



SHORT COMMUNICATION

Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay, Ecuador

Lead (Pb) concentrations in lettuce crops (*Lactuca sativa*) in Azuay, Ecuador

 Jacinto Vázquez^{1,*}; Cecilia Sangurima²; Manuel Alvarez-Vera^{2,3}
¹ Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.

² Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.

³ Subdirección de Posgrados, Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.

Received April 23, 2019. Accepted May 6, 2019.

Resumen

El crecimiento poblacional, la expansión de la ciudad y el aumento del parque automotor del cantón Cuenca ha causado un deterioro en la calidad del aire, lo que pone en riesgo la producción agrícola en las zonas rurales cercanas, el objetivo del presente estudio fue determinar la concentración de Pb en el follaje de lechugas de repollo en la parroquia San Joaquín. Se sembraron doce lechugas de repollo en dos camas que fueron ubicadas en condiciones de cielo abierto y bajo invernadero con un suelo sustrato común para el desarrollo de las plantas, el sustrato fue caracterizado, los resultados evidenciaron que el contenido de plomo en el follaje de la lechuga provino en su mayoría del aire. Al momento de la cosecha, se enviaron muestras de follaje para el análisis del contenido de Pb mediante el método de absorción atómica, el menor valor correspondió al cultivo bajo invernadero con un promedio de 0,066 mg/kg, en tanto que el cultivo abierto obtuvo valor de 0,087 mg/kg, de acuerdo a la Prueba T independiente, no hay diferencia estadística significativa, estos valores de concentración de plomo están por debajo de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud, con lo que se considera que las lechugas no están contaminadas con Pb asociado a vehículos y combustibles.

Palabras clave: Contaminación; hortalizas; salud; metales; San Joaquín.

Abstract

The population growth, the expansion of the city and the increase of the automotive park of the canton Cuenca has caused a deterioration in air quality, which puts at risk the agricultural production in the nearby rural areas, the objective of the present study was to determine the concentration of Pb in the foliage of cabbage lettuces in the San Joaquín parish. Twelve lettuces of cabbage were planted in two beds that were located in open-pit and greenhouse conditions with a common substrate soil for the development of the plants, the substrate was characterized, the results showed that the content of lead in the foliage of the Lettuce came mostly from the air. At the time of harvest, foliage samples were sent for the analysis of the Pb content by the atomic absorption method, the lowest value corresponded to the greenhouse crop with an average of 0,066 mg / kg, while the open crop obtained value of 0,087 mg / kg, according to the independent T-test, there is no significant statistical difference, these values of lead concentration are below the limits established by the World Health Organization, which is considered that lettuces they are not contaminated with Pb associated with vehicles and fuels.

Keywords: Pollution; vegetables; health; metals; San Joaquín.

1. Introducción

El incremento poblacional demanda mayor cantidad de alimentos a la par conlleva a la expansión territorial, razón por la que

lugares que tiempo atrás se encontraban apartados de la urbe hoy son parte del entorno cercano de las ciudades. La parroquia San Joaquín está ubicada a 7

How to cite this article:

Vázquez, J.; Sangurima, C.; Alvarez-Vera, M. 2019. Concentraciones de plomo (Pb) en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) en Azuay, Ecuador. Scientia Agropecuaria 10(3): 423 – 427.

* Corresponding author
E-mail: jvazquez@ucacue.edu.ec (J. Vázquez).

kilómetros de la ciudad de Cuenca, esta localidad es considerada el huerto de la ciudad debido a que en este sitio se produce diversidad de hortalizas que forman parte del menú de los habitantes de la región, el excedente de la producción se expende fuera de la provincia; gran cantidad de hortalizas se cultivan junto a las vías donde existe importante tráfico vehicular.

Los efectos en la salud del consumo de cultivos urbanos son cuestionados debido a las altas cargas de contaminación local (Von Hoffen y Säumel, 2014), ya que debido a la continua urbanización e industrialización en muchos países del mundo, los metales pesados se emiten continuamente al medio ambiente terrestre y representan una gran amenaza para la salud humana (Du *et al.*, 2013), por lo tanto la horticultura urbana está asociada con riesgos para la salud, ya que estos cultivos están generalmente expuestos a niveles más altos de contaminantes que los de las áreas rurales (Säumel *et al.*, 2012).

La contaminación del suelo ha aumentado en las últimas décadas y puede representar un riesgo para la salud humana y ecológica (Cachada *et al.*, 2018). Existe preocupación constante por la calidad de cultivos en áreas donde existe un alto tráfico vehicular, ya que el aumento de todas las concentraciones de metales en la proximidad a la carretera sugiere fuentes de emisiones de vehículos (Clarke *et al.*, 2015), una mayor carga de tráfico global aumenta el contenido de metales traza en la biomasa (Säumel *et al.*, 2012), dentro de estos metales es motivo de análisis y estudio el plomo (Pb), la contaminación de este metal se ha considerado como una amenaza importante para la salud humana debido a su efecto en diversos tejidos (Boskabady *et al.*, 2018). La contaminación con plomo en el suelo se ha producido a escala mundial (Markus y McBratney, 2001).

Grandes lotes de terreno en la parroquia San Joaquín están cultivados con lechugas (*Lactuca sativa*), de esta hortaliza se consume directamente sus hojas, a pesar de su producción significativa, no existen estudios en el medio que indiquen con certeza cuál es la concentración de plomo (Pb) en el tejido vegetal ni en el medio de cultivo, lo cual es fundamental conocer ya que si bien, la jardinería y la producción urbana de alimentos es una actividad cada vez más popular, que puede mejorar la salud física y mental y proporcionar alimentos nutritivos a bajo costo (Laidlaw *et al.*, 2018), además de proporcionar productos frescos a precios asequibles

para las comunidades con acceso limitado a alimentos saludables, también pueden aumentar la exposición al plomo (Pb) y otros contaminantes del suelo (Mitchell *et al.*, 2014),

El plomo tiende a afectar muchos sistemas de órganos en el cuerpo, especialmente el sistema nervioso y los riñones. Estudios indican que la exposición al plomo puede causar enfermedades respiratorias, neurológicas, digestivas, cardiovasculares y urinarias (Boskabady *et al.*, 2018). Aunque la horticultura urbana ofrece múltiples beneficios a la sociedad, no está claro hasta qué punto estas verduras están contaminadas por la absorción de elementos químicos derivados de la deposición atmosférica (Amato-Lourenco *et al.*, 2016). El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración de plomo en el follaje de lechugas de repollo (*Lactuca sativa*) en la parroquia San Joaquín.

2. Materiales y métodos

El estudio se realizó en la comunidad de Balzay Alto, parroquia San Joaquín, provincia del Azuay, sierra sur del Ecuador, a 7 km del centro de la ciudad de Cuenca.

La siembra de lechugas se realizó en dos camas armadas con pallets y malla orgánica, en las que se colocó sustrato suelo homogenizado hasta una altura de 40 cm, se sembraron 12 plántulas de lechuga de repollo en cada cama, mediante el sistema de siembra tresbolillo. Las camas se ubicaron al costado de la vía de acceso principal a la parroquia, una a cielo abierto y la otra bajo protección de invernadero.

Para la caracterización físico-química del sustrato suelo, se enviaron muestras a dos laboratorios: del IHTA Ingeniería Hidráulica y al de la Estación experimental del Austro del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria. En el primero se determinaron los parámetros de pH, Conductividad Eléctrica, Calcio, Fósforo Total y Plomo, en tanto que en el segundo se determinó la textura y el contenido de materia orgánica. Cumplidas catorce semanas de cultivo, se tomaron ocho plantas de cada cama para determinar los promedios de peso fresco de la parte aérea de la lechuga en una balanza digital, de cada una de estas plantas se tomaron 200 gramos de muestras de follaje para enviarlas al Laboratorio de Análisis de Alimentos y Productos Procesados “LASA”, donde se determinaron los niveles de plomo mediante la técnica de espectrometría de absorción atómica de horno grafito (GFAAS), conocido como espectrometría (ETAAS).

Para procesamiento de datos y el análisis estadístico se utilizó el programa Excel 2016, en tanto que las gráficas de boxplot y prueba T se elaboraron con el programa R.

3. Resultados y discusión

Caracterización del sustrato suelo

Las características del sustrato suelo se muestra en la [Tabla 1](#). Presenta textura Franco-Arenoso, con 70% de arena, 20% de limo y 10% de arcilla, pH de 6,2 determinado como ligeramente ácido, C.E. de 0,213 dS/m considerado normal, suelo rico en humus con alto contenido de materia orgánica (30,67%), Calcio de 4636,8 mg/kg y Fósforo 77,2 mg/kg considerados altos; un contenido de Pb de 17,6 mg/kg valor que no sobrepasa los límites permisibles de 20 mg/kg establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente ([MINAM, 2015](#)).

Tabla 1
Características físico químicas del suelo

Características		Valor
Arena	(%)	75
Limo	(%)	19
Arcilla	(%)	6
Clase textural	(---)	(Fr.A)
pH	(---)	6,2
C.E	(dS/m)	0,213
Materia orgánica	(%)	30,67
Fósforo total	mg/Kg	77,2
Calcio	mg/Kg	4636,8
Plomo	mg/Kg	17,6

La acumulación de plomo en los suelos es motivo de preocupación en la producción agrícola debido a los efectos nocivos sobre la microflora del suelo, el crecimiento de los cultivos y la seguridad alimentaria ([Kushwaha *et al.*, 2018](#)), el Pb es un metal pesado muy extendido que es perjudicial para la salud humana, especialmente para los niños pequeños ([Yan *et al.*, 2017](#)), el suelo puede absorber materiales contaminantes ([Pariente *et al.*, 2019](#)), la biodisponibilidad o inmovilización de Pb en el suelo depende del pH, materia orgánica, la presencia de varias enmiendas, los minerales arcillosos ([Kushwaha *et al.*, 2018](#)), el contenido de carbonato ([Romero-Freire *et al.*, 2015](#)), el tipo de suelo, las propiedades y el contenido del metal ([Yan *et al.*, 2017](#)). Suelos con pH neutro o ligeramente alcalino presentan mayor biodisponibilidad de Pb ([Yan *et al.*, 2019](#)), un pH ácido juega un papel importante como limitante para la absorción de metales como el plomo, por lo que la planta absorbe solamente nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo ([Sarría, 2013](#)). La concentración de Pb total en el suelo influye positivamente en su biodisponibilidad ([Yan *et al.*, 2019](#)). Los niveles de materia orgánica en el suelo de

<1,5% no afectaron las concentraciones de Pb, mientras que aquellos >1,5% inmovilizan al Pb ([Pariente *et al.*, 2019](#)), con concentración alta de materia orgánica en el sustrato, el metal no presenta movilidad en la superficie ni 10 cm debajo del borde del suelo, resaltando que difícilmente las plantas de los cultivos pueden absorber metales por medio de las raíces ([García y Moreno, 2002](#)). El fósforo es usado para inmovilizar in situ metales pesados, mediante la formación de productos que son altamente insolubles en un amplio rango de pH y Eh ([Matusik *et al.*, 2008](#)), por su parte el Ca regula el desarrollo vegetal y metabolismo de la planta, la concentración normal de este elemento genera una estabilidad en el sustrato, limitando la movilidad de metales pesados en el suelo, razón por la que la planta no absorberá elementos que no contribuyan a su nutrición ([Galán y Romero, 2008](#)). Con estos antecedentes se puede indicar que el Pb presente en el sustrato suelo no se encuentra disponible para las plantas de lechuga.

Condiciones meteorológicas

De acuerdo al [Ministerio de Agricultura y Ganadería \(2019\)](#) la temperatura promedio para el mes de noviembre 2017 fue de 20 °C, en tanto que para diciembre fue 21 °C (consideradas altas) y para los meses de enero y febrero 2019 los promedios fueron 17 °C y 15 °C respectivamente (consideradas bajas) ([Figura 1](#)). Se considera que durante el periodo del ensayo no se presentaron condiciones altas de lluvia, registrándose 16,8 mm el 12 de diciembre y 14 mm el 14 de enero, destacando una precipitación de 18,7 mm que se registró entre el 17 y 18 de febrero, un día anterior a la cosecha ([Figura 2](#)).

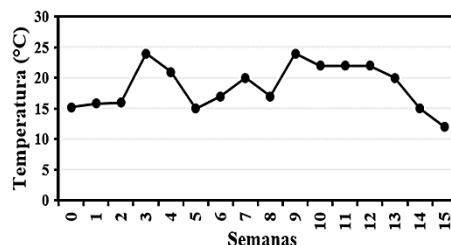


Figura 1. Comportamiento de temperatura durante el periodo del ensayo.

Peso fresco de plantas

Con relación a la variable peso fresco de plantas, se enfatiza que las plantas cultivadas bajo invernadero presentaron mayor promedio (287 gr), 15% mayor al valor correspondiente al cultivo abierto (243 g). En cultivos bajo invernadero se puede obtener una mayor rentabilidad en comparación a la producción de cultivo abierto,

esto puede estar dado por el ciclo de cultivo, disminución de pérdidas a causa de factores climáticos, y una mayor aceptación en el mercado debido a la apariencia de las plantas (Corzo y Velásquez, 2014).

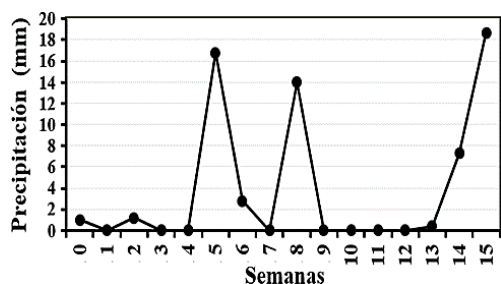


Figura 2. Comportamiento de la precipitación durante el periodo del ensayo.

Contenido de Pb en el follaje de lechugas de repollo

La Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos del Codex Alimentario CXS 193-1995 de la ONU para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud, señala qué, para hortalizas de hoja como la lechuga, el valor límite de plomo es de 0,3 mg/kg (FAO y OMS, 2018), este valor coincide con lo señalado en la normativa de la Unión Europea del contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticio (Unión Europea, 2017) y la del Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límite Máximo de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos (MERCOSUR, 2012).

De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos, en la Figura 3 se observa que la mayor concentración de Pb en las hojas de lechuga le corresponde al cultivo abierto con un promedio de 0,087 mg/kg, 25% mayor al promedio que se presenta en el cultivo bajo invernadero con 0,066 mg/kg. En el cultivo abierto se cuenta con un valor máximo de 0,26 mg/kg, mientras que en el invernadero el valor máximo es de 0,19 mg/kg, por lo tanto, en el cultivo abierto se registra mayores concentraciones que en el cultivo bajo invernadero.

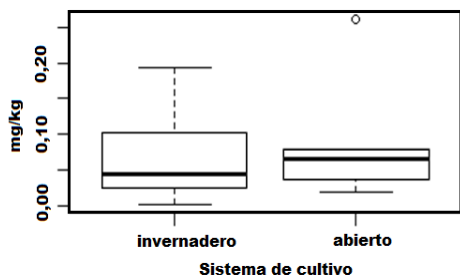


Figura 3. Concentración de Pb en hojas de lechuga (mg/kg).

Hay que señalar que los resultados de la concentración de Pb tanto en el cultivo abierto, así como como los de bajo invernadero tienen concentraciones por debajo de los permitidos en las normativas señaladas.

Al respecto se debe tener en cuenta que la lluvia caída el día anterior a la cosecha pudo inferir en una disminución del contenido de Pb en el cultivo abierto, con respecto a esto, en un estudio realizado en las zonas urbanas de La Habana cercana a un vertedero, se determinó, que el Pb se absorbe por las células de las hojas y que una parte del mismo puede eliminarse por el lavado con la lluvia por lo que el Pb se puede acumular en el suelo (Olivares *et al.*, 2013). Además, la disminución de Pb en las gasolinas es un factor determinante, Pariente *et al.* (2019) señala que, la obligatoriedad de utilizar combustibles sin Pb en los vehículos, ha demostrado su eficacia para reducir el riesgo de contaminación del plomo por el tráfico.

Lechugas cultivadas en las proximidades de Recife, Pernambuco, Brasil, no estaban contaminadas con elementos asociados con el tráfico vehicular (França *et al.*, 2017), en un estudio realizado en la ciudad de México, se compararon dos sitios denominados central de abasto a cultivo abierto y en el centro comercial donde el cultivo se ubicó con protección, las hortalizas se monitorearon para comparar la cantidad de Pb, resultando con mayor concentración las de la central de abasto, mientras que los valores del centro comercial fueron más bajos (Delgadillo *et al.*, 2015).

4. Conclusiones

Los valores promedio de concentración de plomo en el follaje de las lechugas producidas a cielo abierto es mayor que las producidas bajo invernadero, estos valores están por debajo de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las características del sustrato suelo, como el pH, el alto contenido de materia orgánica, la concentración del metal plomo, el exceso de Calcio y Fósforo, no permiten una fácil movilidad del Pb en el suelo, por lo que difícilmente las hortalizas absorbieron plomo de este, con lo que se podría considerar que las lechugas no están contaminadas con plomo asociado a vehículos y combustibles.

Referencias bibliográficas

Amato-Lourenco, L.F.; Moreira, T.C.L.; Souza, V.C. de O.; Barbosa, F.; Saiki, M.; Saldiva, P.H.N.; Mauad, T. 2016. The influence of

- atmospheric particles on the elemental content of vegetables in urban gardens of Sao Paulo, Brazil. *Environmental Pollution* 216: 125-134.
- Boskabady, M.; Marefati, N.; Farkhondeh, T.; Shakeri, F.; Farshbaf, A. 2018. The effect of environmental lead exposure on human health and the contribution of inflammatory mechanisms, a review. *Environment International* 120: 404-420.
- Cachada, A.; Rocha-Santos, T.; Duarte, A.C. 2018. *Soil and Pollution: An Introduction to the Main Issues*. Elsevier Inc. 1-28 p.
- Clarke, L.W.; Jenerette, G.D.; Bain, D.J. 2015. Urban legacies and soil management affect the concentration and speciation of trace metals in Los Angeles community garden soils. *Environmental Pollution* 197: 1-12.
- Corzo, I.; Velásquez, M. 2014. El plomo y sus efectos en la salud. *Acta Médica del Centro* 8(3): 141-148
- Delgadillo, R.; Rodríguez, L.; Torres, A.; Gómez, B. 2015. Determinación de plomo con AA en hortalizas col y acelga comparando muestras adquiridas en la central de abasto de la ciudad de México y un centro comercial Chedraui. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
- Du, Y.; Gao, B.; Zhou, H.; Ju, X.; Hao, H.; Yin, S. 2013. Health risk assessment of heavy metals in road dusts in urban parks of Beijing, China. *Procedia Environmental Sciences* 18: 299-309.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; OMS, Organización Mundial de la Salud. 2018. Norma General para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos. 75.
- França, F.C.S.S.; Albuerque, A.M.A.; Almeida, A.C.; Silveira, P.B.; Filho, C.A.; Hazin, C.A.; Honorato, E.V. 2017. Heavy metals deposited in the culture of lettuce (*Lactuca sativa* L) by the influence of vehicular traffic in Pernambuco, Brazil. *Food Chemistry* 215: 171-176.
- Galán, E.; Romero, A. 2008. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía* 10: 48-60.
- García, C.; Moreno, J.L. 2002. Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y Medio Ambiente*. Universidad Estatal de Guatemala, Guatemala.
- Kushwaha, A.; Hans, N.; Kumar, S.; Rani, R. 2018. A critical review on speciation, mobilization and toxicity of lead in soil-microbe-plant system and bioremediation strategies. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 147: 1035-1045.
- Laidlaw, M.A.; Alankarage, D.H.; Reichman, S.M.; Taylor, M.P.; Ball, A.S. 2018. Assessment of soil metal concentrations in residential and community vegetable gardens in Melbourne, Australia. *Chemosphere* 199:303-311.
- Markus, J.; McBratney, A.B. 2001. A review of the contamination of soil with lead II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead. *Environment International* 27(5): 399-411.
- Matusik, J.; Bajda, T.; Manecki, M. 2008. Immobilization of aqueous cadmium by addition of phosphates. *Journal of Hazardous Materials* 152(3): 1332-1339.
- MERCOSUR. 2012. Reglamento Técnico MERCOSUR Sobre Límite Máximo de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos. 2012: 18.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema de Información Pública Agropecuaria. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php>
- MINAM - Ministerio del Ambiente. 2015. *Reforma El Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Quito. p. 1-184.
- Mitchell, R.G.; Spliethoff, H.M.; Ribaud, L.N.; Lopp, D.M.; Shayler, H.A.; Marquez-Bravo, L.G.; Lambert, V.T.; Ferenz, G.S.; Russell-Anelli, J.M.; Stone, E.B.; McBride, M.B. 2014. Lead (Pb) and other metals in New York City community garden soils: Factors influencing contaminant distributions. *Environmental Pollution* 187:162-169.
- Olivares, S.; García, D.; Lima, L.; Saborit, I.; Llizo, A.; Pérez, P. 2013. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de La Habana, Cuba. *Revista internacional de contaminación ambiental* 29(4): 285-294.
- Pariante, S.; Helena, Z.; Eyal, S.; Anatoly, F.G.; Michal, Z. 2019. Road side effect on lead content in sandy soil. *Catena* 174: 301-307.
- Romero-Freire, A.; Martin, F.J.; van Gestel, C.A. 2015. Effect of soil properties on the toxicity of Pb: Assessment of the appropriateness of guideline values. *Journal of Hazardous Materials* 289: 46-53.
- Sarria, M. 2013. Evaluación del comportamiento de arsénico, cobre, plomo y zinc en suelos afectados por el vertido de la mina de Aznalcóllar (Sevilla, España). Universidad Nacional de Colombia Facultad. 157 pp.
- Säumel, I.; Kotsyuk, I.; Hölscher, M.; Lenkerei, C.; Weber, F.; Kowarik, I. 2012. How healthy is urban horticulture in high traffic areas? Trace metal concentrations in vegetable crops from plantings within inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Environmental Pollution* 165: 124-132.
- Unión Europea. 2017. *Contenido Máximo en Metales Pesados en Productos Alimentarios*. 2017.
- Von Hoffen, L.P.; Säumel, I. 2014. Orchards for edible cities: Cadmium and lead content in nuts, berries, pome and stone fruits harvested within the inner city neighbourhoods in Berlin, Germany. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 101:233-239.
- Yan, K.; Dong, Z.; Wijayawardena, M.A.A.; Liu, Y.; Li, Y.; Naidu, R. 2019. The source of lead determines the relationship between soil properties and lead bioaccessibility. *Environmental Pollution* 246: 53-59.
- Yan, K.; Dong, Z.; Wijayawardena, M.A.A.; Liu, Y.; Naidu, R. 2017. Measurement of soil lead bioavailability and influence of soil types and properties: a review. *Chemosphere* 184: 27-42.