

# Uso de ácidos fúlvicos y girasol ornamental en la remediación de un suelo contaminado con plomo

## Fulvic acids and ornamental sunflower use in the remedial a polluted soil with lead

Rubén López-Cervantes<sup>1</sup>, Mario A. Moreno-Raya<sup>2</sup> Edmundo Peña-Cervantes<sup>1</sup>, Alfonso Reyes-López<sup>3</sup>,  
María del Rosario Zúñiga-Estrada<sup>4</sup>

E-mail: ruloce@yahoo.com.mx

<sup>1</sup>Profesor-Investigador, Depto. de Ciencias del Suelo, <sup>2</sup>Estudiante de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Producción, <sup>3</sup>Profesor-Investigador, Depto. de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo Coah., México. C.P. 25315. <sup>4</sup>Investigadora del INIFAP-Coahuila, Campo Experimental Saltillo.

### Abstract

With the objective to determine the behavior of fulvic acid and ornamental sunflower to recovery a polluted soil with lead Pb. In portions of 1.25 m<sup>3</sup> of alkaline soil were applied 750 and 1000 mg of Pb per kg<sup>-1</sup>. On polluted soil 41 plants m<sup>-2</sup> of hybrid "sunbrighth" ornamental sunflower (OS) were sowed. And together solutions of 10.4 mg L<sup>-1</sup> of fulvic acids extracted from compost (MFA), 0.6 mL L<sup>-1</sup> of K-tionic (commercial fulvic acids) and 1 mg L<sup>-1</sup> of DTPA (synthetic chelating agent) was apply. Evaluated variables were plant length (PL), stem diameter (SD), outer flower diameter (OD) and inner flower diameter (ID), harvest days (HD) and Pb quantity of plant (in stem, folliage and flower tissue). It had no statistical treatments effect in PL and SD, but in OD, ID and HD it had high statistical effects and when the MFA was added in the polluted soil with 1000 mg of Pb per kg<sup>-1</sup> of soil, the sunflower took 1.3 kg ha<sup>-1</sup> of Pb and this was 85.7 % more than the sunflower yield in the polluted soil with 750 mg kg<sup>-1</sup> of Pb and the K-tionic extracted 0.7 kg ha<sup>-1</sup> added. With the use of MFA and OS, it's possible to recover polluted lead soils, but in time function.

**Key words:** pollution, heavy metals, humic substances, soils recovery.

### Resumen

Con el objetivo de determinar el comportamiento de ácidos fúlvicos y girasol ornamental en la recuperación de un suelo contaminado con plomo. Se utilizaron porciones de suelo de 1.25 m<sup>3</sup> previamente contaminadas con 750 y 1000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo. En el suelo contaminado se sembraron 41 plantas m<sup>-2</sup> de girasol ornamental (GO) del híbrido "sunbrighth" y se aplicaron soluciones de 10.4 mg L<sup>-1</sup> de ácidos fúlvicos extraídos de la composta comercial elaborada a base de gallinaza Miyaorganic<sup>®</sup> (AFM), 0.6 mL L<sup>-1</sup> de agua de K-tionic (ácidos fúlvicos comerciales) y 1 mg L<sup>-1</sup> de DTPA (agente quelatante sintético). Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), diámetro del

tallo (DT), diámetro externo (DEC) e interno del capítulo floral (DIC), días a cosecha (DC) y la cantidad de plomo en la planta (tejido vegetal de tallo, follaje y capítulo). No hay efecto estadístico significativo de los tratamientos en la AP y el DT, mientras que en el DEC, DIC y DC, el efecto estadístico fue altamente significativo y al aplicar los AFM al suelo contaminado con 1000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo, el girasol extrajo 1.3 kg de Pb ha<sup>-1</sup>, lo que representó 85.7 % más que el girasol producido en el suelo contaminado con 750 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo y la aplicación del K-tionic extrajo 0.7 kg de Pb ha<sup>-1</sup>. Con el uso de los AFM y el GO, es posible recuperar suelos contaminados con plomo, pero en función del tiempo.

**Palabras clave:** contaminación, metales pesados, sustancias húmicas, remediación de suelos.

## Introducción

Una de las causas de contaminación de los suelos agrícolas, por metales pesados, se debe al uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos de forma prolongada. Dentro de las metodologías empleadas para remediar suelos contaminados con metales pesados, se encuentra la fitoextracción, la cual es definida como el uso de especies vegetales para remover contaminantes del ambiente. Además, para el proceso de remediación de suelos contaminados también se han empleado ciertos agentes quelatantes sintéticos, los cuales incrementan la disponibilidad de diversos iones metálicos para el crecimiento de las plantas (Raskin *et al.*, 1997). Así, por ejemplo, el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), es particularmente efectivo ya que facilita la fitoextracción de cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn) cuando se realizó la aplicación de 10 mmol kg<sup>-1</sup> a un suelo contaminado con 1,200 mg kg<sup>-1</sup> de Pb, la aplicación del EDTA provocó la acumulación de 1.6 % del Pb en tallos de *B. juncea*. Este agente quelatante fue efectivo cuando se aplicó algunos días antes de cosechar las plantas (Blaylock *et al.*, 1997).

Las sustancias húmicas (SH) están constituidas por los ácidos húmicos (AH), los ácidos fúlvicos (AF) y las huminas residuales (HR) y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja como las ligninas, distinta y más estable que su forma original y provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, debido a la actividad enzimática de los microorganismos que participan en su descomposición (Schnitzer, 2000) y al metamorfismo de residuos orgánicos, después de millones de años, sepultados por arcillas en deltas de ríos (minerales fósiles).

Los AH y los AF pueden complejar y/o quelatar cationes, debido a su alto contenido de grupos funcionales libres oxigenados. En los AH predominan los grupos funcionales carboxilos y en los AF, los grupos oxhidrilos fenólicos: más del 80 % de su estructura molecular está constituida por los grupos funcionales mencionados (Schnitzer, 2000), sin embargo, López (2002) encontró lo contrario al analizar compuestos húmicos extraídos de compostas.

Evangelou *et al.* (2004) emplearon dietilentriaminopentaacético DTPA con hierro (DTPA-Fe), ácidos húmicos obtenidos de leonardita y plantas de tabaco (*N. Tabacum* SR-1), en laboratorio, para fitoextraer cadmio (Cd) de un suelo contaminado concluyeron que los ácidos húmicos tienen un efecto positivo en la biohabilidad de este elemento y aceleran su fitoextracción. Además, los AH no tienen efectos negativos como el DTPA-Fe, al emplearse como agente quelatante durante el crecimiento de las plantas de tabaco.

Los agentes quelatantes sintéticos (EDTA, DTPA, entre otros) son costosos y difícil su consecución, por lo que se hace necesaria la búsqueda de alternativas económica y ecológicamente factibles, para remediar suelos contaminados con estos metales. Por lo señalado anteriormente, el objetivo del trabajo fue determinar el comportamiento de ácidos fúlvicos y girasol ornamental en la recuperación de un suelo contaminado con plomo.

### Metodología Experimental

Se utilizaron camas de siembra del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo Coah., México,

Los AF se obtuvieron de una composta comercial elaborada a base de gallinaza (Miyaorganic®), mediante la metodología adecuada por López (2002). Estos compuestos se identificaron como AFM, se les midió acidez total (AT), los grupos funcionales libres carboxilos (-COOH) y oxhidrilos (-OH) en  $\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$  (Schnitzer y Gupta, 1965), esta variable también se determinó para el producto comercial K-tionic (ácidos fúlvicos de leonardita-mineral fósil) y para DTPA (agente quelatante sintético).

Se utilizó una cama de siembra, la cual se dividió con láminas de plástico en ocho secciones de  $1.25 \text{ m}^3$  de volumen de suelo. Cuatro secciones se contaminaron con nitrato de plomo  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  a razón de  $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$  de suelo y las otras cuatro con la misma fuente de Pb a  $750 \text{ mg kg}^{-1}$  de suelo. Las secciones de la cama se regaron y se dejaron reposar durante ocho días.

Los AF que se aplicaron, fueron los siguientes:  $10.4 \text{ mg}$  de AFM  $\text{L}^{-1}$  de agua de;  $0.6 \text{ mL}$  de K-tionic (K)  $\text{L}^{-1}$  de agua; como testigo relativo  $1 \text{ mg}$  del agente quelatante sintético DTPA  $\text{L}^{-1}$  de agua y un testigo absoluto (agua de riego,  $\text{pH} = 7.4$ ) (T). Se sembraron semillas del híbrido de girasol ornamental, cv. "Sunbrigh" (SAKATA Seeds de México, S. A. de C. V.), con una densidad de población de  $41 \text{ plantas m}^{-2}$ .

Las variables evaluadas en las plantas fueron: altura de planta (AP), diámetro de tallo (DT), diámetro interno (DIC) y externo (DEC) de capítulo y días a cosecha (DC). Adicionalmente, después de seis semanas y al final del ciclo del cultivo, se colectaron muestras de los  $10 \text{ cm}$  superficiales del suelo y de la parte área del tejido vegetal del girasol. A la muestra de suelo se le determinó el contenido total y asimilable de plomo, y al tejido vegetal la cantidad total de plomo por espectrometría de absorción atómica (Perkin Elmer, 2380). Al final del ciclo de crecimiento, además, se midió el contenido

total de plomo al tejido vegetal en la parte aérea, raíz, tallo y capitulo y al suelo por el mismo método.

Los tratamientos se distribuyeron en las parcelas bajo estudio de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial, donde el factor A fueron los niveles de contaminación del suelo (750 y 1,000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo) y el factor B los AF. Para determinar el efecto de los tratamientos se aplicó un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey (P 0.01 y 0.05), para lo cual se empleó el programa de software Statistical Analysis System (SAS).

## Resultados y Discusión

### Los ácidos fulvicos

Los AFM, superaron en AT al K-tionic y al DTPA con 285 y 27 %, respectivamente presentando mayor cantidad de grupos funcionales carboxilos libres (Cuadro 1). Conforme aumentó la cantidad de grupos funcionales carboxilo, en un tipo de AF, decrecieron los grupos funcionales oxhidrilos (-OH) y viceversa en el otro compuesto húmico. Esta variación es de acuerdo a las fuentes de la materia orgánica de donde provengan los AF (Fründ *et al.*, 1994), aunque los AF siempre estarán más oxidados que los AH, independientemente de los materiales que hayan servido como materia prima para la formación de estos ácidos (Schnitzer, 2000; Pettit, 2004).

**Cuadro 1.** Acidez total (AT), grupos funcionales libres carboxilos (-COOH) y grupos funcionales libres oxidrilos fenólicos (-OH) de diversos compuestos orgánicos

	AT (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	-COOH (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	-OH (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	%
K-tionic	182	74	108	25.0
AFM	702	530	172	14.0
DTPA	551	341	210	

### Comportamiento de los ácidos fúlvicos

En las variables AP y DT no hay diferencia estadística significativa, mientras que en el DEC, DIC y DC hay se encontró diferencia altamente significativo (P 0.01) de los tratamientos (Cuadro 2). Al añadir 10.4 mg de AFM L<sup>-1</sup> de agua, el DEC (12.3 cm) del girasol, superó en 11.8 % al DEC de los girasoles desarrollados en el suelo contaminado con 750 mg de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> de suelo (11.0 cm) y en 6 % al DEC, cuando el suelo se contaminó con 1000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo (11.6 cm). El DIC

alcanzó el mayor valor medio (6.4 cm) al adicionar 10.4 mg de AFM L<sup>-1</sup> de agua, porque superó en 18.5 % al DIC del girasol desarrollado en el suelo contaminado con 750 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo (5.4 cm<sup>-1</sup>) y con 12.3 por ciento, al contaminar el suelo con 1000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo (5.7 cm<sup>-1</sup>). Cuando se agregó 1 mg de DTPA L<sup>-1</sup>, los DC se redujeron (84 d), ya que con este tratamiento se sobrepasó en 1% a los DC de los girasoles desarrollados (88 días) en el suelo contaminado con 1,000 mg de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, kg<sup>-1</sup> de suelo más los AFM.

En forma general, se puede establecer que el órgano con mayor contenido de materia seca, fue el follaje del tejido vegetal cuando se adicionó el K-tionic, en el suelo contaminado con 1000 mg de Pb kg<sup>-1</sup> de suelo, porque el testigo relativo (DTPA) fue superado con 59 % y el testigo absoluto (agua) en 68 %.

Los girasoles que más plomo extrajeron (1.3 kg ha<sup>-1</sup>) del suelo contaminado con 1,000 mg de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> de suelo, fueron los desarrollados en el área donde se aplicaron los AFM, porque sobrepasó en 85.7 % al contenido de Pb de los girasoles desarrollados en el área contaminada con 750 mg de Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> de suelo y donde se aplicó el K-tionic (0.7 kg ha<sup>-1</sup>).

**Cuadro 2.-** Concentrado análisis de varianza de algunas variables evaluadas en girasol ornamental, al incorporar sustancias orgánicas a suelos contaminados con plomo.

Variable	Fc	Ft	
		(P≤0.05)	(P≤0.01)
Altura de planta	1.6049	2.132 NS	2.876 NS
Diámetro de tallo	1.3663	2.132 NS	2.876 NS
Diámetro externo de capítulo	3.7755	0.000	0.000
Diámetro interno de capítulo	4.0576	0.000	0.000
Días a cosecha	5.2048	0.000	0.000

De los resultados obtenidos, se puede establecer que los grupos funcionales libres (–COOH) de los AFM actuaron como ligantes naturales del plomo para hacerlo disponible para las plantas. Esto quiere decir que las sustancias húmicas están bien polimerizadas y bien oxidadas (AFM = 530 (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>). Aquí es necesario considerar el número de cargas eléctricas negativas (de 1 a *n*: donde *n* es el número total de sitios aniónicos disponibles) de las moléculas orgánicas, las cuales pudieron ser equilibradas por cargas positivas de los cationes (Fründ *et al.*, 1994). Mientras que para Evangelou *et al.* (2004), todas las moléculas que sirven como agentes quelatantes, sin importar su origen, tienen una capacidad limitada de unir moléculas o iones, dependiente de la cantidad de sitios de unión (cargas eléctricas negativas).

## Conclusión

Con la adición de ácidos fúlvicos extraídos de composta y girasol ornamental, se puede remediar un suelo contaminado con plomo.

## Literatura citada

- Blaylock, M. J., D. E. Salt, S. Dushenkov O., C. Gussman, Y. Kapulnik, B. D. Ensley and I. Raskin. 1997. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environ Sci. Tech.*
- Evangelou, W. H. M., H. Daghan and A. Schaeffer. 2004. The influence of humic acids on the phytoextraction of cadmium from soil. *Chemosphere* 57:207-213.
- Fründ, R., k. Guggenberg, K. Haider, H. Knicker, I. Kögel-Knaber, H.-D. Lüdeman, J. Luster, W. Zech and M. Spiteller. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 157: 175-186.
- López, C. R. 2002. Comportamiento de Substancias Húmicas de Diverso Origen en la Física de un Suelo Limo-Arcilloso y en la Fisiología del Tomate. Tesis Doctoral en Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Pettit. 2004. Organic matter, Humate, Humic acid, Fulvic acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health. Huma Tech. Inc. Makers of Promax. Disponible en: <http://www.humate.info/>
- Raskin, I., R. D. Smith and D.E. Salt. 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Biotechnology*. 8:221-226.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press. 98: 3-58.
- Schnitzer, M. and U. C. Gupta. 1965. Determination of acidity in soil organic matter. *Soil Science Society American Proceeding*. 29: 274-277.