

TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE CON HUMEDALES CONSTRUIDOS: RESULTADOS PRELIMINARES

Gabriela Dotro¹

Ofelia Tujchneider^{2,3}

Marta Paris²

Ana Faggi^{3,4}

Nancy Piovano²

¹ School of Applied Sciences, Cranfield University

² Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral,

³ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad de Flores

g.c.dotro@cranfield.ac.uk

Material original autorizado para su primera publicación en la revista académica
Calidad de Vida UFLO

RESUMEN

Los efluentes de curtiembre son difíciles y costosos de tratar. Los humedales construidos constituyen una alternativa económica para su tratamiento, en particular, para pequeñas y medianas industrias argentinas. A pesar de sus beneficios, los humedales construidos no han sido utilizados con este fin en Argentina hasta la fecha. El presente proyecto de investigación incluye una serie de actividades para adaptar la tecnología a los materiales disponibles en Argentina y su implementación a escala piloto con un efluente real. Este artículo presenta los resultados de los estudios preliminares, a saber: ensayos en laboratorio para seleccionar el sustrato y determinar la tratabilidad del efluente con humedales construidos, y una caracterización hidrogeológica del sitio donde se emplazarán los humedales a escala piloto. Los resultados muestran que tanto la piedra granítica como calcárea evaluadas son aptas para su uso en humedales

construidos. Nueve sistemas a escala de laboratorio fueron operados por 90 días con efluente de la curtiembre, obteniéndose remociones de material orgánica del 60% a pesar de tratar un efluente complejo. El sitio elegido para los humedales piloto presenta condiciones apropiadas desde el punto de vista climático, edáfico e hidrológico. Los resultados obtenidos fueron utilizados para el diseño y construcción de dos humedales a escala piloto, los cuales están siendo evaluados con el fin de determinar la idoneidad de la tecnología para el tratamiento de efluentes de curtiembre con un caso de estudio en Argentina.

Palabras claves: humedales, curtiembres, cromo, efluentes, tratamiento

ABSTRACT

TANNERY EFFLUENTS TREATMENT WITH CONSTRUCTED WETLANDS: PRELIMINARY RESULTS

Tannery effluents are difficult and expensive to treat. Constructed wetlands are an economic alternative for their treatment, especially for small and medium Argentine industries. In spite of their benefits, constructed wetlands have not been used to date in Argentina for this type of application. This research project consists of a series of activities to adapt the technology to the materials available in Argentina, and the implementation of the technology at pilot scale with a real effluent. This article presents the results from preliminary studies, including: laboratory-scale studies to select the appropriate media and determine the treatability of the wastewater with constructed wetlands, and a hydro-geological characterization of the tannery site where the pilot wetlands will be placed. Results showed that both the granitic and the calcareous rocks tested are suitable for their use in constructed wetlands. Nine laboratory-scale systems were operated for 90 days with tannery effluent, achieving organic matter removals of 60% in spite of being fed a complex influent. The selected site for the pilot wetlands has appropriate conditions from a climatic, soil, and hydrological standpoint. The obtained results were used for the design and construction of two pilot scale systems, which are being assessed to determine the suitability of the technology for tannery wastewater treatment using a case study in Argentina.

Keywords: wetlands, tanneries, chromium, effluents, treatment

Introducción

Las curtiembres son industrias importantes en el marco de producción argentino dado que las materias primas están altamente disponibles y los procesos han sido optimizados a través de la práctica histórica del curtido de pieles a nivel nacional. Sin embargo, los efluentes líquidos generados por esta industria son difíciles de tratar ya que contienen altos niveles de materia orgánica, cromo, sólidos disueltos y sulfuros. Los métodos convencionales del tratamiento de los efluentes de curtiembres incluyen pre- tratamientos (tamices, ecualización), tratamiento primario (químico) y secundario (biológico, generalmente por barros activados). Estos últimos tienen un alto costo de capital y de operación y mantenimiento lo cual, junto con las nuevas leyes y estándares ambientales, ha llevado a la industria a buscar nuevos métodos de tratamiento (Rose y colaboradores 1996; Bosnic y colaboradores 2000; Dasgupta 2002).

Los humedales construidos han sido utilizados por más de 30 años para tratar aguas servidas, drenajes ácidos de mina y, más recientemente, efluentes industriales (Kadlec y Wallace 2008). Sus principales ventajas son el costo de inversión relativamente bajo y el escaso mantenimiento necesario en comparación con otras tecnologías de tratamiento biológico. Asimismo, el humedal puede ser construido para que el agua a tratar fluya por gravedad, con lo cual los gastos de operación son mínimos. Por todo ello, los humedales construidos han comenzado a ser utilizados para el tratamiento de efluentes de curtiembre en el Reino Unido e India (Daniels 1998) y más recientemente en Portugal (Calheiros y colaboradores 2007) y Estados Unidos (Dotro y colaboradores 2007, 2009, 2010).

El presente trabajo sintetiza los resultados parciales de un proyecto de investigación subsidiado por la Universidad de Flores, Argentina. Los objetivos del proyecto buscan identificar la manera apropiada para la implementación de los humedales construidos con la materia prima existente en Argentina. La adecuación de la tecnología y su posterior implementación a escala piloto son esenciales para transferir los conocimientos desarrollados en el ámbito científico al sector productivo local. Este es el primer estudio sobre la eficiencia de los humedales construidos para pulir aguas residuales de una curtiembre argentina.

Objetivo General

Evaluar la idoneidad de materiales disponibles localmente en Argentina para su utilización como sustratos en un humedal de flujo subsuperficial para tratar efluentes primarios de una curtiembre local. Asimismo, evaluar las condiciones hidrogeológicas del sitio elegido para la construcción de un humedal piloto a fin de obtener información de base para el monitoreo ambiental ofensivo del sistema a lo largo del tiempo.

Materiales y Métodos

Caracterización del efluente

A fin de caracterizar el efluente, se consultó con personal de la curtiembre ("Curtiembre") y su asesoría ambiental contratada ("Consultora Ambiental") sobre el tipo de tratamiento actual, su frecuencia de uso y eficiencias obtenidas. Asimismo, se hizo un relevamiento visual de las instalaciones y se preparó una descripción escrita de las mismas para ser aprobada por personal de la Curtiembre. El 4 de diciembre de 2008, se tomó una muestra instantánea para su caracterización inicial, previa a la construcción de los mesocosmos.

Durante el periodo 15/12/2008 – 17/2/2009 se tomaron 30 litros de efluente a la salida de la planta del tratamiento primario de manera semanal, por la mañana. El líquido fue trasladado en bidones de 5 litros y analizado dentro de las 2 horas desde su obtención. Se realizaron determinaciones en los laboratorios de la FICH-UNL de acuerdo con Standard Methods (2007) de los siguientes parámetros: demanda química de oxígeno (DQO), cromo total (Cr), hierro total (Fe), y sulfuros (S^{2-}). Asimismo, se tomaron mediciones con equipo portátil para determinar pH, temperatura, y oxígeno disuelto (OD). El análisis estadístico fue realizado con MS Excel 1997.

Estudio con áridos disponibles localmente

Nueve reactores fueron construidos en base a baldes de PVC de 8 litros para la evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes. Los reactores (mesocosmos) fueron alojados en el laboratorio de química ambiental de la FICH-UNL y alimentados con efluente obtenido de la curtiembre obtenido el mismo día, el cual tuvo una variabilidad considerable en cuanto a composición durante el estudio. Para estos sistemas, se evaluaron en triplicado piedras de origen calcáreo y

granítico, como se detalla a continuación: a) granítica de 10 a 20 mm de diámetro, b) calcárea de 9 a 19 mm de diámetro, y c) una mezcla 50-50 de roca granítica y calcárea.

Las piedras fueron obtenidas de un corralón local aprobado por el personal de la Curtiembre y fueron lavadas manualmente previa a su utilización. Los baldes fueron equipados con una canilla en la base para permitir el recambio del efluente y sellados para evitar pérdidas. Cada reactor contenía 7 L de piedras, dejando 1 L de volumen libre entre la superficie de las rocas y el borde del balde.

Se colocó un ejemplar de totora (*Typha latifolia*) en cada mesocosmos, las cuales fueron obtenidas de humedales naturales de la zona. Estas plantas han sido utilizadas con éxito en otros ensayos para el tratamiento de efluente de curtiembre (Dotro y colaboradores 2009) y en humedales construidos en todo el mundo para diversos fines (Kadlec y Wallace 2008). Por lo tanto, su uso promueve la difusión de los resultados con una relevancia a nivel global mientras que se consideran las especies naturalmente abundantes a nivel local.

Cada semana, los reactores fueron vaciados en su totalidad y alimentados con 2,8 litros del efluente fresco, resultando en una carga hidráulica de 1 cm/día. El nivel de agua se mantuvo por debajo el nivel de las piedras (flujo subsuperficial). La Figura 1 muestra el diseño experimental al comienzo del estudio.



Figura 1. Reactores utilizados para la selección de sustrato.

Muestreo y análisis

Se tomaron muestras al inicio y final de cada ciclo durante 60 días, realizándose determinaciones en laboratorio de los siguientes parámetros: demanda química de

oxígeno (DQO), cromo total (Cr), sulfuro (S²⁻), y hierro total (Fe) usando reactivos HACH y siguiendo métodos estandarizados (APHA 2005). Asimismo, se midieron los siguientes parámetros ambientales: pH, temperatura y oxígeno disuelto. Las remociones de contaminantes fueron calculadas como:

$$\% \text{ remoción} = 100 \times \frac{(\text{Conc. Inicial} \times \text{Volumen Inicial} - \text{Conc. Final} \times \text{Volumen Final})}{\text{Concentración Inicial}}$$

El análisis estadístico de la eficiencia de remoción de contaminantes fue realizado por ANOVA univariante con duplicados ($\alpha=0.05$), seguido por la prueba de Tukey, utilizando GraphPad Prism 5.0.

Caracterización de sitio

A fin de diseñar un humedal piloto, los resultados de laboratorio fueron complementados con una caracterización hidrogeológica del sitio donde se emplazará el sistema. Esto consistió en la recolección y análisis de estadísticas climatológicas obtenidas de una estación cercana al predio perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional. Asimismo, se evaluaron distintas fuentes bibliográficas a fin de determinar las regiones edáficas, geomorfología, geología e hidrogeología del sitio. A fin de complementar esto último, se realizaron dos pozos barrenados en el predio industrial a 1 y 3 metros de profundidad, a fin de determinar la granulometría y contenido de cromo actual (nivel de base). Para este último, se enviaron las muestras de suelo obtenidas en el predio al laboratorio del SECEGRIN (Conicet). El contenido de cromo hexavalente (EPA 3060) y cromo total (APHA 2005) fue evaluado en el suelo sin procesar y en lixiviado, respectivamente. Asimismo, se realizó un ensayo de conductividad hidráulica vertical en el sitio seleccionado.

Diseño del humedal piloto

Un humedal con dimensiones de tipo piloto para tratar una porción de los efluentes generados diariamente en la Curtiembre fue diseñado a fin de instalarlo en el sitio seleccionado en el predio industrial. Para el diseño del sistema se siguieron las guías de diseño de Kadlec y Wallace (2008) y Cooper y colaboradores (1996). Dichos métodos se basan en las características del efluente a ser tratado, los límites de descarga, las características del material utilizado en el humedal (suelos, plantas, etc.), y las tasas de remoción de contaminantes observadas en casos similares.

Resultados

Eficiencia de los reactores

El estudio fue realizado durante dos meses. Los parámetros de mayor importancia para la industria son la materia orgánica, los sulfuros, y el cromo. Los resultados obtenidos para la remoción de materia orgánica (medida como DQO) se muestran en la Figura 2, expresados como masa de DQO en cada reactor y el efluente de alimentación. La tasa de remoción promedio de este parámetro fue de 12 g DQO/m²-día, lo cual es similar a las obtenidas en estudios antecedentes con efluente sintético (Dotro y colaboradores 2009) y efluente de curtiembre utilizando otras especies vegetales (Calheiros y colaboradores 2007). Esto indica que, considerando la masa retenida, los sistemas se desempeñaron como era esperado, reteniendo una gran parte de la materia orgánica suministrada a lo largo del estudio. Sin embargo, se detectaron valores de concentración de DQO por encima de lo esperado a la entrada de los sistemas. Esto se traduce en porcentajes de remoción de DQO alrededor del 55% de la materia orgánica entrante, los cuales son menores a lo esperado. No se encontraron diferencias de tipo estadístico ($p > 0.05$) entre los sustratos evaluados con respecto a la remoción de DQO.

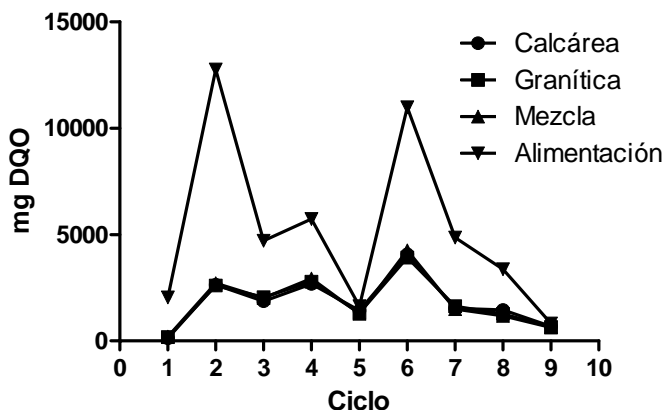


Figura 2. Contenido de DQO en reactores experimentales y en la alimentación (efluente industrial).

Si bien la eficiencia de los mesocosmos, aún expresada como porcentaje, es significativa, es claro que el sistema de tratamientos aquí propuesto debería ser optimizado. Es decir, para alcanzar los niveles de DQO a la salida del humedal planeados en primera instancia partiendo del efluente que es generado en la actualidad, el humedal debería estar produciendo reducciones porcentuales del 65-70%. Cabe destacar que de mantenerse la calidad actual del efluente actual, el humedal estaría actuando como tratamiento secundario y no terciario o de pulido como fuera planeado al inicio del proyecto. Por lo tanto, este cambio deberá ser considerado al diseñarse el humedal piloto, plantearse sus objetivos, y reconocer sus limitaciones.

La Tabla 1 muestra los valores promedio para cada parámetro y cada tratamiento (sustrato). El alto contenido de sulfatos sumado a la baja o inexistente concentración de oxígeno disuelto en la alimentación, favoreció la formación de sulfuros en cada uno de los sistemas. El contenido de sulfato, sin embargo, aumentó a la salida de los mesocosmos en algunas ocasiones. Esto sugiere que el sulfato no sólo se encontraría en un estado soluble o detectable sin pretratamiento de la muestra, sino posiblemente asociado a otros compuestos presentes en el efluente industrial susceptibles a la degradación biológica.

Por último, se encontró un bajo contenido de cromo a la entrada de los sistemas durante el estudio (Tabla 1). Cabe destacar que la curtiembre cuenta con tratamiento primario, y pre-tratamiento químico a fin de minimizar los contenidos de cromo y sulfuros en el efluente. Del escaso cromo que ingresó a los

mesocosmos, una cantidad despreciable fue hallada a la salida de cualquiera de los tratamientos. Esto refuerza la importancia que puede tener este tipo de sistemas para pulir el efluente de curtiembre.

Tabla 1. Resumen de Calidad de Aguas a la Entrada y Salida de los Humedales Construidos. Los valores en paréntesis representan la desviación estándar.

Parámetro	Calcárea	Granítica	Mezcla	Alimentación
pH	7.6 (0.18)	7.6 (0.29)	7.6 (0.23)	6.9 (0.45)
Temperatura (C)	28.9 (1.37)	28.7 (1.33)	27.6 (2.94)	27 (2.21)
DQO (mg)	1834 (1170)	1826 (1152)	1858 (1265)	5210 (4130)
S ²⁻ (mg)	61 (41.69)	50 (35.98)	53 (36.20)	4 (4.3)
Cr (mg)	0.12 (0.02)	0.15 (0.06)	0.21 (0.06)	0.6 (1.08)
Fe (mg)	1.38 (0.84)	1.35 (0.79)	1.44 (0.83)	9.83 (4.55)

El alto contenido de materia orgánica sumada a la baja o inexistente concentración de oxígeno disuelto en la alimentación, favoreció la formación de sulfuros en cada uno de los sistemas. Por último, se encontró un bajo contenido de cromo a la entrada de los sistemas durante el estudio. Del escaso cromo que ingresó a los humedales, una cantidad despreciable fue hallada a la salida de cualquiera de los tratamientos. Esto refuerza la importancia que puede tener este tipo de sistemas para pulir el efluente de curtiembre.

En síntesis, los resultados obtenidos en este ensayo demuestran la alta eficiencia que pueden tener los humedales construidos para remoción de materia orgánica y cromo con los materiales disponibles localmente, a la vez que ponen de manifiesto la importancia de un tratamiento previo adecuado para minimizar las limitaciones de la tecnología respecto a tasas de remoción de contaminantes.

Caracterización de sitio

El clima en el sitio elegido es considerado aceptable, con una precipitación anual promedio en el orden de los 900 mm y temperaturas medias mensuales de 20C y 10 a 15 C en los meses de noviembre a marzo y junio a agosto, respectivamente. La humedad relativa alcanza sus valores máximos de abril a julio (80 %) y los menores (70%) de noviembre a enero y la heliofanía relativa se presenta en los meses de primavera y verano, superando el 55 %. Los máximos valores de velocidad de viento se consignan de julio a noviembre (más de 12 km/h), y los menores se registran de diciembre a abril. La dirección predominante corresponde al cuadrante S-E y N-E. Todas estas características son de fundamental importancia tanto para el diseño del humedal como para su manejo.

De particular importancia para el diseño del humedal piloto son los suelos e hidrogeología de la zona. Los suelos son muy desarrollados con pobre nivel de materia orgánica (1,5 a 2%), con una elevada proporción de limo en sus horizontes superiores y de arcilla en su parte inferior. Esto puede resultar en encharcamientos temporarios, con lo cual es fundamental una buena aislación del humedal piloto respecto de los suelos en el predio.

En función del diseño previsto para el humedal piloto (profundidad 1m), a mediados de diciembre de 2008 se realizaron dos pozos barrenados de 1 y 3m de profundidad, para obtener muestras de suelo en distintos horizontes. Los barrenos realizados hasta una profundidad de 3 m no hallaron presencia de aguas subterráneas. Las Tablas 2 y 3 muestran los resultados de las muestras integradas en cada pozo.

Tabla 2. Resultados de las muestras en pozo barrenado a 1 m de profundidad.

Profundidad (m)	Muestra	Observaciones
0,00 – 0,30	G1	Suelo
0,30 – 0,80	G2	Limo arcilloso oscuro
0,80 – 1,00	G3	Limo arcilloso claro con mayor plasticidad

Tabla 3. Resultados de las muestras en pozo barrenado a 3 m de profundidad.

Profundidad (m)	Muestra	Observaciones
1,00 – 1,50	G4	Limo muy arenoso claro bastante suelto
1,50 – 2,50	G5	Limo muy arenoso claro más oscuro y húmedo
2,50 – 3,10	G6	Idem anterior con algunas concreciones blancas

Se seleccionaron dos muestras para su análisis granulométrico: la G2 y la G5. La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos en el Laboratorio de Sedimentología de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (Universidad Nacional del Litoral), de dichas muestras.

Duplicados de las muestras G1 y G2 (rotuladas M1 y M2) fueron enviadas al SECEGRIN para la determinación de la concentración de cromo previo a la construcción del humedal. La determinación de cromo total en lixiviados arrojó valores por debajo de los límites de cuantificación (0,06 mg/L) y de detección (0,02 mg/L). Asimismo, no se encontró cromo hexavalente en los suelos analizados, siendo los límites de cuantificación y detección 1,2 ug/g y 0,4 ug/g, respectivamente.

Tabla 4 Resultado de los análisis granulométricos

Código muestra: G 2
Peso muestra total (gr): 2000
Peso alícuota (gr): 50.1
Fecha: 22/12/2008
Tipo: volumétrico

Código muestra: G 5
Peso muestra total (gr): 2000
Peso alícuota (gr): 49.9
Fecha: 22/12/2008
Tipo: volumétrico

% más fino	Diámetro Phi	Diámetro (mm)
100.00	-10	1024
100.00	-9	512
100.00	-8	256
100.00	-7	128
100.00	-6	64
100.00	-5	32
100.00	-4	16
100.00	-3	8
100.00	-2.25	4.76
100.00	-1	2
100.00	0	1
100.00	1	0.5
100.00	2	0.25
100.00	3	0.125
100.00	4	0.0625
100.00	4.68	0.0390
97.12	5.14	0.0285
93.65	5.41	0.0235
89.03	5.60	0.0206
79.78	6.05	0.0150
74.00	6.55	0.0107
71.68	6.97	0.0080
68.22	7.46	0.0057
65.90	7.95	0.0041
61.28	8.66	0.0025
58.16	9.61	0.0013
58.16	9.75	0.0012
55.84	10.32	0.0008

% más fino	Diámetro Phi	Diámetro (mm)
100.00	-10	1024
100.00	-9	512
100.00	-8	256
100.00	-7	128
100.00	-6	64
100.00	-5	32
100.00	-4	16
100.00	-3	8
100.00	-2.25	4.76
100.00	-1	2
100.00	0	1
100.00	1	0.5
100.00	2	0.25
100.00	3	0.125
100.00	4	0.0625
100.00	4.60	0.0412
78.32	5.05	0.0301
71.61	5.32	0.0251
68.25	5.52	0.0218
57.06	5.97	0.0160
50.35	6.44	0.0115
46.99	6.88	0.0085
41.40	7.36	0.0061
36.92	7.84	0.0043
33.57	8.55	0.0027
30.54	9.50	0.0014
29.43	9.65	0.0012
29.43	10.23	0.0008

En función de los mismos se señala que, para la muestra G2:

- el 100% de la muestra corresponde a sedimentos finos (pasa el tamiz #200 = 0,075 mm de abertura de malla)

- el porcentaje de muestra con un diámetro de partícula inferior 0,004 mm (límite entre arcillas y limos) es superior al 60 %. Es decir, más del 60 % de los sedimentos de la muestra corresponde a arcillas.

Asimismo, para la muestra G5, se observa:

- el 100% de la muestra corresponde a sedimentos finos (pasa el tamiz #200 = 0,075 mm de abertura de malla)
- el porcentaje de muestra con un diámetro de partícula inferior 0,004 mm (límite entre arcillas y limos) es aproximadamente 35 %.
- En este caso, el 65% de los sedimentos corresponden a limos y el 35% a arcillas.

De acuerdo a lo expresado precedentemente, la conductividad hidráulica vertical es el orden de $1 \cdot 10^{-6}$ cm/s. Sin embargo, a pesar que el valor obtenido para este parámetro se pueda asociar a infiltración baja con lenta velocidad de circulación del agua en el medio poroso, se señala que en función de las condiciones de humedad, enraizamiento de la vegetación, fallas en el sistema de impermeabilización, ascenso del nivel de agua, etc., pueden generarse vías preferenciales de ingreso de fluidos al subsuelo, por lo que se enfatiza en la necesidad de mantener una regular vigilancia e inspección de la obra (a cualquier escala). La adopción de un monitoreo ambiental de tipo ofensivo (Foster y colaboradores 2003) diseñado sobre la base del conocimiento de las particularidades hidrogeológicas y el comportamiento hidrodinámico del sistema acuífero a escala local y su relación con los cuerpos superficiales del predio (Paris y colaboradores 2006), proporcionará una visión holística ambiental necesaria para la correcta implementación de la tecnología en la industria.

Diseño del humedal piloto

En base a los resultados obtenidos, el equipo de investigación ha modificado el diseño del humedal piloto originalmente planeado de la siguiente forma:

1) Se realizará una pileta de 3 m x 3 m x 1 m (profundidad) utilizando piedra granítica como sustrato y dividida en el medio, a fin de proporcionar dos unidades idénticas para la comparación a mayor escala de variables de interés. Ambas unidades serán plantadas con totoras.

2) El Humedal Piloto 1 (HP1) será operado con la misma carga orgánica diaria que lo que fuera ensayado en laboratorio (mesocosmos). Esto se hará a fines de

corroborar las tasas de remoción de materia orgánica observadas en laboratorio. Se reducirá el tiempo de residencia a fin de minimizar la generación de sulfuros a partir de sulfatos en el efluente.

3) El Humedal Piloto 2 (HP2) será operado a una mayor carga orgánica diaria que lo ensayado en laboratorio. Esto tendrá por fin determinar si es posible optimizar la operación de los sistemas utilizando una menor área por litro de efluente tratado.

Asimismo, y teniendo en cuenta las tasas de remoción de contaminantes obtenidas durante el trabajo de laboratorio y el estudio con el sistema piloto, se hará un análisis económico unidades de tratamiento complementarias. El objetivo de dicha evaluación será llevar el efluente a los valores de vertido deseados con el terreno disponible, mediante la combinación del tren de tratamiento existente, un humedal a escala real, y minimizar la inversión económica a mediano y largo plazo de la Curtiembre.

Conclusiones y Recomendaciones

Los humedales de laboratorio en este estudio fueron altamente efectivos en la remoción de materia orgánica, sin hallarse diferencias significativas entre los materiales evaluados. Sin embargo, se detectó una considerable generación de sulfuros a la salida de los reactores, la cual se atribuye al tiempo de residencia extendido que se utilizó en este experimento. En base a estos resultados, se recomienda el uso de las rocas evaluadas en este estudio junto con la reducción del tiempo de residencia en futuros sistemas a escala de laboratorio y/o piloto. El sitio elegido presenta condiciones aceptables para instalar el piloto, siempre y cuando se provea aislación suficiente entre el humedal y los suelos para prevenir la infiltración de aguas residuales. Esta investigación es la primera de este tipo en una serie de actividades planeadas en el marco de un proyecto de investigación cuyo fin es la optimización del tratamiento de efluentes de curtiembre utilizando humedales construidos, contribuyendo a la sustentabilidad de la actividad.

Bibliografía

[1] APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st Ed. Washington, DC. USA.

- [2] Bosnic M., Buljan J., Daniels R. P. (2000) Pollutants in Tannery Effluents, US/RAS/92/120; United Nations Industrial Development Organization, Regional Program for Pollution Control in the Tanning Industry in South-East Asia. Viena, Austria.
- [3] Calheiros C., Rangel A., Castro P. (2007). Constructed wetland systems vegetated with different plants applied to the treatment of tannery wastewater. *Wat. Res.*, 41 (8): 1790-1798.
- [4] Cooper P., Job G., Green M., Shutes R. (1996). Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, WRc plc, Swindon, UK.
- [5] Daniels R. (1998). Quantifying reed bed performance in India. *World Leather*, November, 55.
- [6] Dasgupta S. (2002). Chrome free tannages: Part 1. Preliminary studies. *J. Soc. Leather Technol. Chem.*, 86(5), pp. 188-194.
- [7] Dotro G., Larsen D., Palazolo P. (2010). Treatment of chromium-bearing wastewaters with constructed wetlands. *Wat. Env. J.*, doi:10.1111/j.1747-6593.2010.00216.x
- [8] Dotro G., Palazolo P., Larsen D. (2009). Chromium fate in constructed wetlands treating tannery wastewaters. *Wat. Environ. Res.*, 81(6): 617-625.
- [9] Dotro G., Palazolo P., Larsen D. (2007). Comparación de diseños de humedales para el tratamiento de aguas con cromo. *Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 99: 86-90.
- [10] Foster S., R. Hirata, D. Gomes, M. D'Elia y M. Paris. (2003). Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. GW-MATE. Banco Mundial. Mundi prensa, España. 117pp.
- [11] Kadlec R., Wallace, S. (2008). Treatment Wetlands. CRC Lewis Publishers, Florida, USA.

[12] Paris M., D'Elía M., Perez M., Tujchneider O. (2006). Groundwater resources assessment at local scale and industrial effluents wetland monitoring. En: Sustainability of Groundwater Resources and Its Indicators. Bruce Webb (Ed). International Association of Hydrological Sciences. Red Book. (302), pp. 184-193.

[13] Rose P. D., Maart B. A., Dunn K. M., Rowswell R. A., Britz P. (1996). High rate algal oxidation ponding for the treatment of tannery effluents. *Water Sci. and Technol.*, 33(7): 219-227.

Para citar este artículo:

Dotro, Gabriela - Tujchneider, Ofelia - Paris, Marta - Faggi, A - Piovano, Nancy (24-08-2010). TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE CURTIEMBRE CON HUMEDALES CONSTRUIDOS: RESULTADOS PRELIMINARES.

Calidad de Vida UFLO - Universidad de Flores

Año I, Número 4, V1, pp.77-92

1850-6216

URL del Documento : cienciared.com.ar/ra/doc.php?n=1297

URL de la Revista : cienciared.com.ar/ra/revista.php?wid=41