

# ESTUDIO DE COMPARACIÓN DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS UTILIZANDO LENTEJAS Y BUCHÓN DE AGUA EN HUMEDALES ARTIFICIALES

• Juan Pablo Rodríguez-Miranda • Esteban Gómez • Laura Garavito •  
• Francy López •  
*Universidad Manuela Beltrán, Colombia*

## Resumen

El estudio de comparación del tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando sistemas naturales como los humedales artificiales presenta resultados de remoción de materia orgánica ( $DBO_5$ ) de entre 70 y 86% al utilizar el buchón de agua, y de 58% cuando se utiliza lenteja de agua. El sistema de humedales artificiales se comporta hidráulicamente como un modelo de flujo pistón, sin distinción del tipo de planta acuática que se use. Durante la experimentación se observó que cuando se utilizó la lenteja de agua en el humedal artificial, ésta le aportó al agua elementos característicos de la planta que aumentan el pH ( $> 11$ ) en el agua efluente; mientras que con el buchón de agua, los valores de pH del agua están en el rango de 6 a 8.0, favoreciendo la estabilización de la materia orgánica dentro del sistema biológico.

**Palabras clave:** humedales,  $DBO_5$ , agua residual, *Eichhornia*, *Lemna*.

## Introducción

La creciente contaminación de las fuentes de agua ha puesto en riesgo la salud humana y la de los ecosistemas. Esto nos lleva a buscar mecanismos que contrarresten esta situación; una solución es el reúso del agua contaminada. Para esto existen formas de tratamiento como las conocidas plantas de tratamiento para aguas residuales (PTAR), las cuales garantizan la obtención del líquido sin ningún tipo de contaminante listo para potabilizar; el problema radica en los costos que tienen dichas plantas. Por esta razón, a diario se busca otro tipo de sistemas que cumplan la misma función de una PTAR, pero con un menor gasto energético y económico.

Otros sistemas son los tratamientos acuáticos mediante humedales artificiales; sistemas que imitan la naturaleza (en terrenos húmedos o artificiales), y que consisten en canales paralelos con la superficie de agua expuesta a la atmósfera y el fondo, constituido por un medio granular en grava de diferentes diámetros, relativamente impermeable, con barreras de vegetación que

emergen y con niveles de agua poco profundos. En ellos se da una interacción entre plantas, medio de soporte, bacterias y agua, de tal forma que los contaminantes son degradados a través de diversos procesos fisicoquímicos y biológicos.

El presente artículo expone los resultados obtenidos en el tratamiento de las aguas residuales domésticas mediante dos humedales artificiales de flujo superficial o flujo libre (avances obtenidos en las etapas de diseño, construcción, arranque y estabilización), y el análisis de los rendimientos (remoción de contaminantes) que estos sistemas tienen con dos tipos de plantas tolerantes a las condiciones en que se encuentra el medio, como el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*).

## Materiales y métodos

### Reactores

Para el desarrollo de la experimentación se diseñaron y construyeron dos reactores de humedales artificiales para cada una de las

especies acuáticas que lo contienen. El sistema se alimenta de una mezcla de agua residual doméstica, industrial e institucional (figura 1), la cual es transportada a un tanque de 30 l (un tanque individual por humedal); se distribuye mediante una tubería de  $\frac{1}{2}$  pulgada en PVC; luego, el agua residual sin tratar llega a una cámara presedimentadora de sólidos de gran tamaño; de ahí, el agua pasa por un vertedero rectangular, para hacer la medición del caudal de entrada y, posteriormente, entra a las dos cámaras del humedal artificial, donde se instalan las plantas acuáticas (Garavito *et al.*, 2008).

El efluente llega a un tanque sedimentador posterior, donde se realiza la toma del agua tratada y después se vierte a un cuerpo de agua cercano.

El primer reactor (figura 2), en el cual se instaló el buchón de agua, tiene un largo de 1.20 m y una ancho de 0.40 m, con profundidad de 0.60 m (seleccionado de acuerdo con las raíces de las plantas), altura del medio de soporte de 0.15 m (incluye grava de 1 pulgada de diámetro), caudal de alimentación de 30 l/día, tiempo de retención de siete días, área superficial de 0.48 m<sup>2</sup>, carga orgánica de 114.4 kg/ha día, y carga hidráulica de 62.5 l/día m<sup>2</sup> (Garavito *et al.*, 2008).

El segundo reactor (figura 3), en el cual se instaló la lenteja de agua, posee un largo 0.90



Figura 1. Lugar de la toma de muestra del agua residual doméstica.

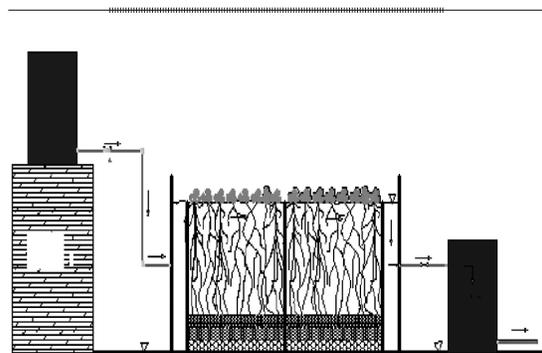


Figura 2. Reactor de humedal artificial utilizando buchón de agua.

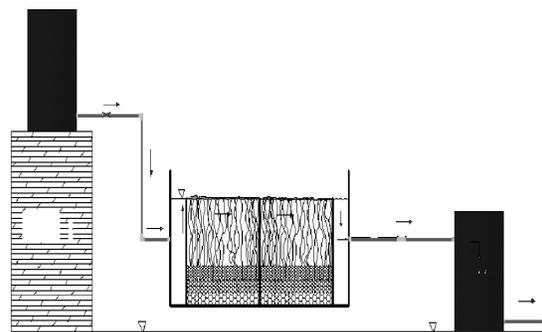


Figura 3. Reactor de humedal artificial utilizando lenteja de agua.

m, un ancho de 0.30 m y profundidad de 0.40 m (de acuerdo con el crecimiento de las raíces de la planta); altura del medio de soporte de 0.15 m (incluye grava de de 1 pulgada de diámetro), caudal de alimentación de 30 l/día, tiempo de retención de tres días, área superficial de 0.27 m<sup>2</sup>, carga orgánica de 203.3 kg/ha día y carga hidráulica de 110 l/día m<sup>2</sup> (Garavito *et al.*, 2008).

#### Parámetros de calidad del agua

La toma de muestras se hizo con una frecuencia diaria durante las ocho semanas de operación del sistema (del 18 de febrero al 11 de abril de 2008). El muestreo consistió en

la toma de muestras compuestas a la entrada y salida de los dos reactores, utilizando recipientes de vidrio de 2 000 ml, preservadas antes del análisis en refrigerador a 4 °C, cumpliendo los parámetros estipulados en el estándar método de APHA (APHA, 1998). Los parámetros a monitorear en el seguimiento de los reactores son los que se tienen en los cuadros 1 y 2.

#### *Tipos de humedales artificiales*

El humedal artificial instalado para realizar la experimentación corresponde a un sistema de agua superficial libre (SASL). Estos sistemas consisten típicamente de estanques o canales con alguna clase de barrera subterránea para prevenir la filtración, suelo u otro medio conveniente, a fin de soportar la vegetación emergente, y agua en una profundidad

Cuadro 1. Parámetros para el monitoreo.

| Parámetros        | Método de análisis                   |
|-------------------|--------------------------------------|
| Alcalinidad total | Potenciómetro o indicador ácido-base |
| Conductividad     | Conductímetro                        |
| Sólidos disueltos | Conductímetro                        |
| DQO               | Titulométrico de reflujos cerrado    |
| pH                | pH metro                             |
| Temperatura       | pH metro                             |

Cuadro 2. Característica del agua residual cruda o afluyente.

| Parámetros                                  | Resultados afluyente |
|---|----------------------|
| Alcalinidad total (mg/l CaCO <sub>3</sub> ) | 13 ± 7.0             |
| Conductividad (µsiemens/cm)                 | 58.45 ± 36           |
| Sólidos disueltos (mg/l)                    | 7.3 ± 1.5            |
| DQO (mg/l)                                  | 456.7 ± 354.8        |
| DBO <sub>5</sub> (mg/l)                     | 182.6 ± 142          |
| pH  | 6.7 ± 0.53           |
| Temperatura                                 | 15 ± 2.0             |

relativamente baja (de 0.1 a 0.6 m) que atraviesa la unidad (Rodríguez-Pérez de Agreda, 2003a). La profundidad baja del agua, la velocidad baja del flujo, y la presencia de tallos de planta y residuos regulan el flujo del agua. Se aplica agua residual pretratada a estos sistemas y el tratamiento ocurre cuando el flujo de agua atraviesa lentamente el tallo y la raíz de la vegetación emergente; también es importante señalar que el rango de temperatura del agua es de 5 a 20 °C, y presenta un nivel de tratamiento sin excepciones en climas fríos (Reed y Brown, 1991).

Otros tipos de humedales artificiales son los llamados sistemas de flujo bajo la superficie (SFBS). Estos sistemas son similares a los filtros horizontales por goteo en las plantas de tratamiento convencionales. Se caracterizan por el crecimiento de plantas emergentes usando el suelo, grava o piedras como sustrato de crecimiento en el lecho del canal. Dentro del lecho, los microbios facultativos atacan al medio y las raíces de las plantas, contactando de este modo el agua residual que fluye horizontalmente a través del lecho; mientras que el sobrante baja a la superficie del medio (Reed y Brown, 1991). Estos sistemas de flujo bajo superficie son diseñados con el propósito de obtener niveles de tratamiento secundarios; son llamados “la zona de raíces” o “filtros de piedras de junco y caña”, desarrollados en Alemania Oriental.

#### *Características de las plantas acuáticas seleccionadas*

Este tipo de plantas se encuentra sobre el agua, manteniendo sus raíces sumergidas, sin estar fijadas a un soporte; a este tipo pertenecen las que aparecen en el cuadro 3.

Las plantas juegan un papel fundamental en estos sistemas, siendo sus principales funciones (Rodríguez-Pérez de Agreda, 2003b):

- Airear el sistema radicular y facilitar oxígeno a los microorganismos que viven en la rizosfera.

- Absorción de nutrientes (nitrógeno y fósforo).
- Eliminación de contaminantes, asimilándolos directamente en sus tejidos.
- Filtración de los sólidos a través del entramado que forma su sistema radicular.

Se denomina lenteja de agua (figura 4) a la familia de las lemnaceas, grupo de plantas acuáticas flotantes, que tiene una de las tasas de crecimiento más altas en el mundo. Se sabe que las lemnaceas crecen en amplio rango de condiciones ambientales; asimismo, que soportan grandes cambios de temperatura, pH y concentración de nutrientes (Brix, 1994). No presentan un tallo separado de las hojas, sino que poseen una fusión de ambos llamada fronda, con tamaños que varían de 0.1 a 2 cm de diámetro, que forma el material flotante de la planta y hace que ésta se extienda sobre la superficie del agua.

La tasa de reproducción relativa de la lenteja de agua puede estar entre 0.1 y 0.5  $d^{-1}$ , lo cual significa que en condiciones ideales puede doblar su biomasa en dos días. En comparación con plantas más grandes en tamaño, que absorben nutrientes únicamente por la raíz, la lenteja de agua toma los nutrientes a través del lado inferior de la fronda y de las raíces (EPA, 2000a).

El buchón de agua o *Eichhornia crassipes* (figura 5) es una planta acuática considerada como maleza por su rápida propagación y alta tasa de producción de biomasa; tiene la capacidad de absorber nutrientes (N, P, Ca, K, etcétera) de los cuerpos de agua, los cuales normalmente se pierden. Esta característica sugiere posible recuperación y uso como enmienda orgánica (EPA, 1998b).

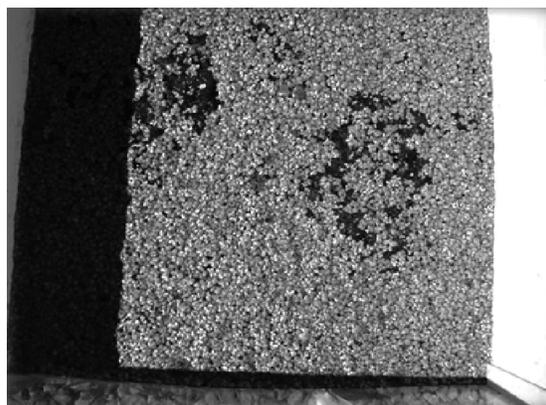


Figura 4. Fotografía de la *Lemna minor* en el reactor de humedal artificial.

## Resultados y discusión

La experimentación de los humedales artificiales utilizando buchón y lenteja de agua para la remoción de los parámetros antes mencionados presenta las siguientes consideraciones.

### Análisis estadístico de datos

Los datos recolectados durante la experimentación, y especialmente en los parámetros de la DQO y  $DBO_5$  para afluente y efluente (en ambos humedales), se sometieron a un análisis estadístico mediante una herramienta SPSS, como medio para encontrar el efecto de estas variables en el sistema de humedales artificiales, el cual presentó los resultados que se muestran en el cuadro 4.

De acuerdo con el cuadro 4, con un nivel de significancia del 5%, se puede afirmar que los datos presentan diferencias o variabilidad en las concentraciones de  $DBO_5$ , lo que quiere decir que estadísticamente algunos de los

Cuadro 3. Especies utilizadas en los humedales artificiales.

| Familia        | Especie        | Género     | Nombre común   |
|----------------|----------------|------------|----------------|
| Eichhorniaceae | Pontederiaceas | Eichhornia | Buchón de agua |
| Lemnaceae      | Lemnáceas      | Lemna      | Lenteja        |



Figura 5. Fotografía de la *Eichhornia crassipes* en el reactor de humedal artificial.

dos humedales artificiales evaluados son más eficientes.

#### *Análisis del comportamiento de los humedales como reactor de mezcla completa o flujo pistón*

Unas de las consideraciones especiales de la experimentación es conocer el régimen de flujo presentado en los reactores de humedales en cada una de las plantas acuáticas instaladas, para lo cual se presenta la determinación de la constante cinética para el humedal artificial cuando se utilizó la lenteja del agua (ver cuadro 5).

De acuerdo con el cuadro 5, se observa que el humedal artificial, cuando se opera utilizando lenteja de agua, se comporta mejor como un reactor flujo pistón en términos de la remoción de la materia orgánica, dado que estadísticamente los datos son homogéneos y confiables con este modelo, sin dejar de lado el comportamiento sinusoidal que presenta en la fase de estado estable (figura 6) los valores de  $DBO_5$  y DQO efluentes (presenta errores estadísticos inferiores al 5% de valores reales y simulados), lo cual supone que el fenómeno de remoción de la materia orgánica en este humedal corresponde con un modelo de flujo pistón; esto, debido a la alta posibilidad de las partículas de viajar a través del reactor sin retromezclarse; por consiguiente, se descargan en la misma secuencia u orden en que entran al reactor, influenciado en gran manera por el movimiento de la masa de agua a través las raíces de la lenteja dentro del reactor.

Para el humedal artificial que contiene buchón de agua, se expone lo que se presenta en el cuadro 6.

De acuerdo con el cuadro 6, se observa que al igual que el humedal con lenteja, el operado con buchón también en su modelo hidráulico corresponde con un reactor de flujo pistón (flujo preferencial). En la figura 7 se presenta la condición de estado estable al final del tiempo de operación, lo cual presenta una correlación

Cuadro 4. Análisis de varianza ANOVA.

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | Razón F |
|---------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------|
| Datos $DBO_5$       | 373 571.02        | 2                  | 186 785.51     | 21.54   |
| Error               | 1 023 183.62      | 118                | 8 671.05       |         |
| Total               | 1 396 754.63      | 120                |                |         |

Cuadro 5. Constantes cinéticas para el humedal con lenteja.

| Aspectos                         | Mezcla completa | Flujo pistón |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Constante cinética ( $d^{-1}$ )  | 0.46            | 0.28         |
| Desviación estándar ( $d^{-1}$ ) | 0.1421          | 0.0595       |
| Coefficiente de variación (%)    | 30.86           | 20.94        |

significativamente alta entre el valor real del efluente y el simulado.

Los resultados anteriores exponen que el flujo pistón (ambos reactores) presenta una variación considerable del gradiente de remoción de sustrato con el sentido longitudinal, el cual se asocia con el tiempo de tránsito y, por ello, la biotransformación de los contaminantes, dado que el ambiente interno del humedal varía con el paso del elemento del fluido (Avsar *et al.*, 2007), sin dejar de lado que la relación largo y ancho (3:1) es aceptable en la influencia del flujo pistón en los humedales, así como el efecto de vencer la resistencia al paso del flujo por la vegetación presente (Llagas *et al.*, 2006).

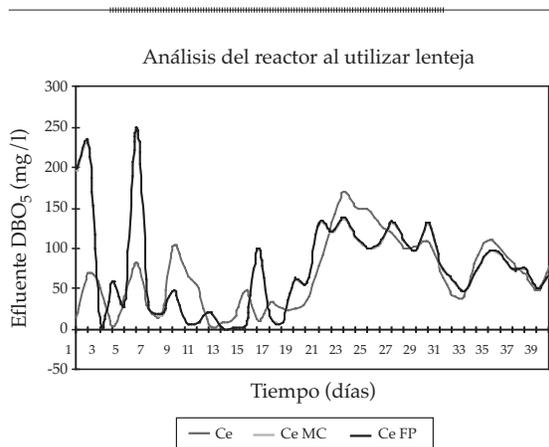


Figura 6. Análisis del efluente para el reactor de humedal artificial operando con lenteja de agua.

Cuadro 6. Constantes cinéticas para el humedal con buchón de agua.

| Aspectos                         | Mezcla completa | Flujo pistón |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Constante cinética ( $d^{-1}$ )  | 0.52            | 0.22         |
| Desviación estándar ( $d^{-1}$ ) | 0.1439          | 0.0332       |
| Coefficiente de variación (%)    | 27.50           | 15.37        |

### Comportamiento de los humedales en la remoción de contaminantes

El comportamiento de los humedales artificiales en la remoción de contaminantes del agua residual problema es el siguiente.

En la figura 8 se observa que el comportamiento de la  $DBO_5$  en los humedales artificiales presenta la consideración de que la  $DBO_5$  afluente es muy variable en el tiempo, con picos máximos y mínimos correspondientes a eventos climatológicos de la zona. En términos de la  $DBO_5$  efluente, se observa que el buchón presenta una mejor adaptación (dentro del humedal) que la lenteja; esto se evidencia en la alta remoción de la materia orgánica en el sistema. Por otro lado, se observa que la cámara presedimentadora influye en la eliminación de la  $DBO$  particulada debido al fenómeno de sedimentación y de la filtración en la primera sección del humedal por la influencia de la grava y raíces de las plantas; además, la bioconversión del sustrato en los humedales es de forma aerobia en los microcitos de las superficies de las raíces de la plantas y, desde luego, es influyente por la temperatura del agua en el sistema (Ciria, 2005).

Por otro lado, se observa un comportamiento sinusoidal de la  $DBO_5$  durante las primeras semanas en el afluente, presentando valores

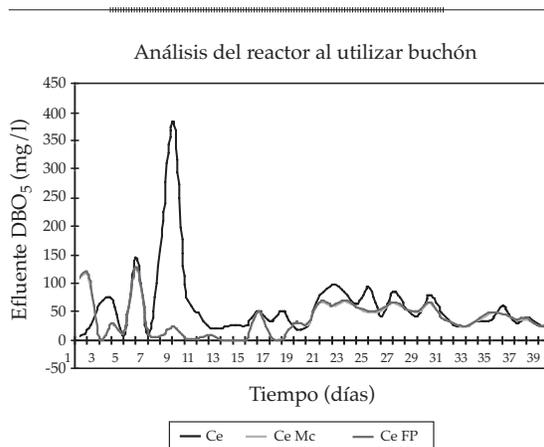


Figura 7. Análisis del efluente para el reactor de humedal artificial operando con buchón de agua.

por debajo de los efluentes, lo que indica un aporte de materia orgánica debido a la estabilización del sistema y al aporte inicial que hacen las plantas durante el proceso de adaptación. A partir de la semana cinco, el sistema entra en etapa de estabilización, evidenciando así remociones superiores al 70% para el reactor con buchón de agua y superiores al 50% para el reactor con lenteja de agua, que son objeto de la influencia del tiempo de retención hidráulico de cada reactor, ya que internamente el reactor presenta un paso del elemento del fluido muy corto, lo cual genera, en el caso de la lenteja, que pierda eficiencia de funcionamiento metabólico, por ello la baja eficacia de la bioconversión del sustrato en el tiempo de muestreo (Jin-Cheng *et al.*, 2008); adicional a lo anterior, otros autores exponen que la capacidad de remoción de la materia orgánica como DBO en un humedal de flujo libre es función del pretratamiento que le anteceda (Andersson *et al.*, 2007), como es el caso de la cámara presedimentadora del sistema.

En la figura 9 se observa un comportamiento del DQO similar a los datos reportados en el análisis de la DBO<sub>5</sub>.

En la figura 10 se observa el comportamiento presentado por los SDT (sólidos disueltos totales) durante la fase de operación del sistema. Los reactores actuaron como sedimentadores desde el inicio de operación,

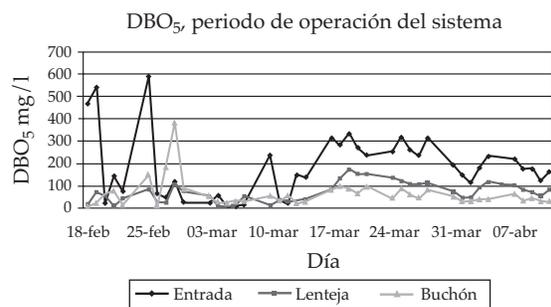


Figura 8. Comportamiento de la DBO<sub>5</sub> en los humedales artificiales.

reduciendo notablemente los sólidos en los efluentes, siendo mayor la reducción en el reactor del buchón debido a que este tipo planta tiene un sistema radicular más denso, que retiene sólidos en mayor proporción que el sistema radicular de la lenteja; además, lo anterior es fundamentado en el proceso de absorción, debido a la presencia de reacciones de adsorción y precipitación, sin dejar de lado que esta forma de absorción representa una manera fuerte y más permanente de un intercambio iónico dentro del sistema (Llagas *et al.*, 2006).

En la figura 11 se observa el comportamiento presentado por la conductividad en los reactores, en los cuales se identifica una variabilidad (debido a la dinámica del cuerpo de agua contaminado) en los valores del afluente y aporte de conductividad de la lenteja en los

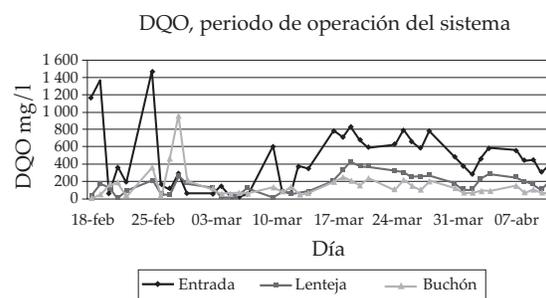


Figura 9. Comportamiento de la DQO en los humedales artificiales.

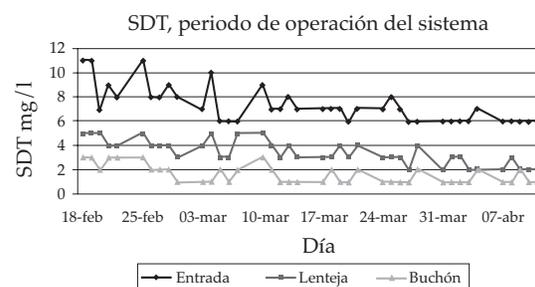


Figura 10. Comportamiento de los sólidos disueltos totales en los humedales artificiales.

valores del efluente, lo cual no ocurre con el buchón.

En la figura 12 se muestran los resultados obtenidos para pH durante el periodo de operación del sistema; en el agua residual afluyente se registran valores tendientes a la neutralidad, al igual que en el efluente del reactor con buchón de agua, lo cual no muestra cambio relevante en el paso del agua por el sistema, pero sí de la presencia del nitrógeno amoniacal de forma ionizada (no volátil), aumentando de esta forma los SDT. Por otra parte, se puede observar el aumento de pH (mayor que 8.5) en el reactor de la lenteja, generando una volatilización del amoníaco que puede dar lugar a una posible remoción del nitrógeno (Llagas *et al.*, 2006). También es importante señalar que, usualmente, al operar un sistema de humedal artificial, se puede encontrar un afluyente con concentraciones predominantemente altas de pH y conductividad (Mainea *et al.*, 2007), lo cual indica que es un buen sistema de remoción de estos parámetros, con una adaptabilidad adecuada a las características del agua residual (Hadada *et al.*, 2006).

En la figura 13 se tiene el comportamiento presentado por la alcalinidad en los reactores, en los cuales se observa una variabilidad en los valores del afluyente y aporte de alcalinidad de la lenteja en los valores del efluente, lo cual no ocurre con el buchón.



Figura 11. Comportamiento de la conductividad en los humedales artificiales.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos durante el tiempo de operación del sistema permiten concluir que el reactor con mejor rendimiento fue el diseñado con buchón de agua, debido a que el porcentaje de remoción de  $DBO_5$  que éste presentó a partir de su periodo de estabilización obtuvo rangos entre el 70 y 86%, en comparación con el reactor con lenteja de agua, que alcanzó remociones promedio de 58% para el mismo periodo.

El reactor con lenteja le aporta elementos que aumentan el pH al agua, dado que presentó valores máximos de 11, debido a condiciones biológicas propias de la planta; a diferencia del reactor con buchón, que presentó valores de pH de 6 a 8, favoreciendo así la estabilización

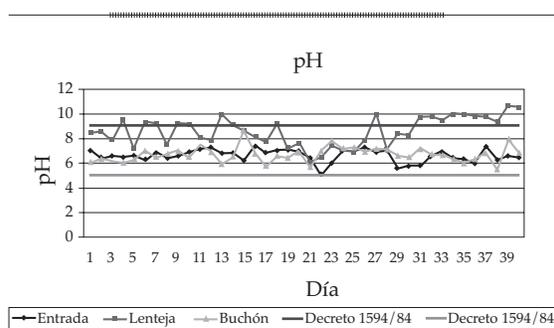


Figura 12. Comportamiento del pH en los humedales artificiales.

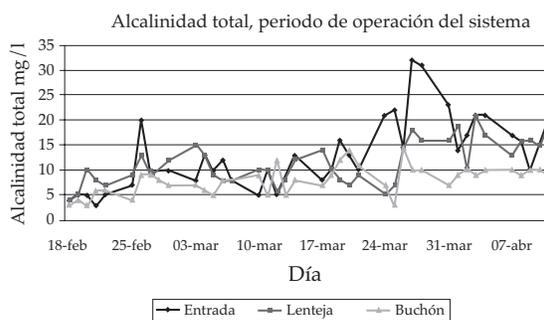


Figura 13. Comportamiento de la alcalinidad en los humedales artificiales.

del sistema y remociones óptimas de la materia orgánica.

Para lograr remociones óptimas en el reactor con lenteja de agua, se hace necesario operar por un mayor tiempo el sistema, hasta lograr su completa estabilización, evidenciando con ello que el reactor con buchón de agua requiere periodos de tiempo más cortos para lograr el rendimiento esperado.

La implementación de humedales artificiales es una alternativa viable para el tratamiento de agua residual doméstica, debido a que no requiere altos costos de operación y mantenimiento, facilitando la implementación en núcleos sociales con bajos recursos económicos, los cuales no tienen acceso a tratamientos más avanzados.

En términos de los modelos hidráulicos de flujo en los humedales, se puede establecer que con una constante cinética real, el buchón y la lenteja presentan un modelo de flujo pistón; esto, según los resultados de comparación obtenidos, lo cual establece que para el diseño a escala real en estas condiciones, se deben diseñar bajo estas consideraciones hidráulicas y de estabilización de la materia orgánica.

Recibido: 29/07/2008

Aprobado: 25/05/2009

## Referencias

- ANDERSSON, J.L. et al. Free water surface wetlands for wastewater treatment in Sweden: nitrogen and phosphorus removal. *Water Science and Technology*. Vol. 27, 2007, pp. 35-39.
- APHA. *Standard methods for the examination of waste and wastewater*. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1998.
- AVSAR, Y. et al. Rehabilitation by constructed wetland of available wastewater treatment plant in sakhin. *Ecological Engineering*. Vol. 29, 2007, pp. 27-32.
- BRIX, H. *Constructed wetland for municipal wastewater treatment in Europe*. Global wetlands: old world and new. Misch, W.J. (editor). Elsevier Science. 1994, pp. 3-5.
- EPA. *Constructed wetlands treatment of municipal. Wastewater technology fact sheet*. September 1999, pp. 1-166.
- EPA. *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales: Humedales de flujo libre superficial. Wastewater technology fact sheet*. September 2000a, pp. 1-15.
- EPA. *Folleto informativo de tecnología de aguas residuales: humedales de flujo subsuperficial. Wastewater technology fact sheet*. September 2000b, pp. 1-13.
- EPA. *Wetlands subsurface flow. Wastewater technology fact sheet*. September 2000c, pp. 1-9.
- GARAVITO, L., GÓMEZ, E., LÓPEZ, F. *Diseño, construcción, puesta en marcha y operación de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante humedales artificiales*. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad Manuela Beltrán, 2008.
- JIN-CHENG, L. et al. The selection of the best HRT in compoun constructed wetland on the agricultural wastewater treatment. *Journal of Environmental Science and Engineering*. Vol. 2, 2008, pp. 24-27.
- HADADA, H.R. et al. Macrophyte growth in a pilot scale constructed wetland for industrial wastewater treatment. *Chemosphere*. Vol. 63, 2006, pp. 1744-1753.
- LLAGAS, W. et al. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*. Vol. 15, 2006, pp. 85-96.
- MAINEA, M.A et al. Renoval efficiency of a constructed wetland for wastewater treatment according to vegetation dominance. *Chemosphere*. Vol. 68, 2007, pp. 1105-1113.
- REED, S. and BROWN, D. *Constructed wetland desing. The second generation*. Conferencia WPCF, 1991, pp. 1-10.
- RODRÍGUEZ-PÉREZ-DE-AGREDA, C. Humedales cons-truidos, estado del arte (I). *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Vol. XXIV, núm. 3, 2003a, pp. 35-41.
- RODRÍGUEZ-PÉREZ-DE-AGREDA, C. Humedales cons-truidos, estado del arte (II). *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. Vol. XXIV, núm 3, 2003b, pp. 42-48.

## Abstract

RODRÍGUEZ-MIRANDA, J.P., GÓMEZ, E., GARAVITO, L. & LÓPEZ, F. *Comparative study of domestic wastewater treatments using common duckweed (Lemna minor) and water hyacinth (Eichhornia crassipes) in artificial wetlands. Water Technology and Sciences, formerly Hydraulic Engineering in Mexico (in Spanish). Vol. 1, no. 1, January-March, 2010, pp. 59-68.*

*This comparative study of domestic wastewater treatment using natural systems like artificial wetlands shows organic matter ( $BOD_5$ ) removal rates between 70% and 86% using water hyacinth and of 58% using common duckweed. The artificial wetland system behaves hydraulically as a piston-flow model regardless of the aquatic plant used. During the experiment, it was observed that common duckweed contributes characteristic elements to water that increase the effluent's pH ( $> 11$ ), whereas water hyacinth elevates the pH value in the range of 6-8, thus favoring the stabilization of the organic matter within the biological system.*

**Keywords:** wetland,  $BOD_5$ , wastewater, Eichhornia, Lemna.

## Dirección institucional de los autores

*M.I. Juan Pablo Rodríguez-Miranda*

Docente  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Universidad Manuela Beltrán  
Campus Universitario  
Avenida Circunvalar 60  
Bogotá, Colombia  
jprm577@yahoo.com

*Esteban Gómez  
Laura Garavito  
Francy López*

Ingenieros ambientales  
Universidad Manuela Beltrán  
Campus Universitario  
Avenida Circunvalar 60  
Bogotá, Colombia