



GRUPO DE INVESTIGACION AGUAS Y AGUAS DE PEREIRA

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PEREIRA S.A. E.S.P.

EFFECTOS DEL TIPO DE VEGETACIÓN Y DE LAS VARIACIONES DE PROFUNDIDAD EN LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE PATÓGENOS EN HUMEDALES CONSTRUÍDOS DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

Adalberto Arroyave Gutiérrez · Juan Mauricio Castaño²

(1) Ingeniero Civil MSC (C) Ecotecnología aarroyave@aguasvaquas.com.co; (2) MSC Ingeniería Sanitaria y Ambiental jmc@utp.edu.co



Resumen

El objetivo de este estudio fue el de evaluar los efectos de las condiciones de monocultivo (*Musa velutina*) y policultivo (*Alocasia macrorrhiza*, *Scirpus holoschoenus*, *Thypha Latifolia* y *Musa velutina*) asociados con las profundidades de agua (0,30m y 0,55m) en las eficiencias de remoción de Coliformes Fecales (FC), Coliformes Totales (CT), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en cuatro humedales de flujo horizontal subsuperficial (HFHSS), de 90 m² cada uno, construidos a escala real para el tratamiento secundario del efluente de tanque séptico y filtro anaerobio de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la vereda La Bananera del municipio de Pereira (Colombia), en condiciones de clima tropical. Durante una primera fase de siete meses los humedales se evaluaron por pares semanalmente bajo condiciones de monocultivo y policultivo a 0,55 m de profundidad, los resultados no sugieren diferencias significativas (P<0,05) entre los tipos de plantaciones utilizadas, con promedios de remoción entre sistemas de 1,11 Log₁₀ para CF (NMP), 1,42 Log₁₀ para CT (NMP) y 49,58% para DBO₅ y 45,83% para DQO. Para la segunda fase, cinco meses con evaluación semanal, se redujo la profundidad de dos de los humedales a 0,30 m, uno de ellos plantado con monocultivo y el otro con policultivo, y los otros dos humedales continuaron a 0,55m, para esta fase tampoco se encontraron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos, con promedios de remoción en CF de 1,87 Log₁₀ (UFC) y 1,20 Log₁₀ (NMP); en CT de 1,78 Log₁₀ (UFC) y 1,20 Log₁₀ (NMP); para DBO₅ del 63,30% y 48,46% para DQO. Para las circunstancias en las que se desarrolló la investigación, se puede afirmar que el cambio de la profundidad del agua de 0,55m a 0,30m y las condiciones de monocultivo vs. policultivo, no generaron diferencias en la eficiencia que resulten significativas, sin embargo el común denominador fue la obtención de mejores remociones para niveles de 0,55m y para humedales plantados con policultivos, situación que obliga a realizar mayor investigación sobre estos factores para condiciones de clima tropical.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effects of monoculture conditions (*Musa velutina*) and polyculture (*Alocasia macrorrhiza*, *Scirpus holoschoenus*, *Thypha Latifolia* and *Musa velutina*) associated with water depths (0.30 m and 0.55 m) removal efficiencies in fecal coliforms (FC), total coliforms (TC), Biological Oxygen Demand (BOD₅) and Chemical Oxygen Demand (COD) in four horizontal subsurface flow wetland (SSF) of 90 m² each, full scale constructed for the secondary treatment of effluent from septic tank and anaerobic filter treatment plant for domestic wastewater from the village of La Bananera municipality of Pereira (Colombia), in tropical conditions. During a seven-month first phase of wetlands were assessed weekly pairs under conditions of monoculture and polyculture to 0.55 m depth, the results suggest no significant differences (P<0.05) between the types of plantings used, averaging clearance between systems of 1.11 log₁₀ for CF (NMP), 1.42 for CT Log₁₀ (NMP) and 49.58% for BOD₅ and 45.83% for COD. For the second phase, five months with weekly evaluation, reduced the depth of two wetland and 0.30 m, one planted with monoculture and the other with polyculture, and the other two wetlands continued to 0.55 m, for this phase also found no significant differences among the four treatments, removal averaging of 1.87 Log₁₀ (CFU) and 1.20 Log₁₀ (NMP) for FC; 1.78 Log₁₀ (CFU) and 1.20 Log₁₀ (NMP) for TC; BOD₅ of 63.30% and 48.46% for COD. For the circumstances in which research is developed, we can say that the change in water depth of 0.55 m to 0.30 m and the conditions of monoculture vs. polyculture, did not generate significant differences in efficiency, however the common denominator was the achievement of higher levels of removals to 0.55 m and planted with wetland polyculture, a situation that requires more research on these factors to tropical climate conditions.

Keywords

Keywords: Wastewater treatment; Monoculture wetlands; Polyculture wetlands; Fecal coliforms; Total coliforms; Constructed wetlands; subsurface flow; water depth; organic matter removal.

Objetivos

General:

Evaluar el comportamiento del sistema de HFHSS como pulimento del efluente del tanque séptico y del filtro anaerobio de flujo ascendente utilizados para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la vereda La Bananera del municipio de Pereira.

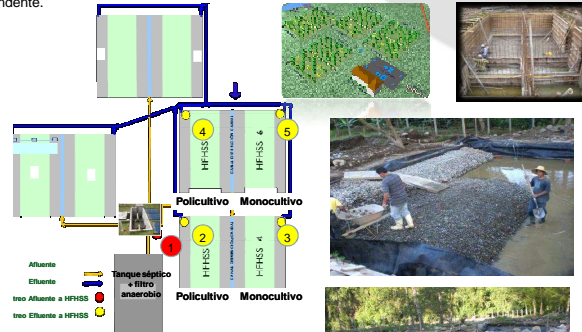
Específicos:

Comparar la remoción de patógenos en HFHSS para condiciones de mono cultivo (*Musa velutina*) y Policultivo (*Alocasia macrorrhiza*, *Scirpus holoschoenus*, *Thypha Latifolia* y *Musa velutina*) con altura fija de 0.55m.

Evaluar la eficiencia de remoción de patógenos en condiciones de mono cultivo y policultivo para alturas variables (0.55m y 0.3m) del nivel de agua en el lecho del humedal

Materiales y Métodos

El proyecto de investigación se realizó en las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas - PTARD, de la vereda La Bananera, del municipio de Pereira. Esta planta está compuesta de ocho humedales de flujo subsuperficial que trabajan por pares, precedidos por un sistema de separación de aguas de exceso, un tratamiento preliminar integrado por cribado, desarenación, tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente.



Fase I: Dic 18/08 – Julio 15/09

FACTOR	NIVEL	REPLICAS	HFHSS	TRATAMIENTOS
Tipo de Cultivo	Policultivo	2	3 y 5	2
	Monocultivo	2	4 y 6	

Fase II: Jul 16/09 – Dic 09/09

TRATAMIENTO	FACTORES & NIVELES	HUMEDAL	
	Tipo de Cultivo	Profundidad (m)	
1	Policultivo	0.55	3
2	Monocultivo	0.55	4
3	Policultivo	0.3	5
4	Monocultivo	0.3	6

Variables no controladas	Variables de control	Variables respuesta
Condiciones Ambientales Concentración del Agua residual	Alturas de lámina Tipo de vegetación	Remoción (unidades log) Coliformes Fecales, DQO DBO ₅

Resultados

Concentraciones medias de afluente, efluente y eficiencias de remoción. (Desviaciones estándar entre paréntesis)

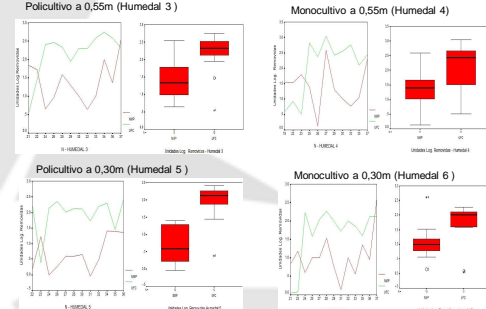
TRATAMIENTO	Colif. Fecales (Log ₁₀)			Colif. Totales (Log ₁₀)			DBO ₅ (mg/l y en %)			DQO (mg/l y en %)		
	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción	Influyente	Efluente	Remoción
Policultivo	7,17 (0,68)	6,35 (1,11)	1,23 (0,95)	7,91 (0,80)	7,02 (1,03)	1,25 (0,98)	44,65 (16,68)	25,53 (7,38)	50,05 (11,79)	114,32 (30,71)	52,36 (11,38)	47,38 (9,34)
Monocultivo		6,63 (0,81)	0,97 (0,58)		6,30 (0,96)	1,60 (0,65)		26,69 (7,60)	49,10 (13,59)		56,79 (12,42)	44,24 (10,06)

Los humedales de la planta de tratamiento de La Bananera fueron diseñados para trabajar con un caudal medio de 0,13 l/seg., sin embargo durante el desarrollo de esta investigación estuvieron sometidos a un caudal medio de 0,27 l/seg., para una carga hidráulica media aplicada de 2.541,52m³/Ha-día (25,42 cm/día), muy superior a los valores recomendados por la literatura (entre 470 y 1870 m³/Ha-día) y al valor de diseño inicialmente establecido (129m³/Ha-día). Sin embargo este tipo de criterios varían ampliamente, encontrando que la carga aplicada se ajusta al rango recomendado por Kadlec y Knight (1996) de 8 a 30 cm/día.

Estos incrementos significativos de caudal en el sistema disminuyeron ostensiblemente el tiempo de detención hidráulica del valor de diseño de 2,4 días a 1,23 días obtenido como promedio anual. Para la fase 2 del experimento, el tiempo de detención hidráulica medio para los humedales que sufrieron variaciones de nivel fue de 0,67 días.

VARIABLES	POLICULTIVO (0,55m)		TRATAMIENTO POLICULTIVO (0,30m)		MONOCULTIVO (0,30m)	
	Influyente	Remoción	Influyente	Remoción	Influyente	Remoción
COLIFORMES FCSALES - UFC (log ₁₀)	1,58 (0,42)	1,59 (0,80)	1,58 (0,42)	1,59 (0,80)	1,58 (0,42)	1,59 (0,80)
COLIFORMES FCSALES - NMP (log ₁₀)	1,93 (0,78)	1,94 (0,80)	1,93 (0,78)	1,94 (0,80)	1,93 (0,78)	1,94 (0,80)
COLIFORMES FCSALES - NMP (log ₁₀)	6,37 (0,22)	5,34 (0,80)	6,37 (0,22)	5,34 (0,80)	6,37 (0,22)	5,34 (0,80)
COLIFORMES FCSALES - NMP (log ₁₀)	1,81 (0,71)	1,47 (0,83)	1,81 (0,71)	1,47 (0,83)	1,81 (0,71)	1,47 (0,83)
COLIFORMES FCSALES - NMP (log ₁₀)						
TOTALES - UFC (log ₁₀)	3,91 (0,63)	3,70 (0,70)	3,91 (0,63)	3,70 (0,70)	3,91 (0,63)	3,70 (0,70)
TOTALES - UFC (log ₁₀)	1,83 (0,74)	2,04 (0,78)	1,83 (0,74)	2,04 (0,78)	1,83 (0,74)	2,04 (0,78)
TOTALES - NMP (log ₁₀)						
TOTALES - NMP (log ₁₀)	6,13 (0,59)	6,68 (0,50)	6,13 (0,59)	6,68 (0,50)	6,13 (0,59)	6,68 (0,50)
TOTALES - NMP (log ₁₀)	1,61 (0,54)	1,58 (0,53)	1,61 (0,54)	1,58 (0,53)	1,61 (0,54)	1,58 (0,53)
DBO ₅ (mg/l)						
DBO ₅ (mg/l)						
DBO ₅ (%)						
DQO (mg/l)						
DQO (mg/l)						
DQO (%)						

Durante las mediciones semanales realizadas por un periodo de un año se encontró una pérdida promedio de caudal, diferencia entre caudal entrante y caudal efluente, equivalente a la evapotranspiración del sistema, del orden del 23,25%.



Conclusiones

Se observa mejor eficiencia de remoción de Coliformes fecales en los tratamientos con policultivos, en la Fase 1 de la investigación, sin que exista diferencia significativa con los humedales plantados con monocultivos, los valores medios de remoción para coliformes fecales, medidos como NMP, fueron de 1,11 Unidades Log. Para la Fase 2 el promedio de remoción de Coliformes fecales fue de 1,20 Unidades Log expresadas para las mediciones de NMP y de 1,87 Unidades Log para las UFC, para esta etapa se observaron de remoción de Coliformes Fecales, tanto para NMP como para UFC, en los tratamientos cuyas profundidades fueron de 0,55 metros, sin que exista diferencia significativa con los humedales de menor profundidad (0,30m), ni con el factor tipo de cultivo (monocultivo ó policultivo).

Para el caso de los Coliformes Totales, en la Fase 1, contrario a lo ocurrido con los Coliformes Fecales, se observa mejor eficiencia de remoción en los tratamientos con monocultivos sin que exista diferencia significativa con los humedales plantados con policultivos. Los valores medios de remoción para coliformes totales en esta fase fueron de 1,42 Unidades Log para el NMP. Para la Fase 2, el promedio de remoción de Coliformes Totales fue de 1,20 Unidades Log para el NMP y de 1,78 Unidades Log para las UFC. Similar a lo sucedido con los Coliformes Fecales, se observan mejores eficiencias de remoción de Coliformes Totales, tanto para NMP como para UFC, en los tratamientos cuyas profundidades fueron de 0,55 metros, sin que exista diferencia significativa con los humedales de menor profundidad (0,30m) ni con el factor tipo de cultivo (monocultivo ó policultivo).

En la Fase 1, las mejores eficiencias de remoción, tanto para la DBO₅ como para la DQO, se obtuvieron para las réplicas con policultivos, sin que exista diferencia significativa con los humedales plantados mediante monocultivos. Los valores medios de remoción para DBO₅ y DQO por tratamiento fueron del 49,58 % y del 45,83 % respectivamente. Para la Fase 2, como media para todos los tratamientos se obtuvieron concentraciones de efluente de 12,80 mg/l para DBO₅ y de 66,50 mg/l para DQO, con remociones promedio del orden de 63,30% y 48,46% respectivamente. Se observan mejores eficiencias de remoción, tanto para DBO₅ como para DQO, en los tratamientos cuyas profundidades fueron de 0,55 metros, sin que exista diferencia significativa con los humedales de menor profundidad (0,30m) ni con el factor tipo de cultivo (monocultivo ó policultivo).

Para las condiciones en las que se desarrolló la investigación, se puede afirmar que el cambio de la profundidad del agua de 0,55m a 0,30m no generó diferencias en la eficiencia que resulten significativa, sin embargo el común denominador fue la obtención de mejores remociones para niveles de 0,55m, situación que obliga a realizar mayor investigación sobre este factor antes de tomar una decisión respecto al mismo considerando sólo aspectos económicos de construcción de este tipo de sistemas, lo que para la práctica de ingeniería normal representaría menor movimiento de tierra durante la construcción, al igual que decremento en la cantidad de material granular requerido para el lecho; y por lo tanto menos costos de inversión.

Conclusión similar se establece para el factor monocultivo - policultivo, ya que en términos generales se obtuvieron mejores resultados con las plantaciones en policultivo, sin embargo estadísticamente no se encontraron diferencias significativas para este factor de tratamiento. De todas maneras, la decisión tomada para el factor de profundidad del agua en el lecho del humedal debe correlacionarse directamente con el factor de tipo de cultivo considerando que el nivel efectivo de agua en los humedales construidos depende en gran medida de la especie sembrada acorde con el desarrollo radicular que tengan las plantas allí establecidas.

