

ARTÍCULOS ORIGINALES

EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE PLOMO EN EL CRECIMIENTO DE *Sonchus oleraceus* "cerraja" EN CONDICIONES DE LABORATORIO

EFFECT OF DIFFERENT LEVELS OF LEAD IN THE GROWTH OF *Sonchus oleraceus* "cerraja" IN LABORATORY CONDITIONS

Elviera Ysabel Peláez Bailón

*Laboratorio de Fisiología y Cultivo de Tejidos Vegetales. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
Elviera_16p@hotmail.com*

RESUMEN

Las poblaciones de plantas que viven en contacto con suelos contaminados presentan propiedades inherentes a su patrón genético, absorbiendo, tolerando o resistiendo a los elementos químicos tóxicos, entre los que destaca el plomo, por lo que la presente investigación tiene como objetivo evaluar el crecimiento *Sonchus oleraceus* frente a las diferentes concentraciones de plomo en condiciones de laboratorio, para lo cual se utilizaron semillas desinfectadas con hipoclorito de sodio y agua desionizada estéril, colocada en etanol al 70% hasta la germinación; las mismas que fueron transplantadas a un sistema hidropónico a los 22 días de edad dispuestas en un recipiente de polietileno cubierta con tecnopor a las que les considero unidades experimentales y fueron sometidas a tres tratamientos de 0, 100 y 200 μM Pb/L durante 10 días, para obtener los datos de longitud, peso fresco y seco de raíz y tallo; cuyos valores fueron procesados estadísticamente utilizando promedios y análisis de varianza con lo que se llevaron a obtener como resultados que existe diferencias significativas en la concentración de plomo y la longitud entre tratamiento, así como en la raíz y tallo, confirmada con la comparación de promedios, con lo que se concluye que el plomo hace efecto disminuyendo el crecimiento de tallo de la planta.

Palabra clave: Plomo, *Sonchus oleraceus*.

ABSTRACT

Plant populations living in contact with contaminated soils have inherent properties to their genetic pattern, absorbing, tolerating or resisting the elements toxic chemicals, most notably lead, so this investigation is to evaluate the growth *Sonchus oleraceus* against different concentrations of lead in the laboratory, for which disinfected with sodium hypochlorite and seeds sterile deionized water, placed in 70% ethanol until germination were used; the same as they were transplanted into a hydroponic system at 22 days of age arranged in a container covered polyethylene styrofoam to which I consider them experimental units and were subjected to three treatments of 0, 100 and 200 μM Pb / L for 10 days to obtain the data length, fresh and dry weight of root and stem; whose values were statistically processed using average and variance analysis thus carried obtain such results that there is significant difference in the concentration of lead and the length between treatment and at the root and stem, confirmed by the comparison of averages, with which it is concluded that the lead makes decreasing growth of the plant stem.

Keyword: Lead, *Sonchus oleraceus*.

Recibido: 18 Enero 2013

Aceptado: 16 Agosto 2013

INTRODUCCIÓN

Considerando la amplia incidencia sobre el crecimiento vegetal y, por ende, en la producción agraria defactores de estrés tales como el déficit hídrico, la salinidad, el frío o enfermedades infecciosas, el problema de la toxicidad por metales pesados podría parecer de importancia secundaria y de distribución limitada a ciertas zonas contaminadas por actividades industriales o mineras, terrenos alrededor de fundiciones o suelos naturalmente ricos en metales debido a afloramientos minerales. No obstante, durante los últimos años se aumentó en las investigaciones

sobre el estrés por toxicidad de metales en las plantas. Este creciente interés lo podemos atribuir no solamente a un incremento general en la concientización medioambiental de los científicos, sino sobre todo a una serie de factores concretos entre los cuales podemos destacar una gran proporción del suelo agrario mundial, situada en los trópicos, es suelo ácido que presenta serios problemas de productividad. El incremento de las concentraciones de metales pesados en los suelos agrarios es debido a la utilización de fangos de depuración de aguas residuales, compost de basura, determinadas sustancias agroquímicas, etc. La fitotoxicidad de los metales en el suelo no depende de la concentración total sino de su biodisponibilidad. Diferentes propiedades físicas y químicas del suelo además de factores biológicos condicionan la solubilidad y especiación de los metales y con ello su disponibilidad y su fitotoxicidad (Reigosa y col., 2004).

El punto más crítico en este tipo de problemas, más que la toxicidad de los metales para las propias plantas, suele ser su capacidad de acumulación de metales tóxicos y su posible transmisión, en la cadena trófica hacia el hombre. Especial atención en este sentido merece el plomo y su fisiología en las plantas se centra los mecanismos de absorción y transporte (Reigosa y col., 2004). El plomo (Pb), es un contaminante ambiental altamente tóxico, su presencia en el ambiente se debe principalmente a las actividades antropogénicas como la industria, minería y la fundición. En los suelos contaminados con Pb se suele encontrar también Cd y Zn por analogía entre sus propiedades y características metálicas algo similar a lo que ocurre para la triada de Fe-Ni-Co. En estos casos la barrera suelo-planta limita la traslocación de Pb a la cadena alimenticia, ya sea por procesos de inmovilización química en el suelo según se ha reportado o limitando el crecimiento de la planta antes de que el Pb absorbido alcance valores que puedan ser dañinos al ser humano. El Pb presente en suelos contaminados puede llegar a inhibirse mediante la aplicación de fósforo y óxidos de magnesio; sin embargo estos tratamientos pueden llegar a afectar la biodisponibilidad de otros metales esenciales como Zn (Prieto y col., 2009).

Sonchus oleraceus L. (Asteraceae) "cerraja" o "cerrajón", es una hierba anual, productora de látex. Su semilla comienza a vegetar en otoño. Es propia de Europa y adventicia en todas las regiones del mundo, es cosmopolita invadiendo los cultivos, huertos y jardines. Es usado en la medicina popular como antiespasmódica, carminativa, depurativa de la sangre y contra las inflamaciones del hígado y las úlceras (Mostacero, 2009).

La especie *S. oleraceus* ha sido descrita con anterioridad por Xiong (1997) como especie pionera en China para la fitorremediación de suelos contaminados con Pb, dada su habilidad para acumular altas concentraciones de este metal ($215 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la parte aérea y $1113 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la raíz). Duran, (2010); utilizó una experiencia con *S. oleraceus* en la cual encontró en dos zonas con altas concentraciones de metales. La acumulación de metal pesado en plantas presenta diferencias significativas de acumulación de Pb, en los diferentes sitios estudiados. Esta especie ha acumulado una mayor cantidad de metal en las plantas crecidas en el suelo más contaminado, excepto para el Ba, Fe y Mn. Las plantas de *S. oleraceus* analizadas en este estudio, que han crecido espontáneamente en este punto, han acumulado elevadas cantidades de plomo, encontrado en la parte aérea, sobrepasando el límite para ser considerada como hiperacumuladora de plomo. Concluyendo que los resultados de este estudio nos permiten señalar que las concentraciones de metales encontradas en la raíz, se correlacionan significativamente con aquellas encontradas en la parte aérea de las plantas de *S. oleraceus* analizadas; según su estrategia de tolerancia hacia los metales pesados de los suelos sobre los cuales se desarrollan las plantas, se pueden clasificar como acumuladoras, indicadoras y exclusivas.

Hernández y col., (2009), estudiaron vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca Hidalgo, México, teniendo como objetivo una caracterización física y química de residuos mineros y de especies vegetales. Concluyendo la determinación de las propiedades físicas y químicas de los residuos de mina permiten el establecimiento de especies vegetales capaces de reducir la disposición de metales pesados potencialmente tóxicos en el suelo y en el aire, al favorecer la acumulación de los mismos en sus tejidos, obteniendo 25 especies vegetales siendo las más representativas las asteráceas que concentraron mayor cantidad de metales pesados potencialmente tóxicos. Lerma (2006), realizó la evaluación de suelos y especies vegetales con potencial de acumulación de metales pesados con el objetivo de determinar el nivel de contaminación de As, Cd, Pb y Zn y la concentración en los componentes raíz y tallo/hojas. Concluyendo que todos los sitios analizados rebasaron el límite permisible en

suelo y la mayoría de plantas reportaron concentración en algunos de los componentes analizados presentaron alta acumulación en sus partes aéreas debido a la adsorción y no a la absorción hecha por la planta, por lo que el tipo de análisis que se llevó a cabo no permite hacer una diferencia entre absorción o acumulación en la planta, y aseverar que las especies tengan potencial de acumulación, por lo que se recomienda llevar a cabo un análisis más detallado de aquellas especies que presentaron los niveles más altos de metales pesados y con mayor número de muestra para disminuir el margen de error. Carruyo y col. (2006); trabajó los efectos tóxicos inducidos por el plomo en meristemos radiculares de cebolla (*Allium cepa*), donde observó que a medida que aumenta la concentración del metal y el tiempo de exposición, se produce una reducción en el crecimiento de la raíz. Los meristemos expuestos a concentraciones de 0,75 y 1,0 ppm por 48 h o más, se oscurecieron, se engrosaron y finalmente se encorvaron progresivamente en forma de gancho. Concluyendo que se presenta una toxicidad inducida por el plomo, dependiente de la concentración y tiempo de exposición, sobre los meristemos radiculares de *Allium cepa*, manifestada por un bloqueo en el crecimiento e índice mitótico, alteraciones en la morfología nuclear y la inducción de aberraciones cromosómicas. Chico-Ruiz y col. (2012); utilizó *Helianthus annuus* "girasol" en diferentes concentraciones de plomo (0, 100, 200, 300, 400 y 500 μM). Realizaron el efecto de la concentración de plomo en el tamaño de raíz y tallo de *Helianthus annuus* "girasol", obteniendo como resultados que a mayor concentración de plomo se obtuvo un mayor crecimiento de raíz y tallo. Se observaron que en altas concentraciones de plomo, no afectó la germinación significativa con respecto al control. Concluyendo que la longitud de la raíz no es afectada por la concentración de plomo, donde se demostró que la raíz de girasol es capaz de tolerar concentraciones de 500 mg/l de plomo, en relación al tallo, las raíces son las que acumulan la mayor cantidad de plomo.

En sentido, se planteó el problema ¿Cuál es el efecto de las diferentes concentraciones de plomo en el crecimiento de *Sonchus oleraceus* "cerraja", en condiciones de laboratorio?, fue el efecto de 100 μM de plomo que induce mayor crecimiento de *Sonchus oleraceus* "cerraja" en condiciones de laboratorio.

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el crecimiento de *Sonchus oleraceus* frente a las diferentes concentraciones de plomo en condiciones de laboratorio. Teniendo como dos objetivos específicos evaluar crecimiento de *Sonchus oleraceus* en base a su longitud y peso, frente a 0, 100, y 200 μM de plomo y determinar el contenido de plomo en raíz, tallo de *Sonchus oleraceus* expuestas con 0, 100 y 200 $\mu\text{M}/\text{Pb}$.

La justificación de este proyecto, pone de manifiesto la creciente preocupación que en las últimas décadas ha suscitado el problema de la contaminación del medio ambiente en la sociedad. Esto ha generado un enorme interés en el ámbito científico y propiciado el desarrollo de diferentes sistemas para estimar y remediar la contaminación de metales en los suelos del mundo. La utilización de plantas para la restauración de zonas contaminadas por metales pesados mediante técnicas de fitorremediación basadas en la fitoextracción, la fitoestabilización o fitofiltración y la importancia para ello de la selección y desarrollo de variedades vegetales tolerantes a los metales pesados (Reigosa y col, 2004). Además la vegetación de las zonas tropicales o andinas han sido poco estudiadas y dada la elevada diversidad y abundancia de depósitos minerales metálicos de estas regiones, existen enormes posibilidades de descubrir nuevas plantas tolerantes a metales pesados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material de estudio

Se obtuvo plantas de *S. oleraceus* "cerraja" a partir de semilla botánica que fueron colectadas del Centro de Producción de Cultivo y Crianza de Animales Menores (CEPCAM) de la Universidad Nacional de Trujillo, Región La Libertad.

Antes de su germinación, las semillas se desinfectó con hipoclorito de Na al 2%, finalmente se enjuagó tres veces con agua destilada. En la germinación se utilizó dos placas Petri de 20 cm de diámetro en donde se colocó 150 semillas en papel toalla, luego cada 8 días se procedió a retirar cuidadosamente las plántulas para transplantarlos al sistema hidropónico.

Transplante a sistema hidropónico

Se seleccionaron las plántulas con características semejantes en tamaño, color, diámetro del tallo, longitud de raíz y número de hojas, se transplantó a recipientes de plástico de 5 litros y como soporte para las plántulas se utilizó el tecnopor. En cada perforación del tecnopor se colocaron 3 plántulas de diez días de edad, las que representó la unidad experimental. Las plántulas eran controladas en condiciones ambientales. En total se utilizó 10 por tratamiento.

En el sistema hidropónico se colocó soluciones Hoagland con las siguientes concentraciones 3.6ml de KNO₃, 2.4ml de Ca(NO₃), 1.2ml de P, 0.6ml de MgSO₄, 0.12ml de fetrilon, y manguera con motor hidráulico para la aireación, luego de dos semanas se procedió a colocar los diferentes tratamientos.

Tratamiento de las plántulas con soluciones de plomo

Las plántulas de 22 días de crecimiento de *S.oleraceus* “cerraja” fueron expuestas a los siguientes tratamientos:

Solución 0 μ M Pb/Lt ----- Tratamiento 1 (T1) control

Solución 100 μ M Pb/Lt ----- Tratamiento 2 (T2)

Solución 200 μ M Pb/Lt ----- Tratamiento 3 (T3)

Cada tratamiento consiste de soluciones nutritivas diluidas en agua destilada. Se hicieron tres repeticiones y hubo 10 plántulas por recipiente. Dependiendo de cada tratamiento, se añadió concentraciones de plomo en forma de nitrato de plomo Pb (NO₃)₂ a la solución nutritiva. Se tuvo cuidado con el pH, el cual debe permanecer entre 5.5 y 6.5, de lo contrario fue corregido con HCl 1N y KOH 20N.

Duración del experimento

La duración del presente experimento fue 10 días con el fin de registrar el comportamiento de las plantas con plomo. A los 32 días de edad de las plántulas terminó la experiencia que han sido sometidos a los diferentes tratamientos.

Análisis de crecimiento

Utilizando el vernier se midió la longitud de raíz y tallo (en centímetro), se contó el número de hoja y con la balanza electrónica se obtuvo el peso fresco y peso seco (en gramos) de la raíz y el tallo, respectivamente. Análisis cuantitativos de acumulación de plomo

Al término del experimento, las plantas fueron extraídas cuidadosamente de los recipientes, separándose la parte aérea y radicular, se lavó con agua corriente para eliminar los residuos, posteriormente se procesó para determinar la concentración de plomo en estos tejidos. Se utilizó para ello el equipo de espectrofotometría de absorción atómica y calcinación.

Análisis estadístico (Sokal y Rohlf, 1981)

Los datos se fueron procesado estadísticamente utilizando promedio, desviación estándar, Análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos asignados (PEI = 0.05).

RESULTADOS

Los resultados se presentan en cinco tablas y siete figuras, donde la tabla 1, se presenta el análisis de varianza de Longitud, peso fresco y peso seco de raíz y tallo de la planta *S. oleraceus* frente a las diferentes concentraciones de plomo (μ M Pb/Lt), la tabla 2, Análisis de varianza de las diferentes concentraciones de plomo (μ M Pb/Lt) encontradas en planta de *S. oleraceus* “cerraja”, tabla 3, Análisis de varianza de longitud (cm.) de raíz y tallo de *S. oleraceus* “cerraja”, la tabla 4, Análisis de varianza de peso fresco (gr.) de raíz y tallo de *S. oleraceus* “cerraja”; en la figura 1, representa las concentraciones de plomo en planta de *Sonchus oleraceus* a los 15 días de tratamiento, figura 2, representación entre el plomo aplicado en el tratamiento y la longitud de la raíz, figura 3, entre el plomo aplicado en el tratamiento y la longitud del tallo, figura 4, entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso fresco de la raíz, figura 5, entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso fresco del tallo, figura 6, entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso seco de la raíz, figura 7, entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso seco del tallo.

En la Tabla 1, de los promedios de longitud, peso fresco y peso seco de raíz y tallo de la planta *S. oleraceus* frente a las diferentes concentraciones de plomo ($\mu\text{M Pb/Lt}$) se puede deducir que la raíz obtuvo una mayor concentración de plomo que el tallo, de tal modo que a medida que aumentan las concentraciones de plomo los pesos del tallo disminuye, concluyendo que el plomo se acumula en mayores concentraciones en la raíz.

Tabla 1. Longitud, peso fresco y peso seco de raíz y tallo de la planta *S. oleraceus* frente a las diferentes concentraciones de plomo ($\mu\text{M Pb/Lt}$).

TTo	Promedios	Concentración de plomo ($\mu\text{MPb/Lt}$)	Longitud		Peso fresco		Peso seco	
			Planta	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo	Raíz
T1		0	8.9	1.63	0.00325	0.00271	0.0007	0.00068
T2		86.31	8.8	1.4	0.00304	0.00245	0.00069	0.00061
T3		191.616667	8.9	0.96	0.00309	0.00272	0.00101	0.00059

*Significación

Tabla 2. Análisis de varianza de las diferentes concentraciones de plomo ($\mu\text{MPb/Lt}$) encontradas en planta de *S. oleraceus* "cerraja".

Fuente de varianza	SC	GL	CM	Fc	Ft
Tratamiento	55255.85709	2	27627.9285	11.4558154 *	3.17
Repeticiones	8.622822222	2	4.31141111	0.00178771	3.17
Error	132643.2048	55	2411.69463		
Total	187907.6848	59	3184.87601		

*Significación

Hay diferencia significativa entre tratamientos por las diferentes concentraciones aplicadas, en las repeticiones no presenta diferencias significativas porque fueron dispuestas en las mismas condiciones.

Tabla 3. Análisis de varianza de longitud (cm.) de raíz y tallo de *S. oleraceus* "cerraja".

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Ft
Tratamiento	60.591	2	30.2955	9.71009615*	3.202
Partes de la planta	333.70417	1	333.70417	106.956465*	4.052
Repeticiones	13.568167	9	1.50757411	0.48319683	2.105
Error	146.933316	47	3.12624077		
Total	554.7965	59	9.40333051		

*Significación.

Hay diferencia significativa entre tratamientos y partes de la planta (raíz y tallo) por causa de las concentraciones aplicadas, las repeticiones no presenta diferencias significativas es decir fueron dispuestas en las mismas condiciones.

Tabla 4. Análisis de varianza de peso fresco (gr.) de raíz y tallo de *S. oleraceus* “cerraja”

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Ft
Tratamiento	0.000007393	2	3.6965E-06	5.38064E-07	3.202
Partes de planta	0.000001038	1	0.000001038	1.51092E-07	4.052
Repeticiones	0.000005578	9	6.19778E-07	9.02151E-08	2.105
Error	3.23018E-05	47	6.87273E-07		
Total	3.23018E-05	59	5.47489E-07		

*Significación.

No hay diferencia significativa entre tratamientos de las concentraciones aplicadas, partes de la planta y las repeticiones son iguales es decir fueron dispuestas en las mismas condiciones; presenta evidencias de que el plomo no hace efecto en el peso.

Tabla 5. Análisis de varianza de peso seco (gr.) de raíz y tallo de *S. oleraceus* “cerraja”

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	Ft
Tratamientos	3.91E-06	2	1.95E-06	8.93E-01	3.202
Partes de la planta	2.604E-06	1	2.60E-06	1.19E-02	4.052
Repeticiones	1.302E-05	9	1.45E-06	6.62E-01	2.105
Error	1.03E-06	47	2.19E-08		
Total	4.00873E-05	59	6.79E-07		

*Significación.

No hay diferencia significativa entre tratamientos y partes de la planta (raíz y tallo) por causa de las concentraciones aplicadas, las repeticiones son iguales es decir fueron dispuestas en las mismas condiciones.

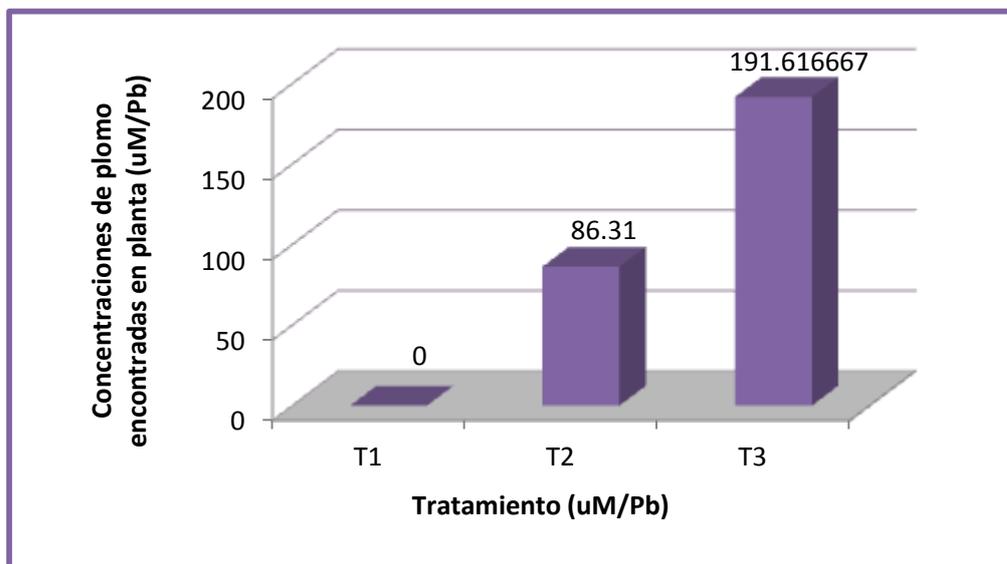


Fig. 1. Concentraciones de plomo en planta de *Sonchus oleraceus* a los 15 días de tratamiento.

En la Fig. 1, las diferentes concentraciones de plomo acumulado en la planta *S. oleraceus*, obtuvo una mayor tolerancia en el tratamiento 3 que estaba expuesta a 200 $\mu\text{MPb/Lt}$, donde se observó que el plomo se acumula en la planta a medida que aumentan las concentraciones aplicadas. En la Figura 2 No hay diferencia significativa entre el tratamiento aplicado, por lo tanto el plomo no causa efecto en el crecimiento de la longitud de la raíz.

En la Fig. 3 presenta diferencias significativas entre tratamientos, por causa de las concentraciones aplicadas; por lo tanto a mayor concentración de plomo disminuye el crecimiento de la longitud del tallo.

En la Fig. 4, no hay diferencias significativas entre tratamiento; es decir, el plomo no causa variación en el peso de la raíz de la planta.

En la Fig. 5, no hay diferencias significativas entre tratamiento; es decir, el plomo no causa variación en el peso del tallo de la planta.

En la Fig. 6, hay diferencias significativamente el tratamiento 1 y 2 pero existe evidencias de que el tratamiento 3 es diferente a los anteriores, por lo tanto se puede asumir que a partir de concentraciones mayores a 200 μ MPb/Lt, el plomo causa cambios en la planta.

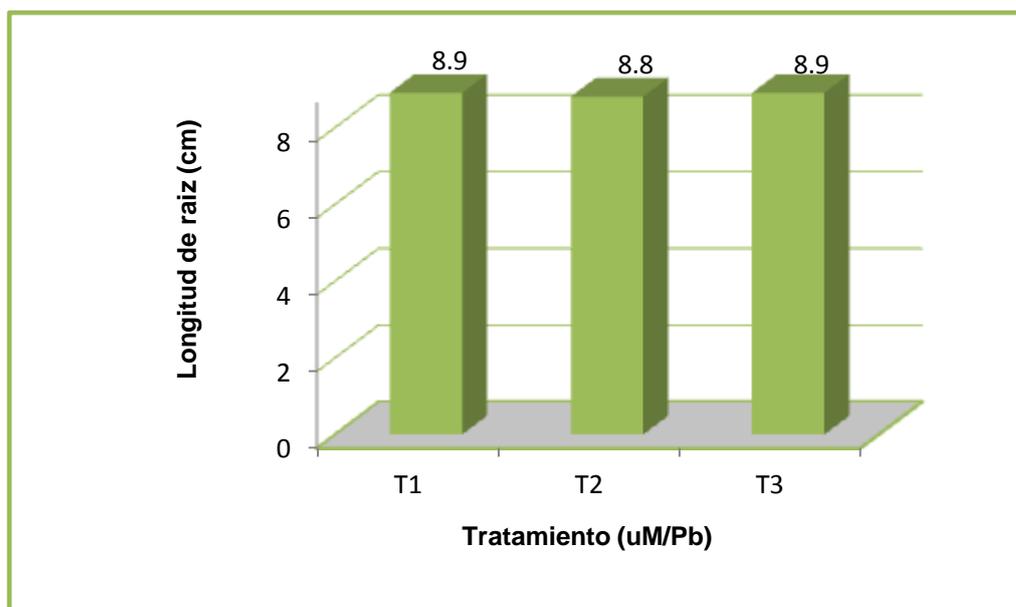


Fig. 2. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y la longitud de la raíz.

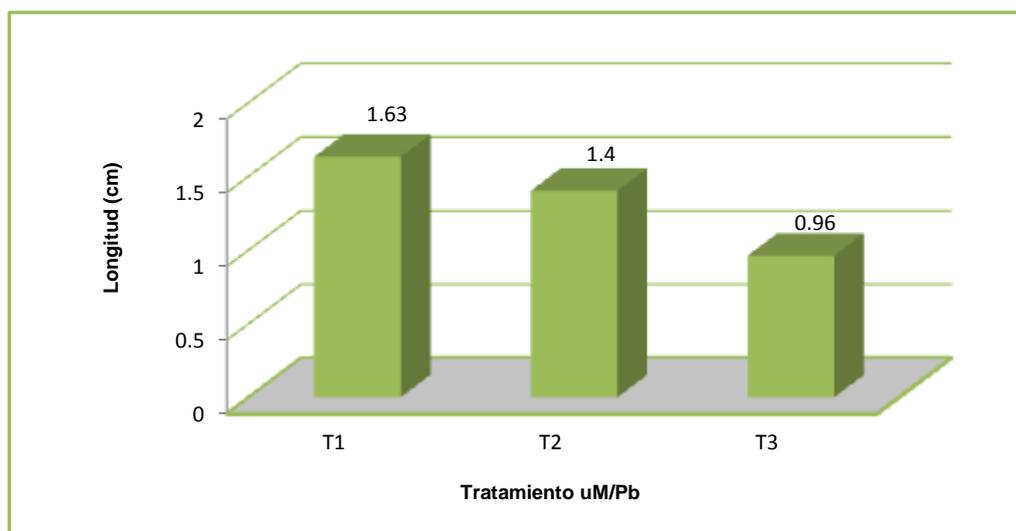


Fig. 3. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y la longitud del tallo.

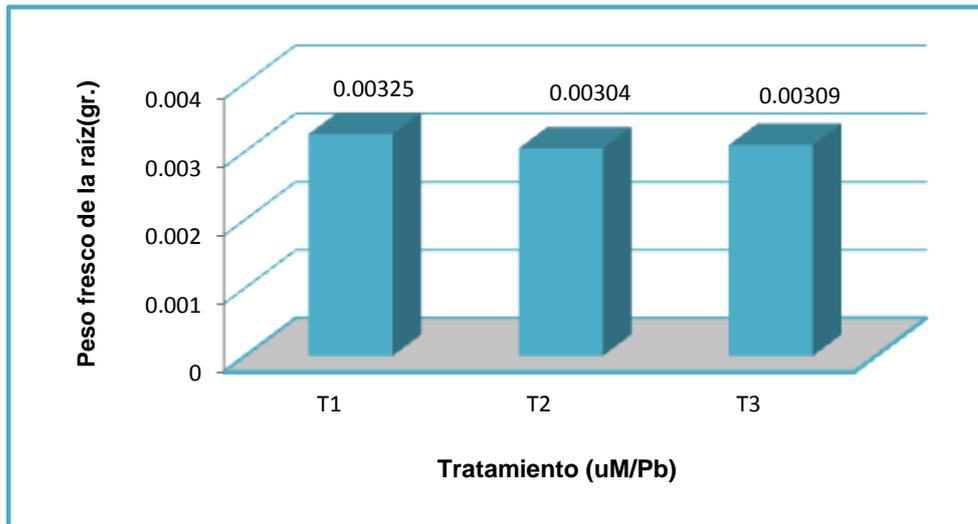


Fig. 4. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso fresco de la raíz.

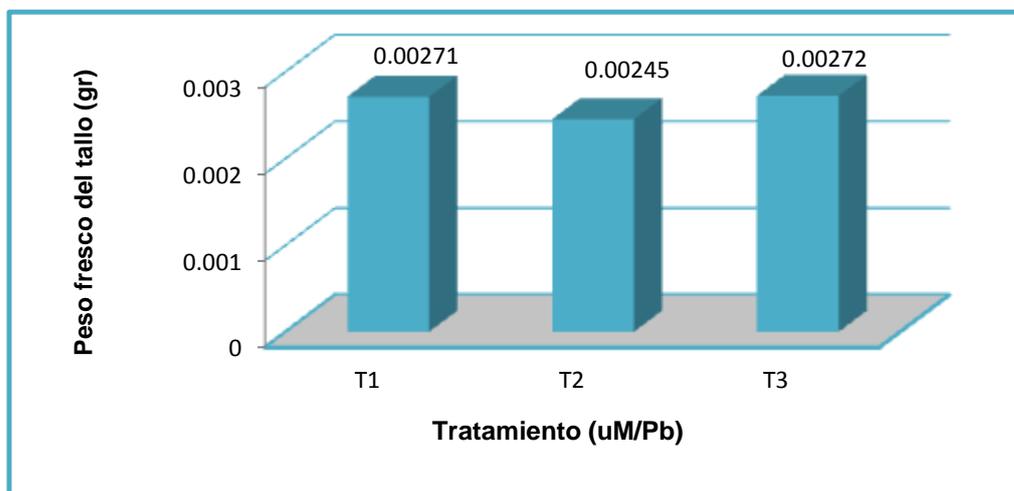


Fig. 5. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso fresco del tallo.

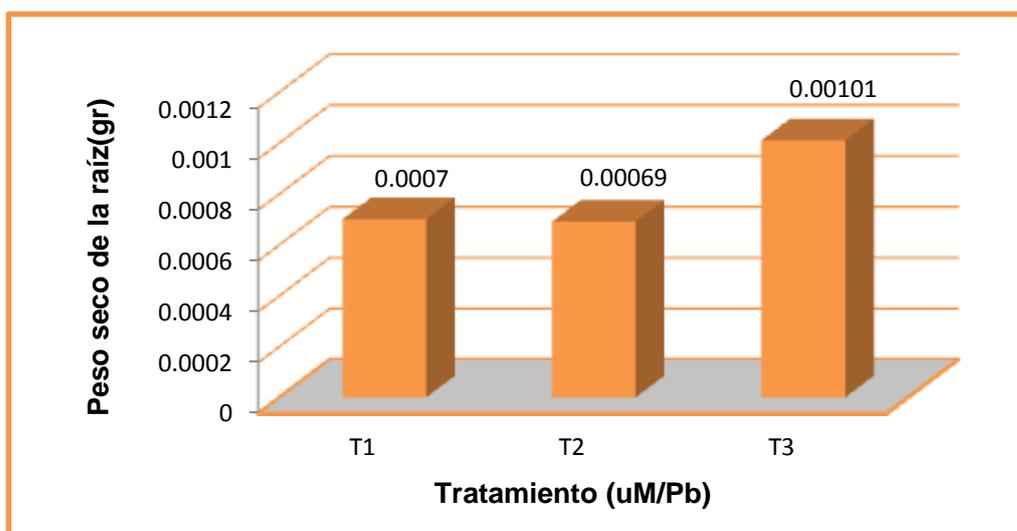


Fig. 6. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y el peso seco de la raíz.

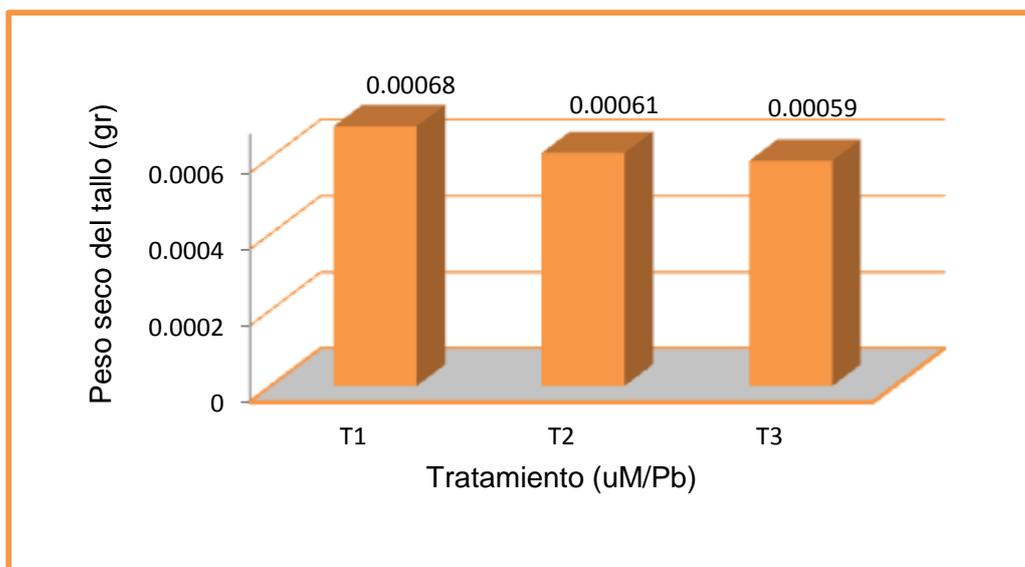


Fig. 7. Representación gráfica de la relación entre el plomo aplicado en el tratamiento y peso seco del tallo.

En la Fig. 7, presenta evidencias de que el plomo está causando cambios en el peso seco del tallo, de tal modo que a medida que aumentan las concentraciones de plomo los pesos del tallo disminuye, lo que nos permite deducir que el plomo se acumula en mayores concentraciones en la raíz.

DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observó que la acumulación de Pb en tejidos aumentó junto con el incremento en la concentración de Pb, observándose cantidades superiores en raíces que en tallos, estos resultados son similares a los que plantea Chico-Ruiz y col. (2012) en donde el plomo es principalmente almacenado en el sistema radicular en comparación con el tallo.

En la Tabla 2, Fig. 1, las diferentes concentraciones de plomo acumulado en la planta *S. oleraceus*, obtuvo una mayor tolerancia en el tratamiento 3 que estaba expuesta a 200 μM Pb/Lt, donde se observó que el plomo se acumula en la planta a medida que aumentan las concentraciones aplicadas, según Prieto y col., 2009, las plantas hiperacumuladoras generalmente tienen poca biomasa debido a que ellas utilizan más energía en los mecanismos necesarios para adaptarse a las altas concentraciones de metal en sus tejidos. La capacidad de las plantas para bioacumular metales y otros posibles contaminantes varía según la especie vegetal y la naturaleza de los contaminantes.

En la Tabla 3, Fig.2 se evidencia que no hay diferencia significativa entre el tratamiento aplicado, por lo tanto el plomo no causa efecto en el crecimiento de la longitud de la raíz, investigaciones encontradas por Chico-Ruiz y col. (2012), la longitud de la raíz de girasol no se ve afectada cuando se aumenta la concentración de plomo. Así a concentraciones de 500 μM la longitud de la raíz (5.01) es el doble al del control (2.73).

En la Tabla 3, fig. 3 presenta diferencias significativas entre tratamiento, por causa de las concentraciones aplicadas; por lo tanto a mayor concentración de plomo disminuye el crecimiento de la longitud del tallo, según Chico-Ruiz y col. 2012, dice que los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que el girasol tiene capacidad para crecer en concentraciones de plomo soluble de hasta 500 mg/L, sin efectos significativos en la elongación de raíces y tallos aunque el tallo presentó una ligera disminución en la longitud al aumentar la concentración de plomo, no hubo gran diferencia con respecto al control.

En la Tabla 4, Fig.4, 5, no hay diferencias significativas entre tratamiento; es decir, el plomo no causa variación en el peso fresco de raíz y tallo de la planta mientras que en la Tabla 5, Fig. 6, presentó evidencias de que el tratamiento 3 es diferentes al T1 y T2, por lo tanto se asumió que a partir de concentraciones mayores a 200 μM Pb/Lt, el plomo causa cambios en la planta. Investigaciones encontradas en (Bonilla, 2013), las plantas hiper-acumuladoras son capaces de almacenar excesivas cantidades de contaminante en su follaje (>1% del peso seco de la planta),

este mecanismo implica alta tolerancia específica a metales pesados, los cuales están presentes en el suelo en concentraciones que normalmente podrían considerarse fitotóxicas.

En la Tabla 5, Fig. 7, presentó evidencias de que el plomo está causando cambios en el peso seco del tallo, de tal modo que a medida que aumentan las concentraciones de plomo los pesos del tallo disminuye, donde investigaciones de Chico-Ruiz y col. (2012), muestran que estas diferencias en la absorción de metales, pueden ser atribuidas precisamente a la capacidad de retención del metal en cuestión, por el suelo y a la interacción planta-raíz-metal y al metabolismo vegetal propio, lo que nos permitió deducir que el plomo se acumula en mayores concentraciones en la raíz.

CONCLUSIONES

El plomo afecta en el crecimiento de *Sonchus oleraceus* "cerraja".

La longitud de la raíz no se ve afectada por la concentración de plomo a 200 $\mu\text{MPb/Lt}$.

En relación con el tallo, las raíces son las que acumulan la mayor cantidad de plomo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, S.M.** 2013. Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Tesis previa a la obtención del Título de: Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Campus Sur.
- Carruyo, I.; Y. Fernández; L. Marcano; X. Montiel & Z. Torrealba.** 2006. Efectos Tóxicos Inducidos Por El Plomo En Meristemas Radiculares De Cebolla (*Allium cepa*). boletín del centro de investigaciones biológicas, 40 (3), pp. 311-326. universidad del zulía, maracaibo, venezuela. Recibido: 23 Febrero 2006 / Aceptado: 02 Noviembre 2006.
- Chico, J.; L. Cerna; M. Rodríguez & M. Guerrero.** 2012. Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo. *Rebiol*, 32(2):13-19.
- Durán P. A.** 2010. Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: ejemplos de los Andes Peruanos y Cordillera Prelitoral Catalana. Tesis Doctoral. Univ. De Barcelona. pag. 85.
- Hernández, E.; E. Mondragón; D. Cristobal; J. Rubiños & E. Robledo.** 2009. Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca, Hidalgo, México. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 15(2): 109-114.
- Lerma R. M.** 2006. Evaluación de suelos y especies vegetales con potencial de acumulación de metales pesados. Tesis Maestro de ciencias. Univ. Autónoma de Chihuahua. pag.12
- Mostacero, J.; F. Mejía & O. Gamarra.** 2009. Fanerógamas del Perú. Taxonomía, Utilidad y Ecogeografía. CONCYTEC, Trujillo, Perú.
- Prieto, J.; C.A. González; Román; D. Gutiérrez & F. Prieto.** 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10: 29 - 44
- Reigosa, M. J.; N. Pedrol & A. Sánchez.** 2004. La Ecofisiología Vegetal. Edt. Thomson, 1^{era} edición.pag.413-417.
- Sokal, R. & F.J. Rohlf.** 1981. Biometry. New York, New York: W. H. Freeman and Company.2^o ed., Vol. 1, pp. 859.