



Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

BIOLOGICAL ABSORPTION COEFFICIENT IN *ZEA MAYS* DUE TO LEAD EXPOSURE AT THE QUITASOL SOLID WASTE LANDFILL, ABANCAY-APURÍMAC, PERU

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN BIOLÓGICO EN *ZEA MAYS* POR EXPOSICIÓN A PLOMO DEL BOTADERO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE QUITASOL, ABANCAY-APURÍMAC, PERU

Juan Alarcón-Camacho^{1,2}; Braulio Pérez-Campana^{1,2} & George Argota-Pérez³

¹ Programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.

² Escuela Profesional de Agronomía. Facultad de Ingeniería. Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA). Abancay-Apurímac, Perú.

³ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Perú.

*Corresponding author: jalrconcamacho@yahoo.com

Juan Alarcón-Camacho: <https://orcid.org/0000-0002-4911-7440>

Braulio Pérez-Campana: <https://orcid.org/0000-0003-3640-1175>

George Argota-Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-2560-6749>

ABSTRACT

The absorption of heavy metals by growing plants is an environmental problem for human consumption. The aim of the study was to describe the biological absorption coefficient in *Zea mays* due to lead exposure in the Quitasol solid waste dump in Abancay, Apurímac, Peru. Three sampling points (PM1, PM2, and PM3) of the agricultural soil where the biological absorption coefficient (BAC) was determined were selected through a random probability sampling, through the relationship between the concentration of assimilable lead in the root and the concentration of assimilable lead in the soil. The BCA ranged from 0.06 to 0.91 where there were statistically significant differences between sampling points 1 and 3 compared with 2. It was observed that the CAB concentrations were higher than the value 0, which indicates that the plant is absorbing lead and could produce phytotoxicity effects in *Z. mays*, as well as bioaccumulation. It is concluded that the biological absorption coefficient in *Z. mays* shows that the soil is contaminated and, given the environmental conditions, the sowing and consumption of this crop is not adequate, as it would have effects on human health.

Keywords: environmental impact – leaching – heavy metals – productivity – solid waste

RESUMEN

La absorción de metales pesados por el cultivo de plantas es un problema ambiental para el consumo humano. El objetivo del estudio fue describir el coeficiente de absorción biológico en *Zea mays* por exposición a plomo del botadero de residuos sólidos de Quitasol en Abancay, Apurímac. Se seleccionó mediante un muestreo probabilístico aleatorio, tres puntos de muestreo (PM1, PM2, y PM3) del suelo agrícola donde se determinó, el coeficiente de absorción biológico (CAB), a través de la relación entre la concentración del plomo asimilable en la raíz y la concentración del plomo asimilable en el suelo. El CAB varió de 0,06 a 0,91 donde hubo diferencias estadísticamente significativas de los puntos de muestreo 1 y 3 comparados con 2. Se observó, que las concentraciones del CAB fueron superiores al valor 0, lo cual indica que la planta está absorbiendo el plomo y pudiera producirse efectos de fitotoxicidad en *Z. mays*, así como bioacumulación. Se concluye, que el coeficiente de absorción biológico en la *Z. mays*, muestra que el suelo está contaminado y ante las condiciones ambientales, no es adecuado la siembra y el consumo de este cultivo, pues tendría efectos a la salud humana.

Palabras clave: impacto ambiental – lixiviación – metales pesados – productividad – residuos sólidos

INTRODUCCIÓN

Los botaderos de residuos sólidos urbanos representan una de las opciones más rentables en países menos desarrollados, pero al mismo tiempo determinada preocupación ambiental ante la falta de voluntad administrativa, capacidad financiera, el manejo eficiente de los residuos sólidos que se disponen y la carencia de insumos científicos para el tratamiento ambiental de los residuos sólidos urbanos: RSU (Bernache, 2015; Silpa *et al.*, 2018; Tsai *et al.*, 2020).

Los botaderos de RSU son escenarios de descomposición de la materia orgánica, producción de gases tóxicos, compuestos orgánicos no polares y lixiviados que contienen metales pesados: MP (Kiss & Encarnación, 2006; Budi *et al.*, 2015; Robinson, 2017). La falta de tratamiento sobre los botaderos de RSU afectan las aguas superficiales y subterráneas, así como la productividad de los suelos agrícolas dada la alteración de la biomasa microbiana (Mendoza *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2016; Alam *et al.*, 2020; Singh *et al.*, 2020). Por ejemplo, en el caso de los metales pesados como el plomo (Pb), zinc (Zn) y el cromo (Cr) tienen efectos perjudiciales sobre la diversidad bacteriana del suelo (Desai *et al.*, 2009; Pan *et al.*, 2020), y el cadmio afecta la población de hongos (Lin *et al.*, 2019).

Al ser los botaderos de RSU sitios abandonados (Zhou *et al.*, 2016), por lo general los MP que están en los lixiviados superan valores críticos en el suelo lo cual, conlleva a la acumulación en las raíces (Ogundele *et al.*, 2019), la biomagnificación en la cadena de transferencia

durante la red trófica (Gao *et al.*, 2019; Dash *et al.*, 2020), y luego a procesos cancerígenos, como la afectación del sistema nervioso central gástrico y respiratorio (Khanam *et al.*, 2019).

La realización de pruebas científicas de toxicidad (citotoxicidad y genotoxicidad) en modelos de experimentación (Klauck *et al.*, 2017), de conjunto con especies de plantas que se desarrollan en ambientes naturales es una necesidad social para el tratamiento ambiental de suelos impactados por los botaderos de RSU (Varhen *et al.*, 2017; Ohlbaum *et al.*, 2018), y una de las pruebas que permite valorar el probable daño es el coeficiente de adsorción biológico (Argota *et al.*, 2014).

El objetivo del estudio fue describir el coeficiente de absorción biológico en *Zea mays* por exposición a Pb del botadero de residuos sólidos de Quitasol en Abancay, Apurímac, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el suelo agrícola y próximo al botadero de Quitasol, Provincia de Abancay, Departamento de Apurímac-Perú, a una altitud de 2159 msnm y coordenadas en UTM: E 72.55.40, N 84.13.39.00 / de acuerdo al datum WGS-84 (figura 1).



Figura 1. Imagen satelital / botadero de residuos sólidos de Quitasol, Abancay-Perú.

Se seleccionó mediante un muestreo probabilístico aleatorio, el suelo agrícola como matriz ambiental donde las muestras se obtuvieron, a través de un muestreador manual seleccionándose la capa arable a dos profundidades (0-10 cm y 15-30 cm), según el sistema radicular de las plantas. Después de identificar, tres puntos de exposición, se pesó 1 Kg de las muestras de cada suelo y se homogeneizó para el análisis de la concentración de Pb en el suelo y la raíz de *Z. mays*.

El procedimiento analítico del Pb fue el siguiente:

- Se pesó 5 g del suelo agrícola donde se le añadió 50 ml de HCl (1N), centrifugándose a 3000 rpm y luego, se filtró.
- La cuantificación se realizó mediante la técnica de espectrometría de plasma inductivamente acoplado con vista axial (ICP-AES) (Argota *et al.*, 2014).

La concentración del Pb en el suelo se comparó con el valor límite máximo permisible del Decreto Supremo No. 011-2017 MINAM. Estándares de Calidad para Suelo (DS-MINAM, 2017).

El análisis del coeficiente de absorción biológico (CAB) se determinó mediante la relación entre la concentración del Pb en la raíz y la concentración del Pb en el suelo (Argota *et al.*, 2014).

Se utilizó el programa estadístico profesional Statgraphics Centurion v.18 para el análisis del CAB. La prueba

de normalidad (distribución normal de Gauss) de las mediciones fue mediante la prueba de bondad de ajuste: distribución del estadístico de Kolmogorov-Smirnov. Se comparó la diferencia de significancia entre las fuentes de variación, según los valores promedios de la variable CAB. Los resultados se consideraron significativos a cuando $p < 0,05$.

Aspectos éticos: No existió la manipulación de los datos para cumplir con el objetivo del estudio, así como el parafraseo de la información científica se cumplió. Los resultados de las determinaciones corresponden al reporte de análisis por el Laboratorio Acreditado Envirotec S.A. (Lima), Perú.

RESULTADOS

Se muestra el coeficiente de absorción biológica en los puntos de muestreo donde hubo diferencias estadísticamente significativas ($F = 7311,00$; $p = 0,00$). Al hallarse que el CAB fue superior al valor de 0, entonces se indicó que la especie *Z. mays* absorbió el Pb desde el suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficiente de absorción biológica.

Punto de muestreo	Suelo	Raíz	CAB
1	11,26	0,74	0,07 ^a
2	163,7	1,49	0,91 ^b
3	12,8	0,83	0,06 ^a

Leyenda: las letras (a, b) indican la diferencia de significación.

DISCUSIÓN

Según, el resultado del estudio se observó, que los puntos de muestreo presentaron diferentes concentraciones de Pb donde su distribución no fue homogénea siendo la exposición de tipo aleatoria con lo cual, la composición y calidad del suelo es diferente. Durante un estudio sobre la contaminación de Pb en suelos agrícolas periurbanos se reportó una concentración promedio fue de 35,91 mg·Kg⁻¹ donde se mencionó, que cumplió con el valor de referencia (Hong *et al.*, 2019). En comparación con este estudio, dos de los datos hallados fueron inferiores al estudio mencionado.

Shi *et al.* (2018), señalan que variaciones de concentración de Pb en valores permisibles, entonces se debe generar informaciones inmediatas con sucesivos muestreos para que se controle una posible dispersión de la contaminación. En este estudio, el punto de muestreo 3, presentó umbrales de amplia contaminación en la capa arable de la superficie agrícola.

Roman *et al.* (2017), indican que los suelos agrícolas cuando están impactados, desaparecen ciertas bacterias y se potencia la entrada de los metales al sistema radicular. En este estudio, no se analizó la flora del suelo, pero los valores de CAB, podrían indicar ausencia de barreras biológicas que enlentecen la absorción de metales pesados.

Durante un estudio que se realizó en Magdalena (Colombia) sobre la presencia de Pb en suelos agrícolas, las concentraciones oscilaron entre 178,45 mg·Kg⁻¹ y 794,04 mg·Kg⁻¹ a 5,0 cm de profundidad donde se requirió presentar alternativas de plantas bioacumuladoras para la fitorremediación (Peláez *et al.*, 2016). Las concentraciones de Pb que se determinaron estuvieron por debajo, pero el CAB mostró que hubo adsorción del metal y el mismo pudo ser movilizados mediante diversos mecanismos biológicos y químicos. Quizás, la baja concentración en los puntos de muestreo 1 y 3 en comparación con el 2, obedeció a este criterio, aunque la probabilidad que las concentraciones sean diferenciables en el tiempo, pudo

sucedir. Por ejemplo, si la concentración del Pb en las hojas sobre la base de su peso seco es superior al 0,1% de la concentración del elemento en el suelo, entonces la planta bajo las condiciones del propio suelo está absorbiendo y acumulando de manera acelerada el metal (Robinson *et al.*, 2003; Bernal *et al.*, 2007). Sin embargo, diversos autores expresan que la hiperacumulación que se presenta puede variar, según las especies de plantas (Kidd *et al.*, 2007; Boyd *et al.*, 2008), aunque en este estudio no se determinó el coeficiente de fitorremediación.

Los suelos agrícolas cuando están impactados, entonces desaparecen ciertas bacterias y se potencia la entrada de los MP al sistema radicular. En este estudio, los valores de CAB pudieron indicar ausencia de barreras biológicas que enlentecen la absorción de los MP. Por lo general, el impacto ambiental de los suelos agrícolas próximos a los botaderos de RSU se generan por la exposición a los lixiviados donde un estudio en condiciones experimentales mostró, efectos adversos en la fisiología del crecimiento, rendimiento y clastogenicidad potencial de las células de la punta de la raíz de manera que, la fitotoxicidad de los lixiviados, es un alto riesgo en la producción agrícola (Guangke *et al.*, 2016).

La limitación principal del estudio fue, no determinar la materia orgánica y el pH, así como el uso de un modelo biológico de experimentación terrestre para relacionar, el efecto de toxicidad.

Se concluye, que el coeficiente de absorción biológica en la *Z. mays* indicó que el suelo está contaminado y ante las condiciones ambientales, no es adecuado la siembra y el consumo de este cultivo, pues tendría efectos a la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alam, P.; Sharholy, M. & Ahmad, K. 2020. *A study on the landfill leachate and its impact on groundwater quality of Ghazipur area, New Delhi, India.*

- In: *Recent Developments in Waste Management*. Springer, 57: 345-358.
- Argota, P.G.; Encinas, C.M.; Argota, C.H. & Iannacone, J. 2014. Coeficientes biológicos de fitorremediación de suelos expuestos a plomo y cadmio utilizando *Alopecurus bracteatus* y *Muhlenbergia angustata* (Poacea). *Ananea-Puno, Perú. The Biologist (Lima)*, 12: 99-108.
- Bernache, P.G. 2015. La gestión de los residuos sólidos: un reto para los gobiernos locales, *Sociedad y ambiente, México. El Colegio de la Frontera Sur*, 1: 72-101.
- Bernal, P.; Clemente, R.; Vazquez, S. & Walker, J. 2007. Aplicación de la fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Asnalcóllar. *Ecosistemas*, 16: 1-14.
- Boyd, R.S.; Davis, M.A. & Balkwill, K. 2008. Elemental patterns in Ni hyperaccumulating and non-hyperaccumulating ultramafic soil populations of *Senecio coronatus*. *South African Journal of Botany*, 74: 158-162.
- Budi, S.; Asih, B.S.; Shuhaimi, O.M.; Yook, H.L. & Surif, S.L. 2015. Toxicity identification evaluation of landfill leachate using fish, prawn and seed plant. *Waste Management*, 55: 231-237.
- Dash, S.; Borah, S.S. & Kalamdhad, A. 2020. Application of positive matrix factorization receptor model and elemental analysis for the assessment of sediment contamination and their source apportionment of Deepor Beel, Assam, India. *Ecological Indicator*, 114: 1-11.
- Decreto Supremo No. 011-2017. 2017. MINAM. *Estándares de Calidad para Suelo*. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/DS_011-2017-MINAM.pdf
- Desai, C.; Parikh, R.Y.; Vaishnav, T.; Shouche, Y.S. & Madamwar, D. 2009. Tracking the influence of long-term chromium pollution on soil bacterial community structures by comparative analyses of 16S rRNA gene phylotypes. *Research Microbiology*, 160: 1-9.
- Gao, M.; Lin, Y.; Shi, G.Z.; Li, H.H.; Yang, Z.B.; Xu, X.X.; Xian, J.R.; Yang, Y.X. & Cheng, Z. 2019. Bioaccumulation and health risk assessments of trace elements in housefly (*Musca domestica* L.) larvae fed with food wastes. *Science of the Total Environment*, 682: 485-493.
- Guangke, L.; Junyan, C.; Wei Y. & Nan, S. 2016. A comparison of the toxicity of landfill leachate exposure at the seed soaking and germination stages on *Zea mays* L. (maize). *Journal of Environmental Science*, 55: 206-2017.
- Hong, Y.; Shen, R.; Cheng, H.; Chen, Y.; Zhang, Y.; Liu, Y.; Zhou, M.; Yu, L., Liu, Y. & Liu, Y. 2019. Estimating lead and zinc concentrations in periurban agricultural soils through reflectance spectroscopy: Effects of fractional-order derivative and random forest. *Science of The Total Environment*, 651: 1969-1982.
- Khanam, R.; Kumar, A.; Nayak, A.; Shahid, M.; Tripathi, R.; Vijayakumar, S.; Bhaduri, D.; Kumar, U.; Mohanty, S.; Panneerselvam, P. & Chatterjee, D. 2019. Metal(loid)s (As, Hg, Se, Pb and Cd) in paddy soil: bioavailability and potential risk to human health. *Science of the Total Environment*, 699: 1-19.
- Kidd, C.; Becerra, C.; García, M. & Monterroso, C. 2007. Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural: el género *Alyssum* L. *Ecosistemas*, 16: 26-43.
- Kiss, K.G. & Encarnación, A.G. 2006. Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. *Gaceta Ecológica*, 79: 39-51.
- Klauck, C.R.; Giacobbo, A.; Altenhofen, C.G.; Basso, S.L.; Meneguzzi, A.; Moura, B.A. & Siqueira, R. M.A. 2017. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. *Environmental Technology & Innovation*, 8: 246-255.
- Lin, Y.; Ye, Y.; Hu, Y. & Shi, H. 2019. The variation in microbial community structure under different heavy metal contamination levels in paddy soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180: 557-564.
- Mendoza, C.F.J.; Altabella, J.E.; García, D.F.; Herrera, P.L. & Robles, M.F. 2013. Influencia de la ubicación de los rellenos sanitarios en el impacto ambiental. Caso de España. *Ingeniería*, 17: 141-151.
- Ogundele, L.T.; Adejoro, I.A. & Ayeku, P.O. 2019. Health risk assessment of heavy metals in soil samples from an abandoned industrial waste dumpsite in Ibadan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191: 1-10.

- Ohlbaum, M.; Wadgaonkar, S.L.; van Bruggen, J.J.; Nancharaiyah, Y.V. & Lens, P.N. 2018. Phytoremediation of seleniferous soil leachate using the aquatic plants *Lemna minor* and *Egeria densa*. *Ecological. Engineering*, 120: 321-328.
- Pan, X.; Zhang, S.; Zhong, Q.; Gong, G.; Wang, G.; Guo, X. & Xu, X. 2020. Effects of soil chemical properties and fractions of Pb, Cd, and Zn on bacterial and fungal communities. *Science of the Total Environment*, 715: 1-10.
- Peláez, P.M.; Bustamanete, J. & Gómez, E. 2016. Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena medio colombiano. *Revista Luna Azul*, 43: 82-101.
- Robinson, B.H.; Lombi, E.; Zhao, F.J. & McGrath, S.P. 2003. Uptake and distribution of nickel and other metals in the hyperaccumulator *Berkheya coddii*. *New Phytologist*, 158: 279-285.
- Robinson, T. 2017. Removal of toxic metals during biological treatment of landfill leachates. *Waste Management*, 63: 299-309.
- Roman, P.B., Reza, V.D.M., Gutiérrez, P.S., De Haro, C.M.J., Maldonado, H.J., Bahena, O.Y. & Estrada, D.P. 2017. Plant growth-promoting traits in rhizobacteria of heavy metal resistant plants and their effects on *Brassica nigra* Seed germination. *Pedosphere*, 27: 511-526.
- Shi, T.; Long, G.; Yiyun, C.; Weixi, W.; Zhou, S.; Qingquan, L. & Guofeng, W. 2018. Proximal and remote sensing techniques for mapping of soil contamination with heavy metals. *Applied Spectroscopy Reviews*, 53: 1-23.
- Silpa, K.; Lisa, C.Y.; Perinaz, B.T. & Frank, V.W. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development, Washington DC, USA. <http://hdl.handle.net/10986/30317>
- Singh, P.; Purakayastha, T.J.; Mitra, S.; Bhowmik, A. & Tsang, D.C. 2020. River water irrigation with heavy metal load influences soil biological activities and risk factors. *Journal of Environmental Management*, 270: 1-11.
- Tsai, F.M.; Bui, T.D.; Tseng, M.L. & Wu, K.J. 2020. A causal municipal solid waste management model for sustainable cities in Vietnam under uncertainty: a comparison. *Resources, Conservation and Recycling*, 154: 1-13.
- Varhen, C.; Carrillo, S. & Ruiz, G. 2017. Experimental investigation of *Peruvian scallop* used as fine aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 136: 533-540.
- Zhang, C.; Nie, S.; Liang, J.; Zeng, G.; Wu, H.; Hua, S.; Liu, J.; Yuan, Y.; Xiao, H.; Deng, L. & Xiang, H. 2016. Effects of heavy metals and soil physicochemical properties on wetland soil microbial biomass and bacterial community structure. *Science of the Total Environment*, 557: 785-790.
- Zhou, J.; Feng, K.; Pei, Z.; Meng, F. & Sun, J. 2016. Multivariate analysis combined with GIS to source identification of heavy metals in soils around an abandoned industrial area, Eastern China. *Ecotoxicology*, 25: 380-388.

Received 1 September 2022.

Accepted 25 October 2022.