



## Bioacumulación de plomo en chile de árbol (*Capsicum frutescens* L.) cultivado en Guadalupe, Zacatecas

Consuelo Letechipía-de León, Héctor René Vega-Carrillo, Víctor Martín Hernández-Dávila  
**Unidad Académica de Estudios Nucleares | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS**

Irma Cruz Gavilán-García  
**Facultad de Química | UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Miguel Ángel Salas-Lúevano  
**Unidad Académica de Agronomía | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS**

### Resumen

El objetivo fue evaluar el contenido de Pb en suelos y en *Capsicum frutescens* L. (chile de árbol) cultivado en una zona de Guadalupe, Zacatecas. Las muestras fueron recolectadas directamente de los campos de cultivo de la zona de estudio, se pesaron 3.0 g de suelo y 5.0 g de chile triturado. Las muestras, para la determinación de Pb, fueron digeridas con la técnica ácido húmeda y la determinación de la concentración de Pb se realizó mediante Espectrometría de Absorción Atómica de Flama. Los resultados para la concentración promedio de Pb en chile de árbol fueron  $8.588 \pm 1.923$  mg/kg y para suelo agrícola de  $1194.093 \pm 1628.469$  mg/kg. El alto contenido de Pb en chile posiblemente tiene su origen porque hace más de 100 años existen depósitos antiguos de jales, donde han extraído una capa superficial de suelo de 1.0 m para el beneficio de metales preciosos. Por consiguiente, como el chile es uno de los productos agrícolas con alto nivel de exportación y carece de información de los sistemas de inocuidad, es importante inspeccionar el contenido de MPB en esta hortaliza, ya que niveles superiores a los permitidos por la normatividad puede ser una fuente potencial de intoxicación para los consumidores.

## Introducción

El medio ambiente está formado por componentes bióticos y microorganismos, también incluye suelo con todos sus minerales, el agua y la atmósfera (Patil, 2012). Cuando se liberan sustancias químicas peligrosas, como metales pesados (MPs), en el ambiente causan una gran preocupación medioambiental (Özcan *et al.*, 2007). En el ámbito mundial, MPs como el Pb, Cd, Cu y Zn son dispersados en áreas rurales a través de la deposición atmosférica y el uso de agroquímicos y abonos. Concentraciones altas ponen en peligro la salud humana y animal, al alimentarse de cultivos contaminados (Brus y Jansen, 2004).

Sin embargo, las concentraciones irregulares de MPs como el Pb y elementos traza en los suelos, procede mayoritariamente de la minería. Los efectos adversos al medioambiente, asociados con la deposición de grandes volúmenes de residuos con pirita y otros sulfuros, cuya oxidación libera grandes cantidades de MPs (Belmonte *et al.*, 2010). El Pb es un tóxico fisiológico y neurológico que puede afectar a casi cualquier órgano en el cuerpo humano. La exposición en la dieta al Pb ha sido identificada como un riesgo a la salud a través del consumo de hortalizas. La emisión de plomo de las industrias puede ser depositada en las hortalizas durante su producción, transporte y comercialización (Banerjee *et al.*, 2010).

En consideración al enorme consumo mundial de frutas de diversas especies de *Capsicum spp.*, la utilización de la capsaicina como aditivo alimentario y su aplicación medicinal actual, la evaluación y valoración de los efectos nocivos de los frutos, se justifica en los esfuerzos para proteger la salud pública (Antonious y Kochhar, 2009). La absorción por la planta es una de las principales vías por las cuales los metales entran en la cadena alimentaria (Antonious y Kochhar, 2009).

Por otro lado, en Zacatecas los relaves producidos durante el periodo de la antigua minería, se colocaron a los lados de los sitios de extracción. Estos residuos, en su mayoría procedentes de las minas de

Vetagrande y Zacatecas, fueron arrastrados por las lluvias hacia el arroyo de La Plata; que desembocaba en el embalse de la presa El Pedernalillo en la comunidad La Zacatecana, Guadalupe, Zacatecas, donde fueron dispersándose en un área agrícola de aproximadamente 18 a 30 km x 2-3 km (Ramírez-Ortiz y Núñez, 2009; Ogura *et al.*, 2003; Santos-Santos *et al.*, 2006).

Se destaca que algunas compañías han realizado análisis cuantitativo de los suelos agrícolas procedente de la zona y han reportado que están contaminados con grandes cantidades de arsénico, plomo y mercurio (Ramírez-Ortiz y Núñez, 2009; Ogura *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo fue cuantificar la concentración de Pb en suelo agrícola y chile de árbol (*Capsicum frutescens L.*).

## Metodología

El presente trabajo se realizó en la comunidad de Zóquite, del municipio de Guadalupe, Zacatecas México. Esta área es rica en depósitos naturales de arsénico y plomo, área involucrada en actividades agrícolas y de pastoreo de ganado, geográficamente se encuentra localizada en un valle donde el agua que se utiliza proviene de las montañas cercanas y el río La Plata, el cual desemboca en la presa de jales mineros La Zacatecana (Santos-Santos *et al.*, 2006).

Las muestras (suelo y chile) se tomaron de los predios a los cuales se obtuvo el permiso de los propietarios, y la toma de la muestra se llevó a cabo mediante la técnica de tresbolillo; se obtuvo un total de 14. Las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 0-15 cm, la cual fue seleccionada debido a que representa las técnicas empleadas para la agricultura (Santos *et al.*, 2006). Las muestras de chile fueron secadas a temperatura ambiente y después trituradas, hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm aproximadamente y almacenadas en contenedores de plástico previamente tratados con una solución de HNO<sub>3</sub> al 30%, se enjuagaron con agua desionizada hasta su procesamiento analítico.

Por otra parte, las muestras de suelo agrícola fueron molidas en mortero y tamizadas en tamiz del número 40. Para el análisis de plomo en Chile se tomaron 3 g de muestra y 5 g de suelo, se les aplicó una digestión ácida empleando 5 y 3 ml de agua regia ( $\text{HNO}_3$  y  $\text{HCl}$  3:1). Se calentó a  $85^\circ\text{C}$  durante 60 min. Se enfrió, se filtró y se aforó hasta 50 ml con agua desionizada. El análisis cuantitativo del analito (Pb) se realizó por la técnica de EAA-Flama, en un Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Perkin Elmer, Modelo 3410 con un límite de detección de 0.19 mg/L. Se emplearon estándares comerciales para Pb High-Purity Standar de 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ .

## Resultados y discusión

En el presente estudio se cuantificó la concentración de Pb en suelo agrícola y Chile de árbol (*Capsicum frutescens* L.). Las concentraciones de Pb encontradas en el Chile de árbol van desde los:  $5.537 \pm 0.892$  mg/kg hasta,  $11.384 \pm 1.800$  mg/kg, con una concentración promedio de  $8.588 \pm 1.923$  mg/kg como se muestra en la figura 1. Las concentraciones de Pb en suelo agrícola van desde los  $35.033 \pm 5.397$  mg/kg hasta los  $5423 \pm 828$  y un promedio de  $1194.093 \pm 1628.469$  mg/kg.

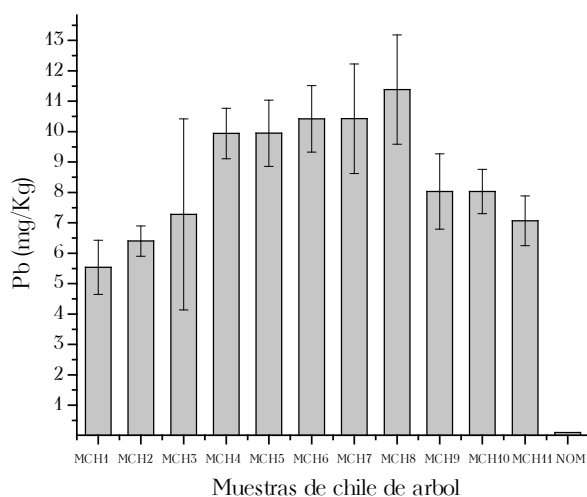


Figura 1. Gráfica de la concentración promedio de Pb en mg/kg en Chile de árbol.

Cuadro 1  
Concentración en ppm de Pb  
en Chile y suelo agrícola

Muestras	[Pb] en Chile	[Pb] en suelo
M1	$5.537 \pm 0.892$	$635.982 \pm 25.698$
M2	$6.401 \pm 0.500$	$101.353 \pm 27.351$
M3	$7.277 \pm 3.440$	$35.033 \pm 27.351$
M4	$9.940 \pm 0.830$	$89.890 \pm 0.203$
M5	$9.947 \pm 1.089$	$2315.616 \pm 385.187$
M6	$10.422 \pm 1.094$	$1952.776 \pm 0.552$
M7	$10.426 \pm 1.800$	$1678.161 \pm 63.307$
M8	$11.384 \pm 1.800$	$5423.275 \pm 828.722$
M9	$8.032 \pm 1.240$	$435.857 \pm 27.995$
M10	$8.031 \pm 0.725$	$429.666 \pm 29.016$
M11	$7.068 \pm 0.845$	$37.419 \pm 2.322$

El alto contenido de Pb en la muestra MCH8 puede ser debido a que hace algunos años se retiró una capa superficial de 1.0 metros aproximadamente para la extracción de metales preciosos, llegando a la capa donde hace más de 100 años. Según De La Vega (1994), existen depósitos antiguos de jales que fueron arrastrados hasta los suelos agrícolas de diversas comunidades del municipio de Guadalupe, Zacatecas. Además, con base en el trabajo reportado por Santos *et al.* (2006), se confirma que la principal fuente de contaminación de MPs en áreas cercanas a la zona de estudio se relacionan con las actividades mineras antiguas realizadas por la comunidad de las colonias Osiris y La Zacatecana, localizadas a una distancia aproximada de 3 km. En el cuadro 1 se muestra la concentración en mg/kg de plomo registrados en Chile y suelo agrícola.

Todas las muestras rebasan los límites máximos de Pb para hortalizas, excluidas las del género *Brassica*, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas y las setas, que es de 0.1 mg/kg peso fresco, al igual que la Norma del Codex Alimentarius (WHO, 2004) para verduras en general. El contenido de MPs en las plantas depende de la biodisponibilidad del metal en el suelo y de la deposición atmosférica. Los Chile

picantes como el de árbol, absorben MPs de suelos contaminados, aire y agua.

Es posible que los exudados de la raíz de estos genotipos de pimiento picante contuvieran enzimas que hidrolizan algunas formas complejas de este metal para mejorar la solubilidad del Pb para llevarlo del suelo a las plantas, aumentando así su acumulación en los frutos. En la figura 1 se muestra una gráfica de las concentraciones promedio de Pb en mg/kg en Chile. Las altas concentraciones de este metal en hortalizas cultivadas en la zona de estudio indican la presencia de contaminación de MPs, debido a los antiguos depósitos de jales mineros.

La concentración de este metal en suelo varía de acuerdo con la ubicación de la toma de muestra. La media general es  $1194.093 \pm 1628.469$ . Concentraciones entre  $35.033 \pm 5.397$  y  $5423.275 \pm 828.722$  ppm fueron detectadas. La NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 establece una concentración máxima de 400 mg/kg para suelo de uso agrícola.

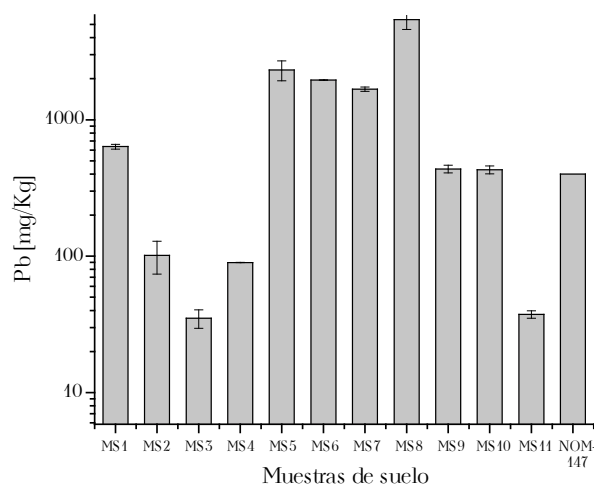


Figura 2. Gráfica de la concentración promedio de Pb en mg/kg en suelo agrícola.

Cuatro de estas muestras están por debajo del límite de 400 ppm. Sin embargo, al comparar los valores encontrados con la normatividad europea que indica una concentración máxima de 300 ppm, sólo cuatro de estas muestras están dentro del límite permisible. La prevención de la acumulación de MPs a un nivel peligroso es una de las condiciones

para la producción agrícola sostenible. Asimismo, la liberación de grandes cantidades de MPs en el medio ambiente pueden acumularse en el entorno, lo cual representan un peligro significativo para la salud y medio ambiente (Korkmaz *et al.*, 2014).

## Conclusiones

Fueron cuantificadas las concentraciones de Pb en suelo agrícola y Chile de árbol de la comunidad de Zóquite, Guadalupe, Zacatecas. Los resultados obtenidos demuestran que los valores encontrados para las muestras de Chile de árbol superan las concentraciones establecidas en el reglamento No. 1881/2006 de la Comisión Europea. Por otra parte, los valores de Pb para suelo agrícola más de la mitad superaron los valores establecidos por la NOM-147. Además, este estudio permitirá buscar estrategias tecnológicas agropecuarias para aumentar la inocuidad del Chile de árbol en la zona.

Con relación a la cuantificación de Pb en suelos agrícolas, se registró una concentración máxima de 400 mg/kg con un promedio de  $1194.093 \pm 1628.469$  mg/kg. En las muestras de Chile la concentración promedio de Pb fue  $8.588 \pm 1.923$  mg/kg. Con fundamento en los resultados obtenidos son necesarias normas oficiales para Pb en vegetales en México. Todas las muestras de Chile superan la norma oficial europea vigente.

## Referencias

- Antonious, G.F., Kochhar, T.S. (2009). Mobility of heavy metals from soil into hot pepper fruits: A field study. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 82: 59-63.
- Bakkali, K., Ballesteros, E., Souhaili, B. and Ramos, N. (2009). Determinación de trazas metálicas en aceites vegetales de España y Marruecos mediante espectroscopia de absorción con cámara de grafito después de la digestión en horno de microondas. *Grasas y aceites*, 60(50):490-497.

- Banerjee, D., Kuila, P., Ganguly, A. and Ray, L. (2010). Market basket survey for chromium, copper, lead and cadmium in some vegetables from different shopping malls in Kolkata, India. *EJEAFChe*, 9(7): 4190-4195.
- Belmonte, S.F., Díaz, F.R., Sarría, J.A., Brotóns, M., Rojo, L.S. (2010). Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del sureste de España. *Papeles de Geografía*, 51(52):45-54.
- Brus, D.J., Jansen, M.J.W. (2004). Heavy metals in the environment. Uncertainty and sensitivity analysis of spatial predictions of heavy metals in wheat. *Journal Environmental Quality*, 33:882-890.
- Comunidad Europea (CE) (2006). Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. En *Reglamento (CE) No 1881/2006*. La Comisión de las Comunidades Europeas.
- De la Vega, S. (1994). Crecimiento urbano en la ciudad de Zacatecas y sus asentamientos en zonas mineralizadas polimetálicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 11(4):406-412.
- Ogura, T., Ramírez-Ortiz, J., Arroyo-Villaseñor, Z. M., Hernández-Martínez, S., Palafox-Hernández, J.P., García de Alba, L.H. and Fernando, Q. (2003). Zacatecas (México) companies extract Hg from surface soil contaminated by ancient mining industries. *Water Air and Soil Pollution*, 148(1):167-177.
- Özcan, S., Özcan, A. (2007). Adsorption Potential of Lead (II) Ions from aqueous solutions on to *Capsicum annum* seeds. *Separation Science and Technology*, 42(4): 137-151.
- Patil, U. (2012). Environmental air pollution and its harmful effects-a study in indian context. *Indian Streams Research Journal*, 2(10).
- Ramírez-Ortiz, J., Núñez, M.J. (2009). Study of soil contaminated with arsenic, cadmium and lead in ancient tailings in Zacatecas, México. *International Journal of Chemical and Biomolecular Engineering*, 2(3):120-124.
- Rapheal, O., Sunday, K. (2014). Assessment of trace heavy metal contaminations of some selected vegetables irrigated with water from River Benue within Makurdi Metropolis, Benue State Nigeria. *Advances in Applied Science Research*, 2(5):590-604.
- Santos-Santos, E., Yarto-Ramírez, M., Gavilán-García, I., Castro-Díaz, J., Gavilán-García, A., Rosiles, R., Suarez, S. and López-Villegas, T. (2006). Analysis of arsenic, lead and mercury in farming areas with mining contaminated soils at Zacatecas, Mexico. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 50(2):57-63.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2007). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, *Diario Oficial*. Recuperado de [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat\\_ssa1-2004.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf)
- World Health Organization (2004). *Codex Committee on food Additives and Contaminants*. Rotterdam: Autor. Recuperado de [www.codexalimentarius.org/](http://www.codexalimentarius.org/)