

## ESTUDIO DE ABSORCIÓN, ACUMULACIÓN Y POTENCIAL PARA LA REMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO POR PLOMO USANDO *AMBROSIA AMBROSIOIDES*

Contreras-Pinto L A<sup>a</sup>, Valencia Castro C M<sup>a</sup>, De la Fuente-Salcido N M<sup>a</sup>,

Linaje Treviño M S<sup>a</sup>, Trejo Calzada R<sup>b</sup>.

a) Universidad Autónoma de Coahuila, Escuela de Ciencias Biológicas, Maestría en Ingeniería Bioquímica, Ciudad Universitaria, carretera Torreón Matamoros, Km. 7.5 ejido el Águila, C. P. 27276 Torreón Coahuila, México. \*[alejandrocontrerasp@gmail.com](mailto:alejandrocontrerasp@gmail.com)

b) Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo, Apartado Postal Núm. 8. Carretera Gómez Palacio-Cd. Juárez, Km. 40. Bermejillo, Durango C. P. 35230, México.

### RESUMEN

El objetivo principal de ésta investigación fue evaluar la capacidad de *Ambrosia ambrosioides* para absorber y acumular plomo (Pb) en sus tejidos e identificar cual parte de la planta acumulaba el metal en mayor cantidad. Para esto, se hizo crecer a las plantas en un suelo artificial (perlita mineral) y se expusieron a 3 diferentes concentraciones de plomo durante 20 días. Los resultados demuestran que dicha planta es capaz de absorber en su raíz un promedio de 4,638 mg de plomo por cada kilogramo de planta (peso seco), cuando es expuesta a grandes concentraciones de plomo (1.5 g L<sup>-1</sup>). En todos los tratamientos las plantas crecieron sanas y sin mostrar síntomas de fitotoxicidad. Estos resultados indican que *Ambrosia ambrosioides* es una planta hiperacumuladora de plomo y puede ser utilizada como fitoestabilizadora de dicho metal.

**Palabras clave:** Fitorremediación, plomo, *Ambrosia ambrosioides*.

### ABSTRACT

The major objective of this investigation was to evaluate the potential of *Ambrosia ambrosioides* to absorb and accumulate lead (Pb) in their tissues; and identify which part of the plant accumulates the metal in larger quantities. For this, was grown the plants in an artificial soil (mineral perlite) and exposed to 3 different levels of lead for 20 days. The results demonstrate that this plant is able to absorb and accumulate at its roots an average of 4,638 mg of lead per Kilogram of plant (dry weight) when exposed to high concentrations of lead (1.5 g L<sup>-1</sup>). In all treatments the plants grew healthy and showing not sign of phytotoxicity. These results indicate that *Ambrosia ambrosioides* is a lead hyperaccumulator plant, and can be used in phytoremediation.

**Key words:** Phytoremediation, Lead, *Ambrosia ambrosioides*.

**Área:** Microbiología y biotecnología.

## INTRODUCCIÓN

Los metales pesados son componentes naturales de la corteza terrestre, no obstante, su equilibrio en el medio ambiente se ve afectado por actividades antropogénicas como la minería, la fundición, la agricultura, la refinación de combustibles, entre otras (Vogel-Mikus *et al.*, 2008). La acumulación de metales pesados en suelo y agua es un riesgo para el medio ambiente y para la salud humana, ya que estos no pueden ser degradados (Rajkumar *et al.*, 2010) y sus concentraciones como contaminantes en el medio ambiente aumentan cada año (Mellem *et al.*, 2009).

El plomo es un caso típico de un metal pesado que es liberado al medio ambiente como contaminante por prácticas como la minería (Nguyen *et al.*, 2011). En forma elemental, el plomo es insoluble y los compuestos más solubles de dicho metal son el acetato de plomo, cloruro de plomo y nitrato de plomo. A nivel atmosférico es comúnmente encontrado en forma de sulfato o carbonato de plomo (Peer *et al.*, 2005). Es bien sabido que este metal resulta dañino para los diferentes ecosistemas y la salud humana. La mayoría de los casos de contaminación severa por plomo son resultado de actividades económicas irresponsables (Peer *et al.*, 2005). En la ciudad de Torreón Coahuila, México, antes de las acciones de mitigación que lleva a cabo la principal empresa fundidora contaminante, las concentraciones de plomo en el suelo se encontraban entre las 389 a 8,060 ppm.

Ante dicha problemática, es necesario aplicar procesos capaces de removerlos del suelo (Vangronsveld *et al.*, 2009) con el fin de evitar que estos contaminantes entren en la cadena alimenticia o se lixivien a los mantos freáticos (Zeng-Yei *et al.*, 2010). Las técnicas normalmente utilizadas dan por lo regular buenos resultados, aun así solo resultan efectivas cuando se aplican en áreas pequeñas, además de resultar costosas, causar disturbios al suelo y no ser aceptadas por el público en general. La fitorremediación es una técnica de remediación de suelo y agua que se encuentra en una etapa de desarrollo, además ha atraído el interés de los investigadores a lo largo del mundo en los últimos años.

El término “fitorremediación” es la combinación de dos palabras, “fito” del griego que significa “planta” y “remedium” del latín que significa “corrección o remoción de un mal”, por lo tanto, esta técnica puede resumirse como el uso de plantas y microorganismos del suelo para retirar agentes contaminantes y/o amortiguar sus efectos negativos en el agua o suelo. Dentro de la fitorremediación hay 6 ramas básicas: fitovolatilización, Fitodegradación, Fitorestauración, fitofiltración, fitoestabilización y fitoextracción (Bhargava *et al.*, 2012; Hong-Ming *et al.*, 2009; Rajkumar *et al.*, 2009).

Diversas plantas alrededor del mundo han sido identificadas como candidatas para la fitorremediación. Las plantas capaces de traslocar grandes cantidades de metal del suelo o agua contaminados a su interior sin presentar síntomas o efectos nocivos son denominadas “plantas hiperacumuladoras” (Tak *et al.*, 2013; Mudgal *et al.*, 2010). Comúnmente las plantas capaces de esto producen cantidades bajas de biomasa (Mahdieh *et al.*, 2013). En este estudio, se evalúa la capacidad de *Ambrosia ambrosioides* para absorber y acumular plomo en sus tejidos, se trata de una maleza que crece con mucho éxito en ambientes riparios, aunque también se desarrolla en ambientes secos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Recolección y preparación de los sujetos experimentales**

Durante septiembre de 2013 se realizó un muestreo en el Parque Estatal “Cañón de Fernández” en Cd. Lerdo, Durango, donde se colectaron plantas de *Ambrosia ambrosioides* también conocida como “Chicura”. Las plantas fueron seleccionadas acorde a una estatura entre 25 y 30 cm. extraídas desde la raíz y trasplantadas en vasos de plástico con aproximadamente 400 cm<sup>3</sup> de suelo (una planta en cada vaso). Se las dejó aclimatar durante 15 días en condiciones de invernadero, con una aplicación diaria de 20mL de agua destilada para evitar el estrés hídrico. Después fueron trasplantadas en vasos que contenían aproximadamente 450 cm<sup>3</sup> de perlita mineral bien lavada, eran regadas diariamente con 20 mL de solución nutritiva de Hoagland modificada (el KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> no fue incluido en los nutrientes con el fin de evitar la precipitación de fosfato de plomo). Se dejó aclimatar a las plantas en estas condiciones durante 15 días.

### **Exposición al metal**

Después de la aclimatación las plantas fueron expuestas por separado a tres soluciones de plomo con concentraciones de 0.25, 0.5 y 1.5 g L<sup>-1</sup> (Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Durante el período de exposición (20 días) eran aplicados 20 mL de la solución metálica cada tercer día y la solución nutritiva de Hoagland modificada se aplicaba los días entre las aplicaciones de metal. El experimento fue realizado por triplicado.

### **Análisis de contenido de plomo**

Al concluir los 20 días de tratamiento con las soluciones metálicas, las plantas fueron cosechadas, intensamente lavadas 2 veces con agua de grifo, lavadas 5 veces con agua desionizada, seccionadas en raíz, tallo y hoja; secadas al sol por 2 días y después secadas en un horno de secado a 80 °C durante 3 días. El material vegetal seco se trituró en un molino vegetal y para el análisis por absorción atómica

fueron pesados 0.5 g de muestra (material vegetal molido) y colocados en matraces kjeldahl. Las muestras fueron digeridas por vía húmeda con 10 mL de una mezcla ácida nítrico-perclórica en relación 3:2. Se calentó a 99° C hasta eliminar toda la materia orgánica hasta que la solución se tornara clara. Las muestras se aforaron a 50 mL cada una con agua desionizada. La cuantificación de plomo se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo AANALYST 200) en la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH). Una solución estándar de 1000 ppm de plomo fué utilizada para realizar la curva de calibración ( $R^2 = 0.9934$ ).

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente azar con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Las cantidades de plomo obtenidas, fueron agrupadas acorde al diseño y posteriormente se llevó a cabo un análisis de varianza para separar la varianza debida a los tratamientos de la del error experimental. Cuando se obtuvo diferencia estadística entre tratamientos se realizó una prueba de comparación múltiple de medias, con el propósito de encontrar la fuente de variación que proporcionó una diferencia significativa en el análisis de varianza. Este análisis se repitió para cada parte morfológica de la planta, esto es, en raíces, tallos y hojas.

### RESULTADOS

La chicura, expuesta a las soluciones de plomo, no presentó ningún síntoma visible de estrés. En la figura 1 se muestra el contenido de plomo en raíces con respecto a la concentración de plomo aplicada a las plantas de chicura.

Puede observarse que cuando se aplicó el nivel más alto del metal a la planta, hubo

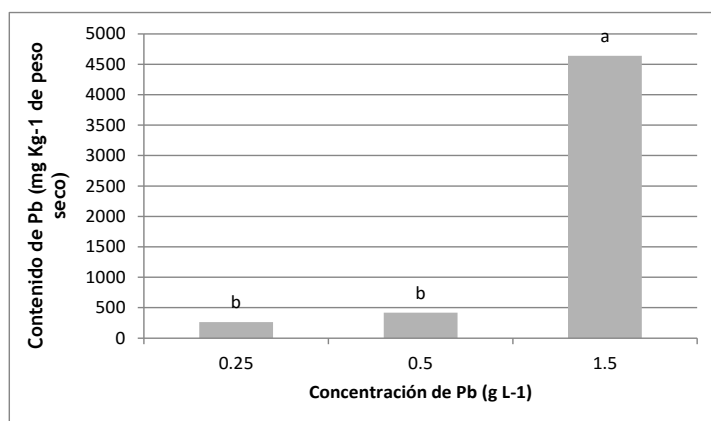


Figura 1. Contenido de plomo (mg Kg<sup>-1</sup> de peso seco) en las raíces de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) expuestas a diferentes concentraciones de plomo durante 20 días. Las diferentes letras (a y b) indican diferencia estadística

un incremento importante ( $p < 0.05$ ) en la absorción de plomo en raíz de 4,638 mg Kg<sup>-1</sup> de peso seco, comparado a lo observado en los niveles de 0.25 y 0.5 g L<sup>-1</sup>, en los

cuales fue similar ( $p>0.05$ ) la concentración de plomo con 263.22 y 418.63 mg Kg<sup>-1</sup> de peso seco respectivamente.

El movimiento o translocación del plomo a los tallos y hojas fue importante sólo cuando se aplicó el nivel medio y alto a la planta. En la figura 2A se aprecia dicho efecto en los tallos, encontrando una concentración inferior ( $p<0.05$ ) en el nivel más bajo del plomo aplicado en comparación con el observado en los niveles medio y alto, no encontrándose en estos últimos diferencia estadística. En el caso de la acumulación de plomo en las hojas de chicura, se presentó un incremento lineal a medida que se incrementaba la aplicación de plomo a las plantas. A esto se debe que se haya encontrado diferencia estadística entre todos los valores medios de concentración de plomo en las hojas de chicura, siendo la acumulación más alta de 484.38 mg de plomo Kg<sup>-1</sup> de peso seco (figura 2B).

Los resultados de la investigación muestran una mayor acumulación de plomo en la raíz que en el resto de la planta alcanzando valores de hasta 4,638 mg Kg<sup>-1</sup> de peso seco. La evidencia muestra que la chicura es una planta hiperacumuladora de plomo y por lo tanto puede ser utilizada en proyectos de fitorremediación.

## DISCUSIÓN

El efecto que el plomo contaminante ocasiona a las plantas suele ser muy variado. Mahdieh y colaboradores (2013) reportaron para el geranio (*Pelargonium roseum*) una hiperacumulación de 86,566 mg de plomo por kg de materia seca en las raíces, este valor tan elevado se logró haciendo crecer al geranio en una concentración de 2500 mg de Pb por litro de agua. Sin embargo síntomas de toxicidad como la reducción en la producción de biomasa fueron muy fáciles de apreciar en solo 14 días del experimento (Mahdieh *et al.*, 2013). En el caso de la chicura no aparecieron síntomas de estrés en los 20 días del experimento, incluso cuando se aplicó una concentración de plomo de 1.5 g L<sup>-1</sup>. La cantidad de plomo que necesita absorber una planta para poder ser reconocida como hiperacumuladora de éste metal es de 1000 µg g<sup>-1</sup> (Chaney *et al.*, 2007; Dobson *et al.*, 1997; Kidd *et al.*, 2007), en este experimento *Ambrosia ambrosioides* logró absorber suficiente plomo para asegurar que es una planta hiperacumuladora de plomo, convirtiéndola en una buena candidata para operaciones de fitorremediación particularmente como fitoestabilizadora (Agudelo *et al.*, 2005)

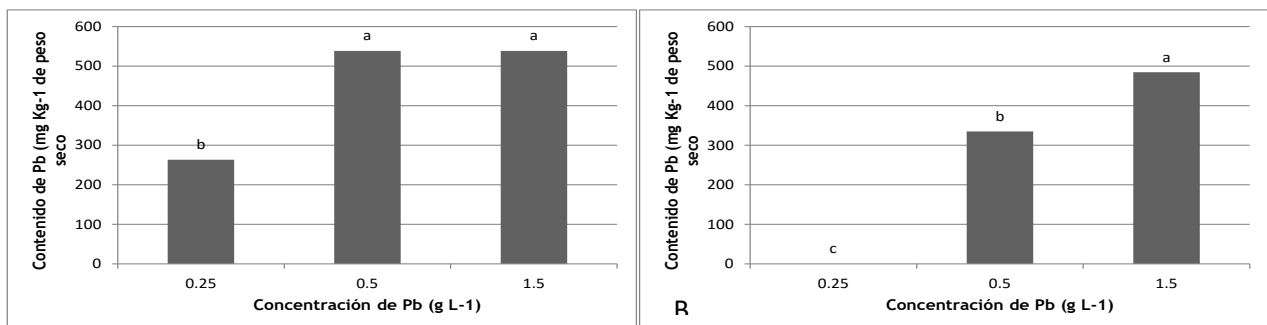


Figura 2. Contenido de plomo (mg Kg<sup>-1</sup> de peso seco) en tallos (A) y hojas (B) de la chicura (*Ambrosia ambrosioides*) expuestas a diferentes concentraciones de plomo durante 20 días. Las diferentes letras (a y b) indican diferencia estadística significativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agudelo BLM, Macias MKI, Suárez MAJ. 2005. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista*. 2:57-60.
- Bhargava A, Carmona FF, Bhargava M, Srivastava S. 2012. Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals. *Journal of Environmental Management* 105:103-120.
- Chaney RL, Angle JS, Broadhurst CL, Peters CA, Tappero RV, Sparks DL. 2007. Improved understanding of hyperaccumulation yields commercial phytoextraction and phytomining technologies. *Journal of Environmental Quality* 36:1429-1443.
- Dobson AP, Bradshaw AD, Baker AJM. 1997. Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. *Science* 277:515- 522.
- Hong-Ming L, Ting-Hsiang L, Jeng-Min C, Kuo-Chen Y. 2009. Model evaluation of the phytoextraction potential of heavy metal hyperaccumulators and non-hyperaccumulators. *Environmental Pollution* 157:1945-1952.
- Kidd PS, Castro CB, García LM, Monterroso C. 2007. Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L. *Ecosistemas* 16:26-43.
- Mahdieh M, Yazdani M, Mahdieh S. 2013. The high potential of *Pelargonium roseum* plant for phytoremediation of heavy metals. *Environmental Monitoring and Assessment* DOI 10.1007/s10661-013-3141-3.
- Mellem JJ, Bajinath H, Odhav B. 2009. Translocation and accumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu, and Ni by *Amarantus dubius* (*Amaranthaceae*) from contaminated sites. *Journal of Environmental Science and Health Part A* 44:568-575.
- Mudgal V, Madaan N, Mudgal A. 2010. Heavy metals in plants: phytoremediation: Plants used to remediate heavy metal pollution. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1:40-46.
- Nguyen TH, Masayuki S, Sakae S. 2011. Accumulation of Indium and other heavy metals by *Eleocharis acicularis*: An option for phytoremediation and phytomining. *Bioresource Technology* 102:2228-2234.
- Ortiz-Cano H G, Trejo-Calzada R, Valdez-Cepeda RD, Arreola-Ávila JG, Flores-Hernández A, López-Ariza B. 2009. Phytoextraction of lead and cadmium in contaminated soils using pigweed (*Amaranthus hybridus* L.) and mycorrhiza. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15:161-168.
- Peer WA, Baxter IR, Richards EL, Freeman JL, Murphy AS. 2005. Phytoremediation and hyperaccumulator plants. *Topics in Current Genetics* 14:299-340.
- Rajkumar M, Ae N, Freitas H. 2009. Endophytic bacteria and their potential to enhance heavy metal phytoextraction. *Chemosphere* 77:153-160.

- Rajkumar M, Ae N, Vara Prasad MN, Freitas H. 2010. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends in Biotechnology* 28:142-149.
- Tak HI, Ahmad F, Babalola OO. 2013. Advances in the application of plant growth-promoting rhizobacteria in phytoremediation of heavy metals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 223:33-52.
- Vangronsveld J, Herzig R, Weyens N, Boulet J, Adriaensen K, Ruttens A, Thewys T, Vassilev A, Meers E, Nehnevajova E, Van der Lelie D, Mench M. 2009. Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environmental Science and Pollution Research* 16:765-794.
- Vogel-Mikus K, Simcic J, Pelicon P, Budnar M, Kump P, Necemer M, Mesjasz-Przybylowicz J, Przybylowicz WJ, Regvar M. 2008 Comparison of essential and non-essential element distribution in leaves of the Cd/Zn hyperaccumulator *Thlaspi praecox* as revealed by micro-PIXE. *Plant, Cell and Environment* 31:1484-1496.
- Zeng-Yei H, Shaw-Wei S, Hung-Yu L, Horng-Yuh G, Ting-Chien C, Zueng-Sang C. 2010. Remediation techniques and heavy metal uptake by different rice varieties in metal-contaminated soils of Taiwan: New aspects for food safety regulation and sustainable agriculture. *Soil Science and Plant Nutrition* 56:31–52.