



**Artículo Original**

**Estimación de la capacidad fitorremediadora del “girasol”  
*Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmiendas para  
suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de  
industrias metalmecánicas**

**ESTIMATION OF THE PHYTOREMEDIATION CAPACITY OF THE  
*HELIANTHUS ANNUUS* SPECIES THROUGH THE INCORPORATION OF  
AMENDMENTS FOR SOILS CONTAMINATED BY HEAVY METALS  
(LEAD, CHROMIUM) OF INDUSTRIAS METALMECÁNICAS**

DÁMARIS JIMENA RODRIGO TINTAYA§\*

Recibido: 01 junio de 2018 / Aceptado: 15 julio de 2018

§EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

**Resumen**

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la capacidad fitorremediadora del “girasol” *Helianthus annuus* mediante la incorporación de enmienda a suelos contaminados con metales pesados de industrias metalmecánicas, y proponer una alternativa económica, simple y natural. Se evaluó la bioacumulación de Plomo (Pb) y Cromo (Cr) de las plantas cultivadas en un periodo de 60 días, para ello se realizaron cuatro tratamientos que incluían enmienda orgánica (guano de isla y suelo agrícola), las cuales fueron mezcladas con el suelo contaminado. Al finalizar la evaluación se evidenció que la aplicación de enmiendas en los tratamientos (T) 3 y 4 favoreció la bioacumulación de Pb en el suelo (75.54 ppm en T3; 46.09 ppm en T4) y en las plantas (50.70 ppm en T3; 41.30 ppm en T4) de *Helianthus annuus*; en relación con el Cr en el suelo se determinaron concentraciones de 47.40 ppm de en el T3; 79.5 ppm en T4 y en las plantas 9.21 ppm en el T3 y 19.3 ppm en T4. En general el *Helianthus annuus* bioacumuló mayor cantidad de en los T1 y T2 llegando a la toxicidad y baja supervivencia. Así mismo, en los tratamiento T4 y T3 logró una mejor supervivencia, masa foliar y crecimiento.

Palabras clave: sulfato de aluminio, coagulación, floculación, prueba de jarras; diseños factoriales.

**Abstract**

This research was developed to evaluate the reaction capacity of *Helianthus annuus* by incorporating a substrate contaminated with heavy metals, and to propose an economical, simple and natural alternative. The bioaccumulation of Lead (Pb) and Chromium (Cr) of the cultivated plants was evaluated in a period of 60 days, for which four treatments were carried out that included the organic formula (island guano and agricultural soil), which were mixed with contaminated soil. At the end of the evaluation it was evident that the application of amendments in the treatments (T) 3 and 4 favored the bioaccumulation of Pb in the soil (75.54 ppm in T3, 46.09 ppm in T4) and in plants (50.70 ppm in T3; 41.30 ppm in T4) of *Helianthus annuus*; in relation to the soil, the levels of 47.40 ppm were determined in T3; 79.5 ppm in T4 and in plants 9.21 ppm in T3 and 19.3 ppm in T4. In general, *Helianthus annuus* bioaccumulated more in T1 and T2, reaching toxicity and low survival. Likewise, in the treatments T4 and T3 achieved a better survival, leaf mass and growth.

Key words: Phytoremediation, *Helianthus annuus*, bioaccumulation, heavy metals, toxicity.

\*Correspondencia de autor:  
Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima  
E-mail: jimendamaris20@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha acelerado el desarrollo industrial y crecimiento de las poblaciones contribuyendo a generar serios problemas por la contaminación de metales pesados provocando el deterioro de la calidad del agua, aire y suelo (Chico, 2012).

Además, las actividades industriales, mineras generan una contaminación a gran escala con metales pesados (Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Co, Ag, Au) y radionúclidos en los ambientes, en particular en los suelos de tal forma que, afectan la fertilidad y en caso de acuíferos pueden comprometer este recurso como fuente para el consumo humano (Vullo, 2003).

Los metales pesados se definen como aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a  $5 \text{ g cm}^{-3}$  cuando están en forma elemental cuyo número atómico es superior a 20 (exceptuando a los metales alcalinos y alcalinos térreos). Estos pueden clasificarse en dos grupos: oligoelementos o micronutrientes: son necesarios en pequeñas cantidades pero cuando sobrepasan son tóxicos; incluyen As, B, Cr, Co, Mo, Ni, Se, Zn y el segundo grupo sin función biológica conocida: Ba, Cd, Hg, Pb, Sb, Bi (Navarro-Aviñó y López-Moya, 2007).

Así mismo, Navarro-Aviñó *et al.* (2007) indica que la Unión Europea define como contaminación a la “introducción directa o indirecta como consecuencia de la actividad humana de sustancias, vibraciones, calor o ruido en el aire, el agua o suelo que pueden causar daños, a la propiedad material o entorpecer las actividades recreativas”. La contaminación de metales pesados puede deberse básicamente a dos factores: causas naturales como erosión de rocas, terremotos, tsunamis, etc. y causas antropogénicas (incineración, mineras, pesticidas, hidrocarburos). En el Valle del Guadamar tras el vertido Azancóllar la contaminación de suelos se dio a través de las aguas que llevaban gran concentración de metales pesados por disolución ingresando por grietas y poros.

En Perú, se reportó la contaminación ambiental del suelo de industria y minería, drenajes ácidos y aportes de sólidos totales afectan a los recursos acuáticos y suelos por consiguiente a los productos agrícolas. Los relaves mineros contienen oro, plata y metales básicos como Cobre, Zinc, Plomo siendo estos minerales que dominan la industria peruana (Chico, 2012).

En cuanto a remediación de suelos mediante tecnologías para descontaminar los suelos se pueden clasificar en: tecnologías aplicadas *in situ* (emplazamiento contaminado sin mover el suelo), *on situ* (emplazamiento contaminado pero moviendo el suelo) y *ex situ* (mover al suelo a otro lugar). Sin embargo, hay otras técnicas físicas, químicas para el tratamiento del suelo contaminados con elementos de traza (García, 2003).

Lerma (2006) menciona que se ha demostrado que las plantas son efectivas en la limpieza de suelos contaminados y tienen la capacidad de acumular metales pesados de manera natural en pequeñas y altas cantidades ya que actúan por requerimientos funcionales o mecanismo de defensa a ello se le conoce como fitorremediación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

La construcción de las plántulas a escala piloto se ubicó en el campus de la Universidad Peruana Unión, Carretera Central km 19.5 Ñaña, distrito de Lurigancho-Chosica, departamento de Lima, Perú. Los análisis de metales pesados se realizaron en el Laboratorio de Agua y Suelo, Medio Ambiente y Fertirriego de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

La muestra de suelo contaminado utilizada en el proyecto se recolectó de industria metalmeccánica ubicado en todo el sector de Nicolás de Piérola del Distrito de Ate, Lima. La muestra de suelo agrícola se obtuvo del cultivo de Lúcumo de la Universidad Peruana Unión en el distrito de Lurigancho – Chosica.

Inicialmente se realizó la evaluación de porcentaje de poder germinativo de *Helianthus annuus* mediante el tratamiento con agua, declarado por la Food And Agriculture Organization of the United Nations FAO.

### *Aspectos experimentales*

El tratamiento consistió de 3 tratamientos (T2, T3, T4) y una muestra control (T1) cada uno de ellos incluyó tres repeticiones haciendo un total de 12 macetas evaluadas durante toda la fase experimental. En cada una de las macetas se sembró 3 semillas de “girasol” *Helianthus annuus* para asegurar su crecimiento, como también reducir la probabilidad de perder un individuo por muerte durante la prueba experimental.

El tratamiento 1 (T1) comprendió 100% de suelo contaminado, correspondió al tratamiento control, el T2 consistió de 85% desuelo contaminado, 10% de suelo agrícola, y 5 %compost; el T3 consistió de 70% suelo contaminado, 25% suelo agrícola y 5% compost; y el T4 55% suelo contaminado, 40% suelo agrícola y 5% compost.

Luego se realizó la caracterización fisicoquímica de cada sustrato siendo tiempo inicial ( $t_i$ ) posteriormente se realizó la caracterización de las mezclas según el tipo de tratamiento (T2, T3, T4).

Durante todo el proceso experimental se realizaron la medición de la longitud de las hojas, diámetro a la altura de cuello (DAC) mediante una regla milimetrada desde el nivel del sustrato hasta el ápice de cada especie respectivamente. Además se realizó un monitoreo con registro de medición foliar, registro fotográfico, con la finalidad de comparar los resultados de longitud y mortandad al final de la fase experimental mediante el método de Análisis (Melgarejo, 2010).

### *Análisis estadístico*

Los datos se sometieron a los supuestos de normalidad y de homogeneidad de las varianzas, identificando que los datos no se distribuyeron de forma normal, por lo que se optó la realización de análisis no paramétrico debido a que el tamaño de la muestra de los tratamientos fue menor a 30. Para lo cual se utilizó la prueba de Kruskal Wallis, prueba para varias muestras independientes y para identificar si los tratamientos son idénticos o

alguna de ellas presenta promedios mayores que la otra. Luego de realizar el análisis de prueba Kruskal wallis, en aquellos casos donde se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos con un nivel de  $p < 0.05$ , para especificar entre cuales de los tratamientos se presentaron diferencias. Se utilizó el Software SPSS versión 21.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### *Análisis de concentración de Plomo (Pb) en el suelo*

Con respecto a la concentración de Plomo al final del estudio se demostró que existe diferencia significativa en las medias de los tratamientos (prueba de significancia de 0.041;  $p < 0.05$ ) (Tabla 1). Según los resultados obtenidos (Tabla 1), en el T4 se determinó una menor cantidad de concentración final de plomo (46.09 ppm) seguido por el T3, T1, T2 los cuales presentaron la siguientes concentraciones de plomo: 75.54 pm, 90.07 ppm, y 137.39 ppm respectivamente.

Tabla 1. Concentraciones medias de Pb en el suelo

Tratamiento/observación	T1	T2	T3	T4
Número de réplicas	3	3	3	3
Concentración de Plomo (ppm)	90.07	137.39	75.54	46.09

Además, se demuestra que las enmiendas tienen efectos positivos en el suelo y como consecuencias dan condiciones adecuadas a la Planta. Bautista (1999) indica que la enmienda mejora las condiciones físicas y biológicas de la estructura del suelo, porosidad y almacenamiento de agua.

### *Análisis de concentración de Cromo (Cr) en el suelo*

En base al análisis estadístico, se determinó diferencias significativas en las concentraciones de Cromo en los tratamientos ( $p < 0.05$ ). En la Tabla 2 se observa que los tratamientos T2 y T4 tuvieron un mayor rango, el mismo que representa la concentración inicial y final. Los valores evidencias disminución de la concentración de Cr en el suelo.

Tabla 2. Rangos de concentración final de Cromo en el suelo

Tratamiento/observación	T1	T2	T3	T4
Número de réplicas	3	3	3	3
Concentración de Plomo (ppm)	4.67	8.67	4.00	8.67

### *Análisis de concentración de Plomo (Pb) en la planta*

Según los resultados, el final del estudio, la mayor concentración de Pb se encontró en las plantas analizadas del tratamiento 2 (63.36 ppm). Los metales se tienden a bioacumularse significando un aumento de concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo (Prieto *et al.*, 2009). Además estas se ha demostrado que los metales pesados pueden causar diversos daños en las plantas y en diferentes grados de acumulación como sucedió en los tratamientos T1 y T2 que almacenaron Plomo causando toxicidad. Según (Delgadillo *et al.*, 2011) la toxicidad de estos metales depende de la concentración, la forma química y su persistencia en el suelo. Según la Tabla los

tratamientos en los cuales las plantas bioacumulaban más Pb fueron el T2 y T4 (mayor rango).

Tabla 3. Rangos de concentración final de Plomo en las plantas

Tratamiento/observación	T1	T2	T3	T4
Número de réplicas	3	3	3	3
Concentración de Plomo (ppm)	4.00	8.75	5.83	4.00

#### *Análisis de concentración de Cromo (Cr) en la planta*

Se demostró que existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), se determinó que el tratamiento T1, fue el que tuvo mayor concentración de Cr en sus hojas, tallo y raíces siendo 69.66 ppm de Cr; seguido por el T2, T4, T3 con los siguientes valores de concentración 25.41 ppm de Cr; 19.3 ppm de Cr; 9.21 ppm de Cr respectivamente.

Tabla 3. Rangos de concentración final de Plomo en las plantas

Tratamiento/observación	T1	T2	T3	T4
Número de réplicas	3	3	3	3
Concentración de Plomo (ppm)	69.66	25.41	9.21	19.3

Las plantas hiperacumuladoras generalmente tiene poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismo necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos (Prieto *et al.*, 2009). Esto se debió a la toxicidad de los metales no solo de su concentración sino de la movilidad y reactividad de los compuestos para solubilidad de los metales.

## CONCLUSIONES

El *Heliantius annuus* posee capacidad fitorremediadora, debido a que logra bioacumular Pb, Cr en la masa foliar para todos los tratamientos (T1, T2, T3, T4), reduciendo de esta manera la concentración de metal pesado en el suelo.

El tratamiento más eficiente para los procesos de fitorremediación fue el T4 y T3 que contenía suelo, guano de isla ya que se logró la bioacumulación de Cr y Pb

## Referencias

- Bautista, Z. F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Obtenido de [https://books.google.com.pe/https://books.google.com.pe/books/about/Introducci%C3%B3n\\_al\\_estudio\\_de\\_la\\_contamina.html?id=yE2Jq3z7ex4C](https://books.google.com.pe/https://books.google.com.pe/books/about/Introducci%C3%B3n_al_estudio_de_la_contamina.html?id=yE2Jq3z7ex4C)
- Chico, R. J., Cerna, R. D., Rodríguez, E. M., & Guerrero, P. M. (2012). Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo REBIOL 32(2):13 -19. Tomado de [http://www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=129&Itemid=62](http://www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=129&Itemid=62)
- Delgadillo-López, Angélica Evelin, González-Ramírez, César Abelardo, Prieto-García, Francisco, Villagómez-Ibarra, José Roberto, & Acevedo-Sandoval, Otilio. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. Tropical and subtropical agroecosystems,

- 14(2), 597-612. Recuperado en 19 de agosto de 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es).
- García M. (2003). Los suelos contaminados y los métodos de recuperación. *Ingeniería química*, ISSN 0210-2064, N°. 403, 2003, págs. 189-192.
- Lerma, R. M. (2006). Evaluación de suelos y especies vegetales con potencial de acumulación de metales pesados. México: Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia.
- Navarro-Aviñón, J., Aguilar Alonso, I., & López-Moya, J. (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Revista Ecosistemas*, 16(2). doi:10.7818/re.2014.16-2.00
- Prieto Méndez, J., & González Ramírez, C., & Román Gutiérrez, A., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (1), 29-44.
- Vullo, D. (2003). Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. *Química Viva*, 2 (3), 93-104.