

Titulillo: Contaminación del suelo

Original

Contaminación del suelo con metales pesados y actividad fitoremediadora de *Parthenium hysterophorus* L. (Escoba amarga)

Heavy metal contamination and phytoremediation activity of *Parthenium hysterophorus* L. (Escoba amarga)

Est. Marco Rolando Futiel Alguacil. Universidad de Granma, Cuba ⁽¹⁾

M. Sc. Sahily Cano Llorente. Universidad de Granma. Cuba ⁽²⁾

M. Sc. Robinson Hermosilla Espinosa. Universidad de Granma. Cuba ⁽³⁾

⁽¹⁾ Estudiante de 4to Año de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. mfutiela@estudiantes.udg.co.cu y marcomutiel@gmail.com

⁽²⁾ Profesora Asistente. Máster en Química Biológica. Ingeniera Agrónoma. Profesora del Departamento de Agronomía. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. scanoll@udg.co.cu y sahilycanollorete@gmail.com 

⁽³⁾ Profesor Asistente. Máster en Química Biológica. Licenciado en Educación en la especialidad Química. Profesor del Centro de Estudios de Química Aplicada. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. rhermosillae@udg.co.cu. y rhermosillae@gmail.com 

Resumen

Se realizó una revisión bibliográfica actualizada sobre la contaminación de los suelos por metales pesados y la acción fitoremediadora de algunas especies vegetales, entre ellas, *Parthenium hysterophorus* L. en bases de datos científico-técnicas, con el objetivo de actualizar los conocimientos existentes sobre la contaminación del suelo por metales pesados y la acción



fitoremediadora de la especie *P. hysterothorus* L. Fueron revisados al efecto, documentos y artículos de libre acceso indexados a las bases de datos Pubmed, Scopus, Scielo y Science direct, preferentemente de los últimos cinco años. La información reflejada en este material puede ser utilizada como referencia o guía en la investigación de nuevos productos de origen vegetal con potencial actividad fitoremediadora de suelos contaminados por metales pesados.

Palabras clave: contaminación del suelo, metales pesados, fitorremediación.

Abstract

An updated bibliographic review on soil contamination by heavy metals and the phytoremedial action of some plant species, including *Parthenium hysterothorus* L., was carried out in scientific-technical databases, with the aim of updating existing knowledge on soil contamination by heavy metals and the phytoremedial action of the species *P. hysterothorus* L. For this purpose, freely accessible documents and articles indexed in the databases Pubmed, Scopus, Scielo and Science direct, preferably from the last five years, were reviewed. The information reflected in this material can be used as a reference or guide in the research of new products of plant origin with potential phytoremediation activity of soils contaminated by heavy metals.

Keywords: soil contamination, heavy metals, phytoremediation.

Introducción

En la actualidad la contaminación ambiental es considerada un problema mundial, debido a la gran cantidad de sitios contaminados con elementos tóxicos, potencialmente peligrosos para los humanos y las cadenas tróficas de los ecosistemas. Especialmente, la contaminación de los suelos con metales pesados como plomo (Pb), cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo (Cr) y arsénico (As), es provocada por agentes contaminantes como la actividad urbana, industrial, minera, los vertederos de residuales sólidos, los gases de combustión de automóviles, entre otros (Ramírez et al., 2021).



De este modo, la recuperación de los suelos, o sea, la devolución al suelo de la composición con funciones similares a las originales, y la capacidad para sostener cultivos no contaminados aprovechando microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos, se denomina, biorremediación. Así, cuando se emplean vegetales se denomina fitorremediación. Esta técnica ha generado un gran interés entre los investigadores, ya que aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos, incluyendo metales pesados y compuestos orgánicos (Romantschuk et al., 2024).

En este contexto, se conoce que la especie *P. hysterothorus* mostró un alto potencial de acumulación de metales pesados, especialmente plomo (Pb) y cadmio (Cd), según reporta (Raza, 2019). Otra investigación llevada a cabo en 2022 demostró la capacidad de *P. hysterothorus* para acumular Pb y Cd (Ejaz et al., 2022). Por otra parte, Rehan et al., (2023) concluye que *P. hysterothorus* posee alta resistencia al estrés por Cd, además de alta producción de biomasa y que podría ser candidata potencial para la fitorremediación de suelos contaminados con Cd.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo: actualizar los conocimientos sobre la contaminación del suelo por metales pesados y la acción fitoremediadora de la especie *Parthenium hysterothorus* L. Se realizó la revisión bibliográfica utilizando artículos libres de acceso, publicados en años recientes e indexados en las bases de datos Pubmed, Scopus, Scielo y Science direct.

Desarrollo

A nivel mundial se desarrollan diversas actividades económicas para el provecho de la humanidad, sin embargo, estas traen consigo impactos negativos que deterioran el medio ambiente (suelo, aire, agua). Un impacto negativo sobre el recurso suelo es la contaminación



causada por metales pesados, la cual se da principalmente por causas antropogénicas y naturales (Paredes et al., 2021).

La contaminación por metales pesados de los suelos es una preocupación urgente de la comunidad científica mundial, debido a la persistencia, la bioacumulación, el potencial de toxicidad de estos elementos, la biomagnificación y no biodegradabilidad en las cadenas tróficas. De tal suerte, estos metales pueden migrar hacia las capas inferiores del suelo y llegar hasta las aguas subterráneas, de esta forma también pueden estar disponibles y ser absorbidos por las raíces de las plantas y de ahí a toda la cadena trófica (Huang et al., 2020).

Se consideran metales pesados aquellos elementos químicos con peso atómico comprendido entre 63.55 g. mol (Cu) y 200.59 g. mol (Hg), con una densidad entre 4 g/cm³ hasta 7 g/cm³ y número atómico superior a 20 unidad de masa atómica. El Programa Internacional de Seguridad de Sustancias Químicas de la Organización Mundial de la Salud identificó como sustancias preocupantes, al Cd, Pb, y Hg entre otras (Robles, 2024) y las estadísticas muestran que cada año, las naciones de todo el mundo emiten un promedio de “5 millones de toneladas de Pb, 15 millones de toneladas de Mn, 3,4 millones de toneladas de Cu y 1 millón de toneladas de Ni en el suelo” (Ramírez et al., 2021).

Es bien conocido que los metales pesados suelen ser tóxicos en bajas y altas concentraciones, que poseen gran estabilidad química ante los procesos de biodegradación y pueden generar efectos adversos sobre la salud de todos los organismos, especialmente daños genéticos y diferentes enfermedades, entre estas se destacan; fallas renales, osteomalacia en humanos y animales, inhibición de la síntesis de hemoglobina, anemia, cancer, entre otras (Robles, 2024). Este fenómeno global también afecta a Cuba, identificándose zonas contaminadas por metales pesados en diferentes regiones del país, así, por ejemplo: áreas de la fábrica de acumuladores de Manzanillo, Río Almendares en Ciudad Habana, tierras de cultivo en San José de las Lajas



en Artemisa, Bahía de Cayo Moa en Holguín, Empresa Electroquímica de Sagua en Ciego de Ávila, entre otras zonas.

Para la recuperación de los suelos contaminados por metales pesados se han emplean enfoques de remediación convencionales, los cuales se basan principalmente en técnicas mecánicas o fisicoquímicas, como la incineración de suelos, excavación y vertedero, lavado de suelos, solidificación y aplicación de campos eléctricos. Estos métodos presentan desventajas como el alto costo, ineficiencia cuando los contaminantes están presentes en concentraciones bajas, y traen cambios irreversibles en las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los suelos (Yan et al., 2020).

En la actualidad, dentro de las alternativas amigables con el medio ambiente que reducen o mitigan los niveles de concentración por metales pesados presentes en el suelo, la fitorremediación es una de las técnicas más adecuadas y ventajosas, la cual consiste en el uso de plantas para eliminar contaminantes del suelo mediante la acumulación en el tejido vegetal (raíces, brotes, hojas). La fitorremediación cubre una amplia gama de contaminantes como productos químicos inorgánicos que incluyen metales pesados, metaloides, muchas sustancias orgánicas que incluyen contaminantes orgánicos persistentes y elementos radiactivos (Romantschuk et al., 2024).

También se conoce que la fitorremediación es una tecnología “verde” que utiliza plantas y sus microorganismos asociados de la rizosfera para limpiar sitios contaminados. Por ejemplo: Las tecnologías de fitorremediación que se pueden aplicar en depósitos de cenizas volantes y desechos mineros son la fitoestabilización, la rizodegradación y la fitodegradación y, en menor medida, la Fitoextracción (Gaji, et al. 2018).

La fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor coste económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Por



ello, no es de extrañar que la fitorremediación se contemple cada vez más como una alternativa ambientalmente respetuosa, frente a las técnicas físico-químicas (Yan et al., 2020).

Un punto clave para el éxito de la fitorremediación es la selección de plantas que puedan tolerar niveles significativos de contaminación del suelo. En este sentido, numerosas especies, p. ej., *Artemisia argyi* H. Lév, *Bidens pilosa* L., *Miscanthus giganteus* J.M., *Sida hermaphrodita* L.) han demostrado su capacidad para acumular, extraer o tolerar la presencia de ETP en los suelos (Ramírez et al., 2021).

Paredes et al. (2021) reportó, que las especies arbóreas como la *Acacia Saligna*, son favorables para remediar suelos contaminados con cromo, las especies arbustivas como *Cistus L.* mostraron tener buenos resultados en la captación de metales como arsénico, zinc y plomo, y que hortalizas como el *Allium fistulosum* y *Origanum* acumulaban plomo, siendo favorables para proyectos de fitorremediación a corto plazo, de suelos con concentraciones bajas de contaminantes debido a su rápido desarrollo vegetativo. También señaló, que especies herbáceas como *Helianthus annuus*, se presentan como una buena alternativa para proyectos de fitorremediación mediante técnicas de fitoextracción. Esta afirmación se fundamenta en que la especie es de fácil manejo, versátil para remover diversos contaminantes, posee bajos requerimientos nutricionales, es resistente a condiciones de sequía y no es empleada en alimentación humana.

El mismo autor en su trabajo concluye que, la técnica de fitoextracción, es la más empleada para la remoción de metales pesados en suelos contaminados porque permite translocar el contaminante en distintos órganos cosechables de la planta, favoreciendo su extracción y eliminación de la zona afectada y que las plantas herbáceas, como los vegetales, son la mejor alternativa para estos procesos (Paredes et al., 2021).

Mientras que Naz et al. (2024) en un estudio con plantas consideradas comestibles, forrajeras y/o medicinales entre las que se encuentran: *Cnicus benedictus*, *Parthenium hysterophorus*,



Verbesina encelioides, *Conyza canadensis*, *Xanthium strumarium*, *Chenopodium album*, *Amaranthus viridis*, *Chenopodium murale*, *Prosopis juliflora*, *Convolvulus arvensis*, *Stellaria media*, *Arenaria serpyllifolia*, *Cerastium. dichotomum*, *Chrozophora tinctoria*, *Mirabilis jalapa*, *Medicago polymorpha*, *Lathyrus aphaca*, *Dalbergia sissoo*, *Melilotus indicus* y *Anagallis arvensis*, encontró que la mayoría de las plantas presentaron niveles muy bajos de los elementos potencialmente tóxicos estudiados en sus órganos y que a pesar de su baja tasa de bioacumulación, la mayoría de las plantas estudiadas podrían ser adecuadas para la aplicación de fitorremediación de Zn en campo.

En este contexto, Ramírez et al. (2021) plantea que es comprensible que gran parte de las investigaciones actuales en el campo de la descontaminación de suelos por metales pesados se concentre en especies de plantas que colonizan ambientes altamente contaminados.

A la luz de lo anterior, la especie *P. hysterothorus* comúnmente llamada “Escoba amarga”, es una planta herbácea, anual, natural de las zonas cálidas de América; que crece en terrenos baldíos, huertos, bosques, llanuras aluviales, áreas agrícolas, matorrales, áreas urbanas, a lo largo de carreteras y vías férreas; presenta propiedades insecticidas, nematicidas, herbicidas, alelopáticas, antifúngica, uso en compostaje, y actividad fitoremediadora pudiera ser una excelente candidata para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados en Cuba (De Miranda, Cardoso, Moreira, y Figueredo, 2014).

En este sentido otros estudios han concluido que *P. hysterothorus* tiene un alto potencial como fitoremediador de suelos contaminados por metales pesados, así, por ejemplo: según Raza, (2019) esta especie es altamente acumuladora de Pb en las raíces, hojas y tallo; mientras que Ramírez, et al. (2021), planteó que esta planta es altamente tolerante a metales pesados como Zn, Cr, y Pb; por otra parte, estudios desarrollados por el equipo de Ejaz, et al. (2022) demostró que *P. hysterothorus* posee gran capacidad para acumular Pb y Cd a partir de suelos contaminados y que los atributos morfológicos de *P. hysterothorus*, como la longitud de brotes



y raíces, los pesos fresco y seco, el conteo de hojas y el área foliar se vieron afectados negativamente por los efectos tóxicos de Pb y Cd; mientras que los equipos de investigación de Rehan, (2023) y Naz, et al. (2024) llegaron a la conclusión que, *P. hysterothorus* es una planta muy eficiente que puede crecer, producir gran cantidad de biomasa y actuar como un hiperacumulador de Cd en suelo contaminados por este metal.

Los estudios antes expuestos nos indican que la acción fitoremediadora en suelos contaminados por metales pesados en Cuba pudiera llevarse a cabo utilizando la planta *P. hysterothorus*, la cual ha sido estudiada en ambientes contaminados en diferentes partes del mundo y ha mostrado un desarrollo vegetativo favorable y una importante acción fitoremediadora.

Conclusiones

La contaminación de los suelos por metales pesados es un fenómeno global y Cuba no es la excepción. Este problema puede ser enmendado por diferentes métodos entre los que se destaca la fitorremediación. Entre las especies prometedoras para la fitorremediación en el país, *Parthenium hysterothorus* L. posee mejores potencialidades.



Referencias bibliográficas

- De Miranda, S.F., Cardoso, M.D.G., Moreira, M.L. y Figueredo, A.C. (2014). Chemoc composition and Alleolopathic activity of Phatenium hystheorhupous and ambrosia polystchaya weeds essential oils. *American Journal of plan Science* 5(9), p.p. 1248-1257. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.59137>
- Ejaz, U., Khan, S.M., Aqeel, M., Khalid, N., Sarfraz, W., Naeem, N., Han, H., Yu, J., Yue, G. and Raposo, A. (2022). Use of Parthenium hystrophorus with synthetic chelator for enhanced uptake of cadmium and lead from contaminated soils—a step toward better public health. *Front. Public Health* 10 (2), p.p. 102-122. doi: 10.3389/fpubh.2022.1009479
- Gaji, G., Djurdjevi, L., Kosti, O., Jari, S., Mitrovi, M. and Pavlovi, P. (2018) Ecological Potential of Plants for Phytoremediation and Ecorestoration of Fly Ash Deposits and Mine Wastes. *Front. Environ. Sci*, 6(124), p.p. 89-109. doi: 10.3389/fenvs.2018.00124
- Huang, Z., Liu, C., Zhao, X., Dong, J. and Zheng, B. (2020) Risk Assessment of Heavy Metals in the Surface Sediment at the Drinking Water Source of the Xiangjiang River in South China. *Environmental Sciences Europe*, 32 (23), p.p. 35-55. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00305-w>
- Paredes, P.D.S., Rodríguez, J.J. y Garzón, A. (2021). *Especies Vegetales en la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados*. [Tesis] para obtener el título profesional de: Ingeniera Ambiental, Trujillo, Perú. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_ab468be2aefc3b051b98c0df203a4819/
- Ramírez, A., García, G., Werner, O., Navarro-Pedreño, J. and Ros, R.M. (2021). Implications of the Phytoremediation of Heavy Metal Contamination of Soils and Wild Plants in the



- Industrial Area of Haina, Dominican Republic. *Sustainability*, 13(2), p.p. 14-44.
<https://doi.org/10.3390/su13031403>
- Raza, U., Fazal, H., Shakeel, A., Amin, U.J. and Qiu, R. (2019). Phytoremediation of Lead and Chromium Contaminated Soil Improves with the Endogenous Phenolics and Proline Production in Parthenium, Cannabis, Euphorbia, and Rumex Species. *Water Air Soil Pollut* 230 (40), p.p. 34-54. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4089-xsss>
- Rehan, S., Raham, S.K., Amin, U.J., Sadeeq, U., Allah, D., Ziaul, I., Rahim, U., Raza, U., Walid, S., Khalid, F.A., Karthika, R., Dinakaran, E. and Ayman El S. (2023). Plant Growth Regulators with a Balanced Supply of Nutrients Enhance the Phytoextraction Efficiency of Parthenium hysterophorus for Cadmium in Contaminated Soil. *ACS Omega* 8(2), p.p. 18940–18950. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c01429>
- Robles, M. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health*, 7(2). P.p. 78-98.
<https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-5457-7102>
- Romantschuk, L., Matviichuk, N., Mozharivska, I., Matviichuk, B., Ustymenko, U. and Tryboi, O. (2024). Phytoremediation of Soils by Cultivation Miscanthus x Giganteus L and Phalaris arundinacea L. *Ecological Engineering & Environmental Technology* 2024, 25(6), p.p. 137–147. <https://eprints.zu.edu.ua/39626/1>
- Naz, R., Khan, M.S., Hafeez, A., Fazil, M., Khan, M.N., Ali, B., Javed, M.A., Imran, M., Shati, A.A., Alfaifi, M.Y., Elbehairi, S.E.I. and Ahmed, A.E. (2024). Assessment of phytoremediation potential of native plant species naturally growing in a heavy metal-polluted industrial soils Avaliação do potencial fitorremediador de espécies vegetais nativas que crescem naturalmente em solos industriais poluídos por metais pesados. *Brazilian Journal of Biology*, e264473 (84), p.p. 243-273.
[https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1403855&ved=.](https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1403855&ved=)



Yan, A., Wang, Y., Tan, S.N., Yusof, M.L.M., Ghosh, S. and Chen, Z. (2020).
Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land.
Frontiers in Plant Science, 359 (11), p.p. 110-130.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7203417/>

