

**CAPACIDAD BIOACUMULADORA DE PLOMO, A DIFERENTES
CONCENTRACIONES, EN RAÍZ, TALLO Y HOJA DE *Taraxacum officinale* EN
CONDICIONES DE LABORATORIO**

**BIOACCUMULATIVE CAPACITY OF LEAD, AT DIFFERENT CONCENTRATIONS, IN THE
ROOT, STEM, LEAF OF *Taraxacum officinale* IN LABORATORY CONDITIONS**

Brenda Alva Guzmán*

*Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. *brendak209@hotmail.com*

RESUMEN

Actualmente existen estudios tendientes a resolver la contaminación originada por metales pesados mediante estrategias basadas en el uso de plantas que tienen la propiedad de acumular sustancias; una de ellas es *Taraxacum officinale*, la cual se propuso para conocer la capacidad bioacumuladora de sus órganos cuando son sometidos a diferentes concentraciones de plomo y su posible efecto en su crecimiento. Sus semillas con una previa desinfestación fueron colocadas en placas petri con papel filtro en agua destilada. Las semillas germinadas fueron colocadas en sistemas hidropónicos sometidas al medio de Hoagland durante 10 días para su adaptación. Luego fueron trasplantadas a un nuevo sistema preparado con solución de Hoagland a la cual se le agregó el plomo según los tratamientos 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm por el tiempo de 4 días, en condiciones de laboratorio. La cuantificación fue por espectrofotometría de absorción atómica; además se tomaron medidas de longitud de raíz, tallo, número de hojas, peso fresco y seco de todas las plantas. Los resultados muestran que a los 28 días de germinación la raíz del tratamiento de 150ppm de plomo tiene mayor acumulación, seguido del órgano tallo y hoja. En las longitudes, tuvo menor crecimiento la raíz en el tratamiento de 150ppm de plomo, en el tallo el tratamiento 50 y 150 ppm, y en relación al número de hojas los valores se mantuvieron en los tres tratamientos igual. El análisis de varianza de la concentración de plomo acumulado a los 28 días de germinación se muestra una variación entre tratamientos y órganos, lo mismo con el análisis de varianza de los valores promedios de longitud de tallo, longitud de raíz y número de hojas. Concluyendo que el órgano con mayor capacidad bioacumuladora es la raíz y que su crecimiento se ve afectado en altas concentraciones de plomo.

Palabras claves: *Fitorremediación, Acumulación, Asteraceae.*

ABSTRACT

Actually there are studies to solve the pollution caused by heavy metals through strategies based on the use of plants that have the property of accumulating substances, one is *Taraxacum officinale*, that was proposed to determine the capacity of their bodies bioaccumulative when subjected to different concentrations of lead and its possible effect on their growth. Its seeds with a prior disinfection were placed in petri dishes with filter paper in distilled water. The germinated seeds were placed in hydroponic systems subject to Hoagland medium for 10 days for adaptation. They were then transplanted to a new system prepared with Hoagland solution to which was added the lead according to the 0 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm at the time of 4 days, under laboratory conditions. Quantification was by atomic absorption spectrophotometry, plus length measurements were taken root, stem, leaf number, fresh and dry weight of all plants. The results show that after 28 days of germination root 150ppm treatment has greater accumulation of lead, followed by stalk and leaf body. In lengths, root growth was less in the treatment of 150ppm of lead treatment on stem 50 and 150 ppm, and in relation to the number of sheets values remained the same in all three treatments. The analysis of variance accumulated lead concentration after 28 days of germination is shown a variation between treatments and organs, as with the analysis of variance of the mean values of length of stalk, root length and leaf number. Concluding that the body is better able bioaccumulative and root growth is affected by high concentrations of lead.

Keywords: *Phytoremediation, Accumulation, Asteraceae.*

Recibido: Enero de 2014

Aceptado: Diciembre 2015

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades humanas, ha ido contribuyendo a la generación de residuos con elementos potencialmente tóxicos, que en concentraciones altas han causado efectos nocivos a la salud de las poblaciones vivientes con alteraciones al equilibrio ecológico y el ambiente (Sierra, 2006). En estas condiciones, muchos elementos químicos, entre los que destaca el plomo es uno de los mayores contaminantes del ambiente y altamente tóxico para el hombre; y su presencia se debe a las actividades antrópicas como la industria, minería, fundición, uso de gasolinas, pinturas, etc y puede permanecer como residuo durante miles de años, ser degradado (Gastañudi, 2003). Por lo que la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) estableció que si un suelo supera el límite máximo permitidos y fijados en 300 a 500 mg de Pb Kd⁻¹, debe ser remediados (Carpena y col., 2007).

Estas alteraciones naturales siempre han existido y desde hace unos 300 años aproximadamente las plantas fueron propuestas para el uso en el tratamiento de aguas residuales y suelos contaminados como es el caso de Rusia, en la década de 1970, se realizaron investigaciones utilizando vegetales para recuperar suelos contaminados con radionucleótidos; lo que sirvió de referencia para que en las últimas décadas del siglo XX, surgieran tecnologías basadas en el empleo de organismos vivos para descontaminar suelos o emplazamientos contaminados y recuperar los ecosistemas afectados, por lo que surgió empleo con frecuencia uso de tecnologías basadas en plantas y que recibieron el nombre de fitorremediadoras (Carpena y col; 2007).

Todas las plantas han demostrado poseer un potencial para absorber una amplia variedad de metales del suelo, pero la mayor parte de las ellas tienden solamente a absorber los que son esenciales para su supervivencia y desarrollo, pero en base a investigaciones se encontró un pequeño grupo, de plantas que pueden tolerar, absorber y translocar altos niveles de algunos metales, recibiendo el nombre de bioacumuladoras (Chen y col., 2001) y por la resistencia que poseen se les denomina hiperacumuladoras, entre las que destaca *Brassica pekinensis*, que acumula el plomo desde la germinación de semillas hasta crecimiento, demostrando ser una hiperacumuladora en sus tejidos; aunque es sensible a concentraciones mayores a 1000µg/mL. (Xiong, 1997)

Asi mismo, sabiendo que en la familia Chenopodiaceae se cuenta con especies fitorremediaroras plenamente identificadas, López (2005), se propuso investigar la especie *Beta vulgaris* "acelga", concluyendo de que era tolerante a plomo y cadmio durante las etapas de germinación y desarrollo de la plántula.

Similiar a las especies de la familia Asteraceae que se han reportado tolerantes al plomo, como es el caso de en *Sonchus oleraceus*, por cuya particularidad se ha propuesto en varias zonas contaminadas con metales para que actúe como especie fitoremediadora (Xiong, 1997).

Algunas investigaciones desarrolladas con otros elementos químicos, se ha utilizado a *Thlaspi caurulencens*, que demostró que en suelos contaminados con zinc y cadmio, logra eliminar más de 8 mg/Kg de cadmio y 200 mg/Kg de zinc en suelo agrícola (Lombi et al., 2001); así como *Helianthus annuus* L. "girasol" que se demostró que tiene la capacidad de absorber algunos metales pesados, demostrando que la mayor cantidad se acumula en sus raíces que en sus brotes, por lo que se considera una planta hiperacumuladora favorable en la fitoextracción de Cadmio, Zinc, Plomo y algunos elementos radiactivos (Christie y col., 2004).

En el caso de los pastos se ha demostrado que son los vegetales adecuados para la fitorremediación de formas orgánicas e inorgánicas de metales, por su hábitat, de crecimiento y adaptabilidad a una variedad de condiciones edáficas y climáticas (Singh et al., 2003), por ejemplo el género *Lolium sp* "Rye Grass", que sirve para extraer plomo de un suelo salino-sódico, contaminado con altas concentraciones de estos elementos (Sierra, 2006).

En las mismas condiciones se ha demostrado que *Acacia farnesiana* y *Dodonea viscosa* son especies que toleran concentraciones de Plomo hasta 500 mg/L, y que ambas tienen capacidad para acumular el metal en sus tejidos en concentraciones mayores a 1000 ppm, por lo que puede asumirse que son especies con potencial para la fitorremediación de sitios contaminados con concentraciones altas de plomo ≤ 500 mg/L (Salas, 2007).

En base a todo lo descrito anteriormente y observando que en la actualidad han surgido dificultades por toxicidad por plomo en los ecosistemas, zonas agrícolas, parques, agua de riego y sedimento del relave de minas, se ha planteado como objetivo conocer la capacidad bioacumuladora de los órganos de *Taraxacum officinale* W. “Diente de León” cuando son sometidos a diferentes concentraciones de plomo y conocer su posible efecto en el crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Recolección de semillas

La especie *T. officinale*, fue obtenido en estado de semillas, que fueron recolectadas en los diferentes parques y jardines ubicados en la ciudad de Trujillo – La Libertad, almacenadas en bolsas de papel a temperatura ambiente, hasta su utilización en el proceso de desinfección; para lo cual, fueron sometidas por inmersión en alcohol de 70% durante un minuto, luego con hipoclorito de sodio al 2,5% durante cinco minutos y enjuagados con destilada varias veces.



Fig. 1. *Taraxacum officinale*



Fig. 2. Recolección de semillas

2. Germinación

Las unidades experimentales fueron dispuestas en placas petri de 30cm de diámetro se colocó papel filtro Whatman N° 1, donde se colocaron 500 semillas de *Taraxacum officinale*, “diente de león”, en 30 ml de agua destilada; donde permanecieron 10 días después de germinar y proceder a trasplantarlas a sistemas hidropónico, el cual fue instalado con una bandeja con capacidad de 3 litros, a través de mangueras con una bomba para la aireación, con orificios en una plancha de tecnopor, donde se colocaron 10 plántulas, conteniendo medio de Hoagland a la quinta parte de su concentración, durante 7 días con el fin de alcanzar su adaptación.



Fig. 3. Instalación del sistema

3. Tratamiento con soluciones de plomo

Las plántulas de *T. officinale* a los 17 días de la germinación fueron trasplantadas a un nuevo sistema preparado con solución de Hoagland a la mitad de su concentración; a la cual se le agregó el Pb basado en el diseño experimental en bloques con estímulo creciente esquematizado por Goode y Hatt según el siguiente detalle 0, 50, 100, 150 ppm de plomo, considerando tres repeticiones.



Fig. 4. Soluciones de Plomo



Fig. 5. Preparación de los tratamientos

4. Análisis de crecimiento

Se procedió a retirar cada planta del sistema para contar el número de hojas y medir la longitud de raíz y tallo utilizando la escala de centímetros correspondientes a los 4 tratamientos; para el peso fresco y el peso seco se agrupó por órgano utilizando las 100 plantas por tratamiento usando la balanza analítica, considerando que para el peso seco previamente se puso a la estufa por el tiempo de 24 horas., esto se hizo antes y después de la exposición a Plomo.



Fig. 6. Medición de tallo

. Alva: Capacidad bioacumuladora de plomo a diferentes concentraciones de *Taraxacum officinale*



Fig. 7. Separación de Órganos de *Taraxacum officinale*



Fig. 8. Medición del peso fresco

5. Análisis cuantitativo de acumulación de Pb

Se siguió la metodología de espectrofotómetro de absorción atómica, con la técnica de calcinación para la cuantificación de plomo acumulado en cada uno de los órganos vegetales de las plantas de *Taraxacum officinale*. De cada repetición se procedió a separar en sobres de papel la raíz, tallo y hoja. Cada sobre contenía 100 órganos de cada planta.



Fig. 9. Espectrofotómetro de Absorción Atómica de la Universidad Nacional de Trujillo

6. Análisis estadístico

Utilizando el programa Microsoft Office Excel versión 2007 se procesó los datos obtenidos, obteniendo promedios y el análisis de varianza tipo I en bloques.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestra los valores de la concentración de plomo acumulado en los órganos vegetales de *Taraxacum officinale* a los 28 días después de germinación en los cuatro tratamientos y sus repeticiones; del mismo modo en la tabla 2, se muestra los valores promedios de longitud de tallo y raíz (cm), y número de hojas; en la tabla 3 se presentan los valores promedios de peso seco (gr) y peso fresco (gr) de raíz, tallo y hoja; y en la tabla 4 corresponde al análisis de varianza de la concentración de plomo y la tabla 5 corresponde al análisis de varianza de los valores promedios de longitud de tallo, raíz (cm) y número de hojas a los 28 días de germinación, con nivel de significancia de 0.05

Tabla 1. Concentración de plomo (ppm) en hoja, tallo y raíz de *T. officinale* a los 28 días de germinación, distribuidos en los cuatro tratamientos y tres repeticiones.

Órganos	Repeticiones	Tratamiento (ppm)			
		0	50	100	150
Hoja	1	0	0,0018	0,0062	0,0131
	2	0	0,0019	0,0070	0,0139
	3	0	0,0023	0,0077	0,0143
Tallo	1	0	0,0021	0,0093	0,0172
	2	0	0,0023	0,0078	0,0168
	3	0	0,0025	0,0081	0,0173
Raíz	1	0	0,0048	0,0119	0,0199
	2	0	0,0032	0,0101	0,0176
	3	0	0,0039	0,0109	0,0181

Tabla 2. Número de hojas, longitud de tallo y raíz (cm) de *T. officinale* a los 28 días de aplicar el plomo en cuatro tratamientos.

PARÁMETROS	Días de germinación	TRATAMIENTO (ppm)			
		0	50	100	150
Longitud de tallo	28 días	1,5	1,08	1,28	1,13
Longitud de raíz	28 días	6,41	3,35	2,8	2,13
Número de hojas	28 días	4	3	3	3

Tabla 3. Peso fresco y seco (gr) de raíz, tallo y hoja de *T. officinale* a los 28 días de aplica el plomo, distribuidos en cuatro tratamientos.

Órganos	Peso	Tratamiento (ppm Pb)			
		0	50	100	150
Hoja	Fresco	0,809	0,701	0,513	0,402
	Seco	0,0940	0,0076	0,0513	0,0716
Tallo	Fresco	0,297	0,296	0,201	0,101
	Seco	0,0387	0,0060	0,0720	0,0096
Raíz	Fresco	0,3109	0,2601	0,2111	0,2011
	Seco	0,0642	0,0103	0,0680	0,0141

. Alva: Capacidad bioacumuladora de plomo a diferentes concentraciones de *Taraxacum officinale*

Tabla 4. Análisis de Varianza de la concentración de plomo acumulado por la raíz, tallo y hoja en *Taraxacum officinale* a los 28 días de su germinación, con nivel de significancia $P_{Ei}=0.05$

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F _{CAL}	F _{TAB}
Partes biológicas	4,49007*10 ⁻⁵	2	2,24503*10 ⁻⁵	19,6842948	3,1*
Tratamiento	0,001443437	3	0,000481146	421,865045	2,73*
Repeticiones	1,28869*10 ⁻⁶	2	6,44344*10 ⁻⁷	0,56495641	3,1
Error	3,19346*10 ⁻⁵	28	1,14052*10 ⁻⁶		
Total	0,001521561	35			

*Significativo

Tabla 5. Análisis de Varianza del crecimiento en la longitud de tallo, raíz y número de hoja de *Taraxacum officinale* a los 28 días de su germinación, con nivel de significancia, $P_{Ei}=0.05$

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F _{CAL}	F _{TAB}
Partes biológicas	79,476	2	39,738	41,741	3,0975*
Tratamiento	36,323	3	12,10	12,71	2,714*
Repeticiones	0,5216	5	0,104	0,109	2,3305
Error	58,0994	61	0,952	-	-
Total	174,42	71	-	-	-

*Significativo

DISCUSION

Uno de los efectos iniciales a causa de la toxicidad del plomo en *Taraxacum officinale* esta evidenciado en la inhibición de la elongación de la raíz, debido a que los tratamientos fueron aplicados a diferentes concentraciones, en donde se puede notar que a 150 ppm de plomo es afectada con un crecimiento de 2,13 centímetros durante los 28 días a comparación de 6,41 centímetros durante los 28 días a 0 ppm de plomo, por lo que se puede deducir que en las plantas, las altas concentraciones al plomo inhiben el crecimiento y desarrollo, además de alterar muchos procesos bioquímicos y fisiológicos, como lo sostiene Xiong (1997), quien sostiene que la principal razón para que la longitud de la raíz sea usada como una medida para determinar la capacidad de una planta para tolerar metales, es que la raíz es más sensible a elementos tóxicos en su medio, debido a que es un órgano especializado en la absorción; y a la vez, es el primer órgano en estar sometido a la presencia de diferentes contaminantes y, por lo tanto, el primero en presentar efectos tóxicos que en nuestra experiencia existe notable capacidad de resistencia, aunque el crecimiento es lento en 50 y 100 ppm de plomo, que puede ser producto de una alteración de la división celular en la zona meristemática y/o una alteración del proceso de elongación celular en la zona de maduración de la raíz (Ochoa y col., 1992).

Por los reportes bibliográficos, se conoce que la presencia de plomo, daña las membranas de las células, reduce la transpiración, impide la síntesis de proteínas, daña e inhibe la fotosíntesis y afecta la actividad de varias enzimas (Foy y col., 1978; Sanita di Toppi y Gabbrielli, 1999; Monni y col., 2001, Atici y col., 2003) estos efectos se ven evidenciados con el decaimiento y muerte de las hojas de *Taraxacum officinale* siendo en el tratamiento de 150ppm de plomo las más evidentes.

De acuerdo con Alloway (1990), los mecanismos de fitotoxicidad por plomo se relacionan con cambios en la permeabilidad de las membranas celulares, donde se producen reacciones de grupos sulfhidrilo (-SH) con cationes y con la afinidad para reaccionar con grupos fosfato y grupos activos de ADP o ATP y varía en función de su genotipo así como de las condiciones experimentales a las son sometidas; por lo tanto es concordante con nuestra experiencia donde el crecimiento en la longitud del tallo se ve afectado con 1,13 centímetros a 150ppm de plomo comparándolo con 3,26 centímetros a las 28 días 0 ppm; siendo el crecimiento más lento y el efecto más evidente en las concentraciones más altas.

En el contexto, el plomo puede ser captado fácilmente por las raíces de la planta, transportados a través del xilema a los órganos vegetativos y reproductivos, alterando procesos de síntesis de *Sagasteguiana* 1(2): Julio – Diciembre

DNA, mitosis, división celular y germinación, llegando a afectar negativamente en el crecimiento de la planta (Xiong, 1997). En nuestro caso, el efecto negativo se produce en las concentraciones excesivas del metal, que puede tener sobre la producción de materia fresca y seca, como se ha demostrado en los resultados obtenidos donde se asume que puede deberse a la relación entre la cantidad de metales translocados a las partes de la planta, que disminuye al aumentar la concentración del plomo, este hecho puede estar vinculado posiblemente a la reducción del transporte del metal que se da desde la raíz hasta la parte aérea.

Por análisis de varianza, según prueba de hipótesis, existe diferencias significativa entre partes de la planta y entre tratamientos; es decir que la concentración de plomo existente en la hoja, tallo y raíz no toman relación entre si y que cada tratamiento o concentración produce su propio efecto, que en algunos casos puede comportarse como letal. Se confirma al procesar el análisis de varianza para el crecimiento en longitud del tallo, raíz y número de hojas, que demuestra que las mismas fuentes de variación tienen diferencia significativa, cuyas apreciaciones son concordantes referencias bibliográficas mencionadas anteriormente.

CONCLUSIONES

Se ha determinado que el órgano con mayor capacidad bioacumuladora es la raíz en *Taraxacum officinale*.

El Plomo, bajo las condiciones experimentales descritas, afecta el desarrollo y crecimiento de la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alloway, B.J.** 1990. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York pp: 7-28, 25-26, 120-121.
- Atıcı, Ö.; G. Agar & P. Battal.** 2003 Interaction between endogenous plant hormones and α -amylase in germinating chickpea seeds under cadmium exposure. *Fresenius Environmental Bulletin* 12: 781-785
- Carpena, M. & P. Bernall.** 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. España.
- Chen, B.; P. Christie & L. Li.** 2001. A Modified Glass Bead Compartment Cultivation System for Studies on Nutrient and Trace Metal Uptake by Arbuscular Mycorrhiza. *Chemosphere* 42, 185-192.
- Christie, P.; X. Li & B. Chen.** 2004. Arbuscular Mycorrhiza can Depress Translocation of Zinc To Shoots of Host Plants in Soils Moderately Polluted with Zinc. *Plant and Soil*, 261 (1-2), 209-217.
- Chaney R.; M. Malik; Y. Li; S. Brown; E. Brewer; J. Angle & A. Baker.** 1997. Phytoremediation of soil metals. *Curr Opin Biotechnol.* 8: 279 -284
- Foy, C.D.; R.L. Chaney & M.C. White.** 1978. The physiology of metal toxicity on plants. *Annual Review Plant Physiology* 29: 511-566.
- Gastañudi, H.** 2003. Evaluación de contaminación Ambiental por metales pesados en playas del distrito de Salaverry. Tesis de doctorado en Ciencias. Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo. Perú.
- Kumar, N.P.B.A.; V. Dushenkov; H. Motto & I. Raskin.** 1995. Phytoextraction: the use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science and Technology* 29:1232-1238
- Lasat, M. M.** 2002. Phytoextraction of Toxic Metals: A Review of Biological Mechanisms. *Journal of Environmental Quality.* 31(1): 109-120.
- Lombi, E.; F.J. Zhao; S.J. Dunham & S.P. McGrath.** 2001. Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Natural Hyperaccumulation Versus Chemically-Enhanced Phytoextraction. *Journal of Environmental Quality* 30, 1919-1926.
- López, M.L.; J.R. Peralta; T. Benitez & J.L. Gardea** 2005 Enhancement of lead uptake by alfalfa (*Medicago sativa*) using EDTA and a plant growth promoter *Chemosphere* 61 595- 598
- Monni, S.; C. Uhlig; E. Hansen & E. Magel.** 2001. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution *Environmental Pollution* 112: 121-129
- Ochoa M.; M. Leyton; P. Sans & I. Pepper.** 1992. Efecto de plomo sobre el crecimiento radical de cebolla.
- Raskin, I.; R. Smith & D.E Salt.** 1997. Phytoremediation of metals: using plants to remove pollutants from the environment. *Current Opinion in Biotechnology*, 8:221-8226
- Salas, S.** 2007. Selección *in vitro* de plantas tolerantes a plomo para su uso en fitorremediación. Laboratorio de residuos sólidos W- 108. México
- Sanita di Toppi, L.S. & R. Gabbrielli.** 1999 Response to cadmium in higher plants *Environmental experimental Botanic* 41: 105-130.

. Alva: Capacidad bioacumuladora de plomo a diferentes concentraciones de *Taraxacum officinale*

- Schmidt, U.** 2003 Enhancing Phytoextraction: The effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. *Journal of Environmental Quality*.32 1939-1954
- Sierra-Villagrana, R.** 2006. Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial. México.
- Singh, O. V.; S. Labana; G. Pandey & R. Budhiraja.** 2003 Phytoremediation: An overview of metallic ion decontamination from soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 61 405-412
- Xiong, Z. T.** 1997. Bioaccumulation and Physiological Effects of Excess Lead in a Roadside Pioneer Species *Sonchus Oleraceus* L. *Environmental Pollution* 97 (3): 275 279.

. Alva: Capacidad bioacumuladora de plomo a diferentes concentraciones de *Taraxacum officinale*