



Influencia de cadmio y la interacción con micorrizas sobre la bioacumulación y morfología en *Zea mays* L. cultivado en Tarapoto

Influence of Cadmium and Its Interaction with Mycorrhizae on Bioaccumulation and Morphology in *Zea mays* L. Cultivated in Tarapoto

Guzmán-Saavedra, Jorge Luis ¹

Pinedo-Ramírez, Víctor Fred ^{1*}

¹Universidad César Vallejo, Sede Tarapoto, Perú

Recibido: 23 Abr. 2024 | **Aceptado:** 03 Jul. 20234 | **Publicado:** 10 Jul. 2024

Autor de correspondencia*: vfinedop@ucvvirtual.edu.pe

Como citar este artículo: Guzmán-Saavedra, J. L. & Pinedo-Ramírez, V. F. (2024). Influencia de cadmio y la interacción con micorrizas sobre la bioacumulación y morfología en *Zea mays* L. cultivado en Tarapoto. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(2), e734. <https://doi.org/10.51252/reacae.v3i2.e734>

RESUMEN

El estudio analizó cómo influyen el cadmio y las micorrizas en el desarrollo y la bioacumulación de cadmio en plantas de maíz (*Zea mays* L.) cultivadas en Tarapoto, San Martín. Se implementó un diseño experimental completamente aleatorio con cuatro tratamientos: sin cadmio ni micorrizas (T1), sin cadmio y con micorrizas (T2), con cadmio y sin micorrizas (T3), y con cadmio y micorrizas (T4). Las plantas se cultivaron en sustrato de tierra y cascarilla de arroz, donde analizamos parámetros morfológicos y la cantidad de cadmio presente en las raíces y hojas mediante espectroscopía de absorción atómica. Los resultados indicaron que el tratamiento T4 mostró la mayor acumulación de cadmio en raíces y hojas, mientras que los tratamientos sin cadmio (T1 y T2) presentaron concentraciones significativamente bajas. En cuanto a crecimiento, los tratamientos con micorrizas (T2), promovieron mejores parámetros morfológicos, alcanzando altura promedio de 125,9 cm. Sin embargo, la presencia de cadmio en T4 limitó estos beneficios. Tukey reveló diferencias significativas entre tratamientos en todos los períodos evaluados. En conclusión, las micorrizas demostraron potencial con el objetivo de potenciar el desarrollo y bienestar del maíz en suelos contaminados con cadmio. Estos hallazgos sugieren que las micorrizas pueden ser útil para mitigar la contaminación.

Palabras clave: maíz; parámetros; salud; tratamientos

ABSTRACT

The study analyzed how cadmium and mycorrhizae influence the development and bioaccumulation of cadmium in corn plants (*Zea mays* L.) grown in Tarapoto, San Martín. A completely randomized experimental design was implemented with four treatments: without cadmium or mycorrhizae (T1), without cadmium and with mycorrhizae (T2), with cadmium and without mycorrhizae (T3), and with cadmium and mycorrhizae (T4). The plants were grown in soil and rice husk substrate, where we analyzed morphological parameters and the amount of cadmium present in the roots and leaves by atomic absorption spectroscopy. The results indicated that the T4 treatment showed the highest accumulation of cadmium in roots and leaves, while the treatments without cadmium (T1 and T2) presented significantly low concentrations. In terms of growth, the treatments with mycorrhizae (T2), promoted better morphological parameters, reaching an average height of 125.9 cm. However, the presence of cadmium in T4 limited these benefits. Tukey revealed significant differences between treatments in all periods evaluated. In conclusion, mycorrhizae demonstrated potential to enhance corn development and well-being in cadmium-contaminated soils. These findings suggest that mycorrhizae may be useful in mitigating cadmium contamination.

Keywords: maize; parameters; health; treatments



1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio aborda la influencia del cadmio y la interacción con micorrizas en la siembra de maíz (*Zea mays* L.) en Tarapoto, San Martín. Esta investigación responde a la preocupación creciente de metales pesados relacionado a la contaminación de suelo, que representa una amenaza significativa para la agricultura y la salud humana. En particular, el cadmio, un metal pesado tóxico el cual se acumula en los suelos debido a diversas actividades antropogénicas, afectando la productividad agrícola y elevando el riesgo de exposición a través de la cadena alimentaria (Berilli et al., 2023; Sarmiento & Febres, 2021; Guo et al., 2021).

El maíz es un cultivo esencial en Perú, tanto para el consumo humano como para la economía local (Chancay & Fienco, 2023). Sin embargo, la contaminación del suelo con cadmio puede comprometer su desarrollo y calidad. Las micorrizas arbusculares, hongos que establecen una simbiosis con las raíces de las plantas, emergen como una solución biotecnológica prometedora para mitigar la bioacumulación de metales pesados en las plantas (Janeeshma et al., 2020). Estas micorrizas pueden mejorar la incorporación de nutrientes y aumentar el fortalecimiento de las plantas a estreses abióticos, incluyendo la contaminación por metales pesados.

Estudios previos han demostrado que la interacción entre cadmio y micorrizas puede influir significativamente en la bioacumulación y morfología del maíz (Guo et al., 2021; Rice et al., 2012). Sin embargo, la eficacia de las micorrizas en reducir el traslado de cadmio a las partes superiores (áreas) de la planta varía según las condiciones ambientales y las prácticas agrícolas (Zhao & Naeth, 2022; Poma & Quiñones, 2022). Por lo tanto, es crucial investigar estas interacciones en contextos específicos para desarrollar estrategias efectivas de mitigación.

Este estudio se centra en cuantificar los efectos que causa el cadmio y las micorrizas en el desarrollo del maíz y la bioacumulación de cadmio en sus tejidos. Además, busca evaluar la eficacia de las micorrizas para mejorar el desarrollo del maíz en suelos contaminados con cadmio. Los hallazgos de este estudio no solo ampliarán el entendimiento científico acerca de la interacción entre el cadmio y las micorrizas, sino que también proporcionarán una base para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que promuevan la seguridad alimentaria y la salud del suelo.

El objetivo principal de este estudio es determinar los efectos del cadmio y su interacción con micorrizas en la bioacumulación del metal y el desarrollo morfológico de *Zea mays* L. Se plantean como objetivos específicos: cuantificar los niveles de cadmio en raíces y partes aéreas del maíz, evaluar la capacidad de las micorrizas para mitigar la bioacumulación de cadmio, y analizar las alteraciones morfológicas en el maíz asociadas a diferentes niveles de exposición al cadmio y su interacción con las micorrizas. La hipótesis principal es que las micorrizas pueden reducir significativamente la acumulación de cadmio en los tejidos del maíz y mejorar su crecimiento en suelos contaminados.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Se llevó a cabo en Tarapoto, San Martín, Perú, en los meses de marzo a junio de 2024. Con una temperatura media anual es de 25°C y las precipitaciones anuales oscilan entre 1200 y 1600 mm, condiciones adecuadas para el cultivo de maíz en sistemas experimentales controlados.

2.2. Identificación de área y recolección de muestras

Para la preparación del medio de crecimiento y recolección de muestras, se identificaron cuatro parcelas representativas en la región de estudio. Estas parcelas se utilizaron para cultivar maíz (*Zea mays* L.) en

condiciones controladas. En cada parcela se midieron sistemáticamente los parámetros morfológicos de las plantas, tales como la altura de la planta, el diámetro del tallo y el número de hojas.

2.3. Preparación de sustratos

El sustrato utilizado fue una combinación de cascarilla de arroz y tierra con una correlación de 1:3. Esta mezcla fue esterilizada para eliminar cualquier contaminante previo y asegurar condiciones homogéneas para todos los tratamientos.

2.4. Tratamientos

Se establecieron cuatro tratamientos: sin cadmio ni micorrizas (T1), sin cadmio y con micorrizas (T2), con cadmio y sin micorrizas (T3), y con cadmio y micorrizas (T4). El cadmio se aplicó en una concentración de 3 mg kg⁻¹, y las micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices*) se inocularon a una dosis de 2 gramos por planta.

2.5. Medición de parámetros morfológicos

La altura de las plantas se determinó desde la base del tallo hasta el punto más alto. El diámetro del tallo se midió a 15 cm del suelo, y el número de hojas se contó semanalmente durante el periodo de crecimiento.

2.6. Muestreo de tejidos vegetales y suelo

Se recolectaron muestras de raíces y hojas para el análisis de cadmio mediante espectroscopía de absorción atómica. Además, se extrajeron muestras de suelo de una profundidad de 0 a 30 cm en cada parcela, siguiendo un diseño sistemático para asegurar representatividad.

2.7. Análisis de Cadmio en raíces y hojas

Las muestras de tejido vegetal se secaron y trituraron antes de ser sometidas a digestión ácida. La concentración de cadmio se determinó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica.

2.8. Análisis de Cadmio en suelo

Las muestras de suelo se secaron y se tamizaron antes de ser analizadas. La concentración de cadmio se determinó mediante digestión ácida y espectroscopía de absorción atómica.

2.9. Procesamiento y análisis de datos

Se analizaron los datos recolectados utilizando el software estadístico R versión 4.0.2. Se emplearon análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Tukey con una probabilidad de error del 5% para evaluar el efecto de los tratamientos y sus interacciones.

2.10. Aspectos éticos

El estudio se llevó a cabo con la colaboración de instituciones locales y los agricultores, quienes dieron su consentimiento informado para participar en la investigación. Se garantizó la confidencialidad de los datos recolectados, cumpliendo con los principios éticos establecidos por la Universidad César Vallejo y las regulaciones locales. Todos los procedimientos de investigación se realizaron conforme a los estándares éticos para asegurar la integridad y el respeto hacia los participantes y el entorno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Acumulación de Cadmio en raíces y hojas.

El tratamiento T4 (con cadmio y micorrizas) exhibió la mayor acumulación de cadmio en las raíces (9,4 mg/kg) y en las hojas (1,1 mg/kg). Los tratamientos T1 y T2 (sin cadmio) presentaron las concentraciones

de cadmio más bajas, siendo casi indetectables en comparación con los tratamientos que incluyeron cadmio. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Zhao y Naeth (2022), quienes observaron que las micorrizas pueden no ser completamente efectivas en la reducción de metales pesados en las partes superiores (aéreas) de las plantas (Figura 1A y 1B).

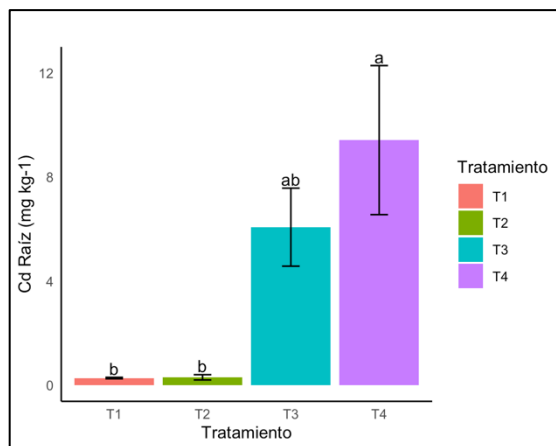


Figura 1. Acumulación de cadmio en raíces

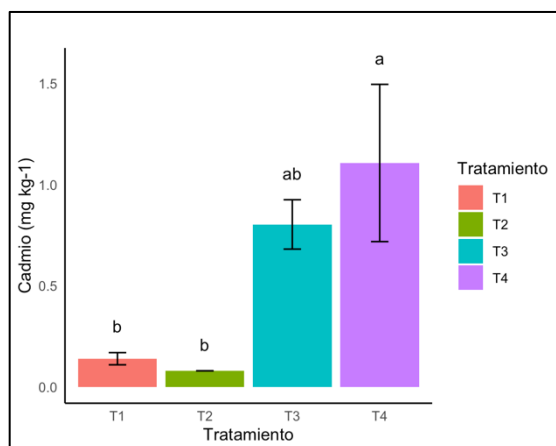


Figura 2. Acumulación de cadmio en hojas

3.2 Crecimiento y desarrollo del maíz.

En términos de crecimiento, las plantas tratadas con micorrizas (T2 y T4) mostraron un mejor desarrollo morfológico comparado con los tratamientos sin micorrizas. Específicamente, el tratamiento T2 alcanzó una altura promedio de 125,9 cm a los 63 días, mientras que el diámetro del tallo y el número de hojas también fueron superiores en los tratamientos con micorrizas. Estos hallazgos concuerdan con los obtenidos por Janeeshma et al. (2020), quienes destacaron que las micorrizas pueden mejorar significativamente el desarrollo de las plantas en suelos contaminados.

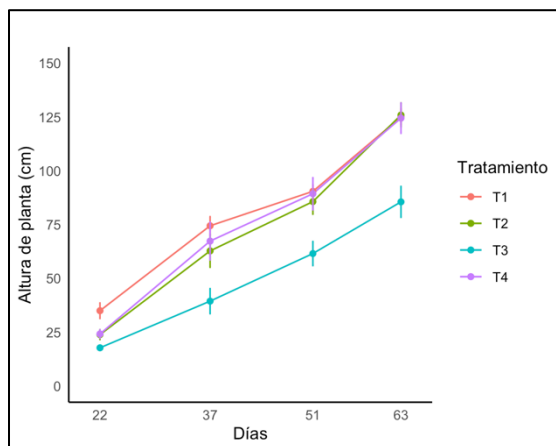


Figura 3. Altura promedio de las plantas de maíz a los 63 días

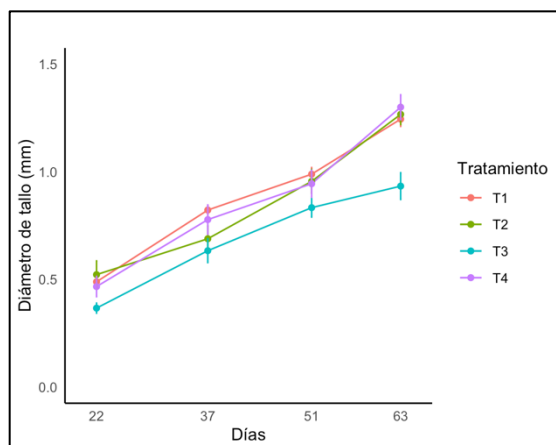


Figura 4. Diámetro del tallo a los 63 días

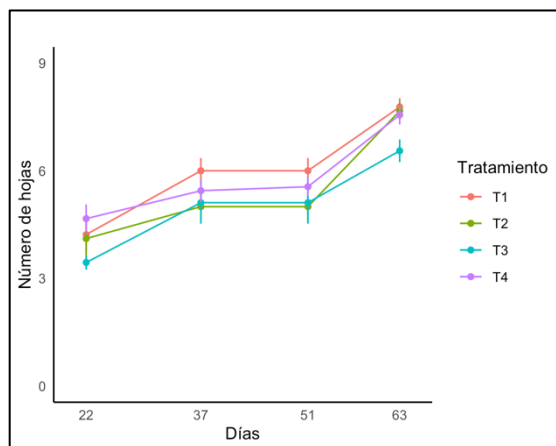


Figura 5. Número de hojas a los 63 días

3.3 Efectividad de las micorrizas en la mitigación del Cadmio.

Los tratamientos con micorrizas demostraron una capacidad limitada para reducir el traslado de cadmio a las partes superiores (aéreas) de las plantas. A pesar de promover un mejor crecimiento general, la presencia de cadmio en el tratamiento T4 limitó parcialmente estos beneficios, sugiriendo que las micorrizas pueden mejorar la absorción de nutrientes, pero no son completamente eficaces en la reducción del cadmio en los tejidos foliares. Este hallazgo es coherente con los estudios de Guo et al. (2021) y Poma & Quiñones (2022), quienes también encontraron que las micorrizas, aunque útiles, tienen limitaciones en su capacidad para mitigar la contaminación por metales pesados.

3.4 Implicaciones agronómicas y ambientales.

Los resultados de este estudio tienen significativas repercusiones para la agricultura en suelos contaminados. La utilización de micorrizas puede ser una estrategia prometedora para mejorar la productividad agrícola en condiciones de contaminación por metales pesados. No obstante, se requiere realizar más investigaciones para establecer prácticas integradas que combinen el uso de micorrizas con otras técnicas de remediación para asegurar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental. Estudios como los de Sarmiento & Febres (2021) y Berilli et al. (2023) apoyan la necesidad de enfoques multifacéticos para la gestión de la contaminación del suelo.

CONCLUSIONES

Se concluye que las micorrizas tienen un impacto positivo significativo en el desarrollo del maíz (*Zea mays* L.) en suelos contaminados con cadmio, mejorando parámetros morfológicos como altura, diámetro del tallo y número de hojas. Sin embargo, su capacidad para limitar el traslado de cadmio a las partes aéreas de las plantas es limitada, sugiriendo la necesidad de optimizar su uso y combinarlo con otras estrategias de remediación para mejorar su efectividad. Estos resultados subrayan el potencial de las micorrizas como una herramienta biotecnológica para mitigar la contaminación por cadmio y mejorar la productividad agrícola, aunque es crucial continuar investigando para maximizar sus beneficios en diferentes condiciones de campo.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

Curación de datos: Víctor Fred Pinedo-Ramírez

Análisis formal: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

Adquisición de fondos: No aplica

Investigación: Jorge Luis Guzmán-Saavedra, Víctor Fred Pinedo-Ramírez

Metodología: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

Administración del proyecto: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

Recursos: Víctor Fred Pinedo-Ramírez

Software: No aplica

Supervisión: Víctor Fred Pinedo-Ramírez

Validación: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

Visualización: Víctor Fred Pinedo-Ramírez

Redacción - borrador original: Jorge Luis Guzmán-Saavedra

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S. M., & Buendía, M. A. (2020). Fertilizar Con Microorganismos Eficientes Autóctonos Tiene Efecto Positivo En La Fenología, Biomasa Y Producción De Tomate

- (*Lycopersicon Esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73.
<https://doi.org/10.17268/Sci.Agropecu.2020.01.08>
- Álvarez, C., Kari, A., Echegaray, N., Huaraca, R., Flores, N., & Barreto, J. (2022). Fertilización Con Humus De Lombriz (*Eisenia Foetida*) En El Crecimiento Vegetativo Del Cultivo De Papa (*Solanum Tuberosum* L). *C&T Riqchary. Revista De Investigación En Ciencia Y Tecnología*, 4(1), 39-45.
<https://doi.org/10.57166/Riqchary/V4.N1.2022.87>
- Berilli, S., Oliveira, D., Martineli, L., Pereira, L., Cunha, M., & Pireda, S. (2023). Influence Of Humus On Chromium Absorption By Coffee Seedlings Grown On Substrate Containing Tannery Sludge. *Revista Ceres*, 70(1), 87-97. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202370010010>
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., & Malajczuk, N. (1996). *Working With Mycorrhizas In Forestry And Agriculture*. Australian Centre For International Agricultural Research, 374 pp.
<Http://Researchrepository.Murdoch.Edu.Au/Id/Eprint/23747>
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2023). La Investigación Aplicada Y El Desarrollo Experimental En El Fortalecimiento De Las Competencias De La Sociedad Del Siglo XXI. *Tecnura*, 27(75).
<https://doi.org/0.14483/22487638.19171>
- Chancay, J., & Fienco, A. (2023). Impacto Ambiental De Los Plaguicidas Utilizados En El Cultivo De Maíz (*Zea mays* L.) En La Comuna Sancán. *Dominio De Las Ciencias*, 9(2), 675-687.
<Https://Dominiodelasciencias.Com/Ojs/Index.Php/Es/Article/View/3306>
- Díaz, L. (2011). UNAM. (Universidad Nacional Autónoma de México, Ed.) La observación:
https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf
- Fernández, S. (2020). Universitat Politecnica De Catalunya. Diseño De Experimentos: Diseño Factorial:
Https://Upcommons.Upc.Edu/Bitstream/Handle/2117/339723/Tfm_Fernandez_Bao_Sheila.Pdf?Sequence=1
- García, G., Hernández, M., Orozco, H., & Suárez, G. (2019). groquímicos Y Presencia De Aflatoxinas En Maíz De Temporal Almacenado: Riesgos Para La Seguridad Alimentaria En El Estado De Tlaxcala, México. *Ciba Revista Iberoamericana De Las Ciencias Biológicas Y Agropecuarias*, 8(16), 106-130.
<https://doi.org/10.23913/Ciba.V8i16.93>
- Ghani, A., A., U., & U., A. (2010). Effect Of Lead Toxicity On Growth, Chlorophyll + And Lead (Pb) Contents Of Two Varieties Of Maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal Of Nutrition*, 9, 887-891.
- Guido, S., & Febres, S. (2021). Recuperación De Plomo En Suelo Agrícola Contaminado Artificialmente Como Estrategia De Remediación Mediante Girasol Y Vermicompost. *Rev. Chapingo Ser.Hortic* , 27(3), 199-212. <https://doi.org/10.5154/R.Rchsh.2021.04.007>
- Guo, L., Liu, J., Chen, Y., & Zhang, X. (2021). Remediación De Suelos Contaminados Con Alta Concentración De Cromo Mediante El Método Electrodinámico Mejorado. *Revista De Investigación De Ciencias De La Tierra*, 25(2), 247-253. <https://doi.org/10.15446/Esri.V25n2.93896>
- International Agency For Research On Cancer. (27 de septiembre de 2021). Agents Classified By The Iarc Monographs, Volumes 1-129. <Https://Monographs.Iarc.Fr/Agents-Classified-By-The-Iarc/>
- Jaborova, D., Annapurna, K., Paul, S., Kumar, S., Saad, H., & Desouky, S. (2021). Beneficial Features of Biochar and Arbuscular Mycorrhiza for Improving Spinach Plant Growth, Root Morphological Traits, Physiological Properties, and Soil Enzymatic Activities. *Journal of Fungi*, 7(7), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/Jof7070571>

- Jabborova, D., Davranov, K., Jabbarov, Z., Bhowmik, S., Ercisli, S., & Danish, S. (2022). Dual Inoculation of Plant Growth-Promoting *Bacillus endophyticus* and *Funneliformis mosseae* Improves Plant Growth and Soil Properties in Ginger. *ACS Omega*, 7(39). <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c02353>
- Jáquez, S., Pérez, G., Márquez, A., & Pérez, G. (2022). Impactos Económicos Y Ambientales De Los Plaguicidas En Cultivos De Maíz, Alfalfa Y Nopal En Durango, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 38, 219-233. <https://doi.org/10.20937/RICA.54169>
- Li, N., Luo, L., Zhang, H., Zhao, Y., Li, Q., Cai, M., & Wong, Y. (2016). Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi Affect Cadmium Uptake Kinetics, Subcellular Distribution And Chemical Forms In Rice? *Sci. Total Environ*, 571, 1183-1190. <https://doi.org/10.1016/J.Scitotenv.2016.07.124>
- Li, R., Meng, H., Zhao, L., Zhou, H., Shen, Y., Zhang, X., Ding, J., Cheng, H., & Wang, J. (2019). Study Of The Morphological Changes Of Copper And Zinc During Pig Manure Composting With Addition Of Biochar And A Microbial Agent. *Bioresource Technology*, 291. <https://doi.org/10.1016/J.Biortech.2019.121752>
- Lozano, M., & Suárez, F. (2022). Remediación Del Suelo Del Cultivo De Arroz, Con Dolomita Y Humus, Cacatachi, 2022. Tesis De Pregrado. Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú. <https://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Handle/20.500.12692/105119>
- Ma, W., Sun, T., Xu, Y., Zheng, S., & Sun, Y. (2022). In-Situ Immobilization Remediation, Soil Aggregate Distribution, And Microbial Community Composition In Weakly Alkaline Cd-Contaminated Soils: A Field Study. *Environmental Pollution*, 292. <https://doi.org/10.1016/J.Envpol.2021.118327>
- Martínez, F., Guevara, C., Aguilar, L., Rodríguez, M., Reyes, O., & Arias, M. (2020). Caracterización Físico-Química Y Biológica Del Suelo Cultivado Con Maíz En Sistemas Convencional, Agroecológico Y Mixto En La Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38, 871-881. <https://doi.org/10.28940/Terra.V38i4.793>
- Mathur, S., & Sharma, M. (2018). Mejora De La Eficacia Fotosintética De Plantas De Maíz (*Zea mays*) Con Hongos Micorrízicos Arbusculares (Hma) Bajo Estrés Por Altas Temperaturas. *Fotobiol*, 180, 149-154. <https://doi.org/10.1016/J.Jphotobiol.2018.02.002>
- Munive, R., Gamarra, G., Munive, Y., Puertas, F., Valdiviezo, L., & Cabello, R. (2020). Absorción De Plomo Y Cadmio Por Girasol De Un Suelo Contaminado, Remediado Con Enmiendas Orgánicas En Forma De Compost Y Vermicompos. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 177-186. <https://doi.org/10.17268/Sci.Agropecu.2020.02.04>
- Murillo, S., Mendoza, A., & Fadul, C. (2019). La Importancia De Las Enmiendas Orgánicas En La Conservación Del Suelo Y La Producción Agrícola. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 7(1), 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Oyarce, F., & Rodríguez, J. (2021). Influencia En La Contaminación Por Plaguicidas En La Calidad De Suelo De Cultivo De Arroz En El Distrito De Cacatachi, Provincia De San Martín. Tesis De Pregrado. Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú. <https://Repositorio.Ucv.Edu.Pe/Handle/20.500.12692/71922>
- Pedranzani, H., Rodríguez, M., Gutiérrez, M., Porcel, R., & Hause, B. (2016). La Simbiosis De Micorrizas Arbusculares Regula La Fisiología Y El Rendimiento De Las Plantas De *Digitaria Eriantha* Sometidas A Estrés Abiótico Mediante La Modulación De Los Niveles De Antioxidantes Y Jasmonatos. *Micorrizas*, 26, 141-152. <https://doi.org/10.1007/S00572-015-0653-4>
- Phillips, J., & Hayman, D. (1970). Improved Procedures For Clearing Roots And Staining Parasitic And

- Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi For Rapid Assessment Of Infection. *Transactions Of The British Mycological Society*, 55(1), 158–161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- Poma, A., & Quiñonez, C. (2022). Efecto De Enmiendas Orgánicas En La Fitorremediación Con Zea mays L. en Un Suelo Contaminado Con Cadmio. Leonor Ordoñez, Jauja - 2021. Tesis De Pregrado. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
<https://Repositorio.Continental.Edu.Pe/Handle/20.500.12394/11108>
- Rice, E., Baird, R., Eaton, A., & Clesceri, L. (2012). *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. American Public Health Association, 541.
- Sapaico, Y. (2020). Efecto De La Cal, Materia Orgánica Y Em En El Contenido De Cadmio De Un Suelo Contaminado En El Centro Poblado De Huancaní, Distrito De Leonor Ordoñez, Provincia De Jauja - 2019. Tesis De Pregrado. Universidad Continental, Huancayo, Perú.
https://Repositorio.Continental.Edu.Pe/Bitstream/20.500.12394/8166/3/Iv_Fin_107_Te_Sapaico_Chancasanampa_2020.Pdf
- Sieverding, E. (1983). *Manual De Métodos Para La Investigación De La Micorriza Vesículo Arbuscular En El Laboratorio*. Centro Internacional De Agricultura Tropical, 123.
<https://Cgspace.Cgiar.Org/Handle/10568/54137>
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos Eficientes, Propiedades Funcionales Y Aplicaciones Agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.
http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0253-57852019000200093&Lng=Es&Tlng=Es
- Taherdoost, H. (2016). Sampling methods in research methodology: how to choose a sampling technique for research. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3205035>
- Yang, K., Zhu, L., Zhao, Y., Wei, Z., Chen, X., Yao, C., Meng, Q., & Zhao, R. (2019). Novel Method For Removing Heavy Metals From Composting System: The Combination Of Functional Bacteria And Adsorbent Materials. *Bioresource Technology*, 293.
<https://doi.org/10.1016/j.Biortech.2019.122095>
- Yu, X., Yan, M., Cui, Y., Liu, Z., Liu, H., Zhou, J., Liu, J., Zeng, L., Chen, Q., Gu, Y., Zou, L., Zhao, K., Xiang, Q., Ma, M., & Li, S. (2022). Effects Of Co-Application Of Cadmium-Immobilizing Bacteria And Organic Fertilizers On *Houttuynia Cordata* And Microbial Communities In A Cadmium-Contaminated Field. *Frontiers In Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/Fmicb.2021.809834>
- Zhang, J., Su, L., Yan, K., Li, M., He, Y., Zu, Y., Zhan, F., & Li, T. (2020). An Arbuscular Mycorrhizal Fungus Increased The Macroaggregate Proportion And Reduced Cadmium Leaching From Polluted Soil. *Int J Phytoremediation*. *Int J Phytoremediation*, 23(7), 684-692.
<https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1849014>
- Zhao, Y., & Naeth, M. (2022). Soil Amendment With A Humic Substance And Arbuscular Mycorrhizal Fungi Enhance Coal Mine Reclamation. *The Science Of The Total Environment*, 823.
<https://doi.org/10.1016/j.Scitotenv.2022.153696>