Rizofiltración de Arsénico en Humedales Construidos

Ma.Teresa Alarcón-Herrera, Mario A. Olmos-Márquez

Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV)
Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua
CP. 31109. Chihuahua, Chih., México, Tel. +52 (614) 4391121
**teresa.alarcon@cimav.edu.mx*

Palabras clave: Rizofiltración, agua, arsénico, humedales construidos

RESUMEN

La rizofiltración es una estrategia de fitoremediación que usa plantas para depurar tanto suelo como agua y sedimentos en sitios contaminados. La selección adecuada de las plantas es un aspecto clave para asegurar el éxito de la técnica como estrategia de tratamiento. De aquí que el objetivo del presente estudio fue analizar el comportamiento de la planta *Eleocharis macrostachya (E. macrostachya)* como rizofiltradora de arsénico del agua. El experimento se realizó por duplicado en prototipos de los humedales construidos operados con flujo sumergido. Los resultados indican que *E. macrostachya* en conjunto con el medio del humedal fue capaz de tolerar y acumular en sus raíces cantidades significativas de arsénico en el agua (47µg/gr peso seco). El número de plantas se duplicó durante el experimento, demostrando que la presencia del metaloide no tuvo efecto significativo en el crecimiento. La eficiencia de remoción de arsénico del agua en el sistema varió de 86 a 98% para un ámbito de concentración de entrada entre 0,1 y 0,5 mg/L respectivamente.

INTRODUCCIÓN

El arsénico (As) está presente de forma natural en el agua subterránea que ha estado en contacto con rocas ricas en As. El beber agua rica en As durante períodos prolongados de tiempo causa eefectos graves para la salud, los cuales han sido observados en las poblaciones de países de todo el mundo. En México, al igual que en muchos otros países, la principal fuente de abastecimiento es el agua subterránea, de aquí que la presencia del metaloide en el agua es un factor de alto riesgo para las poblaciones expuestas. La normatividad internacional recomienda como limite máximo una concentración de As total en agua de 0.01 mg/l. En México la normatividad establece como máximo un valor de 0.025 mg/l (NOM-127, 1994). Las tecnologías convencionales para remoción de As del agua son: precipitación química/filtración, adsorción en óxidos de fierro, alúmina activada y osmosis inversa. De estas la más usada es osmosis inversa, sin embargo el costo de operación de estos equipos lo hacen prohibitivo para muchas pequeñas comunidades rurales.

Una alternativa prometedora a los métodos de depuración convencionales es la rizofiltración, una técnica de fitoremediación diseñada para la extracción de metales del agua. El desarrollo del proceso para una aplicación específica incluye varias etapas, iniciando con la selección de las plantas más prometedoras capaces de remover los contaminantes de interés del agua reteniéndolos en sus raíces. Después de las pruebas preliminares, las plantas son trasplantadas en un humedal construido, donde se llevará a cabo la rizofiltración del agua a tratar. En función del tipo de flujo y la cinética de remoción se determinan los tiempos de retención hidráulica del proceso. Las plantas tolerantes al metaloide, principalmente lo absorben y concentran en sus raíces, (Dushenkov et al. 1995). Estudios previos realizados por el presente grupo de trabajo han demostrado que *E. macrostachya* tiene

el potencial para funcionar como un filtro biológico reteniendo el As del agua (Alarcón-Herrera et al., 2007). Sin embargo, el comportamiento de la planta y su eficiencia en la remoción de As en humedales construidos con flujo sumergido, está en proceso de determinación. Por ello, en el presente estudio se analizó el comportamiento de la planta *E. macrostachya* como rizofiltradora de As en prototipos de humedales construidos de flujo sumergido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las plantas fueron recolectadas y propagadas en macetas con arena como sustrato, siempre cubierto de 5 cm de agua para simular las condiciones de inundación del medio natural. Posteriormente fueron trasplantadas a las unidades de prototipos de los humedales construidos donde se aclimataron.

Diseño experimental: El estudio se realizó en tres prototipos similares: dos con plantas y uno sin plantas denominadas, unidades P-H1, P-H2 y P-H3. Las unidades P-H1y PH2 fueron plantadas con *E. macrostachya* a una densidad de 4000 plantas/m^2. La tercera unidad fue utilizada como control (P-H3). Se consideraron durante el experimento concentraciones de As en el agua de alimentación en un rango de 0,1 a 0.5mg/l y 2 días de tiempo de retención hidráulica.

Las soluciones de As fueron preparadas con agua de pozo, adicionando arsenito de sodio ($NaAsO_2$, grado reactivo), para obtener las concentraciones de prueba.

Muestreo y análisis: El comportamiento físico de la planta se evaluó en función del número de individuos y la altura de la planta desarrollada a lo largo del tiempo de prueba. Para determinar la eficiencia de retención del medio filtrante en las unidades, se llevo a cabo un muestreo y análisis de forma continua a la entrada y salida de cada unidad durante todo el tiempo del experimento.

El contenido de As total retenido por las plantas y el suelo se determino analíticamente al final del experimento. Para determinar la ubicación del As en la planta, éstas fueron seccionadas, analizándose por separado la parte aérea y las raíces. Ambas secciones se lavaron primero con agua de grifo. Se colocaron en bolsas de papel y se secaron a 40 ° C hasta obtener un peso constante.

La materia seca de cada sección de las plantas, se sometió a digestión ácida con ácido nítrico (HNO_3) durante 12 horas en el laboratorio de la temperatura ambiente (20 °C). Posteriormente se llevo a cabo la digestión acida en un horno de microondas (CEM (2002). La determinación de la concentración de As en las muestras de agua plantas y suelo, se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica equipado con generador de hidruros. Utilizando estándares certificados para el control de calidad de las mediciones realizadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de individuos de *E. macrostachya* en las unidades de los humedales se duplicó durante el experimento. Las plantas alcanzaron en promedio una longitud de 1.6 m, tamaño similar al obtenido en su estado natural en comparación con individuos de la misma edad.

Al final del experimento, la concentración media de As en las raíces de las plantas fue de 48µg de As/g de planta (peso seco). Indicando que *E. macrostachya* actuó como planta rizofiltradora , reteniendo As en sus raíces. Ello se puede atribuir al hecho de que *E. macrostachya* es una macrófita capaz de desarrollar un sistema radicular fibroso largo, con una gran superficie de adsorción. De acuerdo con la literatura, la planta ideal para rizofiltration es aquella capaz de retener y/o tolerar cantidades significativas del metal objetivo (Dushenkov et al. 1995).

La remoción de As en los prototipos con plantas (P-H1 y P-H2) tuvo una eficiencia del 98% para el período de prueba con la concentración del

agua de alimentación (0.5mg/l), y del 86% para la fase de 0.1mg/l. La remoción de As del agua, en el humedal sin plantas (P-H3) inicialmente fue similar a la del humedal con plantas, sin embargo, disminuyo rápidamente, aumentando la concentración en el agua de salida. Contabilizándola al final del experimento fue de solo el 23%. Lo cual pone de manifiesto la importancia de las plantas en el medio para retener As. Esto puede atribuirse a varios aspectos como son la aeración del medio filtrante (arena-zona de raíces) a través de la traslocación de oxigeno por la planta, lo cual mantiene el medio oxidado, propiciando con ello que el arsenito (As^{+3}) sea oxidado a arsenato (As^{+5}), con ello una mayor absorción y/o precipitación del mismo, quedando el As retenido en el medio filtrante de raíces y arena.

CONCLUSIONES

E. macrostachya es una planta tolerante al As, con la capacidad de actuar como medio rizofiltrante en humedales construidos con flujo subsuperficial. No se observaron efectos negativos en el desarrollo de las plantas por la presencia de As en el agua. La retención de As en el medio de las unidades con plantas fue mayor al 86%, mientras que en la unidad sin plantas fue de solo el 23%.

REFERENCES

Alarcón Herrera M.T. , I.R. Martín Dominguez, E.Flores, A. Benavides. 2007 Potencial of Arsenic Removal in Constructed Wetlands. Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis 104.

Dushenkov, v.; Kumar p.b.a.n.; Motto, h. And Raskin, (1995) I. Rhizofiltration: the use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. Environmental Science and Technology, , vol. 29, p. 1239-1245.

NOM-127-SSA1-1994.Salud Ambiental, agua para consume humano.

AGRADECIMIENTOS:

Se agradece al Ing. Quim. Alejandro Benavides M. del Laboratorio de Calidad del Agua del CIMAV, la realización de los análisis químicos de agua, suelo y plantas.