

# Tratamiento de agua residual procedente de la industria de curtiembres mediante humedales subsuperficiales usando *Zantedeschia Aethiopica*

## Wastewater treatment from tannery industry by subsurface wetlands using *Zantedeschia Aethiopica*

Andrés Felipe Suárez Escobar<sup>1\*</sup>, Rafael Nikolay Agudelo Valencia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Químico, Magister en Ciencias Químicas, Dr en Ciencias – Química, Departamento de Ingeniería, Universidad Jorge Tadeo Lozano. \*andresf.suarez@utadeo.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Químico, Magister en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Libre. \*rafaeln.agudelo@unilibrebog.edu.co

Fecha de recepción: 14/03/2014 Fecha de aceptación del artículo: 18/05/2014

### Resumen

Dos humedales de flujo subsuperficial a escala banco fueron evaluados para la depuración de agua residual de la industria de la curtiembre. Para la construcción de los mismos se usaron tanques de 51 cm de largo, 35 cm de ancho y 30 cm de alto; un sustrato de grava mixta de 25 cm de altura compuesta por dos tipos de granulometría de 9 mm y 12,5 mm fue usado como material de relleno. Uno de los humedales fue plantado con *Zantedeschia Aethiopica*, mientras el otro se dejó sin plantar como control. Seguimiento de diferentes parámetros físicos y químicos pH, turbiedad, DQO y Cromo total fue realizado. Los humedales fueron puestos en operación con diferentes diluciones del agua residual; iniciando con una más diluida y finalizando con agua sin diluir a fin de acondicionar el humedal. La operación de los humedales fue en recirculación y se realizó un seguimiento por 26 días.

Mejoras significativas en todos los parámetros evaluados fueron obtenidas por el tratamiento con ambos humedales. Sin embargo no hubo diferencias significativas entre el humedal plantado y sin plantar. La acumulación de cromo en las plantas se dio tanto en raíces como en tallo, hojas flores,

haciendo de la ideal para procesos de fitoestabilización y fitoremediación.

### Palabras clave

Curtiembres, Humedales artificiales, Tratamiento de aguas.

### Abstract

Subsurface flux wetlands at bench scale were evaluated for tannery wastewater treatment. Plastic containers of 51 cm of length, 35 cm of width and 30 cm of height were used together with a substrate of gravel between 9 and 12.5 mm. One of the wetlands was planted with *Zantedeschia Aethiopica*, the other one was no planted and used as a control. Measurement of physical and chemical parameters as pH, turbidity, COD and total chromium were made. The operation of the wetlands was made with different dilution of the wastewater, initiating with a diluted water and finishing with pure wastewater in order to prepare the wetlands. The wastewater was recirculated for both wetlands and a period of time of 26 days was used for this study.

A large improvement of the evaluated parameters was found for both wetlands. Nevertheless, a big difference between the planted and control wetland

was not found. Accumulation of chromium in the plants was founded in roots, stems, leaves and flowers, making this plant ideal for phytostabilization and phytoremediation process.

## Keywords

Artificial wetlands, Tannery, Wastewater treatment.

## 1. Introducción

Los residuos generados en las curtiembres causan de manera inminente un daño enorme en el ambiente. La disposición de los residuos de este tipo de industrias es poco controlada, dando paso daños irreversibles sobre los ecosistemas circundantes. Si bien el Ministerio de Ambiente se ha puesto al tanto de la situación dictaminando unos parámetros para el tratamiento y preservación del recurso ya mencionado[1], son muchas las empresas curtidoras que siguen realizando una mala disposición de los residuos del proceso. Las curtiembres no solo afecta el recurso hídrico, también genera problemas en las redes de acueducto, alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales ya que estas descargas provenientes de estas industrias provocan incrustaciones de carbonato de calcio y grandes deposiciones de sólidos en las tuberías. En cuanto a la afectación de aire se tiene que por medio de las virutas de cromo que están expuestas a las altas temperaturas durante el proceso de incineración, se expanden gases de cromo en forma hexavalente, la forma más toxica del cromo. Esta preocupación se ha extendido no solo a Colombia sino a diversos países donde se ha evaluado la contaminación causada y los daños al medio ambiente provenientes de la mala disposición de los residuos de esta industria [2].

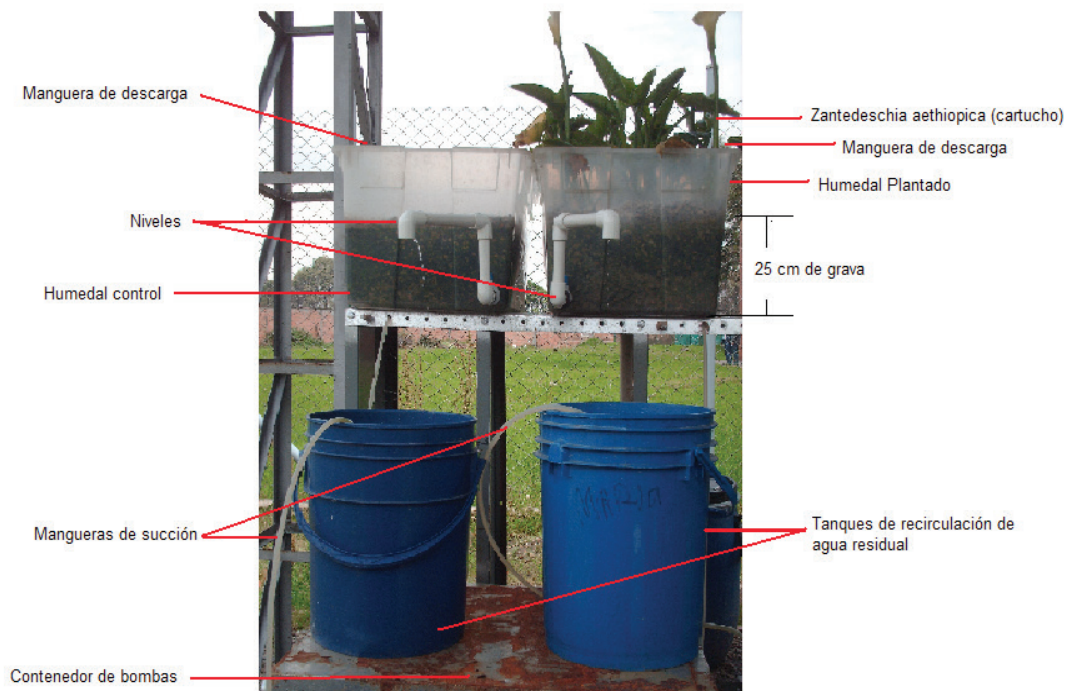
En las aguas de curtiembres el pH varía entre 2.5 y 12.0, lo cual afecta considerablemente la vida acuática. En las aguas residuales de esta tipo también encontramos sulfuros, los cuales bajo condiciones anaerobias pueden provocar la formación de ácido sulfhídrico, el cual en bajas concentraciones produce malos olores y en altas concentraciones se torna toxico. De igual manera el amonio es un

agente toxico en potencia para los peces, este junto con el nitrógeno total se convierten en un nutriente para la formación de plantas acuáticas las cuales en considerables cantidades comienzan a demandar el oxígeno disuelto en el agua, acabando así con otra especies[3].

Diversos estudios se han realizado en torno a la aplicación de humedales para el tratamiento de aguas de curtiembres[4-9]. La remoción de Cr+6 usando lenteja de agua, por ejemplo, ha arrojado importantes reducciones en la concentración de Cr+6 [10].

El uso de diferentes plantas para la el tratamiento de aguas residuales de la industria de las curtiembres ha sido evaluad. *Canna indica*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Stenotaphrum secundatum* e *Iris pseudacorus* fueron evaluadas obteniendo remociones de DQO de hasta el 73% [11]. *P.purpureum*, *B.decumbens*, *P.australis* también han sido evaluadas para la remoción de cromo en operación batch. Bajo este esquema se alcanzan remociones de cromo total superiores al 99% en las primeras 24 horas de operación[12].

Ademas de cromo, otros metales pesados han sido removidos mediante los humedales artificiales, Efluentes con alto contenido de cadmio y arsénico además de cromo fueron tratados con un humedal plantado con *Typha latifolia*, las cuales removieron los metales en cuestión hasta concentraciones no detectables por los métodos analíticos empleados para su detección. Los metales pesados sea cumularon en las raíces y fueron transportados hasta los tallos y hojas de las plantas del humedal evaluado[13]. La remoción de selenio también ha sido estudiada mediante humedales de flujo subsuperficial con lecho de grava. Se encontró que diferentes especies de plantas acumulan los metales pesados de manera diferente; la *Typha latifolia* tiene una acumulación principalmente en sus raíces, mientras la *Phragmites australis* acumula principalmente en sus hojas y rizomas y solo en niveles moderados en sus raíces, lo que indica que *Phragmites australis* es muy buena para la fitoremediación y fitoestabilización y que la *Typha latifolia* es una especie de fitoestabilización [14].



**Figura 1.** Humedales de flujo subsuperficial a escala banco

Se ha establecido que los humedales plantados y sin plantar no presentan gran diferencia en la remoción de carga orgánica, sin embargo los primeros estéticamente son mejor recibidos. Humedales artificiales construidos en contenedores plásticos de 400 litros, los cuales se llenaron con gravilla y fueron plantados con *Typha latifolia*, *Juncus effusus* y *Scirpus validus* al sercom parados con humedales control no mostraron grandes diferencias puesto que algunos parámetros analizados tenían valores muy similares, pero indicó que los humedales tenían un funcionamiento eficaz como filtros físicos lo cual era demostrado con la reducción de SST, ya que se mantuvo entre el 92 y 96 %. En cuanto a la población de Coliformes fecales y estreptococos fecales se redujeron entre el 90 a 99 % de eliminación tras el paso de los humedales [9]. Aguas residuales de la industria porcícola, la cual contiene mayoritariamente carga orgánica fue tratada con humedales de flujo subsuperficial. Humedales plantados y sin plantar fueron comparados. para un tiempo de retención hidráulico de 3 días se obtuvieron remociones entre el 64 y 78% de SST, 52 y 78% para la DQO, 57 y 74% para

la DBO5 57 y 79% para el Nitrógeno total, 63 y 75% para el nitrógeno de amonio, 70 y 81% para el Nitrato, el 0 y 28% de Fosforo total y entre 3,3 y 4,2 log de remoción para las Coliformes totales. Los resultados que se habían obtenido sugirieron que las especies macrófitas que se usaron no contribuían a la eficiencia global del tratamiento[15].

Los procesos de desnitrificación tampoco se ven apreciablemente favorecidos por la inclusión de especies vegetales en los humedales artificiales. La evaluación de humedales artificiales plantados con *Scirpus validus* y su comparación con humedales sin plantar demostró que la *Scirpus validus* no tuvo efecto significativo en la calidad del agua, sin embargo los humedales proporcionaron una importante desnitrificación en los sistemas debido a los microorganismos presentes en el mismo [16].

## 2. Metodología

Para la construcción de los humedales a escala piloto se emplearon dos contenedores de 51 cm de largo, 35 cm de ancho y 30 cm de alto los cuales tenían un sustrato de grava mixta de 25 cm de

altura compuesta por dos tipos de granulometría de 9 mm y 12,5 mm de diámetro como se observa en la figura 1. Uno de los humedales fue plantado con *Zantedeschia aethiopica* mientras el otro se dejó sin plantar como control.

El humedal opero en recirculación constante. Para realizar el acondicionamiento del humedal inicialmente el agua de curtiembre se diluyó de 1 a 20 partes con agua lluvia, en esta etapa se mantuvo por seis días. Posterior a este periodo se cambió el agua por una dilución de 1 a 10 partes, la cual también fue mantenida por seis días. Para la etapa final se empleó agua en dilución 1 a 5 por ocho días y para finalizar el proceso se alimentaron los humedales con agua residual cruda por un periodo de 6 días.

El agua fue recirculada mediante bombas HANNA INSTRUMENTS, modelo BL 5, con caudal máximo de salida de 5 litros por hora a una presión de 7 bares. Se tomó un flujo de 10 en la escala de 1 a 100 que posee la bomba, el cual para las condiciones del experimento arrojó un caudal de 4.690l/h. La ubicación de las mangueras de descarga de las bombas que suministraron el agua residual a los humedales fueron situados al extremo opuesto del nivel de salida de cada humedal a fin de asegurar que el tiempo real de permanencia del agua fuera mas cercano al tiempo de retención hidráulico. Previamente al arranque de los humedales en cada una de sus etapas se realizó una caracterización de la muestra de agua residual.

En los diferentes periodos se evaluaron los parámetros pH, turbiedad, DQO y Cromo total. De acuerdo a los métodos estándar [17]. En cada una de las etapas del muestreo se extrajo una planta para el análisis de cromo en raíz, tallos y flor de la misma.

### 3. Resultados

Los resultados para las tres etapas de funcionamiento del humedal se muestran a continuación. CP corresponde al humedal plantado y SP al humedal sin plantar, mientras que 1:20, 1:10, 1:5 y

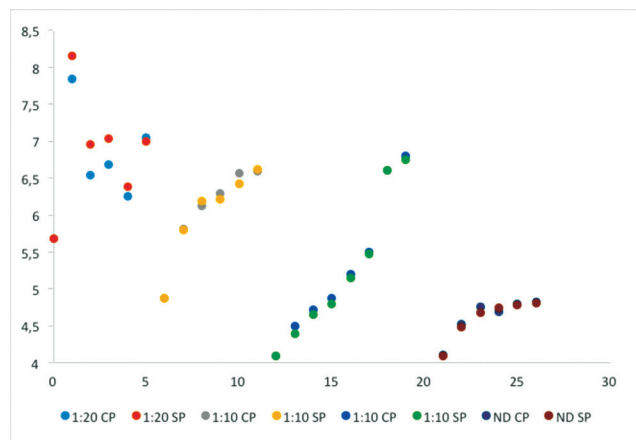


Figura 2. Comportamiento del pH en función del tiempo

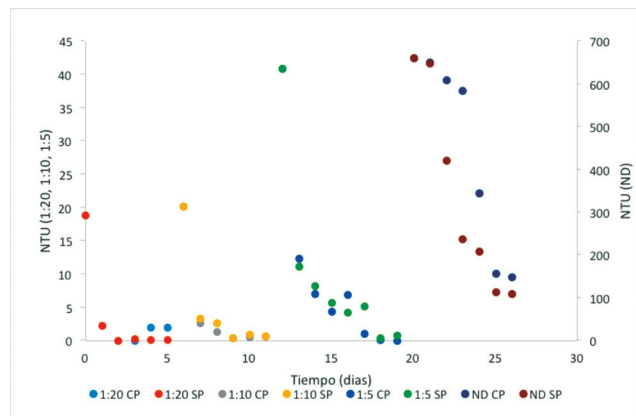
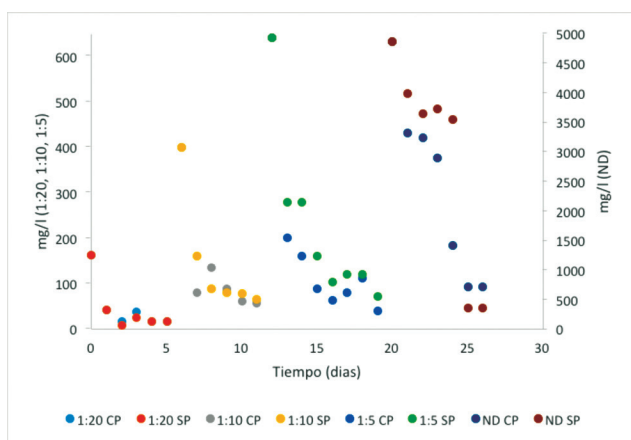


Figura 3. Comportamiento de la turbiedad en función del tiempo

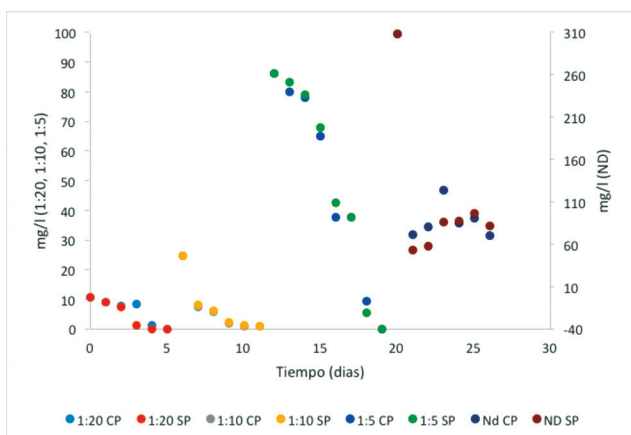
ND corresponden a las diluciones 1 a 20, 1 a 10, 1 a 5 y sin dilución del agua respectivamente.

El comportamiento del pH en las diferentes etapas se observa en la figura 2. Las muestras, tanto diluidas como sin diluir siempre tuvieron un pH que tendió a valores ácidos, sin embargo los humedales en todo momento tendieron a llevar dichos valores hacia la neutralidad. Valores de pH por encima de 6 unidades se alcanzaron en el tratamiento de agua con dilución y para el agua sin dilución, valores muy cercanos a 5 unidades de pH fueron alcanzados al final de la operación.

En todo momento el humedal disminuyó los valores de turbiedad, para las diluciones realizadas en el humedal sin plantar se obtuvieron valores muy cercanos a cero. Si bien no hay gran diferencia entre



**Figura 4.** Comportamiento de la DQO en función del tiempo



**Figura 5.** Comportamiento del cromo total en función del tiempo

los humedales plantados y sin plantar, los humedales plantados mostraron valores un ligeramente más altos de turbiedad, muy posiblemente porque las plantas evitan la compactación del lecho, suscitando espacios por donde pueden pasar algunos elementos causantes de turbiedad.

Los valores de la demanda química de oxígeno en todas las etapas disminuyeron en función del tiempo tanto para el humedal plantado y el control. No se observa una gran diferencia entre el humedal plantado y sin plantar en este parámetro. La remoción de la carga orgánica se debe principalmente a mecanismos de adsorción en el lecho y degradación de la materia orgánica por los microorganismos que se fijan al lecho mismo.

En la figura 5 se observa como el cromo total en el agua alimentada en el humedal disminuye para todas las etapas evaluadas si se compara el inicio y el final. Sin embargo para el caso de la no dilución el comportamiento del cromo en las etapas intermedias no es siempre hacia la disminución, a pesar de que este parámetro disminuye rápidamente el día de alimentación y primer día de muestreo, posiblemente a adsorción sobre el material de relleno, el cual al saturarse puede arrastrar parte del mismo hacia el efluente lo que conlleva el comportamiento observado en la etapa final de evaluación del humedal. Al final del proceso se observó un deterioramiento de las plantas el cual muy posiblemente se debió a la alta carga de cromo y materia orgánica que debió afrontar en los últimos días de evaluación del humedal.

La figura 6 muestra la distribución del cromo en las plantas del humedal que fue sembrado. Se observa como la *Zantedeschia aethiopica* acumula el cromo en su interior, principalmente en la raíz. Sin embargo el incremento de cromo en los tallos, hojas y flor a medida que transcurre el tiempo de exposición a este metal da a entender que esta planta puede ser usada en procesos de bioremediación y bioestabilización para la extracción de dicho metal de fuentes de agua.

## 4. Conclusiones

Para las distintas etapas del humedal se obtuvo una reducción de la carga contaminante del agua, lo cual hace de este tipo de sistemas una posible solución para la remediación de aguas contaminadas con alta carga orgánica y metales pesados. La remoción de materia orgánica por intermedio de los microorganismos presentes en el humedal fue predominante, puesto que no se observó gran diferencia en los parámetros evaluados para el humedal plantado y el control.

Los procesos fitotóxicos del cromo presentes en el efluentes tuvieron impacto negativo sobre el desarrollo de la *Zantedeschia aethiopica* cuando se alimentó el agua sin dilución; pero aun con el daño que sufrieron estas mostraron una gran capacidad

de adaptación en un corto tiempo. Esto se evidenció en el crecimiento de hojas y flores en el periodo de evaluación del mismo. Se considera la *Zantedeschia aethiopica* como una planta adecuada para el proceso de fitorremediación debido a la remoción del Cromo del agua y la fitoestabilización del metal, además de fitoacumulación en sus tallos, hojas y flores.

## Referencias

1. MAVDT. *Guía ambiental para la industria del curtido y preparado de cueros*. 2006 [cited 2014 julio 21]; Available from: <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/DOCS/MEMORIA/MAVDT-0124/MAVDT-0124.pdf>.
2. Floqi, T., D. Vezi, and I. Malollari, *Identification and evaluation of water pollution from Albanian tanneries*. *Desalination*, 2007. 213(1–3): p. 56-64.
3. Nordeste, U.N.d. *Impacto de los residuos de las tenerías sobre el ambiente y la salud humana*. 2007 [cited 2014 22 julio]; Available from: [http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/impacto\\_de\\_los\\_residuos.htm](http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/impacto_de_los_residuos.htm).
4. Calheiros, C.S.C., et al., *Use of constructed wetland systems with *Arundo* and *Sarcocornia* for polishing high salinity tannery wastewater*. *Journal of Environmental Management*, 2012. 95(1): p. 66-71.
5. Calheiros, C.S.C., A.O.S.S. Rangel, and P.M.L. Castro, *Evaluation of different substrates to support the growth of *Typha latifolia* in constructed wetlands treating tannery wastewater over long-term operation*. *Bioresource Technology*, 2008. 99(15): p. 6866-6877.
6. Calheiros, C.S.C., A.O.S.S. Rangel, and P.M.L. Castro, *Treatment of industrial wastewater with two-stage constructed wetlands planted with *Typha latifolia* and *Phragmites australis**. *Bioresource Technology*, 2009. 100 (13): p. 3205-3213.
7. Dotro, G., et al., *Performance of pilot-scale constructed wetlands for secondary treatment of chromium-bearing tannery wastewaters*. *Journal of Hazardous Materials*, 2012. 239–240(0): p. 142-151.
8. Saeed, T., et al., *Treatment of tannery wastewater in a pilot-scale hybrid constructed wetland system in Bangladesh*. *Chemosphere*, 2012. 88(9): p. 1065-1073.
9. Vymazal, J., *The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater*. *Ecological Engineering*, 2009. 35(1): p. 1-17.
10. Oporto, C., et al., *Experimental study and modeling of Cr (VI) removal from wastewater using *Lemna minor**. *Water Research*, 2006. 40(7): p. 1458-1464.
11. Calheiros, C.S.C., A.O.S.S. Rangel, and P.M.L. Castro, *Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater*. *Water Research*, 2007. 41(8): p. 1790-1798.
12. Mant, C., et al., *Studies of removal of chromium by model constructed wetland*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 2005. 22(3): p. 7.
13. González, J.C.T., *Diseño de un humedal para la remoción de CD, AS y CR con plantas de *Typha Latifolia* (Espadaña)*. 2010: P. Guzmán Guzmán.
14. Shardendu, et al., *Phytoremediation of selenium by two helophyte species in subsurface flow constructed wetland*. *Chemosphere*, 2003. 50(8): p. 967-973.
15. González, F.T., et al., *Treatment of swine wastewater with subsurface-flow constructed wetlands in Yucatán, Mexico: Influence of plant species and contact time*. *Water SA*, 2009. 35(3): p. 8.
16. Kemp, M. and D. George, *Subsurface flow constructed wetlands treating municipal wastewater for nitrogen transformation and removal*. *Water Environment Research*, 1996. 69(7): p. 9.
17. Eaton, A.D., et al., *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. 2005: American Public Health Association.