

Uso de la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*), con adiciones de ácido húmico y zinc en la fitorremediación de suelos cacaoteros con cadmio

Use of the sunflower plant (*Helianthus annuus L.*) with additions of humic acid and zinc in the phytoremediation of cocoa soils with cadmium

Para citar este trabajo:

Valdiviezo, E., Verdezoto, V., y Ortiz, H., (2024). Uso de la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*), con adiciones de ácido húmico y zinc en la fitorremediación de suelos cacaoteros con cadmio. *Reincisol*, 3(5), pp. 1899-1912. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(5\)1899-1912](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(5)1899-1912)

Autores:

Eison Wilfrido Valdiviezo Freire

Universidad de Guayaquil
Ciudad: Guayaquil, País: Ecuador
Correo Institucional: eison.valdiviezof@ug.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0000-0001-6339-5343>

Víctor Hugo Verdezoto Vargas

Universidad de Guayaquil
Ciudad: Guayaquil, País: Ecuador
Correo Institucional: victor.verdezotov@ug.edu.ec
Orcid <http://orcid.org/0000-0001-9806-2776>

Haylis Yajaira Ortiz Veloz

Universidad de Guayaquil
Ciudad: Guayaquil, País: Ecuador
Correo Institucional: haylis.ortizv@ug.edu.ec
Orcid <https://orcid.org/0009-0000-6257-1157>

RECIBIDO: 18 mayo 2024 **ACEPTADO:** 8 junio 2024 **PUBLICADO** 12 julio 2024

El experimento se realizó en el cantón Pedro Carbo, con suelos colectados de la zona cacaotera de Milagro provincia del Guayas, con $0,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio. El objetivo de este experimento fue generar alternativas tecnológicas de fitorremediación mediante el uso del girasol como planta fitoestabilizadora de cadmio más la adición de sustancias húmicas y zinc en suelos cacaoteros contaminados. Se usó la variedad de girasol Lemon Queen, más tratamientos con base de ácidos húmicos y sulfato de zinc. El diseño empleado fue de bloques completamente al azar y se analizaron variables agronómicas y químicas de suelos y tejidos. El efecto por la aplicación de tratamientos con sulfato de zinc fue notorio en la variable número de capítulos con más de 13; al final del experimento el suelo presentó bajas concentraciones de cadmio en todos los tratamientos ($0,10$ a $0,28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) en comparación a la concentración determinada al inicio del experimento ($0,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$); el zinc en el suelo por efecto de su aplicación como impulsor se concentró en cantidades de 143 a $158 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. En el análisis químico de la biomasa aérea y radicular se cuantificó bajas concentraciones en los tratamientos donde no se aplicó Sulfato de Zinc, en comparación que cuando se aplicó, como es obvio el Zinc tendió a concentrarse más en los tratamientos donde se aplicó este elemento (78 a $113 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en biomasa aérea y 98 a $102 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en biomasa radicular), demostrando que la planta de girasol no necesita de impulsores.

Palabras claves: girasol; ácido húmico; concentración de cadmio; fitorremediación. zinc.

Abstract

The experiment was conducted in Pedro Carbo canton, with soils collected from the cocoa production area of Milagro, located in Guayas province, with cadmium at $0.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The objective of this experiment was to generate technological alternatives for phytoremediation by using sunflower as a phyto stabilizing plant for cadmium with the addition of humic substances and zinc in contaminated cocoa soils. The Lemon Queen sunflower variety was used, with treatments based on humic acids and zinc sulfate. The statistic design included the use of completely randomized blocks, and agronomic and chemical variables of soils and tissues were analyzed. The effect of treatments with zinc sulfate was notable in the variable number of chapters with more than 13. At the end of the experiment, the soil presented low concentrations of cadmium in all treatments (0.10 to $0.28 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) compared to the concentration determined at the beginning of the experiment ($0.50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zinc in the soil due to its application as a driving force was concentrated in amounts of 143 to $158 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. The chemical analysis of the aerial and root biomass, presented low concentrations in the treatments where Zinc Sulfate was not applied, compared to when it was applied. Obviously, Zinc tended to concentrate more in the treatments where the element was applied (78 to $113 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in aerial biomass and 98 to $102 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in root biomass), demonstrating that the sunflower does not need boosters.

Keywords: sunflower; humic acid; cadmium concentration; phytoremediation; zinc.

En la actualidad, alrededor de 601.000 hectáreas de cacao se viene cultivando en el Ecuador y constituye un rubro de importancia económica para los agricultores (Macías & Alcívar, 2021). Según Florida (2021) el camio es un metal pesado que provoca serios problemas de salud en quienes lo consumen, el valor límite tolerable $7 \mu\text{g semana}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA], 2012), mortal a $5.000 \text{ ug}\cdot\text{m}^{-3}$ (Organización Mundial de la Salud [OMS], 1995). Zapata (2022) reportó cantidades cadmio en suelos cacaoteros de producción orgánica en Milagro - Ecuador, de $< 0,10$ a $1,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Por otra parte, la fitorremediación de suelos es un conjunto de tecnologías viable, eficiente y útil para la limpieza de suelos contaminados, reducen in situ o ex situ la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas (Agriculturers, 2015, López et al. 2005, p. 98) se pueden utilizar plantas como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (biodegradación, fitoextracción y fitovolatilización)” (Delgadillo *et al.*, 2011, p. 600). La planta de girasol es fitoestabilizadora y es muy eficiente en la captación de cadmio, en experimentos con esta especie en suelos con un contenido de $2,41 \text{ mg kg}^{-1}$ y la adición de $20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de cadmio han encontrado a los 75 días en la biomasa radicular y aérea concentraciones de $39,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente (Clemente et al., 2021, p. 1 y 168, Bendezú, 2021, p. 40). Se concentra mayor cantidad de cadmio a nivel radicular con respecto a las hojas, tallos y flor (Reátegui & Reátegui, 2018, Quispe, 2018, Valdiviezo et al., 2005).

La característica fundamental de los suelos fuertemente ácidos es favorecer la contaminación y la toxicidad por bioacumulación de Cd, efecto contrarrestado por el incremento en la calidad de la materia orgánica del suelo y el pH (Bravo *et al.*, 2014, p. 172). existen interacciones entre los ácidos húmicos y los metales pesados. Estas interacciones pueden ser de utilidad para la inmovilización de metales pesados en suelos (Nieto et al., 2011, p. 51). Con respecto a suelos calcáreos estudios dan a conocer que el Zn es retenido con más energía por el suelo que el Cd; sin embargo,

concentraciones muy elevadas de ambos dan como consecuencia un efecto sinérgico tóxico de ambos elementos hacia la planta (Carrillo *et al.*, 2003, pp. 33 y 39).

Con respecto a la respuesta de girasol a la fertilización con Zn se ha evidenciado incrementos notables en el rendimiento de grano (Ferraris *et al.*, 2019). El zinc disponible en la solución del suelo es adsorbido/fijado especialmente por la materia orgánica del suelo” (K+S, 2023, párr. 1). El nivel crítico de cadmio en suelos agrícolas es de $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ (Mite, 2010), mientras que el zinc el valor crítico considerado como metal pesado van desde los 150 a $400 \text{ mg mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias y Pendias, 1992); la concentración de cadmio aceptable en suelo es de $0,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y de zinc de $60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ después de la remediación de suelos (Cámara de Industrias y Producción de Ecuador [CIP], 2009, p. 7). La aplicación de 30 g planta^{-1} de sulfato de zinc al suelo reduce la presencia de cadmio en el cultivo de cacao (Gómez, 2020, p. 42)

El estudio tuvo como objetivos evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de girasol, medir la concentración de cadmio y zinc en el suelo y biomasa aérea y radicular de plantas de girasol utilizadas en la fitorremediación, con la adición de sustancias húmicas y sulfato de zinc como impulsores de absorción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Asociación “2 de mayo” cantón Pedro Carbo-Guayas, con suelos colectados de ambientes cacaoteros en la zona del cantón Milagro provincia del Guayas, con las siguientes coordenadas geográficas $01^{\circ}49' 60''$ Sur, $80^{\circ} 13' 60''$ Oeste, con una altitud media de 56 msnm y con clima tropical de 27°C (NiNa Az-Estudio, 2021).

Se utilizó la variedad de girasol “*Lemon Queen*” y como insumos húmicos y fertilizantes ácido húmico, sulfato de zinc heptahidratado ($\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$) como componentes experimentales. El suelo empleado como sustrato, presentó bajos contenidos de Materia Orgánica, N, S, Zn y B, altos contenidos de K, Ca, Mg, Cu, Fe y Mn; la textura de suelos fue franca (40% arena, 49% limo y 11% arcilla); el contenido de cadmio fue de $0,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y zinc como metal pesado de $69 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En total se probaron cuatro tratamientos (Tabla 1). Se utilizó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro repeticiones; en el cálculo de normalidad de datos se empleó la prueba de Shapiro-Wilk, la comparación de las medias de los tratamientos se realizó con la prueba de Duncan $p < 0,05$, se utilizó el software académico Statistical Analysis System (SAS) versión 7.0.

Tabla 1.

Diseño de tratamientos estudiados.

Nº de tratamiento	Características de los tratamientos	Simbología
1.	Suelo	S
2.	Suelo + ácido húmico	S+AH
3.	Suelo + ácido húmico + zinc	S+AH+Zn
4.	Suelo + zinc.	S+Zn

Elaboración: Autores.

En la instalación del experimento, se procedió con el llenado de bolsas plásticas con una capacidad de 18 kg, después de un riego se procedió a la siembra una semilla por sitio, todos los riegos fueron realizados con agua destilada de acuerdo a las necesidades hídricas presentadas en cada etapa fenológica. La preparación soluciones con tratamientos de dosis de ácido húmico y sulfato de zinc se hicieron: T1 solo agua destilada (AD); T2 50 mL AH/L de AD; T3 50 mL AH + 50 g de sulfato de Zinc/L de AD; y T4 50 g de sulfato de zinc/L de AD; posteriormente a los 10 días, de cada solución se aplicó 0,5 L de solución/planta de acuerdo con los tratamientos correspondientes. Adicional se aplicó fertilizante urea a los 20 y 40 días de edad del cultivo, en dosis de 4 gplanta⁻¹ en cada aplicación.

Se analizaron variables agronómicas como altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas/planta, número de capítulos y porcentaje de materia seca. Para la cuantificación de Cadmio y Zinc en suelo y tejidos se utilizó espectroscopia de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Como método de extracción en el suelo (semitotal), se utilizó agua regia (HNO₃-HCl) reacción 3:1. El análisis de tejidos, se analizó por separado toda la biomasa aérea y radicular de la planta (75 días de edad del cultivo), la cuantificación se llevó a cabo utilizando ácido nítrico-perclórico (HNO₃-HClO₄) relación 4:1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

El análisis de la varianza para las variables altura de planta tomada a los 45 días de edad del cultivo, diámetro del tallo, número de hojas por plantas presentaron valores no significativos, es decir, estas características fenotípicas no se vieron afectadas por tratamientos estudiados. Con la variable número de capítulos se obtuvo un valor significativo, Los tratamientos donde se aplicaron ácidos húmicos, ácidos húmicos + sulfato de zinc y solamente sulfato de zinc, presentaron promedios más altos (13,88 y 13,25 capítulos planta⁻¹), con relación cuando no se aplica Zinc (tratamiento testigo 9,13 capítulos planta⁻¹) (Tabla 2), lo que equivale a un mayor rendimiento tal como lo sostienen Ferraris et al. (2019), en su trabajo sobre fertilización con Zn y B en el cultivo de girasol.

Tabla 2.

Promedio de cuatro variables agronómicas en la variedad de girasol Lemon Queen obtenidas al termino del experimento.

Tratamientos	AP (cm)	DT (cm)	NHP	NCP
Suelo	133 ^{N.S.}	2,00 ^{N.S.}	35,31 ^{N.S.}	9,13 b ^{1/}
Suelo + ÁH	125	2,02	37,56	11,56 ab
Suelo + AH + Zn	125	1,96	34,63	13,88 a
Suelo + Zn	127	1,96	37,00	13,25 a
Media	127	1,99	36.13	11,96
C.V. (%)	9,37	5,77	8,94	15,21

^{1/}. Promedios señalados con las mismas letras no difieren estadísticamente entre sí (Duncan $p > 0,05$); N.S. No Significativo.

AP = Altura de planta; DT = diámetro del tallo; NHP = Número de hojas/planta; NCP = número de capítulos/planta; AH = ácidos húmicos; Zn (Zinc)

Elaboración: Autores.

Análisis químico de suelos

En los resultados del análisis de suelo, se observa que el valor de cadmio en la muestra tomada inicialmente fue de 0,50 mg·kg⁻¹ _siendo un valor permisible_; mientras que, en las muestras tomadas al final del experimento, donde se aplicaron los tratamientos, fueron inferiores con 0,28, 0,15, 0,11 y 0,10 mg·kg⁻¹ para los

tratamientos 1, 2, 3 y 4, respectivamente, todos estos valores fueron inferiores al valor crítico de 2,00 mg·kg⁻¹ reportado por Mite (2010). La concentración de zinc en el suelo al final del experimento con los tratamientos sin y con aplicación de ácido húmico presentaron valores de 66 y 69 mg/kg de Zn, respectivamente, siendo más bajos, en comparación a que cuando se aplicó sulfato de zinc, cuyos valores fluctuaron de 143 a 158 mg·kg⁻¹ sin embargo, estos números se encuentran debajo del nivel crítico (200 mg·kg⁻¹) como metal pesado señalado por Kabata-Pendias y Pendias (1992) (Tabla 3).

Tabla 3

Cuantificación de cadmio y zinc en el suelo utilizado como sustrato antes y después del experimento.

Tratamiento	Cadmio (mg·kg ⁻¹)	Zinc (mg·kg ⁻¹)
<i>Antes del experimento</i>	0,50	-
<i>Después del experimento</i>		
Suelo	0,28	69
Suelo + ácido húmico	0,15	66
Suelo + ácido húmico + zinc	0,11	158
Suelo + zinc.	0,10	143
Nivel crítico (mg kg ⁻¹)	2,00 ^{1/}	200 ^{2/}

^{1/}. Mite (2010); ^{2/}Kabata-Pendias y Pendias (1992).

Elaboración: Autores (2024).

Análisis químico de biomasa aérea y radicular

El porcentaje de materia seca de la biomasa aérea, fueron iguales para los tratamientos 2, 3 y 4, con 9%; mientras que, el tratamiento 1 logró una pequeña diferencia numérica con un peso de 11 %. El análisis químico mostró una mayor concentración cadmio en los tratamientos donde no se aplicó sulfato de Zinc y ácidos húmicos, con 0,20 mg·kg⁻¹, se observa claramente que la planta de girasol por si sola absorbe eficientemente éste elemento (Tabla 4), concordando con lo expresado por Bendezu (2021) que las plantas de girasol por si solas acumulan mayor cantidad de cadmio.

En cuanto a los porcentajes de materia seca en la raíz se observó que estas fueron mayores en comparación con la biomasa aérea con 18, 18, 21 y 15 % para los tratamientos 1,2,3 y 4, respectivamente; el mayor porcentaje de acumulación de materia seca fue para la biomasa radicular con 18%, en tanto que la biomasa aérea presentó un 9% (Tabla 4). La concentración de cadmio, fue mayor en el tratamiento testigo, tanto en la parte aérea y radicular con 0,20 y 0,15 mg·kg⁻¹, respectivamente; tal parece ser que las aplicaciones de ácido húmico y sulfato de zinc al suelo, secuestran al cadmio no permitiendo que este elemento lo absorba la planta en mayor cantidad; lo que por el contrario sería bueno si se quiere contrarrestar la absorción de este elemento en plantaciones establecidas de cacao (Gómez, 2020).

Al comparar en promedio la concentración de cadmio de los tratamientos encontradas en la biomasa foliar (0,17 mg·kg⁻¹) y radicular (0,12 mg·kg⁻¹), la primera presenta numéricamente los mayores valores (Tabla 4); no se midió la cantidad absorbida de cadmio ya que, al contrario, a la concentración, la raíz es la que acumula mayor absorción tal como lo reportan por Reátegui & Reátegui (2018), Quispe (2018) y Valdiviezo et al. (2005); sin embargo, Clemente et al. (2021) encontró biomasa radicular y aérea concentraciones de 39,1 mg·kg⁻¹ y 12 mg·kg⁻¹, respectivamente; siendo mayor en la raíz, esto debido a que el suelo empleado en el experimento sobrepasó el nivel crítico y se adicionó además 20 mg·kg⁻¹ de cadmio.

Tabla 4.

Porcentaje de materia seca y concentración de Cadmio y Zinc, en las biombras aérea y radicular obtenidas en la variedad girasol Lemon Queen.

Tratamientos	Materia seca (%)	Concentración de cadmio (mg·kg ⁻¹)	Concentración de Zinc (mg·kg ⁻¹)
<i>Biomasa aérea</i>			
Suelo	11	0,20	39
Suelo + ácido húmico	9	0,19	62
Suelo + ácido húmico + zinc	9	0,16	78
Suelo + zinc	9	0,14	113
Promedio	9,5	0,17	73
<i>Biomasa radicular</i>			
Suelo	18	0,15	17
Suelo + ácido húmico	18	0,13	31

Suelo + ácido húmico +zinc	21	0,11	102
Suelo + zinc	15	0,09	98
Promedio	18	0,12	62

Elaboración: Autores.

Por otra parte, al analizar el promedio de la concentración de Zinc como enmienda, se encontró en la biomasa foliar $73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ y en la biomasa radical de $62 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, en las dos partes de la planta se observó cantidades más altas de este elemento encontrándose dentro del rango de $78\text{-}103 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los tratamientos donde estuvo presente el Zinc producto de su aplicación como precursor (Tabla 4), sin embargo, el cultivo no presentó ningún síntoma de toxicidad visible.

CONCLUSIÓN

Agronómicamente, solo hubo efecto a la aplicación en la variable número de capítulos con los tratamientos 2 (ácido húmico), 3 (ácido húmico + sulfato de Zinc) y 4 (sulfato de Zinc). Al final del experimento, el suelo presentó menor concentración de cadmio en todos los tratamientos en comparación con el valor determinado antes del experimento; el Zinc se presentó en el suelo en mayor cantidad en los tratamientos donde aplicó el sulfato de Zinc como impulsor. En el análisis de tejidos de las biomásas aérea y foliar las concentraciones de Cadmio fueron prácticamente iguales con pequeñas diferencias numéricas, con menores concentraciones en los tratamientos donde se aplicó sulfato de zinc (T4 y T5), Igualmente, la concentración de zinc tanto en la biomasa aérea y foliar tuvo mayores valores donde se aplicó este tratamiento impulsor con base se sulfato de zinc (T4 y T5). La fitorremediación usando plantas de girasol no necesita de impulsores que ayuden o mejoren la concentración y absorción de cadmio, el uso de ácidos húmicos y sulfato de zinc en las dosis aplicadas en este experimento más bien obstaculizan la absorción de cadmio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agriculturers. (2015). *La fitorremediación: plantas para tratar la contaminación ambiental.* <https://agriculturers.com/la-fitorremediacion-plantas-para-tratar-la-contaminacion-ambiental/>.

- Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria [EFSA]. (2012). *Efectos del cadmio en la salud humana*. <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/cadmio/>.
- Bendezú, S. (2021). *Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitoremediación con Helianthus annuus y Medicago sativa, Lima-Perú*. [Tesis de grado, Universidad César Ballejo].
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/84275/Bendez%C3%BA_BSA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bravo, I., Arboleda, C., & Martín, F. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, 63 (2), 164-174:
<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v63n2/v63n2a09.pdf>.
- Cámara de Industrias y Producción [CIP]. (2009). Norma técnica del suelo. <https://www.cip.org.ec/attachments/article/1357/NORMA%20SUELO.pdf>
- Carrillo-González, R., Cruz-Díaz, J. & Cajuste, L. (2003). Interacción Zn-Cd en el suelo y maíz. *Terra Latinoamericana*. 21(1) 31-40.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/terra-latinoamericana-edo-de-mex/articulo/interaccion-zn-cd-en-el-suelo-y-maiz>
- Clemente Huachen, J. P., Medina Contreras, J., Pfuño, J. D. L., Pariona Aguilar, L. A., & Gutiérrez Vilchez, P. P. (2021). Fitorremediación en suelos contaminados con Cd usando girasol (*Helianthus annuus* L. var. Sunbright). *Acta Agronómica*, 70(2), 163-170.
<http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v70n2/0120-2812-acag-70-02-163.pdf>
- Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002.
- Ferraris, G. N., Domínguez, M., & González, J. H. (2019). Tratamientos de fertilización con zinc y boro mediante la impregnación de fuentes nitrogenadas en girasol. *INTA EEA-Pergamino*; 10(40).
https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/6078/INTA_CRBsAsNorte_EEAPergamino_Ferraris_Gustavo_Tratamientos_de_fe

rtilizacion_con_zinc_y_boro_mediante_la_impregnacion_de_fuentes_nitrogen
adas_en_girasol.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Florida Rofner, N. (2021). Revisión sobre límites máximos de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.). *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 117-130.
- Gómez, Y. (2020). *Estudio comparativo del sulfato de zinc edáfico para reducir la presencia de cadmio en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Naranjito*. [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20ARIAS%20YADIRA%20MARCY.pdf>.
- Kabata-Pendias, A. y H. Pendias (1992). *Trace elements in soils and plants. 2a edition*. CRC Press, Inc. Boca Ratón, Florida, USA.
- K+S Minerals and Agriculture (2023, s/m). Zinc (Zn). El Zinc en el suelo. K+S Minerals and Agriculture.
<https://www.ks-iberia.com/es-es/agricultura/kali-academy/nutrientes/es-zinc/>
- López, S., Gallegos, M., Pérez, L., & Gutiérrez, M. (2005). Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas y xenobióticas. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*, 21 (2), 91-100:
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v21n2/0188-4999-rica-21-02-91.pdf>.
- Macías, V., & Alcívar, G. (2021). *Mecanismos de promoción para la exportación de cacao orgánico ecuatoriano a Emiratos Árabes Unidos–Dubái*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56823>.
- Mite, F., Carrillo, M., & Durango, W. (2010, November). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. In *XII congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo* (Vol. 1, pp. 1-21).
- Nieto, S., Pacheco, S., Galán, C., & Páez, M. (2011). Estudio de las Interacciones Ácido Húmico-Metales Pesados y Determinación de sus Constantes de Estabilidad por Electroforesis Capilar. *Información Tecnológica*, 22(3), 45-54:
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n3/art07.pdf>.
- Nina Az–Estudio. (2021). Pedro Carbo (Ciudad). [https://www.wiki.es-es.nina.az/Pedro_Carbo_\(ciudad\).html](https://www.wiki.es-es.nina.az/Pedro_Carbo_(ciudad).html)

- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1995). *Guías para la calidad del agua potable (2da ed., Vol. 1)*. ISBN.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/37736/9243544608-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Quispe, S. (2018). Capacidad del girasol (*Helianthus annuus* L.) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado, Puno. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*, 7(1), 393-401:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7616676>.
- Reátegui, L., & Reátegui, C. (2018). *Capacidad de absorción del Helianthus annuus en suelos agrícolas contaminados con cadmio*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Callao - Perú].
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/3341/Rea%20tegui%20y%20Reategui_tesis_2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Valdiviezo, F., Sandoval, M., Carrillo, R., Alcantar, G., & Santizo, J. (2005). *Absorción y transporte de cadmio y níquel en tomate*. Conferencia VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Zapata, A. (2022). *Caracterización química y Biológica del suelo en sistemas agroforestales con cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Yaguachi provincia del Guayas*. [Trabajo de Titulación, Universidad de Guayaquil].

Conflicto de intereses

El autor indica que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

