



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

## CULTIVO *in vitro* DE *Raphinus raphanistrum*, UNA PLANTA QUE PUEDE SER USADA EN FITORREMEDIACIÓN PARA CADMIO

Hernández-Salas, Claudia\*<sup>1</sup>; Olarte-Saucedo, Maricela<sup>2</sup>; Moreno-Longoria, Julieta<sup>2</sup>; Meza-Lamas, Esteban<sup>1</sup>; Flores-Treviño, Noria Elia<sup>1</sup>

Autor de correspondencia: Julieta Moreno Longoria (julietalex@hotmail.com)

<sup>1</sup>Unidad Académica de Enfermería, de la Universidad Autónoma de Zacatecas

<sup>2</sup>Unidad Académica de Ciencias Químicas, de la Universidad Autónoma de Zacatecas

### Resumen

La contaminación del suelo con metales pesados (MPs) es un grave problema ambiental y de salud pública. El impacto causado por exposición prolongada a MPs resulta alarmante. Para solucionar este existe la fitorremediación, la cual utiliza plantas para el saneamiento de suelos. Desarrollar un cultivo *in vitro* de *Raphanus raphanistrum*. Se determinó la concentración de cadmio (Cd) por Espectroscopia de Absorción Atómica en tejido vegetal y suelo. Para el desarrollo del cultivo *in vitro*, se llevó a cabo la desinfección de semillas y para la etapa de germinación se usó el medio Murashigue y Skoog. Después se pasó a la etapa de multiplicación, donde se tuvieron diferentes tratamientos con reguladores de crecimiento vegetal (RCV), así como diferentes tratamientos para el enraizamiento. La planta presentó altas concentraciones de Cd, 4.69 de factor de bioconcentración (FBC). El porcentaje de germinación fue del 100%. En la etapa de multiplicación se obtuvieron mejores resultados en el tratamiento 7, mientras que en la etapa de enraizamiento el tratamiento 3 generó mejores resultado. En la etapa de aclimatación el 100% de las plantas sobrevivieron. La fitorremediación es una técnica que puede ser usada para recuperar sitios contaminados con MPs en el Estado de Zacatecas, ya que existen plantas que han sido identificadas como plantas que acumulan altas concentraciones de MPs, específicamente la planta *Raphanus raphanistrum*, ya que presentó un FBC de 4.69 para Cd y además puede ser cultivada *in vitro* para su propagación.

*Palabras clave: Raphinus raphanistrum, fitorremediación, cultivo in vitro.*

### Abstract

Soil contamination with heavy metals (MPs) is a serious environmental and public health problem. The impact caused by prolonged exposure to PMs is alarming. To solve this, there is phytoremediation, which uses plants for soil sanitation. Develop an *in vitro* culture of *Raphanus raphanistrum*. The concentration of cadmium (Cd) was determined by Atomic Absorption Spectroscopy in plant tissue and soil. For the development of the *in vitro* culture, seed disinfection was carried out and the Murashigue and Skoog medium was used for the germination stage. Afterwards, the multiplication stage was carried out, where different treatments with plant growth regulators (RCV) were used, as well as different treatments for rooting. The plant presented high concentrations of Cd, 4.69 bioconcentration factor (BCF). The germination percentage was 100%. In the multiplication stage, better results



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



were obtained in treatment 7, while in the rooting stage, treatment 3 generated better results. In the acclimatization stage, 100% of the plants survived. Phytoremediation is a technique that can be used to recover sites contaminated with PMs in the State of Zacatecas, since there are plants that have been identified as plants that accumulate high concentrations of PMs, specifically the *Raphanus raphanistrum* plant, since it presented a BCF of 4.69 for Cd and can also be cultivated in vitro for its propagation.

*Key words: Raphanus raphanistrum, phytoremediation, in vitro culture.*

## Introducción

La minería es una de las principales causas de la contaminación ambiental por MPs, se debe al mal manejo de los "jales mineros", lo que ocasiona problemas de contaminación en estados como Zacatecas, San Luis Potosí, Guerrero y Sonora. Como resultado de la explotación minera, se genera continuamente gran cantidad de residuos o jales. Estos se caracterizan generalmente por presentar concentraciones muy elevadas de diversos elementos potencialmente tóxicos que pueden ser tóxicos (Sánchez-López et al. 2017). La contaminación de los suelos tiende a generar serios problemas a la salud humana y al balance local de los ecosistemas ([Doležalová et al., 2019](#)).

Los MPs son considerados según la tabla periódica como elementos químicos de alta densidad (mayor a  $4 \text{ g/cm}^3$ ), masa y peso atómico por encima de 20 y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son Aluminio (Al), berilio (Be), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros. Estudios sobre su concentración en suelos con uso agrícola son importantes debido a que puede generar efectos negativos en la salud humana (Cherian 2005).

Los MPs ocupan el quehacer del hombre en diversas ramas, por lo que no es de extrañar la prevalencia de enfermedades asociadas a estos elementos químicos y a sus compuestos. Las vías fundamentales de entrada de estos químicos al organismo, son las vías dérmicas, por ingestión y por inhalación. La exposición a algunos metales pesados ha sido asociada a una gran variedad de efectos adversos sobre la salud, incluyendo el cáncer. Aunque algunos elementos son esenciales para los humanos, pueden ser peligrosos a altos niveles de exposición. Otros MPs resultan muy nocivos al no ser degradados fácilmente de forma biológica, ya que no poseen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (García-García et al., 2015).

La fitorremediación es un tratamiento in situ o ex situ que consiste en aprovechar el potencial de especies vegetales capaces de absorber, acumular, volatilizar, estabilizar o metabolizar diversos contaminantes, en este caso, metales pesados presentes en el suelo (Lozada-Ayala, 2020). La fitorremediación es un método de descontaminación de suelos y de ambientes acuáticos que consiste específicamente en el uso de plantas para remover contaminantes



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



del medio en el que estas se desarrollan; también es conocida como fitolimpieza o fitocorrección. En el caso de su aplicación en suelos el uso de plantas resulta en una técnica que ofrece ventajas, ya que los MPs son tomados del suelo a través de los tejidos corticales de las raíces gracias a la similitud con algunos micronutrientes especiales, adoptando el sistema simplástico o apoplástico hasta llegar a los vasos del xilema, y acumularse en diferentes partes de la planta. Dentro del campo de la fitorremediación hay numerosas áreas: Fitoestabilización, fitovolatilización, fitodegradación, fitoextracción, rizofiltración, rizodegradación y fitorestauración además del uso que se puede hacer de las plantas como barreras protectoras y capas vegetales (Sarwar, 2017).

La fitorremediación representa una tecnología alternativa rentable, viable y sustentable para la restauración de ambientes y efluentes contaminados que ha ganado mucha atención y aceptación en los últimos años por su enfoque ecológico (Shah, 2020). Las especies vegetales que son capaces de acumular en sus tejidos altas cantidades de elementos metálicos (Ni, Cu, Co, Cr, Mn y Zn, entre otros) se denominan hiperacumuladoras (González, *et al.*, 2020).

El descubrimiento de especies de plantas hiperacumuladoras ha revolucionado la tecnología de fitorremediación ya que estas plantas tienen una capacidad innata para absorber el metal en niveles 50-500 veces mayor que plantas promedio. Las primeras plantas hiperacumuladoras caracterizadas son

miembros de las familias Brassicaceae y Fabaceae. El entorno de las plantas hiperacumuladoras revela la necesidad de impulsar mayores conocimientos multidisciplinarios que aumenten la rentabilidad y eficacia de dichas plantas: sus aplicaciones son interesantes en muchas áreas, y particularmente importantes en la protección del ambiente (Lasat, 2000).

Para saber si una planta es hiperacumuladora se debe conocer el factor de bioconcentración (FBC), el cual se refiere a la relación entre la concentración de un metal que hay en la planta y su concentración en el suelo y se utiliza como una medida de la eficiencia de acumulación de metales. Los valores mayores a 1 indican que las especies son potencialmente acumuladoras, es decir, que la planta está almacenando y acumulando el metal evaluado en sus tejidos. Además, cuando este valor es mayor a 10 se identifica a la planta como hiperacumuladora (Torres-Saavedra, 2018).

El cultivo de tejidos vegetales es una técnica biotecnológica que comprende el mantenimiento de plantas o componentes de estas en condiciones ambientales controladas, ausencia de microorganismos asociados, nutrición muchos aspectos del desarrollo agrícola y la investigación vegetal (Suárez, 2020). Debe considerarse como una herramienta capaz de predecir lo que pueda ocurrir a nivel de planta, desarrollando modelos que faciliten el conocimiento de los mecanismos metabólicos y de tolerancia de los contaminantes que funcionan en las



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



plantas. Básicamente, el uso del cultivo *in vitro* en estudios de fitorremediación se centra en tres aspectos: i) estudios fundamentales del metabolismo de contaminantes; ii) selección de variantes somaclonales con mayor capacidad de fitorremediación; iii) desarrollo de plantas transgénicas con elevada capacidad de fitorremediación (Doran, 2009).

## Objetivo

Determinar el factor de bioconcentración (FBC) para cadmio y desarrollo de cultivo *in vitro* de *Raphanus raphanistrum*, una planta que puede ser usada para fitorremediación.

## Materiales y métodos

Se llevó a cabo la colecta de la planta y semillas de la especie *Raphanus raphanistrum*, la cual se encontraba presente en campos agrícolas de Lampotal Vetagrande Zacatecas. La colecta de esta especie vegetal se realizó durante el mes de abril del año 2019 para su identificación taxonómica en el herbario de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. La determinación de Cd en muestras de suelo y tejido vegetal de la especie en estudio se realizó en el laboratorio de Análisis Especiales de la Unidad Académica de Ciencias Químicas de la misma Universidad. Las muestras se analizaron por el método establecido: (NMX- AA- 051- SCFI- 2016) de Espectrometría de Absorción Atómica con soluciones estándar certificadas para este elemento. Se determinaron por duplicado. Se tomaron

alícuotas de 50 a 100 ml de agua en un matraz de aforo y se acidularon con  $H_2NO_3$ . Para determinar Cd las muestras se leyeron en un equipo de Absorción Atómica marca Perkin Elmer Modelo 2380. Se llevó a cabo la determinación del FBC, el cual consistió en dividir la concentración de Cd presente en la raíz de la planta sobre la concentración total en el suelo.

Para el desarrollo del cultivo *in vitro* las semillas se colectaron durante el mes de septiembre del mismo año y se procedió a relizar el cultivo *in vitro* en el laboratorio de cultivos vegetales. Para llevar a cabo la desinfección de semillas se utilizó el método de Murashigue & Skoog (1962), dicho procedimiento consistió en lavar el material con detergente, enjuagar con agua de la llave y enseguida con agua destilada. Posteriormente, en campana de flujo laminar se colocó en una solución de etanol al 70% durante 1 min, luego enjuagadas con agua desionizada estéril y puestas en una solución al 10% (p/v) de hipoclorito de sodio comercial de 20-30 min.

Una vez desinfectadas las semillas de la planta en estudio, se llevó a cabo la transferencia de las semillas al medio de cultivo. Se colocaron de 3-5 semillas en un recipiente de vidrio que contenía medio basal MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con: tiamina-HCl  $1\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; mio-inositol  $100\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  piridoxina-HCl  $0.5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; nicotinamida  $0.5\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; glicina  $2\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; sacarosa  $30\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ ; agar  $8\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ , 6-bencilaminopurina (BAP)  $1\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ; el pH se ajustó a 5.7 y se esterilizó a  $121^\circ\text{C}$  por 15 min y enseguida se llevó al cuarto de incubación en donde se mantuvieron a una temperatura promedio de  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , con una



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



intensidad lumínica de  $50 \pm 5 \mu\text{Mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , con un foto periodo de 16 hrs luz por 8 hrs de oscuridad. Una vez obtenidas las plántulas, éstas fueron usadas para la fase de multiplicación, donde se tuvieron diferentes tratamientos con RCV con la finalidad de obtener un gran número de plántulas en un corto periodo de tiempo (tabla 1). Se utilizaron explantes que se obtuvieron en la fase de germinación de aproximadamente de 3-4 cm y se realizaron subcultivos. Para esto, los brotes de la etapa anterior se colocaron en una placa de Petri estéril y dentro de

la campana de flujo laminar, con ayuda de un bisturí y pinzas estériles se realizaron los cortes para obtener brotes por separado, una vez realizados los cortes, fueron colocados en medio de cultivo MS, suplementado con RCV para la regeneración de más brotes. Se evaluó la cantidad de nuevos explantes obtenidos a partir de cada explante inicial. Éste fué evaluado visualizando en la campana de flujo laminar la cantidad de brotes por explante (Pérez Molphe Balch *et al.*, 1999).

Tabla 1. Tratamiento con RCV para evaluar el número de brotes por explante

Tratamiento	Medio nutritivo	BA (mg/l)	AIB (mg/l)
T <sub>1</sub>	MS	0	0
T <sub>2</sub>	MS	2	0
T <sub>3</sub>	MS	4	0
T <sub>4</sub>	MS	6	0
T <sub>5</sub>	MS	0	0.2
T <sub>6</sub>	MS	2	0.2
T <sub>7</sub>	MS	4	0.2
T <sub>8</sub>	MS	6	0.2
T <sub>9</sub>	MS	0	0.4

Con el propósito de inducir un sistema radical vigoroso, se probarán 3 diferentes tratamientos: 1) MS 1X sin RCV, 2) MS 0.5X sin RCV y 3) MS 1X con 0.5 mg·l<sup>-1</sup> de AIB. En el proceso de enraizamiento se evaluaron las siguientes variables: el número de raíces por explante y la longitud de la raíz (Pérez Molphe-Balch, *et al.*, 1999). En esta etapa fueron consideradas 20 vitroplantas con un sistema radicular bien desarrollado. Para esta fase, las plantas fueron

extraídas de los medios de cultivo eliminando completamente el agar de las raíces de las plántulas, enseguida se transplantaron de manera individual en vasos de plástico que contenían sustrato de una mezcla de peat most, agrolita y vermiculita. Para este procedimiento el sustrato fué humedecido con agua corriente. Los vasos con las plántulas se cubrieron con una bolsa plástica transparente ligando al vaso para evitar perder humedad. La cubierta plástica se perforó



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

diariamente durante 15 días con la finalidad de obtener una adaptación al medio ambiente.

## Resultados

La planta *Raphanus raphanistrum* fue identificada taxonómicamente en el herbario de la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas, la cual pertenece a la familia Brassicaceae y al género *Raphanus*, se conoce como rábano, rábano picante o rábano silvestre. Es una planta con más de 10 centímetros de altura, hojas ásperas, muy divididas con irregulares lóbulos donde el apical puede ser el más grande. Las flores son blanquecinas con violeta bien marcado venas, desarrolla estrangulamientos entre cada una de las semillas dándole una forma particular y florece casi todo el año. La planta colectada en los campos agrícolas de Lampotal, Veta Grande Zacatecas (figura 1), presentó un alto valor de FBC para Cd: 4.69 ppm, cabe señalar que la planta fue fraccionada en hoja, tallo y raíz como se puede observar en la figura 2 para determinar la concentración de Cd en cada una de las fracciones, y como se puede ver en la tabla 2, las cantidades en cada una de las fracciones son diferentes. En cuanto al porcentaje de germinación se obtuvo del 100% en un tiempo de 25 días y no hubo contaminación, las plantas de 30 días en medio de cultivo las podemos ver en la figura 3. De las plantas

generadas se obtuvieron explantes que fueron cultivados en el medio nutritivo MS suplementado con la combinación de la citocinina BA y la auxina AIB. Los resultados obtenidos demuestran la heterogeneidad de la multiplicación de brotes en los distintos tratamientos, así como dentro del número de repeticiones de cada tratamiento. De esta etapa de multiplicación se obtuvieron mejores resultados en el tratamiento 7 ( $4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  BA y  $0.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  AIB) (tabla 3), pues generó las plantas con mayor cantidad de brotes (figura 4).



Figura 1. *Raphanus raphanistrum* en campo agrícola de Lampotal Veta grande Zacatecas

# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



Figura 2. Fracciones de hoja, tallo y raíz de *Raphinus raphanistrum*

Tabla 2. Concentración de Cd en diferentes tejidos de *Raphanus raphanistrum*

TEJIDO VEGETAL	Cd (ppm)
HOJA	26.4141
TALLO	31.87997
RAÍZ	18.41882
TOTAL	76.71289

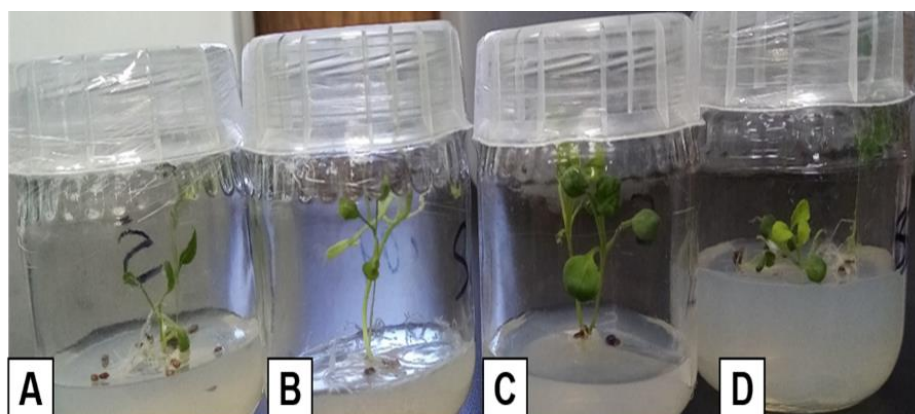


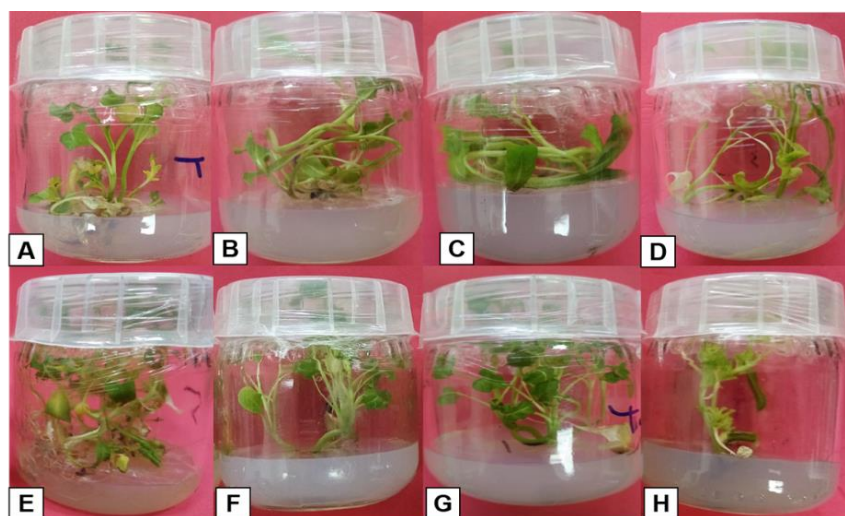
Figura 3. Etapa de germinación de *Raphinus raphanistrum*

# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

**Tabla 3.** Número de brotes por repetición con cada uno de los tratamientos con los diferentes reguladores de crecimiento.

RCV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	1	2	1	2	3	3	2	1	3	1
T2	3	3	4	4	1	1	3	4	3	4
T3	2	5	5	4	5	4	2	4	3	3
T4	1	3	3	3	4	4	2	4	5	3
T5	2	3	2	2	2	2	2	1	2	2
T6	4	5	4	5	2	5	6	3	2	6
T7	4	2	5	6	5	5	6	4	6	5
T8	6	6	5	4	6	6	5	7	5	5
T9	4	1	3	2	5	3	4	2	2	2



**Figura 4.** Diferentes tratamientos con RCV de *Raphanus raphanistrum*

Para la etapa de enraizamiento se consideraron tres tratamientos (MS 1X sin RCV, MS 0.5X sin RCV, MS 1X+0.5 AIB) y se seleccionaron como explantes las plantas más vigorosas, las cuales provenían del tratamiento T<sub>7</sub>. Las plantas fueron segmentadas de aproximadamente 4 cm y colocadas en el medio de cultivo, empleando 10 repeticiones por tratamiento. Los resultados se registraron después de 15 semanas

de iniciada esta etapa. Las raíces se observaron en todos los tratamientos de manera muy heterogénea en cuanto al tamaño y cantidad. Los resultados obtenidos de este proceso se indican en la tabla 4. El tratamiento 3 generó la mayor cantidad de raíces, así como raíces más largas y vigorosas, lo cual se puede observar en la figura 5. En la etapa de aclimatación el 100% de las plantas sobrevivieron (figura 6).



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA

## IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

**Tabla 4.** Número de raíces de las vitroplantas por repetición en cada tratamiento.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MS 1X	8	6	4	3	6	4	6	5	3	6
MS 0.5X	17	15	11	10	8	10	15	13	15	11
MS 1X+ 0.5 AIB	12	16	18	16	14	11	18	16	17	15



**Figura 5.** Raíz de *Raphinus raphanistrum* con el tratamiento 3 de la etapa de enraizamiento



**Figura 6.** Aclimatación de *Raphinus raphanistrum*

### Discusión

Hoy en día, la contaminación con MPs a consecuencia

de la industria minera es una problemática ambiental que vivimos a nivel mundial y que requiere atención

# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023



emergente. Muchas investigaciones fundamentan la capacidad de los distintos organismos para acumular, atenuar o degradar diversos tipos de contaminantes. Por ello, la fitorremediación es una alternativa para poder solucionar esta problemática ambiental. Recientemente, se ha demostrado que la utilización de plantas puede ser una estrategia para solucionar el problema de la contaminación por MPs. Estas plantas pueden responder con bastante rapidez a los niveles de metales fitotóxicos en los suelos. Las plantas con estas características suelen encontrarse en estos sitios, tal como la especie *Raphanus raphanistrum*, la cual fue encontrada en los campos agrícolas de Lampotal Vetragrande Zacatecas y que mediante ciertos estudios se comprobó que es una planta con un alto FBC para Cd, ya que tiene un valor alto (4.69 ppm) y pudiera usarse con fines de fitorremediación. Esta misma especie de planta ha demostrado ser hiperacumuladora de plomo, tal y como lo demostró Pino-Vallejo et al., 2021.

Así como esta planta existen otras, por ejemplo Flores-Tavison et al. (2003) reportaron algunas especies que crecen en suelos contaminados por arsénico en Chihuahua, México. Carrillo y González-Chávez (2006) reportaron a *Polygonum aviculare* L. y a *Jatropha dioica* como acumuladoras de zinc. Armienta et al. (2008) registró a *Prosopis leavigata* L. y *Acacia farnesiana* (L.) Willd., en suelos ricos con arsénico en Zimapán, Hidalgo. En base a lo anterior, resulta interesante poder propagar esta especie con la finalidad de recuperar sitios contaminados con MPs,

en este estudio el cultivo *in vitro* de esta planta se obtuvo con éxito, ya que se llegó hasta la etapa de aclimatación con excelentes resultados. Esto puede dar pie a una propagación de la planta con la finalidad de remediar los sitios de Lampotal, Vetragrande Zacatecas. Cabe señalar que la propagación *in vitro* permite también evaluar de una manera más sencilla y controlada la capacidad de respuesta de las plantas ante diversos factores de estrés, por ejemplo la presencia de MPs. Esto debido a que los mismos pueden ser incorporados al medio de cultivo en cantidades precisas con el fin de analizar la respuesta de la planta ante los mismos ([Di Lonardo et al., 2011](#); [Ashrafzadeh y Leung, 2015](#)).

### Conclusión

La contaminación por MPs es un grave problema a nivel mundial, sin embargo, existen técnicas de biorremediación que pueden ayudar a solucionar esta problemática, tal es el caso de la fitorremediación, la cual es una técnica que puede ser usada para recuperar sitios contaminados con MP, ya que estas plantas toleran altas concentraciones de estos metales. Se pudo observar que *Raphanus raphanistrum* es una especie de planta que presenta un FBC de 4.69 para Cd y además puede ser cultivada *in vitro* para su propagación. El desarrollo de cultivo *in vitro* de *Raphanus raphanistrum* es viable, por lo que consideramos que podría propagarse esta especie vegetal y ser usada para fines de investigación, ya que se encuentra en campos agrícolas de Lampotal, Vetragrande, Zacatecas, una zona que reporta altas



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

concentraciones de MPs. En base a la respuesta de la planta, podría confrontarse de manera *in vitro* ante otros MPs para ver su comportamiento bajo condiciones controladas.

## Referencias bibliográficas

- Armienta MA, Ongley LK, Rodríguez R, Cruz O, Mango H, Villaseñor G (2008) Arsenic distribution in mesquite (*Prosopis laevigata*) and huizache (*Acacia farnesiana*) in the Zimapán mining area, México. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* 8: 1-7. doi:<https://doi.org/10.1144/1467-7873/07-144>
- Ashrafzadeh S, Leung D M W (2015) In Vitro breeding of heavy metal-resistant plants: A review. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 56(2):131-136. doi:<https://doi.org/10.1007/s13580-015-0128-8>
- Carrillo-González R, González-Chávez MCA (2006) Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. *Environmental Pollution* 144: 84-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.01.006>
- Cherian SO (2005). Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. *Environmental Science & Technology* 39: 9377-9390. doi:<https://doi.org/10.1021/es051134l>
- Di Lonardo S, Capuana M, Arnetoli M, Gabrielli R. y Gonnelli C. (2011) Exploring the metal phytoremediation potential of three *Populus alba* L. clones usign an in vitro screening *Environmental Science and Pollution Research*. 18:82-90. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-010-0354-7>.
- Doležalová, H.; Mihočová, S.; Chovanec, P.; Pavlovský, J. 2019. Potential Ecological Risk and Human Health Risk Assessment of Heavy Metal Pollution in Industrial Affected Soils by Coal Mining and Metallurgy in Ostrava, Czech Republic. *International journal of environmental research and public health* 16(22): 4495.
- Doran P (2009) Application of plant tissue cultures in phytoremediation research: incentives and limitations. *Biotechnol. Bioeng.*, 103:60-76. doi:<https://doi.org/10.1002/bit.22280>
- Flores-Tavison E, Alarcón-Herrera MT, González ES, Olgún EJ (2003) Arsenic tolerating plants from mine sites and hot springs in the semi Arid region of Chihuahua, México. *Acta biotechnol* 23: 113-119. doi:<https://doi.org/10.1002/abio.200390016>
- García-García N, Pedraza-García J, Montalvo J, Martínez M, Leyva J (2015) Evaluación preliminar de riesgos para la salud humana por metales pesados en las bahías de Buenavista y San Juan de los Remedios, Villa Clara, Cuba. *Revista Cubana de Química*, 24(2):126-35.
- González A, Reyes Fernández D, Rodríguez Alonso R, Menéndez Álvarez E. (2020). Plantas que acumulan metales, su importancia. *Leucocroton havanensis* Borhidi hiperacumuladora de



# XX CONGRESO NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOINGENIERÍA IXTAPA ZIHUATANEJO, GUERRERO

Del 11 al 15 de septiembre de 2023

níquel. *Revista De Investigaciones De La Universidad Le Cordon Bleu*, 6(2), 7-18.

<https://doi.org/10.36955/RIULCB.2019v6n2.001>

Lasat MM (2000) Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues. *Journal Hazardous Substance Research* 2: 1-25. doi: <https://doi.org/10.4148/1090-7025.1015>

Lozada-Ayala, A.C. (2020). Fitorremediación como alternativa para la remoción de metales pesados en el recurso suelo en Colombia. Universidad de Cundinamarca.

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co>

Murashige T, Skoog F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497.

Pérez Molphe B, Ramírez- Malagón E, Núñez Palenius HG. (1999). *Introducción al Cultivo de Tejidos Vegetales*. (1ra. ed.). Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.

Pino Vallejo MV, Román Latorre AM, Haro Robayo MP, Andrade Orozco AP, Perugachi Cahueñas NP (2021). Tratamiento de lodos contaminados con plomo utilizando la especie vegetal *Raphanus Raphanistrum*. *Revista de Investigación TALENTOS*, 8(2), 68-77.

Sánchez-López AS, González-Chávez MCA, Carrillo-González R (2017). Absorber, Inmovilizar o atrapar: Funciones de las plantas en las remediaciones de sitios contaminados por elementos potencialmente tóxicos. *Agroproductividad*, 10(4): 80-86. doi:<https://doi.org/10.1002/abio.200390016>

Sarwar N, Imran M, Rashid M, Ishaque W, Asif M, Matloob A, Hussain S (2017) Chemosphere Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: Modifications and future perspectives. *Chemosphere* 171: 710–721. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.116>

Shah, V., & Daverey, A. (2020). Phytoremediation: A multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil. *Environmental Technology and Innovation*, 18, 100774. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100774>

Suarez-Padrón I E (2020). Cultivo de tejidos vegetales. Fondo Editorial Universidad de Córdoba, Cra. Torres Saavedra, A. M. (2018). Factor de bioconcentración y traslocación de especies altoandinas para suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de Mesapata, en condiciones de invernadero, 2015 – 2016. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2018, Huaraz. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2110>