



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i66.886>

Nota de investigación

## Toxicidad del plomo en la germinación y el crecimiento de plántulas de *Parkinsonia aculeata* L.

### Lead toxicity in germination and growth of *Parkinsonia aculeata* L. seedlings

Manuel Arturo González Villalobos<sup>1</sup>, Tomás Martínez Trinidad<sup>1\*</sup>, Alejandro Alarcón<sup>2</sup> y Francisca Ofelia Plascencia Escalante<sup>1</sup>

#### Abstract

The high lead (Pb) concentrations in the ground limit the establishment of plants, which makes it necessary to identify tolerant species. The objective of this study was to determine the effect of  $\text{PbCl}_2$  and  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  on the germination and early growth of *Parkinsonia aculeata* seedlings. In the laboratory, the seeds were soaked in solutions of  $\text{PbCl}_2$  and  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  at concentrations of 0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 and 2.0 mM. The seeds were weighed at the beginning and at the end (48 h); later, they were incubated and watered with their respective solutions (7 days). In the greenhouse, the seeds were sown in sand and watered (15 days) to determine the germination percentage (laboratory) and emergence (greenhouse): stem length, radicle and dry weight (both conditions). In the laboratory,  $\text{PbCl}_2$  and  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  did not affect imbibition, but by increasing their concentrations, they significantly reduced germination by 18 and 26 %, respectively, as well as the dry weight of the stem (40 and 49 %), and radicle (40 and 57 %). In the greenhouse, the Pb compounds reduce emergence little, and did inhibit radicle growth; while  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  inhibited in greater proportion the dry weight. The effect of Pb may differ depending on the Pb compound used, with  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  presenting greater toxicity.

**Key words:** Pollution, imbibition, woody, heavy metal, Mexican *Palo Verde*, tolerance.

#### Resumen

Las elevadas concentraciones de plomo (Pb) en el suelo limitan el establecimiento de las plantas, por lo que es importante identificar especies tolerantes. El objetivo del presente estudio consistió en determinar el efecto de  $\text{PbCl}_2$  y  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  en la germinación y crecimiento temprano de *Parkinsonia aculeata*. En laboratorio se imbibieron las semillas en soluciones de  $\text{PbCl}_2$  y  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  a concentraciones de 0.0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 y 2.0 mM. Las semillas se pesaron al inicio y al final (48 h); posteriormente, se incubaron y regaron con sus respectivas soluciones (7 días). En invernadero, las semillas se sembraron en arena y se regaron (15 días) para determinar el porcentaje de germinación (laboratorio) y emergencia (invernadero); las variables consideradas fueron: longitud de vástago, radícula y peso seco (ambas condiciones). Bajo condiciones controladas,  $\text{PbCl}_2$  y  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  no afectaron la imbibición, pero al aumentar sus concentraciones, redujeron significativamente la germinación en 18 y 26 %, respectivamente, así como el peso seco del vástago (40 y 49 %), y radícula (40 y 57 %). En invernadero, los compuestos de Pb no redujeron la emergencia, pero inhibieron el crecimiento de radícula; mientras que el  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  inhibió en mayor proporción su peso seco. El efecto del Pb puede diferir en función del compuesto de Pb utilizado. El  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  presenta una mayor toxicidad.

**Palabras clave:** Contaminación, imbibición, leñosa, metal pesado, palo verde, tolerancia.

Fecha de recepción/Reception date: 2 de octubre de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 11 de enero de 2021

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Posgrado en Ciencias Forestales, Campus Montecillo. México.

<sup>2</sup> Colegio de Postgraduados, Posgrado de Edafología, Campus Montecillo, México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: tomtz@colpos.mx

El plomo (Pb) es un elemento presente en bajas concentraciones de manera natural en los ecosistemas. Sin embargo, las alteraciones en los ciclos geoquímicos, ocasionados por las actividades humanas, principalmente, la minería han contribuido a su aumento en la biosfera (Shahmoradi *et al.*, 2020). Lo anterior, causa un serio problema en los ecosistemas de las zonas urbanas o agrícolas, ya que el Pb es tóxico en concentraciones altas (Candido *et al.*, 2020), debido a que no está sujeto a procesos de biodegradación y tiende a acumularse en el suelo (Shi *et al.*, 2019). Ante este problema, las especies arbóreas reciben mayor atención en la recuperación de áreas contaminadas, por su longevidad y gran producción de biomasa (Mleczek *et al.*, 2017); lo que contribuye a la inmovilización de grandes cantidades de metales.

Algunas especies de la familia Fabaceae han demostrado tolerancia a dicho elemento y son hiperacumuladoras (Abbas *et al.*, 2017). Entre ellas, destaca *Parkinsonia aculeata* L., taxon leñoso que se distribuye naturalmente en el continente americano (van Klinken *et al.*, 2009); además, tiene bajos requerimientos nutrimentales y es tolerante a la sequía (Chaer *et al.*, 2011).

Durante la germinación y crecimiento, las plantas son sensibles a la contaminación; por lo que esas etapas son utilizadas en evaluaciones preliminares en la selección o caracterización de plantas tolerantes (Márquez-García *et al.*, 2013).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de  $\text{PbCl}_2$  y  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  en la germinación y crecimiento temprano de plántulas de *P. aculeata* en laboratorio e invernadero.

El experimento se realizó en instalaciones del Colegio de Postgraduados. Las semillas de *P. aculeata* L. fueron recolectadas por la Comisión Nacional Forestal en Delicias, Chihuahua, México (28°12'60" N, 105°27'15" O; altitud, 1 190 m) y se escarificaron con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 98 % por 3 h (Mohnot y Chatterji, 1965). Después, se lavaron con agua corriente durante 10 min y se desinfectaron con  $\text{NaClO}$  al 10 % por 15 min.

En el laboratorio de Microbiología de suelo del Colegio de Postgraduados, se evaluó el efecto de  $\text{PbCl}_2$  y  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  en la imbibición de las semillas de *P. aculeata*. Cada compuesto se aplicó en concentraciones: 0.1, 0.2, 0.5, 1.0 y 2.0 mM y un tratamiento

testigo (agua destilada), las cuales se basaron en la literatura existente (Muszyńska *et al.*, 2018). (Cuadro 1). Los compuestos se utilizaron para conocer el efecto del Pb de dos fuentes en etapas tempranas de *P. aculeata*, y descartar alguna influencia de los aniones acompañantes de los compuestos, principalmente el del  $(NO_3)_2$ , en el crecimiento de las plantas.

**Cuadro 1.** Valores de pH y conductividad eléctrica (CE) de las soluciones de los compuestos de Pb utilizados.

Concentración (mM)	PbCl <sub>2</sub>		Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
	pH	CE (mS)	pH	CE (mS)
0.0	6.1	0.00	6.10	0.00
0.1	5.60	0.01	5.62	0.01
0.2	5.51	0.05	5.50	0.04
0.5	5.39	0.10	5.46	0.10
1.0	5.35	0.20	5.35	0.22
2.0	5.08	0.48	5.20	0.46

El incremento en peso de las semillas se determinó por diferencia al registrar el peso inicial (0 h) y a las 48 h de imbibición (Monroy-Vázquez *et al.*, 2017). Las mismas semillas se depositaron en cajas de poliestireno (14 × 14 × 7 cm), sobre papel filtro *Whatman* Núm.1; a cada caja se le agregaron 15 mL de solución del tratamiento correspondiente y se mantuvieron en oscuridad a  $30 \pm 1$  °C en incubadora (GI11, *Shel Lab*®) por 7 días (Monroy-Vázquez *et al.*, 2017); por tratamiento se hicieron cinco repeticiones de siete semillas.

Para la siembra en invernadero se utilizaron los mismos tratamientos que en el laboratorio, con seis repeticiones y diez semillas cada una. Las semillas se mantuvieron inmersas en las soluciones como se describió anteriormente, para garantizar la imbibición homogénea (Mohnot y Chatterji, 1965); se sembraron en arena, contenida en macetas de 0.95 L. La arena fue esterilizada a 126 °C por 3 h

(PRESTO<sup>®</sup>, 79291), por 3 d alternos. A cada unidad experimental se le agregaron 30 mL de solución cada tercer día, según el tratamiento. No se aplicó fertilización por la duración del experimento y para evitar una alteración en la solubilidad de los compuestos de Pb. El experimento se llevó a cabo con luz natural, temperatura máxima promedio de 36 °C y mínima de 16 °C, humedad relativa máxima de 37 % y mínima de 14 % (*Data Logger 1000, watch dog*<sup>®</sup>) durante 15 días.

Al finalizar el experimento se evaluaron las siguientes variables: porcentaje final de germinación en laboratorio; y porcentaje final de emergencia en invernadero; crecimiento de plántulas, longitud (cm) del vástago y de la raíz, en ambas condiciones; peso seco de plántulas (g), después de su deshidratación en estufa (CE5F, *Shel Lab*<sup>®</sup>) a 70 °C por 72 h.

El diseño experimental fue completamente al azar y los datos obtenidos, después de probar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se analizaron mediante un modelo de análisis de varianza anidado (las concentraciones dentro de la fuente de Pb) y comparación de medias de *Tukey* ( $P \leq 0.05$ ). Para el porcentaje de germinación se realizó la prueba *Kruskall-Wallis* y la suma de rangos de *Wilcoxon* ( $P \leq 0.05$ ) con el programa SAS para *Windows*<sup>®</sup> (SAS Institute, 1999).

El efecto de ambos compuestos de Pb en la imbibición de *P. aculeata* no fue significativo ( $P > 0.05$ ). De acuerdo a Kranner y Colville (2011), los compuestos Pb reducen el proceso de germinación por ser sales, pues inducen estrés salino que impide a la semilla alcanzar el umbral crítico en la imbibición. Sin embargo, en las semillas de algunas especies, los compuestos de Pb no afectan el proceso (Ilić *et al.*, 2015), como se observó en el presente experimento.

Los compuestos de Pb utilizados inhibieron significativamente la germinación en condiciones de laboratorio, donde la concentración de 2.0 mM de PbCl<sub>2</sub> y Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> inhibieron la germinación en 18 % y 26 %, respectivamente (Cuadro 2). Esto se puede deber al efecto tóxico de los iones de Pb sobre el embrión (Kranner y Colville, 2011). Aunque, la testa de la semilla limita la entrada de los iones metálicos, algunas semillas presentan cierto grado de permeabilidad a los iones de Pb (Wierzbicka y

Obidzinsk, 1998; Ilić *et al.*, 2015). Por otro lado, en condiciones de invernadero, la germinación no tuvo diferencias significativas entre las concentraciones de los dos compuestos de Pb (Cuadro 3). Wierzbicka y Obidzinsk (1998) sugieren que la cantidad de Pb por unidad de masa de las semillas es un factor importante y que su efecto inhibitorio solo es posible cuando el Pb está disponible en exceso para las semillas.

**Cuadro 2.** Efecto de  $PbCl_2$  y  $Pb(NO_3)_2$  en laboratorio en la germinación de las semillas y crecimiento de las plántulas de *Parkinsonia aculeata* L.

Concentración (mM)	Porcentaje de germinación (%)	Longitud de vástago (cm)	Longitud de radícula (cm)	Peso seco de vástago (g)	Peso seco de radícula (g)
$PbCl_2$					
0.0	100 a <sup>†</sup>	9.6 a <sup>‡</sup>	4.7a <sup>‡</sup>	206.7 a <sup>‡</sup>	20.3 a <sup>‡</sup>
0.1	97 ab	9.2 ab	4.2 a	200.8 a	19.1 ab
0.2	97 ab	8.9 abc	4.0 ab	193.3 abc	16.9 abc
0.5	97 ab	6.6 bcd	1.6 bc	158.0 bcd	14.0 cd
1.0	83 bc	6.2 de	1.3 bc	154.2 cde	12.1 cde
2.0	82 c	3.8 ef	0.7 b	124.8 e	10.5 de
$Pb(NO_3)_2$					
0.0	100 a	9.6 a	4.7 a	206.7 a	20.3 a
0.1	97 ab	9.3 a	4.2 a	200.3 ab	19.0 ab
0.2	97 ab	9.2 ab	3.0 bc	195.6 abcd	18.2 ab
0.5	92 bc	6.5 cd	1.6 bc	151.2 cde	14.5 bcd
1.0	86 abc	5.8 de	0.9 c	147.5 de	10.7 de
2.0	74 c	3.0 f	0.8 c	122.2 e	8.6 e

<sup>†</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, *Wilcoxon* ( $P \leq 0.05$ ). <sup>‡</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, *Tukey* ( $P \leq 0.05$ ).



**Cuadro 3.** Efecto de PbCl<sub>2</sub> y Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> en invernadero en la emergencia de las semillas y crecimiento de las plántulas de *Parkinsonia aculeata* L.

Concentración (mM)	Porcentaje de emergencia (%)	Longitud de vástago (cm)	Longitud de radícula (cm)	Peso seco de vástago (g)	Peso seco de radícula (g)
PbCl <sub>2</sub>					
0.0	93 a <sup>†</sup>	7.1 ab <sup>‡</sup>	11.5 a <sup>†</sup>	389.5 ab <sup>‡</sup>	92.1 a <sup>‡</sup>
0.1	90 a	7.0 ab	9.7 ab	393.3 a	90.3 ab
0.2	90 a	7.5 a	9.7 ab	380.5 ab	90.5 ab
0.5	87 a	7.5 a	8.4 b	354.0 b	86.8 ab
1.0	90 a	7.5 a	8.9 b	383.5 ab	86.0 ab
2.0	90 a	7.5 a	8.9 b	363.7 ab	88.8 ab
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>					
0.0	93 a	7.1 ab	11.5 a	389.5 ab	92.1 a
0.1	88 a	7.2 ab	9.3 ab	392.7 ab	89.0 ab
0.2	95 a	6.6 b	9.2 ab	376.0 ab	84.0 ab
0.5	90 a	6.9 ab	9.0 b	382.3 ab	78.9 ab
1.0	90 a	7.3 ab	8.8 b	384.7 ab	78.2 ab
2.0	90 a	6.9 b	8.1 b	356.0 ab	76.6 b

<sup>†</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, *Wilcoxon* ( $P \leq 0.05$ ). <sup>‡</sup>Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, *Tukey* ( $P \leq 0.05$ ).

En laboratorio se advirtió una inhibición significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el crecimiento del vástago y de la radícula de las plántulas, y en el rendimiento de materia seca de *P. aculeata* (Cuadro 2), principalmente a concentraciones de 2.0 Mm. El PbCl<sub>2</sub> en su concentración más alta (2.0 Mm) inhibió hasta 40 % el peso seco del vástago, y 49 % la radícula. Las plántulas tratadas con Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> mostraron una inhibición de 40 %: sin embargo, la radícula exhibió una inhibición de hasta 57 % en su peso seco (Cuadro 2).

En el ensayo en invernadero se observó una inhibición significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el crecimiento de la radícula (Cuadro 3) por PbCl<sub>2</sub> y el Pb(NO<sub>2</sub>)<sub>3</sub> en 22.6 % y 25.7 %, respectivamente; pero afectaron en menor magnitud el rendimiento en materia seca (5 %).

El  $\text{Pb}(\text{NO}_2)_3$  inhibió significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el crecimiento de la radícula, y el rendimiento de la materia seca disminuyó hasta 10 %. La inhibición del crecimiento y del rendimiento en materia seca es un efecto muy conocido del plomo en altas concentraciones (Iqbal *et al.*, 2017); la raíz es más afectada que el vástago, debido a que está en contacto directo con el Pb (Lamhamdi *et al.*, 2011). El efecto del Pb en la germinación y crecimiento temprano de las plántulas de *P. aculeata* L. difiere en cuanto a los compuestos de Pb utilizados, debido a que la solubilidad, disponibilidad y fitotoxicidad tienen un papel importante (Truta *et al.*, 2011; Iqbal *et al.*, 2017). Por lo tanto, se presentó una mayor inhibición con  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  que con  $\text{PbCl}_2$ . En laboratorio es más pronunciada la inhibición que ocasiona ambos compuestos de Pb en comparación a las condiciones de invernadero. Los resultados generan información para futuros trabajos de tolerancia de *P. aculeata* a suelos contaminados con Pb.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Forestal por la donación de las semillas y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado al programa de posgrado del primer autor.

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### **Contribución por autor**

Manuel Arturo González Villalobos: desarrollo de la investigación, análisis estadístico, estructura y diseño del manuscrito; Tomás Martínez Trinidad: supervisión del experimento, diseño, análisis de los resultados, corrección del manuscrito; Alejandro Alarcón: supervisión y corrección del manuscrito; Francisca Ofelia Plascencia Escalante: supervisión y corrección del manuscrito.

## Referencias

- Abbas, A., S. Hammad and W. Soliman. 2017. Influence of copper and lead on germination of three Mimosoideae plant species. *Asian Journal of Agriculture and Biology* 55: 320-327. [https://www.asianjab.com/wp-content/uploads/2017/12/OA-AJAB-2017-08-111\\_OK.pdf](https://www.asianjab.com/wp-content/uploads/2017/12/OA-AJAB-2017-08-111_OK.pdf) (30 de marzo de 2019).
- Candido, G., G. Martins, I. Vasques, F. Lima, P. Pereira, M. Engelhardt, R. Reis and J. Marques. 2020. Toxic effects of lead in plants grown in Brazilian soils. *Ecotoxicology* 29: 305-313. Doi:10.1007/s10646-020-02174-8.
- Chaer, G., A. Resende, E. Campello, S. de Faria and R. Boddey. 2011. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology* 31: 139-149. Doi: 10.1093/treephys/tpq116.
- Ilić, S. Z., N. Mirecki, R. Filipović-Trajković, N. Kapoulas, L. Milenković and L. Šunić. 2015. Effect of Pb on seed germination and his translocation in different seed tissues during sprouting. *Fresenius Environmental Bulletin* 24: 670-675. <https://www.prt-parlar.de/download/> (14 de febrero de 2020).
- Iqbal, M., G. Murtaza, T. Naz, N. Niazi, M. Shakar, F. Watto and A. Mahmood. 2017. Effects of lead salts on growth, chlorophyll contents and tissue concentration of rice genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology* 19: 69-76. Doi: 10.17957/IJAB/15.0243.
- Kranner, I. and L. Colville. 2011. Metals and seeds: Biochemical and molecular implications and their significance for seed germination. *Environmental and Experimental Botany* 72: 93-105. Doi: 10.1016/j.envexpbot.2010.05.005.
- Lamhamdi, M., A. Bakrim, A. Aarab, R. Lafont and F. Sayah. 2011. Lead phytotoxicity on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedlings growth. *Comptes Rendus Biologies* 334:118-126. Doi: 10.1016/j.crv.2010.12.006.



Márquez-García, B., C. Márquez, I. Sanjosé, F. J. J. Nieva, P. Rodríguez-Rubio and A. Muñoz-Rodríguez. 2013. The effects of heavy metals on germination and seedling characteristics in two halophyte species in Mediterranean marshes. *Marine Pollution Bulletin* 70: 119-124. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.02.019.

Mleczek, M., P. Goliński, M. Krzesłowska, M. Gąsecka, Z. Magdziak, P. Rutkowski and P. Niedzielski. 2017. Phytoextraction of potentially toxic elements by six tree species growing on hazardous mining sludge. *Environmental Science and Pollution Research* 24: 22183-22195. Doi: 10.1007/s11356-017-9842-3.

Mohnot, K. and U. Chatterji. 1965. Chemico-physiological studies on the imbibition and germination of seeds of *Parkinsonia aculeata* L. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 112: 576-585. <https://www.jstor.org/stable/43337441> (24 de febrero de 2018).

Monroy-Vázquez, M. E., C. B. Peña-Valdivia, J. R. García-Nava, E. Solano-Camacho, H. Campos y E. García-Villanueva. 2017. Imbibición, viabilidad y vigor de semillas de cuatro especies de opuntia con grado distinto de domesticación. *Agrociencia* 51: 27-42. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1276> (14 de enero de 2019).

Muszyńska, E., E. Hanus F. and A. Koźmińska. 2018. Differential tolerance to lead and cadmium of micropropagated *Gypsophila fastigiata* Ecotype *Water, Air and Soil Pollution* 229: 42. Doi: 1007/s11270-018-3702-8.

SAS Institute, 1999. The SAS system for Windows (v. 8.1). SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. n/p.

Shahmoradi, B., S. Hajimirzaei, J. Amanollahi, K. Wantalla, A. Maleki, S. Lee and M. Shim. 2020. Influence of iron mining activity on heavy metal contamination in the sediments of the Aqyazi River, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 192: 521. Doi: 10.1007/s10661-020-08466-0.

Shi, T., J. Ma, Y. Zhang, C. Liu, Y. Hu, Y. Gong, X. Wu, T. Ju, H. Hou and L. Zhao. 2019. Status of lead accumulation in agricultural soils across China (1979–2016). *Environment International* 129: 35-41. Doi: 10.1016/j.envint.2019.05.025.

Truta, E., C. M. Rosu and I. C. Bara. 2011. Lead-induced genotoxicity in wheat. *Sectiunea Genetica si Biologie Moleculara* 7: 51–58.  
<https://www.researchgate.net/publication/256493127> (22 de de septiembre de 2019).

van Klinken, R. D., S. D. Campbell, T. A. Heard, J. McKenzie and N. March. 2009. The biology of Australian weeds: 54. '*Parkinsonia aculeata*' L. *Plant Protection Quarterly* 24: 100-117.  
[https://www.researchgate.net/publication/282722871\\_The\\_biology\\_of\\_Australian\\_weeds\\_54\\_Parkinsonia\\_aculeata\\_L](https://www.researchgate.net/publication/282722871_The_biology_of_Australian_weeds_54_Parkinsonia_aculeata_L) (22 de de septiembre de 2019).

Wierzbicka, M. and J. Obidzinsk. 1998. The effect of lead on seed imbibition and germination in different plant species. *Plant Science* 137: 155–171.  
Doi: 10.1016/S0168-9452(98)00138-1.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.