

Determinación de contaminación de cadmio (Cd) en suelos de plantas de eucalipto y muña en la region Junín

Determination of cadmium (Cd) contamination in soils of plants of eucalypto y muña in the Junín region

Walter Javier Cuadrado Campo¹  Carmela Vicuña Orihuela¹ 
Lizet Stefany Vidal Navarro¹  Leslye Anjy Chavez Santivañez¹ 

¹ Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Junín, Perú

Autor Corresponsal: wcuadrado@unaat.edu.pe

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de cadmio en los suelos de plantas de eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.) y muña (*Minthostachys mollis*), en Chupuro y Pucara de Huancayo, Junín, Perú. Debido a su gran producción de estas plantas de mayor consumo y su toxicidad que presenta el cadmio.

Se recolectó y analizó los suelos de plantas aromáticas del eucalipto y muña. Se recolectaron un total de 12 muestras de suelo superficial. El análisis de cadmio (Cd) se realizó mediante un tratamiento destructivo de muestra. Utilizando para la lectura un espectrómetro ICP - MS - NEXION® 1000.

Los análisis estadísticos se realizaron a través de tablas estadísticas, mostrando las medias y desviaciones estándar de cada muestra. Donde el sector del suelo de muña de Chupuro presentó mayores concentraciones de 0.937 ± 0.34 mg/kg de cadmio en comparación del suelo de muña de pucara 0.23 ± 0.073 mg/kg. Respecto al suelo de eucalipto de Chupuro presentó mayores concentraciones de 0.52 ± 0.23 mg/kg de cadmio en comparación del suelo de eucalipto de pucara 0.26 ± 0.13 mg/kg, concluyendo que el suelo de Chupuro presenta mayores concentraciones de cadmio. Es importante conocer la presencia del cadmio, debido a que amenaza la seguridad alimentaria y la salud humana.

Palabras clave: Cadmio; plantas medicinales; concentraciones de contenidos de cadmio; eucalipto, muña.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the cadmium concentration in the soil of plants of eucalyptus (*Eucalyptus globulus* L.) and muña (*Minthostachys mollis*), in Chupuro and Pucara de Huancayo, Junín, Peru. Due to the large production of these plants of high consumption and its toxicity that presents cadmium.

The soils of aromatic plants of eucalyptus and muña were collected and analyzed. A total of 12 surface soil samples were collected. The analysis of cadmium (Cd) was performed by destructive sample treatment. An ICP - MS - NEXION® 1000 spectrometer was used for the reading.

Statistical analyses were performed through statistical tables, showing the means and standard deviations of each sample. The Chupuro muña soil sector presented higher concentrations of 0.937 ± 0.34 mg/kg of cadmium compared to the pucara muña soil 0.23 ± 0.073 mg/kg. The eucalyptus soil of Chupuro presented higher concentrations of 0.52 ± 0.23 mg/kg of cadmium compared to the eucalyptus soil of pucara 0.26 ± 0.13 mg/kg, concluding that the soil of Chupuro presents higher concentrations of cadmium. It is important to know the presence of cadmium because it threatens food safety and human health.

Key words: Cadmium; medicinal plants; cadmium content concentrations; eucalyptus; muña.

INTRODUCCIÓN

La contaminación generalizada del suelo pone en peligro la salud pública y debilita los intentos globales de alcanzar los objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Sun et al, 2023). La contaminación por metales pesados en los suelos se ha convertido en un problema Ambiental mundial, debido a que amenaza la seguridad alimentaria y la salud humana (Adimalla,2020; Zhu et al., 2022). El suelo juega un papel importante en los ciclos materiales del ecosistema Terrestre (Chen et al, 2022). El plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el mercurio (Hg) son metales nefrotóxicos y una gran parte de la carga corporal de Cd y Hg se encuentra en los riñones (Elinder y Barregard , 2022). La contaminación del suelo proviene principalmente de los desechos industriales y urbanos, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas y la contaminación del aire (Ahmed et al., 2019); así como, la erosión del suelo, la litogénesis, la meteorización y los procesos geológicos (Yañez et al., 2019). La absorción de metales pesados del suelo por las plantas depende de las propiedades fisicoquímicas y la solubilidad del elemento metálico, el pH del suelo, el potencial redox , el tipo de suelo y las especies de plantas (Ali y Al-Qahtani, 2012 , Khan et al., 2019). Los metales pesados no son degradables, no se metabolizan, pueden acumularse y persistir durante años (Bortey-Sam et al., 2015 , Gruszecka-Kosowska, 2019 , Pehoiu et al., 2020), aumentando su persistencia en el suelo.

Hay muchos alimentos que son consumidos por su alto valor nutricional, condimento y para evitar enfermedades, y una de ellas es la muña (*Minthostachys mollis*), planta arbustiva leñosa, oriunda de los metales de los andes de Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, Argentina y Venezuela, el cual nos trae muchos beneficios y actúan como antiséptico, analgésico, expectorante, antiinflamatorio, antiespasmódicos y anti-asmático constituyendo como bebida un porcentaje de hoja de muña en 1%, 2%, 3%, en la cual se obtuvo nueve formulaciones para cada tratamiento intestinal. (Danilo & Martínez, 2019).

Negocios basados en la extracción y comercialización de aceites esenciales por los beneficios del eucalipto para la salud, para problemas respiratorios, y teniendo como base estas ideas es una buena alternativa hacer uso de los aceites de esta especie, para poder aprovecharlos a nivel local e internacional (Cevallos D, 2019).

METODOLOGIA

Descripción del área de estudio

El área de estudio se ubica en la región central del Perú, entre los 75°14' 45" de longitud oeste y los 15° 58' 47" de latitud sur, entre los 3175 y 3362 m de altitud. Esta zona es el principal abastecedor de hierbas aromáticas para consumo de la población de la región, se encuentra en la cuenca del río Mantaro. El clima es semifrío y húmedo con temperaturas que oscilan entre los 7 y los 12°Celsius. Las áreas de muestreo se establecieron en los cultivos de hierbas aromáticas. Se estableció en el distrito de Pucara y en el distrito de Chupuro, ambos de la provincia de Huancayo. Estos dos distritos tienen una larga historia de producción de hierbas aromáticas (ver figura 1).

Figura 1

Muña y eucalipto



Muña (*Menthastachys mollis*)



Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*)

Muestreo y pretratamiento de muestras

El muestreo se realizó en áreas de plantaciones de eucalipto y muña. Se recolectaron un total de 12 muestras de suelo superficial de hierbas de las 2 plantaciones. En cada sector se muestrearon 3 parcelas y en cada una de ellas se recolectaron 2 submuestras de suelo de las plantas de 15 cm de profundidad con un muestreador. Las submuestras de suelo se mezclaron para obtener tres muestras compuestas por cada parcela según el método estándar del Ministerio del Medio Ambiente. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico de polietileno, se etiquetaron y luego se trasladaron al laboratorio. Las muestras de suelo se secaron al aire a temperatura ambiente, se desagregaron y se tamizaron a través de un tamiz de malla de acero inoxidable de 2 mm para eliminar piedras y restos vegetales. El suelo tamizado se colocó en un horno eléctrico Binder (modelo FD-115) a 80 °C durante 48 h. Las muestras completamente secas se molieron en un molino de mortero Fritsch Pulverisette 2 (con cámara de óxido de circonio y malla de 0,074 mm). Las muestras se almacenaron en bolsas de polietileno para su posterior análisis (APHA, 2012).

Digestión y procedimientos analíticos.

El análisis de cadmio (Cd) se realizó mediante un tratamiento destructivo de muestra. Se transfirieron 500 mg de muestra a un recipiente que contenía 5 ml de ácido nítrico concentrado. El recipiente sellado se calentó en un horno de microondas Milestone, Start d, durante 10 min a 180 °C. Se dejó enfriar y se añadió agua destilada hasta el nivel de 50 ml del recipiente. Luego, se filtró y se realizó la lectura en un espectrómetro ICP - MS - NEXION® 1000. El método analítico está validado por INACAL de Perú (Instituto Nacional de la Calidad).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron a través de tablas estadísticas mostrando los contenidos de cadmio en cada suelo de hierba aromática, mostrando las desviaciones estándar de cada muestra de cada uno de los lugares de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido y distribución de metales pesados en suelos de hierbas aromáticas

Tabla 1

Concentración de cadmio en las muestras de suelo de plantaciones de eucalipto y muña en el sector de Pucara y muestras de suelo de eucalipto y muña en el sector de Chupuro.

Muestras	Unidad	Concentración de Cadmio
		Mean ± SD
Suelo de eucalipto - Pucara	mg/kg	0.26 ± 0.13
Suelo de eucalipto - Chupuro	mg/kg	0.52 ± 0.23
Suelo de muña - Pucara	mg/kg	0.23±0.073
Suelo de muña - Chupuro	mg/kg	0.937±0.34

En la tabla 1 se muestra las medias y las desviaciones estándar de concentraciones de cadmio de los suelos de las plantas estudiadas en eucalipto *globulus L.* y *Minthostachys mollis* en pucara y chupuro. El cual presentan mayores concentraciones en Chupuro.

La “muña” nombre vulgar en Perú, usada para la conservación de papa y como planta medicinal, como actividad farmacológica a partir de sus extractos crudos, aceites esenciales y compuestos, (Otoya, 2020). También es utilizada por la etnofarmacología como en infusiones, frotaciones, aromaterapia, emplastos y macerados; es usado como componente único o en mezclas con otras plantas. Pero la muña no presenta el mismo compuesto metabólico puede variar según los factores abióticos (altitud y la estación) de acuerdo en que lugares se encuentren y la interacción con insectos. (Otoya, 2020), Existen otros trabajos de efecto antiinflamatorio a base de muña (*Minthostachys mollis*) que menciona contiene metabolitos y midió el efecto antiinflamatorio de un gel elaborado en base a el extracto de hojas secas de la muña. (Medrano & Anthony, 2018), otro estudio de aceite de hojas (muña) menciona que la *Minthostachys mollis* muestra alguna actividad antibacteriana a la bacteria *Escherichia coli*, responsable de la gastritis. (Figuerola & Yudith, 2019).

El eucalipto con plantaciones en las Regiones de Junín, Cusco y Cajamarca y otras zonas andinas del Perú, usado fundamentalmente para problemas respiratorios, es una gran alternativa al usar aceites de esta especie, a fin de poder aprovecharlos a nivel local e internacional. (Cevallos, 2019), los negocios basados en la extracción de aceites esenciales del eucalipto, potencialmente para poder comercializar los beneficios del eucalipto para la salud (Cevallos, 2019).

El efecto antimicrobiano del aceite de eucalipto y muña frente a *Staphylococcus au-*

reus y Coliformes fecales consiguió establecer inhibidores, siendo mayor en el aceite que el aceite de muña, ya que cada especie cuentan con sus respectivos principios activos de alcoholes, cetonas y óxidos terpenicos que impiden el crecimiento microbiano entre otros. (Laura Ticona, 2019)eucalipto.

Los metales pesados están presentes de forma natural en los suelos, en los últimos años las actividades industriales y el depósito de residuos tóxicos de todo tipo contribuyeron a su acumulación en los suelos casi siempre causada por la actividad industrial y minera, y casos más graves de forma accidental (Ej. Minas de Aznalcóllar). Metales como el Pb, Hg, Cd, As, Se y Cr son muy dañinos para la salud humana y de la mayoría de organismos vivos. Elementos no degradables, se hace muy difícil su control cuando se filtran en aguas subterráneas, y entran en la cadena alimenticia, a través del agua de bebida o a través de los cultivos en suelos agrícolas contaminados, siendo un riesgo potencial para la salud (McGrath et al., 1993 y 2006), La industria y la minería con la alta concentración de metales pesados en el suelo lo cual debe eliminarse para la seguridad ambiental porque son fuentes principales de metales pesados que contaminan el suelo, comunicades cercanas a Johannesburgo en Gauteng, Sudáfrica presentó denuncias ante los tribunales sobre la toxicidad de agua subterránea potable que fue contaminada por el agua pesada metales de industrias (Ndaba, 2002).

Las plantas absorben metales del suelo en distintos grados, lo cual depende de las especies y la presencia de metales en su entorno (Baker, 1981; Barceló et al., 2003). Algunas plantas tienen resistencia a los metales, restringiendo su transporte a la parte aérea. Otras prefieren acumular el metal en la parte aérea en una forma no tóxica para la planta. Existen especies de plantas sensibles y tolerantes a metales, la acumulación es propia de especies que crecen en suelos contaminados de acuerdo a la estrategia de acumulación de Baker (1981). En la tabla 1 se muestra la presencia de cadmio en los suelos de muña y eucalipto de Chupuro y Pucara. Los efectos tóxicos del cadmio, han llevado al Comité Mixto FAO-OMS sobre Aditivos Alimentarios, al establecimiento de límites permisibles al aporte diario del metal al organismo, cifrándolo por debajo de 1 mg/Kg de peso corporal, Este límite se refiere a la totalidad del cadmio introducido en el organismo, ya sea por inhalación o mediante el agua y los alimentos. También indican para otros metales pesados. No se ha recomendado hasta el momento, por parte de la FAO-OMS ningún límite de tolerancia en los alimentos (WHO, 2002). El cadmio causa una enfermedad Itai-itai que muestra síntomas como endurecimiento de esqueleto, anemia, insuficiencia renal y finalmente la muerte (Singh et al., 2014).

CONCLUSIONES

El análisis de la concentración media de cadmio en el suelo de las plantas aromáticas *Eucalyptus globulus L.* y *Minthostachys mollis* en Chupuro y Pucara mostro la presencia de cadmio por lo que los análisis estadísticos se realizaron a través de tablas estadísticas, mostrando las medias y desviaciones estándar de cada muestra. Donde el sector del suelo de muña de Chupuro presentó mayores concentraciones de 0.937 ± 0.34 mg/kg de cadmio en comparación del suelo de muña de pucara 0.23 ± 0.073 mg/kg. Respecto al suelo de eucalipto de Chupuro presentó mayores concentraciones de 0.52 ± 0.23 mg/kg de cadmio en comparación del suelo de eucalipto de pucara 0.26 ± 0.13 mg/kg, concluyendo que el suelo de Chupuro presenta mayores concentraciones de cadmio. Es importante conocer la presencia del cadmio, debido a que amenaza la seguridad alimentaria y la salud humana.

Se recomienda realizar otros estudios en otros lugares de muestreo y comparar con otras áreas de muestreo y determinar concentraciones de metales pesados de suelos

de plantas medicinales especialmente el plomo como en esta investigación que se halló la presencia de cadmio, el cual conlleva hacer otras investigaciones con respecto a la concentración de contaminantes en las hojas y tallos de las plantas aromáticas.

REFERENCIAS

Adimalla N. (2020) heavy metals pollution assessment and its associated human health risk evaluation of urban soils from indian cities: a review. *environ geochem health*, v. 42, n. 1, p. 173-190,. <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00324-4>

Ahmed, M.; Matsumoto, M., Ozaki, a.; van thinh, n. heavy metal contamination of irrigation water, soil, and vegetables and the difference between dry and wet seasons near a multi-industry zone, *water*, v. 11, n. 3, p. 583, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11030583>

Ali, M.H.H.; Al-Qahtani, K.M. (2012) assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in saudi arabian markets. *egyptian journal of aquatic research*. v. 38 pp. 31-37. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2012.08.002>

APHA; AWWA; WEF. (2012) Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th ed. Washington DC, p 1360. <https://www.standardmethods.org/>

Baker, A.J.M. (1981). Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutrition* 3:643-654.

Barceló, J. y Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science* 2(3): 333-344. Institut d'Estudis Catalans, Barcelona.

Bortey-Sam, N.; Nakayama, S.M.M.; Akoto, O.; Ikenaka, y.; Fobil, J. N.; Baidoo, E. ; Mizukawa, H.; Ishizuka, M.(2015) accumulation of heavy metals and metalloids in foodstuffs from agricultural soils around tarkwa area in ghana, and associated human health risks. *international journal of environmental research and public health*, v. 12, n. 8, pp. 8811-8827, 2015. <https://doi.org/10.3390/ijerph120808811>

Cevallos, D. (2019). Evaluación financiera de la implementación de una nueva unidad de negocio basada en la extracción y comercialización de aceites esenciales de eucalipto para la Empresa Tambo de Urinchillo Cia. Ltda. <http://repositorio.puce.edu.ec:80/xmlui/handle/22000/16713>

Chen, L.; Lai, J.; Tan, K.; Wang, X.; Chen, Y.; Ding, J. (2022) development of a soil heavy metal estimation method based on a spectral index: combining fractional-order derivative pretreatment and the absorption mechanism. *sci. total environ*. v. 813, 151882. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151882>

Danilo, j., & Martínez, O. (2019). utilización de garbanzo (*cicer arietinum* L.) y muña (*minthostachys mollis*) para la elaboración de una bebida funcional. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6092>

Elinder, C.G. ; Barregard, L. Chapter 22 - renal effects of exposure to metals, handbook on the toxicology of metals, academic press, fifth edition, p. 485-506, 2022. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823292-7.00013-9>

Figueroa, I., & Yudith, M. (2019). Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de hojas de *Minthostachys mollis* (muña) frente a *Escherichia coli* comparado con norfloxacino. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. <http://repositorio.uladec.edu.pe/handle/123456789/11314>

Khan, A.; Khan, S.; Khan, M.A. ; Aamir, M.; Ullah J.; Nawab, J. ; Rehman, I.U. ; Shah, J. (2019) heavy metals effects on plant growth and dietary intake of trace metals in vegetables cultivated in contaminated soil. international journal of environmental science and technology, v. 16, pp. 2295-2304. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1849-x>

Laura Ticona, J. (2019). Evaluación de la actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus labill*); muña (*Minthostachys mollis*) frente a *Staphylococcus aureus* y Coliformes fecales. Universidad Peruana Unión. <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1711>

McGrath, SP., Sidoli, C.M.D., Baker, A.J.M. y Reeves, R.D. (1993). The potential for the use of metal-accumulating plants for Ecosistemas 16 (2). Mayo 2007. 8 the in situ decontamination of metal-polluted soils. En: Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for proper Protection.

Medrano, E., & Anthony, D. (2018). Efecto antiinflamatorio de un gel elaborado a base de extracto seco de hojas de *Minthostachys mollis* (muña) en *Rattus rattus*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/12>

Ndaba B (2002) Judge bows out of Iscor pollution case. The Star newspaper (South Africa), 4 October 2003, p 2 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629915301459>

Otoya, V. L. (2020). Consideraciones para el uso y estudio de la “muña” peruana *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb y *Minthostachys setosa* (Briq.) Epling. Ethnobotany Research and Applications, 19(0), 1-9 <https://doi.org/10.32859/era.19.29.1-9>

Singh, K.P., S. Bhattacharya and P. Sharma. (2014). Assessment of heavy metal contents of some Indian medicinal plants.

Sun, Y.; Chen, S.; Dai, X.; Li, D.; Jiang, H.; Jia, K. (2023) coupled retrieval of heavy metal nickel concentration in agricultural soil from spaceborne hyperspectral imagery, journal of hazardous materials, v. 446, p. 130722. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.130722>.

Yañez, L.M.; Alfaro, J.J.A.; Carreras, N.M.E.A. ; Mitre, G.B. (2019) arsenic accumulation in lettuce (*Lactuca sativa* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.) crops and its potential risk for human consumption. Heliyon, v. 5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01152>

WHO World Health Organization (2002). Traditional Medicine Strategy (2002–2005), World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2002.

Zhu, S.; Khan, M.A.; Kameda, T.; Xu, H.; Wang, F.; Xia, M.; Yoshioka, T. (2022) new insights into the capture performance and mechanism of hazardous metals Cr^{3+} and Cd^{2+} onto an effective layered double hydroxide based material. materials, v. 426, p. 128062.