

## Lixiviación de metales pesados (Fe, Cr) utilizando el Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*), en aguas residuales

HERNANDEZ-ROMERO, Israel\*†, ALDANA-MAR, Francisco, RAMIREZ-LEZAMA, Gloria Estefanía, MORALES-CABRERA, Miguel Ángel y RIOS-VELASCO, Lizeth

Recibido 22 de Enero, 2015; Aceptado 16 de Marzo, 2015

### Resumen

Lixiviación de metales pesados (Fe, Cr) utilizando el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), en aguas residuales. A través de la fitoremediación aprovechar los procesos biológicos de las plantas, teniendo la capacidad de absorber contaminantes como metales pesados, que por su efecto tóxico afectan, al ambiente, hombre y todos aquellos ecosistemas en que vive un ser vivo. La metodología se basa en la espectroscopia UV-visible utilizando estándares de  $Fe^3$  y  $Cr^6$  con concentraciones de 20, 30 y 40 ppm, adicionando 0.85 g de lirio acuático, tomando muestras cada 10 minutos para que posteriormente se realizaran las lecturas correspondientes en el espectrofotómetro Jenway 7305. Se propone un método que brinda resultados favorables y es económicamente accesible, empleando la técnica de absorción, donde se muestra que el procedimiento es una alternativa para la remoción de metales pesados, utilizando lirio acuático (tratado) responsable de la remoción de metales presentes en el agua. Teniendo como resultados que la remoción de cloruro férrico ( $FeCl_3$ ) tuvo una eficiencia del 55.2% como máximo a comparación con la remoción de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) con una eficiencia del 98.5%.

**Lixiviación, lirio acuático, metales pesados, absorción.**

### Abstract

Leaching of heavy metals (Fe, Cr) using the aquatic lily (*Eichhornia crassipes*) in wastewater. Through phytoremediation use the biological processes of the plants, as having ability to absorb pollutants such as heavy metals, which of her effect toxic hurts the environment, man and all those ecosystems in which they live a living being. The methodology is based on UV-visible spectroscopy using standard  $Fe_3$  and  $Cr_6$  with concentrations of 20, 30 and 40 ppm, adding 0.85 g of aquatic lily (treated), taking samples every 10 minutes for later undertake the corresponding readings in the Jenway 7305 spectrophotometer. It propose a method that gives good results and is economically accessible, using the absorption technique, which shows that the procedure is an alternative to the removal of heavy metals, using the aquatic lily (treated) responsible for the removal of metals present in the water. Having as results that the removal of ferric chloride ( $FeCl_3$ ) it showed effectiveness of 55.2 % as maximum compared with the removal of potassium dichromate ( $K_2Cr_2O_7$ ) with an efficiency of 98.5 %.

**Leaching, aquatic lily, heavy metals, absorption**

**Citación:** HERNANDEZ-ROMERO, Israel, ALDANA-MAR, Francisco, RAMIREZ-LEZAMA, Gloria Estefanía, MORALES-CABRERA, Miguel Ángel y RIOS-VELASCO, Lizeth. Lixiviación de metales pesados (Fe, Cr) utilizando el Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*), en aguas residuales. Revista de Sistemas Experimentales 2015, 2-2: 88-93

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: zs11005407@estudiantes.uv.mx)

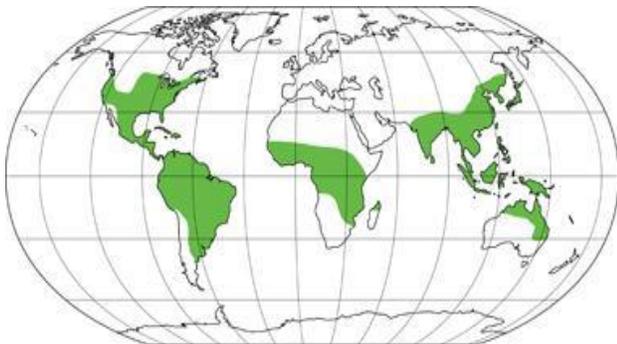
† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La importancia del agua es parte esencial de nuestra propia naturaleza física y la de los demás seres vivos, es por esto que la contaminación del agua ha adquirido importancia en los últimos 15 años.

Se tiene como objetivo demostrar los beneficios del lirio acuático (*eichhorniacrassipes*) aplicando sus propiedades de absorción utilizando el método espectrofotométrico, comprobando la remoción de metales pesados por medio de gráficas para demostrar la reducción de las concentraciones, haciendo la evaluación conforme a las normas correspondientes de cada concentración, teniendo como hipótesis que es posible remover metales pesados como el Fe y Cr, presentes en el agua, por medio del lirio acuático.

El método propuesto brinda resultados favorables y es económicamente accesible ya que el lirio acuático se considera actualmente como maleza por su proliferación masiva en lugares con clima húmedo y se distribuye casi en la totalidad del continente americano y parte de los continentes africano, asiático y Oceanía (figura 1).



**Figura 1** Distribución a nivel mundial (*eichhorniacrassipes*)

Existen diferentes tecnologías para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, e.g., adsorción, cementación, precipitación, intercambio iónico, extracción con solventes y electrodiálisis (Brooks 1991). En procesos de bioadsorción, en donde se utiliza biomasa viva y no viva de diversas plantas terrestres y acuáticas, algas marinas, hongos y bacterias (Chen y col. 2001, Gardea-Torresdey y col. 2004).

En 2009, Nuñez R. et al., estudiaron el lirio acuático para el tratamiento de aguas contaminadas con plomo, obteniendo una eficiencia de bio-absorción de plomo de 77.5%. Recientemente, se ha estudiado el uso de metodologías alternativas, como la reducción de Cr (VI) a Cr (III) por *Pseudomonas* sp (McLean y Beveridge, 1991), *Desulfobrivio desulfuricans* (Mabbett et. al. 2004), *Candida maltosa* (Ramírez-Ramírez et. al. 2004), la recuperación de Cr (VI) por lirio acuático (Álvarez, et. al., 2004) y la bioadsorción del mismo por biomasa fúngicas (Acosta et.al., 2004).

## Metodología

Se llevó a cabo un proceso, por el cual fue elegido el lirio en etapa adulta, se deshidrató y trituró, seguido de esto se preparan dos soluciones patrón una de cromo y otra del hierro, utilizando dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) para el cromo y cloruro férrico ( $FeCl_3$ ) para el hierro. Posteriormente se realizaron soluciones a 10, 20, 30 y 40 ppm para el cloruro férrico y 10, 20, 30, 40 y 50 ppm para el dicromato de potasio para así poder realizar la curva de barrido para conocer la longitud de onda de ambas soluciones.

Se analizaron 6 muestras de cloruro férrico así como de dicromato de potasio a diferentes concentraciones de 20, 30 y 40 ppm, realizando las lecturas correspondientes en el espectrofotómetro Jenway 7305.

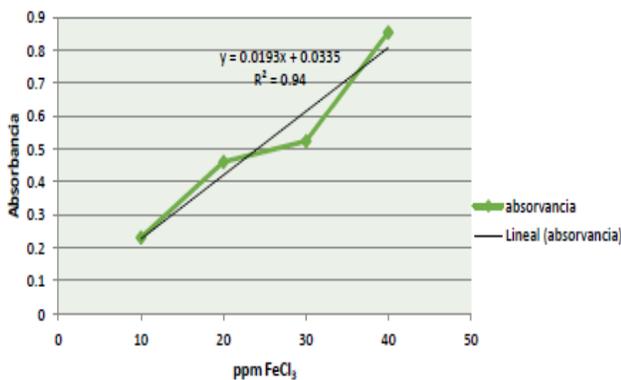
**Resultados**

**Realización de longitud de onda FeCl<sub>3</sub>**

Se calibró el equipo JENWAY 7305 con un blanco, para realizar el barrido de la muestra patrón (FeCl<sub>3</sub>) de longitud de onda a un rango de 200 - 300 nm, obteniendo la absorbancia más alta a 230 nm, con la cual se trabajó.

**Determinación de la curva de calibración FeCl<sub>3</sub>**

Para determinar el Cloruro Férrico se realiza una curva de calibración, obteniendo como resultados diferentes absorbancias señaladas en la tabla 1 para realizar un gráfico de dicha curva de calibración donde se observa una correlación de 0.94, lo cual nos indica un 94% de confiabilidad en los resultados (figura 2).



**Figura 2** Curva de calibración FeCl<sub>3</sub>

**Cálculo de la concentración absorbida de la muestra problema (FeCl<sub>3</sub>)**

A partir de la curva de calibración y su respectiva ecuación se obtienen las concentraciones con las diferentes absorbancias obtenidas. En la tabla 1 se muestra la cantidad absorbida de FeCl<sub>3</sub> por el lirio acuático, así como las concentraciones finales de FeCl<sub>3</sub>.

Como se observa en la figura 3.3, el lirio acuático tiene una eficiencia muy considerable para la retención de hierro en solución acuosa.

Concentración inicial (ppm)	Cantidad absorbida de FeCl <sub>3</sub>		
	Porcentaje (%)	Concentración final (ppm)	Calidad Ambiental Descarga Efluentes
40	54.7	15.310	1.0 ppm
30	47.1	13.497	
20	55.2	15.103	

**Tabla 1** Concentraciones finales de FeCl<sub>3</sub>.

Se observaron resultados positivos de un 55.2% de absorción del hierro y utilizando 0.85 g de lirio acuático (tratado) en todas las pruebas, además de que la reacción lleva a su máxima absorción aproximadamente entre los 30 y 40 min. De acuerdo a la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga en Efluentes, las concentraciones finales de hierro en las soluciones de cloruro férrico después del tratamiento no se encuentran dentro del límite máximo permisible que es de 1.0 mg/L (ppm). Por lo tanto este método de remoción no es muy eficiente para remoción de este metal.

**Resultados de la remoción del Cromo Hexavalente en soluciones de Dicromato de Potasio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)**

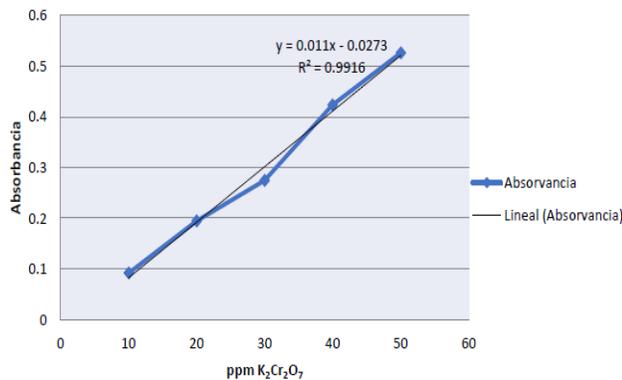
Las soluciones que se prepararon fueron de 20 ppm, 30 ppm y 40 ppm a tratar con lirio acuático.

**Realización de longitud de onda del K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**

Se procede a calibrar el equipo JENWAY 7305 con blanco, para realizar el barrido de la muestra patrón (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), para determinar la longitud de onda para la solución de dicromato de potasio a un rango de 300 - 500 nm; obteniendo la absorbancia más alta a 360 nm, con la cual se trabaja.

**Determinación curva de calibración de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**

Se realiza una curva de calibración de 10 a 50 ppm, obteniendo como resultado diferentes absorbancias como se señala en la tabla 1.4, para realizar un gráfico de dicha curva de calibración donde se observa una correlación de 0.9916, lo cual nos indica un 99% de confiabilidad en los resultados (figura 3).



**Figura 3** Curva de calibración del Dicromato de Potasio

**Cálculo de la concentración absorbida de la muestra problema (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)**

A partir de la curva de calibración y su respectiva ecuación se obtienen las concentraciones con las diferentes absorbancias obtenidas. En la tabla 2 se muestra la cantidad absorbida de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> por el lirio acuático, así como las concentraciones finales de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

En base a lo observado, se puede verificar que el lirio acuático tiene una mayor eficiencia para retener el ion cromo (VI) en solución acuosa a concentraciones elevadas

De acuerdo a la norma mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, el límite máximo permisible de descarga del cromo (VI) es de 0.5 y 1.5 mg/L (ppm), sin embargo la concentración de 20 ppm obtenida después el tratamiento supera el parámetro de la norma, excepto la de 30 y 40 ppm en las cuales se observa que absorben gran parte del cromo (VI). Por lo tanto este método de remoción es muy eficiente para este metal.

Concentración inicial (ppm)	Cantidad absorbida de K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		
	Porcentaje (%)	Concentración final (ppm)	NOM-001-SEMARNAT-1996. LMP
40	90.6	1.427	0.5 - 1.5 ppm
30	98.5	1 <	
20	80.9	5.881	

**Tabla 2** Concentraciones finales K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

Como se puede apreciar en la tabla 2 la bioabsorción del cromo es del 98.5% a 30 ppm, mejorando lo estudiado por Nuñez R. et al., en 2009 pero con bioabsorción de plomo y con lirio acuático.

Corroborando lo obtenido por Acosta et al. 2005, con un 98% de bioabsorción de cromo pero con la biomasa celular de la levadura capsulada *Cryptococcus neoformans*.

### Conclusiones

Es posible remover metales como el Fe y Cr, presentes en agua por medio del lirio acuático.

El lirio acuático tiende a saturarse entre los 30 y 40 minutos durante el proceso, es muy eficaz para reducir cierto tipo de metales presentes en el agua además de que no necesita agentes químicos para degradarlos.

Al comparar los resultados con los parámetros establecidos en las normas, se concluye que el método de absorción es eficiente para la remoción del Cromo (VI), ya que las concentraciones finales son menores al límite máximo permisible que es de 1.50 mg/L. Haciendo la comparación en el caso del hierro la remoción es mínima, aproximadamente de un 55.2%; lo cual es mejor para el cromo con una concentración de 30 ppm ya que tiene un 98.5% de bioabsorción con el lirio acuático. También es importante señalar que absorbe otros metales como el plomo, que es mucho más peligroso.

### Referencias

Álvarez, S.G., M. Maldonado, M. Gerth, y P. Kusch. 2004. Caracterización de agua residual de curtiduría y estudio del lirio acuático en la recuperación de Cromo, *Inf. Tecnol*: 15 (3), 75-80.

Brooks C. S. 1991. *Metal recovery from industrial waste*. Lewis Publisher. Michigan, USA. pp. 267.

Chen W., A. Mulchandani y R. Mehra. 2001. Development of novel bioadsorbents for heavy metals removal. *EPA report R827227. National Center for Environmental Research, USA*.

Gardea-Torresdey J. L., G. De la Rosa y J. R. Peralta-Videa. 2004. Use of phytoremediation technologies in the removal of heavy metals: a review. *Pure Applied Chemistry*, 76(4): 801-813.

I. Acosta, M. G. Moctezuma-Zárte, C. Gutiérrez y X. Rodríguez. 2005. Bioadsorción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa Celular de *Cryptococcus neoformans* y *Helminthosporium* sp. *Información Tecnológica-Vol. 16 N°1-2005*, págs.: 11-15

Ingeniería Ambiental: Contaminación y Tratamientos, Editorial Productiva, Ramón Sans Fonfria, Joan de Pablo Rivas, Pág. 93-95.

Mabbett, A., Y. Ping, J. Peter, G. Farr, y L. Macaskie. 2004. Reduction of Cr (VI) by palladized" biomass of *Desulfovibrio desulfuricans* ATCC 29577. *Biotechnology and Bioengineering*, 87 (1), 104-109.

McLean, J. y T.J. Beveridge. 2001. Chromate reduction by a pseudomonad isolated from a site contaminated with chromated copper arsenate, *Appl Environ Microbiol*: 67, 1076-1084.

Núñez López Roberto Aurelio, Meas Vong Yunny, Ortega Borges Raúl, Eugenia J. Olguin. 2009. Rizofiltración, lixiviación y electrorecuperación: una propuesta integral para el tratamiento de aguas contaminadas con plomo a partir del lirio acuático (*eichhornia crassipes*). *Ciencia@UAQ*. 2(1): 17 – 31.

Ramírez-Ramírez, R., C. Calvo-Méndez, M. A. Avila-Rodríguez, P. Lappe, M. Ulloa, R. Vázquez-Juárez y J.F. Gutiérrez-Corona. 2004. Cr(VI) reduction in a Chromate-resistant strain of *Candida maltosa* isolated from the leather industry, *Antonie van Leeuwenhoek*: 85, 63-68.

Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas Poblaciones, 2000. Crites, TChanoglous. Mac Graw Hill. pp 21 – 74.