciometría utilizando un electrodo selectivo. La determinación de DQO se realizó por el Método de Reflujo Cerrado y la DBO5 por método volumétrico.

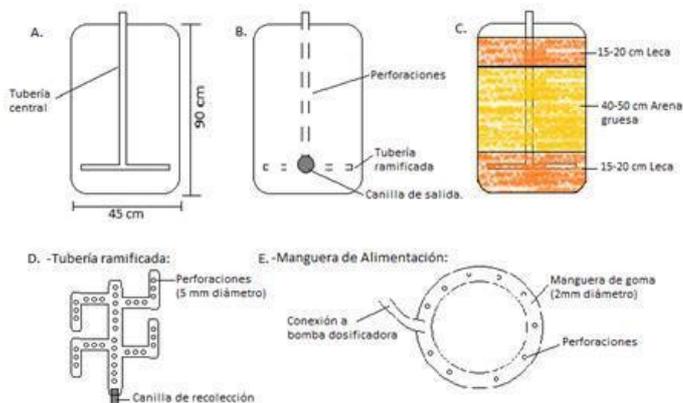


Figura 1: Reactores escala mesocosmos VFW.

Experiencia 1: Efluente artificial

En una primera experiencia se trabajó con una solución preparada en el laboratorio con cloruro de amonio (efluente artificial) para obtener una concentración final de 200 ppm de NH_4^+ (N-NH_4^+ :155,56 mg N.L⁻¹). Se realizó el tratamiento, que consistió en agregar a cada reactor VWF un volumen de efluente un con tiempo de retención (TRH) de 1 día, se recolectó por la canilla del reactor. Luego del tratamiento, los reactores se vacían un día para permitir su aireación para comenzar nuevamente el ciclo. Las determinaciones analíticas comenzaron a realizarse al cabo de dos semanas de operación, para permitir que el sistema entre en régimen y obtener datos representativos. Se estudió la eficiencia del sistema variando la carga hidráulica (H): 45 litros/día por reactor (H_1 :0.2515m/día) y 20L/día, (H_2 : 0,125 m/día). Por razones operativas, se prosiguió trabajando con la menor carga hidráulica..

Experiencia 2: Lixiviado de relleno sanitario.

Se utilizaron también VWF; el efluente utilizado en este caso fue lixiviado de relleno sanitario, se diluyó al 20%, de manera de tener una concentración de amonio similar a la de la experiencia anterior. Se realizó el tratamiento utilizando carga hidráulica de 0,125 m/día y TRH 1 día.

Estos sistemas se evaluaron también, manteniendo la carga hidráulica, y con recirculación del efluente. De esta forma, el wetland operó durante la recirculación permitiendo la coexistencia de zonas aeróbicas y anaeróbicas en el mismo reactor (saturado).

Experiencia 3: Sistema Híbrido.

Se realizaron tratamientos para el lixiviado de relleno sanitario utilizando un sistema

híbrido de wetlands que consistió de una primera etapa VFW (*Phragmites a.*) y una segunda de FSW (*Typha d.*), se trabajó en condiciones similares a la experiencia 2: carga hidráulica de 0,125 m/día, recirculación; luego el efluente colectado se dispuso en los FSW con *Typha d.*, con un TRH de 7 días.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos para la experiencia 1 corresponden a los expresados en la **Tabla 1**:

Parámetro	inicial	<i>Typha domingensis</i>	<i>Phragmites australis</i>
pH	7,44±0,29	7,12±0,37	7,16±0,52
Conductividad (µS)	1787,7±364,6	1414,8±218	1269,5±495,7
N-NH ₄ ⁺ (mg N/litro)	147,84±14,88	44,66±15,8	42,51±6,25
N-NO ₃ (mg N/litro)	1,31±0,37	14,1±9,7	31,47±19,73

Tabla 1: Resultados experiencia 1. Valores medios±desviación estándar para n=6; H₂: 0,125 m/día.

Se obtuvo una remoción amonio aproximada de 69% (H₁:0.2515m/día) y 71 % (H₂: 0,125 m/día) en el efluente luego de los tratamientos, demostrando la eficiencia de estos sistemas. No existieron diferencias significativas para este parámetro entre los tratamientos con las dos especies de macrófitas. Las concentraciones de nitrato aumentan debido a los procesos de nitrificación.

Los resultados obtenidos para lixiviado de relleno sanitario (experiencia 2), corresponden a los expresados en **Tabla 3**:

Parámetro	inicial	<i>Typha domingensis</i>	<i>Phragmites australis</i>
pH	8,18±0,16	7,67±0,02	7,46±0,15
Conductividad (mS)	3,97±0,07	3,80±0,01	3,53±0,01
N-NH ₄ ⁺ (mg N/litro)	178,81±9,7	117,35±0,46	89,07±14,91
N-NO ₃ (mg N/litro)	6,1±1,0	68,9±1,0	71,55±32,74
DQO (mg O ₂ /litro)	868,6±74,05	667,5±30,63	561,15±30,62

Tabla 3: Resultados experiencia 2. Valores medios±desviación estándar para n=4; H₂: 0,125 m/día.

La remoción de NH₄⁺ en el lixiviado, fue aproximadamente 34% luego de los tratamientos con *Typha d.* y 50% utilizando *Phragmites a.*, La disminución de la concentración de NH₄⁺ puede explicarse tanto por el proceso de absorción por las plantas, nitrificación-denitrificación. El pH disminuyó a valores cercanos a la neutralidad. La volatilización como NH₃, no es significativa a los pH de trabajo. Las concentraciones de nitrato aumentan debido a los procesos de nitrificación y a una denitrificación insuficiente. Los porcentajes de remoción de amonio fueron menores que en la experiencia 1 probablemente debido a que el lixiviado contiene además otros contaminantes, como materia orgánica que también disminuyen durante el tratamiento. Esto se evidencia en la remoción de DQO obtenida, que fue del 23 y 35% para los tratamientos con *Typha d.* y *Phragmites a.* respectivamente.

Resultados obtenidos trabajando con recirculación del efluente se observan en **Tabla 4**:

Parámetro	inicial	<i>Typha domingensis</i> ^(a)	<i>Phragmites australis</i> ^(b)
-----------	---------	---	--

pH	8,26±0,18	7,90±0,13	7,70±0,13
Conductividad (mS)	4,00±0,56	3,48±0,3	3,43±0,63
N-NH ₄ ⁺ (mg N/litro)	204,86±31,78	133,63±40,96	92,84±29,01
N-NO ₃ ⁻ (mg N/litro)	8,85±2,38	63,7±16,01	76,2±0,85
DQO (mg O ₂ /litro)	1051,4±200,1	765,46±108,17	793,52±44,17
DBO (mg O ₂ /litro)	88,6	84,4±0,4	86,9±4,87

Tabla 4: Resultados recirculación del efluente. Valores medios±desviación estándar; siendo ^(a)n_{Typha}=10 y ^(b)n_{Phragmites}=6.

En los tratamientos con recirculación de efluente, la remoción de NH₄⁺ fue aproximadamente 35% para *Typha d.* y 55% para *Phragmites a.*, mientras que la remoción de DQO obtenida fue del 27 y 25% respectivamente. En cuanto al nitrato, no hay diferencias significativas en sus valores luego de los tratamientos.

Los resultados para el sistema híbrido fueron los correspondientes a **Tabla 5:**

Parámetro	inicial	VFW ^(a)	FWS ^(b)
		Etapa 1	Etapa 2
pH	8,39	7,83±0,07	7,43±0,26
Conductividad (mS)	3,63	3,36±0,51	1,29±0,34
N-NH ₄ ⁺ (mg N/litro)	203,1	175,55±11,11	69,3±10,5
N-NO ₃ ⁻ (mg N/litro)	28,5	66,3±10,3	129,3±37,5
DQO	1079,2	901,8±78,0	771,8±44,5

Tabla 5: Sistema Híbrido. Valores correspondientes a n=3.

Los tratamientos para lixiviado utilizando el wetland híbrido, lograron mayor remoción de amonio (66%) que en las experiencias anteriores, mientras que para DQO, se obtuvieron remociones similares (28%).

CONCLUSIÓN

En todos los tratamientos, las macrófitas *Thypha domingensis* y *Phragmites australis* toleraron el efluente con altas concentraciones de amonio; lograron un crecimiento adecuado sin mostrar síntomas de fitotoxicidad, demostrando ser adecuadas para utilizarse en wetlands de tratamiento.

El tratamiento de lixiviado de relleno sanitario utilizando Sistemas Híbridos de Wetlands con dos etapas VSW (*Phragmites a.*) y una segunda de FSW (*Typha d.*) logró una remoción adecuada de amonio, mientras que la remoción para DQO, no resultó satisfactoria.

Si bien se alcanzó el objetivo propuesto, se podría continuar estudiando diferentes configuraciones de sistemas híbridos para optimizar los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

APHA, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Kadlec, R. H., Wallace, S. D. 2009. Treatment wetlands, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Vymazal, J. 2013. The use of hybrid constructed wetlands for wastewater treatment with special attention to nitrogen removal: A review of a recent development. Water Research 47: 4795 -4811.