

Artículo de divulgación

Potencial del girasol para eliminar metales pesados en suelos contaminados

Potential of sunflower to remove heavy metals from contaminated soils

Isabel Araceli Amaro-Espejo¹, Paula Zúñiga-Ruiz¹, Magnolia Salcedo-Garduño¹, Jesús Montoya-Mendoza¹, Juan Valente Megchún-García^{1*}, Irving Fernando García-Fernández¹

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Boca del Río. Km 12, Carr. Veracruz-Córdoba s/n, Boca del Río, Veracruz, México. C.P. 91810.

* Autor para correspondencia: valente.mg@bdelrio.tecnm.mx

Recibido:

25/11/2025

Aceptado:

22/12/2025

Publicado:

19/01/2026

RESUMEN

Durante las últimas décadas, se han observado diversos cambios en el ambiente a causa de la influencia del hombre. La generación de residuos que surge a través de las actividades industriales, la agricultura, rellenos sanitarios y aguas residuales que traen consigo la presencia de metales pesados que son desechados a cuerpos de agua y suelos agrícolas. Los metales pesados son contaminantes tóxicos, persistentes y pueden acumularse en agua y suelo. El riesgo de los metales pesados en suelos agrícolas, es que las plantas de cultivo pueden absorber estos metales y concentrarlos en sus partes comestibles como raíz, tallo, hojas, flores y frutos. Sin embargo, una manera de recuperar los suelos, es con el proceso de fitorremediación que utilizan plantas con la capacidad de absorber y almacenar estos metales sin causar efectos en su desarrollo. Un ejemplo de estas es el girasol (*Helianthus annuus* L.) que tienen la capacidad de tolerar y acumular altas concentraciones de Pb y Cd, es decir, puede estabilizar los metales en su estructura interna sin mostrar efectos negativos en su crecimiento. El girasol, es una planta herbácea originaria de Centro y Norteamérica que se destaca por su capacidad remediadora de suelos contaminados por metales pesados. Debido a que el girasol tiene un ciclo corto de cultivo, la hacen una excelente planta fitorremediadora y para recuperar suelos altamente contaminados necesitará varios ciclos que dependerá de la concentración de los metales encontrados en suelo.

Palabras clave: Contaminación del suelo, remediación, persistencia, riesgo, acumulación.

ABSTRACT

Over the past few decades, various environmental changes have been observed due to human influence. Waste generation from industrial activities, agriculture, landfills, and wastewater introduces heavy metals that are discharged into water bodies and agricultural soils. Heavy metals are toxic, persistent pollutants that can accumulate in water and soil. The risk posed by heavy metals in agricultural soils is that crops can absorb these metals and concentrate them in their edible parts, such as roots, stems, leaves, flowers, and fruits. However, one way to remediate soils is through phytoremediation, which uses plants capable of absorbing and storing these metals without negatively impacting their development. An example of such a plant is the sunflower (*Helianthus annuus* L.), which

can tolerate and accumulate high concentrations of lead (Pb) and cadmium (Cd). In other words, it can stabilize the metals within its internal structure without showing negative effects on its growth. The sunflower, an herbaceous plant native to Central and North America, is notable for its ability to remediate soils contaminated with heavy metals. Because the sunflower has a short growing cycle, it is an excellent phytoremediation plant, and recovering highly contaminated soils will require several cycles, depending on the concentration of metals found in the soil.

Keywords: Soil contamination, remediation, persistence, risk, accumulation.

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se definen como aquellos elementos químicos con densidad igual o superior a 5 g cm^{-3} y se consideran tóxicos y peligrosos para los organismos vivos, aún si se encuentran en concentraciones bajas (Gramlich et al., 2017). Estos metales están presentes en la corteza terrestre de manera natural, principalmente como parte de sales y minerales. En los seres vivos, algunos metales como el Cr, el Cu y el Zn, son necesarios para su desarrollo, ya que son parte fundamental en los procesos químicos y metabólicos dentro de los organismos (Rodríguez, 2017). Sin embargo, cuando estos metales están en cantidades mayores a las necesarias, pueden volverse dañinos para la salud (Nessner y Esposito, 2010; Alloway, 2012).

Por otro lado, existen metales como el Cd, Pb, Hg y As, que no son necesarios para las funciones biológicas de los seres vivos; es decir, que en el organismo estos metales no se pueden degradar ni eliminar fácilmente, y existe el riesgo de bioacumularse causando efectos negativos en los seres vivos (Abollino et al., 2002). La bioacumulación se define como la concentración de un elemento químico en un organismo vivo por un periodo de tiempo, es decir, que cuando se encuentra expuesto a una contaminación por metales pesados, el organismo difícilmente puede eliminarlos, causando daños visibles (Prieto et al., 2009).

El incremento de los metales pesados en el ambiente se debe principalmente a los residuos que se generan por las diversas actividades del hombre, tales como las que se derivan de la industria metalúrgica, la industria química, la minería, las centrales eléctricas, centrales nucleares y líneas de alta tensión, que contribuyen con metales pesados como el Cd, Cu y Ni (Aguilar, 2003; Othman et al., 2018). Así también, los rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto se consideran fuentes de contaminación de metales pesados, ya que muchos de los residuos

electrónicos, eléctricos entre otros, contienen cantidades significativas de metales pesados como el Pb, Cd, As, Hg entre otros (Hidalgo, 2010).

De esta manera, los metales pesados llegan a través las aguas residuales industriales y domésticas, que cuando no son tratadas pueden contaminar los diferentes cuerpos de aguas cercanos (Figura 1).

Otra problemática se observa cuando los metales pesados son depositados en los suelos agrícolas, ya que existe el riesgo de que puedan ser absorbidos por las plantas e introducirse en la cadena alimentaria con daños a la salud pública. Esto sucede cuando se usan aguas residuales como agua de riego, o cuando se aplican los lodos que provienen de las plantas de tratamiento que se depositan como fuentes de materia orgánica a los suelos de cultivo (Kooner et al., 2014).

Estas fuentes de contaminación por metales pesados que provienen de las actividades antropogénicas, trae como resultados un incremento de la concentración de algunos metales que pueden causar daño al ecosistema, principalmente al agua y a los suelos agrícolas que proveen de alimentos para la población.

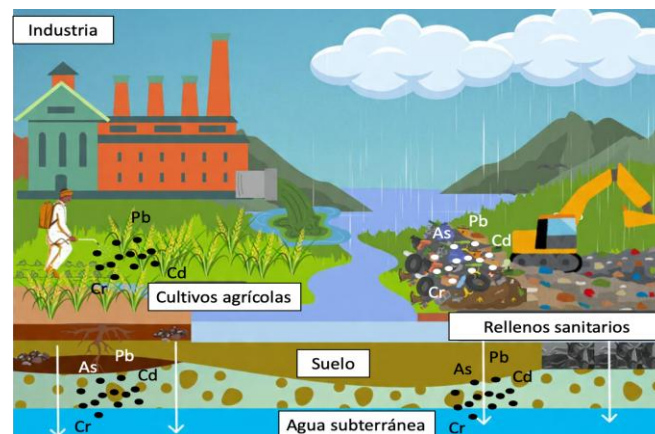


Figura 1. Fuentes de contaminación de metales pesados.

PROBLEMÁTICA EN SUELOS AGRÍCOLAS

En suelos agrícolas, existen otras fuentes de ingreso de los metales pesados, particularmente los que provienen de los fertilizantes químicos y/o inorgánicos que se usan en campo para acelerar el crecimiento de los cultivos.

En muchas investigaciones se han reportado que algunos fertilizantes fosfatados y nitrogenados traen consigo metales en pequeñas concentraciones como el Cd y el Pb (Tabla 1). De esta manera, con el uso constante y excesivo de estos fertilizantes puede resultar en un incremento de metales pesados en los suelos agrícolas quedando disponibles para las plantas de cultivo (Kooner et al., 2014).

Tabla 1. Concentraciones de metales pesados en fertilizantes agrícolas (Kabata-Pendias & Pendias, 2000).

Fertilizante comercial	Cd	Pb
Fertilizante fosfatado	0.1-1.7	7-225
Fertilizante nitrogenado	0.05-8.5	60
Fertilizante DAP (Fosfato diamónico)	3.7	0.86
Fertilizante SFT (Súper fosfato triple)	8.7	3.9

Las altas concentraciones de metales pesados en suelos agrícola, indica que pueden estar disponibles para las plantas de cultivo, es decir, pueden ser absorbidos a través de las raíces y ser transportados a toda su estructura (Lucho et al., 2005). El ingreso de los metales pesados en las plantas se realiza a través de los mecanismos de absorción de los nutrientes esenciales, esto se debe a que no tienen un proceso selectivo para captar los elementos esenciales o no esenciales del suelo (Järup y Åkesson, 2009). De esta manera, la raíz es el primer órgano que tiene el primer contacto con los metales tóxicos en el suelo, y de ahí comienza la absorción y transporte a toda la planta (Figura 2).

La capacidad de las plantas para acumular los metales pesados varía de acuerdo a cada especie. Algunas plantas, impiden el paso de los metales pesados a la parte aérea y quedan retenidos en la raíz, este tipo de plantas se llaman excluyentes.

Otras especies tienen concentraciones iguales tanto en la raíz como en la parte aérea y es similar a los niveles

presentes en suelo, a estas plantas se les conoce como indicadoras. Y aquellas que llegan a acumular una mayor concentración de los metales en la parte aérea y que superan los niveles presentes en el suelo, se llaman acumuladoras o hiperacumuladoras (Covarrubias y Peña, 2017).

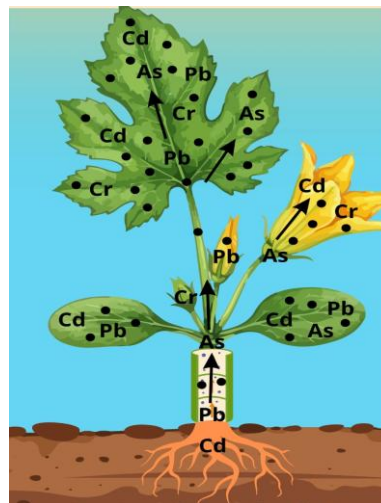


Figura 2. Absorción de metales pesados por plantas de cultivo.

El problema de la contaminación por metales pesados se da cuando se incrementan las concentraciones en suelos agrícolas y es que los metales pueden ser absorbidos en las partes comestibles de los cultivos ya sea raíces, hojas, flores y frutos, lo que representa un riesgo a la salud de la población. Los efectos en el hombre varían con cada metal, el Pb puede afectar el sistema nervioso central y periférico en los humanos; mientras que el Cd puede causar daño a los riñones y a la estructura ósea (Murtić et al., 2014).

Algunas investigaciones han reportado la presencia de metales como el Pb, Cd y Cr en suelos agrícolas. En México se ha reportado concentraciones que van de 33.85 mg/kg de Cr y 41.79 mg/kg de Pb en suelos agrícolas y se atribuye al uso excesivo de fertilizantes inorgánicos (López-Pérez et al., 2017). En algunos cultivos de España han encontrado niveles de 48.9 mg/kg de Pb (Acosta et al., 2011), en Nigeria han encontrado niveles de Cd de 9.24 mg/kg (Ebong et al., 2008) y lo atribuyeron a la cercanía de un relleno sanitario. Es por eso que ha surgido la necesidad de la búsqueda de alternativas para la remediación de los suelos.

MÉTODO DE FITORREMEDIACIÓN

Existen métodos tradicionales y técnicas fisicoquímicas para tratar los suelos contaminados por metales pesados, pero muchas veces estos métodos tienen limitaciones, ya que son costosos y pueden causar problemas en la zona tratada.

Actualmente se han empezado a utilizar técnicas de fitorremediación para mitigar la contaminación por metales pesados. La palabra de fitorremediación que proviene del prefijo griego "phyto" que significa planta y el sufijo latino "remedium" que significa limpiar o restaurar; por lo que la fitorremediación se define como la tecnología que utilizan plantas naturales o genéticamente modificadas para limpiar ambientes contaminados (Cunningham et al., 1997; Gonza Saavedra & Oc Llatance, 2017).

La fitorremediación como tecnología emergente utiliza diversas plantas para degradar, extraer, contener o inmovilizar contaminantes, como los metales pesados, pesticidas, hidrocarburos y disolventes clorados tanto en suelo como en agua (Moosavi & Seghatoleslami, 2013). Este método consiste en el uso de aquellas plantas que tienen la capacidad de absorber y bioacumular metales pesados, donde en casos particulares, las especies pueden llegar a absorber y concentrar a niveles que permiten la recuperación del suelo. La técnica de fitorremediación es un método amigable con el ambiente que opera de una manera sustentable y económica (Covarrubias y Peña, 2017).

Cada especie de planta tiene formas diferentes de controlar o estabilizar los metales según sus propias características y las del suelo y de esta manera contrarrestar el estrés causado por estos metales (Kavamura y Esposito, 2010; Buta et al., 2014). Ejemplos de estas son algunas especies de la familia de las Asteraceae como la caléndula (*Calendula officinalis*) y el girasol (*Helianthus annuus* L.), la planta del tabaco (*Nicotiana glauca*), También *Lemna minor*, Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), y la familia Brassicaceae que han sido reportadas en la literatura como plantas acumuladoras y pueden utilizarse como plantas fitorremediadoras (Rascio y Navari-Izzo 2011).

Algunas especies de plantas pueden acumular de 5 hasta 500 veces más de la concentración presente en suelo, a este grupo de plantas se les conoce como

hiperacumuladoras y generalmente pueden acumular de uno a varios metales pesados (Prieto et al., 2009; Delgadillo-López et al., 2011).

Esta capacidad de las plantas para tolerar los metales pesados, se debe a los mecanismos internos de detoxificación y compartimentación. Es decir, pueden inmovilizar los metales pesados en sus vacuolas, controlando la distribución y concentración de iones metálicos en su estructura; además produce compuestos quelantes que se unen a los metales pesados, logrando neutralizarlos por lo que fácilmente los puede almacenar (Beltrán-Pineda & Gómez-Rodríguez, 2016; Liu et al., 2018).

USO DEL GIRASOL COMO PLANTA FITORREMEDIADORA

El girasol (*Helianthus annuus* L.), es una planta herbácea anual de la familia de las Asteráceas originaria de Centro y Norteamérica (Figura 3). Es cultivada como planta alimenticia, oleaginosa y ornamental. El girasol cuenta con una gran cabeza floral (inflorescencia) y crece en una amplia gama de tipos de suelo. Los tallos son generalmente erectos e hispídos y la mayoría de las hojas son caulinares, alternas, pecioladas, con base cordiforme y bordes aserrados; puede crecer hasta 3 m de altura, con la cabeza de la flor alcanzando hasta 30 cm de diámetro con las semillas. Los botones florales inmaduros tienden a orientarse hacia la luz solar, sin embargo, los capítulos maduros apuntan en una dirección fija a lo largo del día (Alaboudi et al., 2018). La época de siembra para el cultivo varía según la latitud, pero dura aproximadamente un mes, la siembra debe efectuarse en hileras separadas a 0.70 m con una densidad de siembra de 4 plantas por metro lineal.

El girasol ha demostrado que puede llegar a acumular los metales principalmente en sus raíces y tejidos foliares (hojas). Es considerada como una planta con gran tolerancia a los metales pesados como el Pb y el Cd. El girasol tiene la capacidad de estabilizar los metales en su estructura interna sin mostrar efectos negativos en su crecimiento y se ha demostrado que puede acumular grandes cantidades cuando se incrementa la concentración en el suelo (Clemente et al., 2021).

Sin embargo, debido a que el girasol es de crecimiento relativamente rápido, la remediación de los suelos



contaminados se logrará después de varios ciclos de cultivo, que dependerá del nivel de concentración de metales pesados en el suelo. En algunos estudios se ha reportado que para lograr la remediación de suelos altamente contaminados se requerirían más de 55 ciclos de cultivo de girasol (Kötschau et al., 2014).

Los metales pesados en plantas pueden inhibir directa o indirectamente diversos procesos metabólicos que son importancia como la fotosíntesis, la respiración, el intercambio de gases y el sistema hídrico (Balén et al., 2011). Algunos metales como el Cd pueden inhibir la absorción del Ca, Mg o Fe, provocando un cierre de los estomas y como consecuencia una menor tasa de transpiración e inhibición de la fotosíntesis, afectando considerablemente el crecimiento y el desequilibrio de los nutrientes (Nazar et al., 2012).



Figura 3. Girasol (*Helianthus annuus* L.) como planta remediadora.

En suelos contaminados con metales pesados, el girasol presenta pocos cambios en su crecimiento y en la cantidad de pigmentos para la fotosíntesis y produce alta contenido de biomasa (Kötschau et al., 2014, Piřselová et al., 2024). La producción de biomasa en plantas acumuladoras es un factor importante para el éxito de la tecnología de fitorremediación (Alaboudi et al., 2018).

CONCLUSIÓN

Los girasoles, son plantas que se destacan por su gran belleza y que pueden alegrar cualquier paisaje. Sin embargo, se desconoce el potencial que tiene en el ambiente, ya que además de ser estéticamente atractiva,

tiene una alta tolerancia a los metales pesados como Cd y Pb.

Es decir, el girasol puede crecer y desarrollarse en suelos altamente contaminados con metales pesados sin mostrar efectos negativos. Además, el girasol ha demostrado tener la capacidad de absorber en grandes cantidades metales pesados como el Cd y Pb; pueden almacenarlos en raíz y hojas, lo que demuestra ser una excelente planta fitorremediadora.

Literatura citada

- Abollino, O., Aceto, M., Malandrino, M., Mentasti, E., Sarzanini, C. & Barberis, R. (2002). Distribution and mobility of metals in contaminated sites. Chemometric investigation of pollutant profiles. *Environmental Pollution*, 119(2), 177–193. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00333-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00333-5)
- Acosta, J. A., Faz, A., Martínez-Martínez, S. & Arocena, J. M. (2011). Enrichment of metals in soils subjected to different land uses in a typical Mediterranean environment (Murcia City, southeast Spain). *Applied Geochemistry*, 26(3), 405–414.
- Aguilar, J., Bellver, R., Dorronsoro, C., Fernández, E., Fernández, J., García, I., Iriarte, A., Martín, F., Ortiz, I. & Simón, M. (2003). Contaminación de los suelos tras el vertido tóxico de Aznalcóllar. Sevilla: *Editorial Universidad de Granada y Consejería de Medio Ambiente* (Junta de Andalucía).
- Alaboudi, K. A., Ahmed, B. & Brodie, G. (2018). Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), 123–127. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2018.05.007>
- Alloway, B.J. (2012). Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. *Springer Science & Business Media*: Berlin/Heidelberg, Germany; Volume 22.
- Balén, B., Tkalec, M., Šikić, S., Tolić, S., Cvjetko, P., Pavlica, M. & Vidaković-Cifrek, Ž. (2011). Biochemical responses of *Lemna* minor experimentally exposed to cadmium and zinc. *Ecotoxicology*, 20(4), 815–826. <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0633-1>
- Beltrán-Pineda, M. E. & Gómez-Rodríguez, A. M. (2016). Biorremediación de metales pesados cadmio (Cd), cromo (Cr) y mercurio (Hg), mecanismos bioquímicos e ingeniería genética: una revisión.

- Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 12(2), 172-197. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2027>
- Buta E, Török A, Csog A, Zongo B, Cantor B, Buta M. & Majdik M. (2014). Comparative studies of the phytoextraction capacity of five aquatic plants in heavy metal contaminated water. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 173–179. <https://doi.org/10.15835/nbha4219341>
- Covarrubias, S. A. & Peña, J. J. C. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.esp01.01>
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R. & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Ebong, G. A., Akpan, M. M. & Mkpenie, V. N. (2008). Heavy metal contents of municipal and rural dumpsite soils and rate of accumulation by *Carica papaya* and *Talinum triangulare* in Uyo, Nigeria. *Journal of Chemistry*, 5(2), 281-290. <https://doi.org/10.1155/2008/854103>
- Gramlich, A., Tandy, S., Andres, C., Chincheros Paniagua, J., Armengot, L., Schneider, M. & Schulín, R. (2017). Cadmium uptake by cocoa trees in agroforestry and monoculture systems under conventional and organic management. *Science of the Total Environment*, 580, 677–686. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.014>
- Gonza Saavedra, C. J. & Oc Llatance, W. (2017). Evaluación de especies vegetales con potencial fitorremediador de cadmio en parcelas agrícolas del Distrito de Imaza, Amazonas, 2016-2017. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1289>
- Hidalgo Aguilera, L. (2010). La basura electrónica y la contaminación ambiental. *Enfoque UTE*, 1(1), 46-61.
- Järup, L. & Åkesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.04.020>
- Kavamura, V. N. & Esposito, E. (2010). Biotechnological strategies applied to the decontamination of soils polluted with heavy metals. *Biotechnology Advances*, 28(1), 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.09.002>
- Kooner, R., Mahajan, B. V. C. & Dhillon, W. S. (2014). Heavy metal contamination in vegetables, fruits, soil and water – A critical review. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 7(3), 603. <http://dx.doi.org/10.5958/2230-732X.2014.01365.5>
- Kötschau, A., Büchel, G., Einax, J. W., von Tümpling, W. & Merten, D. (2014). Sunflower (*Helianthus annuus*): phytoextraction capacity for heavy metals on a mining-influenced area in Thuringia, Germany. *Environmental Earth Sciences*, 72(6), 2023-2031. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3111-2>
- Liu, L., Li, W., Song, W. & Guo, M. (2018). Remediation techniques for heavy metal contaminated soils: principles and applicability. *Science of the Total Environment*, 633, 206-219.
- López-Pérez, M. E., Rincón-Castro, M. C. D., Muñoz-Torres, C., Ruiz-Aguilar, G. M., Solís-Valdez, S. & Zanor, G. A. (2017). Evaluation of trace elements contamination in agricultural soils in southwest of Guanajuato, Mexico. *Acta Universitaria*, 27(6), 10-21.
- Lucho-Constantino, C. A., Prieto-García, F., Del Razo, L. M., Rodríguez-Vázquez, R. & Poggi-Varaldo, H. M. (2005). Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 108(1), 57-71. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.12.013>
- Moosavi, S. G. & Seghatoleslami, M. J. (2013). Phytoremediation: a review. *Advance in Agriculture and Biology*, 1(1), 5-11.
- Murtić, S., Brković, D., Đurić, M. & Vujinović, I. (2014). Heavy metal dynamics in the soil-leaf-fruit system under intensive apple cultivation. *Acta Agriculturae Serbica*, 19(38), 123–132. Retrieved from <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-9542/2014/0354-95421438123M.pdf>
- Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A., Khan, M. I. R., Syeed, S. & Khan, N. A. (2012). cadmium toxicity in plants and role of mineral nutrients in its alleviation. *American Journal of Plant Sciences*, 03(10), 1476–1489. <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.310178>
- Nessner V, Esposito E. 2010. Biotechnological strategies applied to the decontamination of soil polluted with heavy metals. *Biotechnology Advances*, 28:61-89.
- Othman, F., Uddin Chowdhury, M., Wan Jaafar, W. Z., Mohammad Faresh, E. & Shirazi, S. M. (2018).

Assessing Risk and Sources of Heavy Metals in a Tropical River Basin: A Case Study of the Selangor River, Malaysia. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(4).

Piršelová, B., Lengyelová, L., Galuščáková, L., Mészáros, P., Boleček, P., Kubová, V., ... & Kuna, R. (2024). Evaluation of the tolerance and accumulation potential of selected sunflower hybrids grown in soil contaminated with cadmium. *South African Journal of Botany*, 167, 419-428. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.043>

Prieto, M. J., González, R. C. A., Román, G. A. D. & Prieto, G. F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, 17. <https://doi.org/1870-0462>

Rascio N. & Navari-Izzo F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science*, 180,169-181. DOI: 10.1016/j.plantsci.2010.08.016

Rodríguez Heredia, Dunia. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *MEDISAN*, 21(12), 3372-3385. Recuperado en 12 de diciembre de 2025, http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&tlng=es.

Aviso legal/Nota del editor: Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

