

**Heavy metal content in soils and cocoa beans from conventionally managed farms in the province of Manabí.**  
**Contenido de metales pesados en suelos cultivados de cacao de fincas con manejo convencional de la provincia de Manabí**

**Autores:**

Navia-Bermello, Roberto Xavier.  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Maestría en Agronomía  
Mención Producción Agrícola Sostenible de la Facultad de Posgrado.  
Chone-Ecuador



[rnavia1306@utm.edu.ec](mailto:rnavia1306@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0009-0006-9745-2389>

Intriago-Flor, Frank Guillermo  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Doctor en Ciencias Agrarias  
Docente Tutor del programa de Maestría en Agroindustrias  
Chone-Ecuador



[frank.intriago@utm.edu.ec](mailto:frank.intriago@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-0377-1930>

Dueñas-Rivadeneira, Juan Pablo  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Docente investigador de la Facultad de Agrociencias  
Estudiante del programa de doctorado en Ciencias Agropecuarias  
Chone-Ecuador



[pablo.duenas@utm.edu.ec](mailto:pablo.duenas@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-7673-089X>

Fechas de recepción: 16-MAR-2025 aceptación: 16-ABR-2025 publicación: 30-JUN-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigador.com/>



## Resumen

La producción de cacao representa un rubro de gran importancia en la provincia de Manabí. El objetivo de evaluar el contenido de metales pesados en suelos de fincas cacaoteras con manejo convencional de la Provincia de Manabí. La investigación se desarrolló mediante un diseño de tipo experimental descriptivo debido a que se efectuó una caracterización de la presencia de metales pesados (Plomo, Cadmio, Níquel) y % cenizas en fincas cultivadas de cacao de la variedad de cacao fino de aroma y CCN51, con una edad superior a cinco años. Se efectuó una selección de las muestras de cacao mediante muestreo aleatorio y posteriormente se procedió a homogenizar las muestras de cada finca las cuales fueron colocadas en fundas ziploc para el análisis de laboratorio. Los resultados de la investigación mostraron que el contenido los valores de Plomo y Níquel obtuvieron como resultados valores de 1,35 a 10,17 mg/kg los cuales están dentro de las normativas nacionales e internacionales. El contenido de Cadmio en los suelos de las fincas analizadas arrojó valores superiores a los permitido por las normativas ambientales con 0,82 mg/kg. De la misma manera, se observó que el porcentaje de ceniza en las muestras analizadas fue de 62,89%. Se concluye que el Cadmio se mostró en niveles fuera de los rangos permitidos, considerándose un potencial riesgo para la población y para las futuras exportaciones del grano de cacao.

**Palabras clave:** manejo convencional; metales pesados; suelos agrícolas



## Abstract

Cocoa production is a very important crop in the province of Manabí. The objective of this study was to evaluate the content of heavy metals in soils of cocoa farms with conventional management in the province of Manabi. The research was developed through a descriptive experimental design because a characterization of the presence of heavy metals (Lead, Cadmium, Nickel) and % ashes in cocoa farms cultivated with cocoa of the fine aroma cocoa variety and CCN51, with an age of more than five years. The cocoa samples were selected by random sampling and then the samples from each farm were homogenized and placed in ziploc bags for laboratory analysis. The results of the investigation showed that the Lead and Nickel content values were between 1.35 and 10.17 mg/kg, which are within national and international standards. The Cadmium content in the soils of the farms analyzed showed values higher than those allowed by environmental regulations with 0.82 mg/kg. Likewise, it was observed that the percentage of ash in the samples analyzed was 62.89%. It is concluded that the levels of Cadmium were outside the permitted ranges, being considered a potential risk for the population and for future exports of cocoa beans.

**Key words:** conventional management, heavy metals, agricultural soils



## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo perteneciente a la familia Malvaceae con gran importancia en la economía de diferentes familias dedicadas al cultivo, cosecha, comercio y procesamiento de los granos de cacao localizadas en regiones de América Latina y África (García y Guzmán, 2022). Sus primeros orígenes han sido documentados en Centroamérica, donde grupos culturales entre los que se encuentran Olmecas, Mayas y Aztecas lo domesticaron y utilizaron en la elaboración de diferentes bebidas utilizadas habitualmente en diferentes ceremonias religiosas, siendo considerado como un grano simbólico de estos grupos culturales (Muñoz y Yáñez, 2021).

La mayor producción de cacao se centra en África donde Costa de Marfil y Ghana representan aproximadamente el 70% de la producción mundial. En este mismo sentido, el Ecuador ocupa el tercer lugar entre los principales productores, siendo representativa la producción del cacao fino de aroma con el 63% de la producción mundial (Erazo, 2024). El Ecuador la producción de cacao se encuentra representada por las variedades cacao Nacional Arriba (fino) y CCN51 (corriente), las cuales se cultivan principalmente en las provincias localizadas en las costas ecuatorianas, específicamente en lugares donde predominan los climas subtropicales (Cedeño y Dilas, 2022).

Los reportes de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ([ESPAC], 2024), la superficie con plantaciones de cacao representa el 42% de los cultivos desarrollados en el territorio ecuatoriano con una superficie cultivada de 1,3 millones de hectáreas dedicadas a esta actividad. Dentro de este enfoque la provincia de Manabí ocupa el segundo lugar en producción con el 19% con rendimiento por hectárea de 0,7 Tm/ha y un rendimiento de 66 mil Tm.

La importancia de la producción de cacao destaca por su importante aporte de compuestos bioactivos como fenoles, flavonoides, alcaloides (teobromina y cafeína) los cuales han sido reconocidos por sus diferentes propiedades funcionales que ha generado un importante interés por industrias relacionadas con la nutrición y la salud (Rojo-Poveda et al., 2021; Bacca-Villota et al., 2023), considerando que entre sus principales propiedades destaca la capacidad antioxidante, antiinflamatorias y efectos cardioprotectores (Vargas, 2023).



Durante los últimos se ha reportado la incidencia de diferentes factores que han afectado la producción y comercialización a nivel mundial, muchos de ellos relacionados con los cambios climático, la presencia de diferentes enfermedades, problemas de sequias y eventos excesivos de lluvias en diferentes regiones del mundo (García-Briones et al., 2021). De la misma manera la incidencia de los metales pesados como el Cadmio, Plomo, Níquel y Arsénico en los granos de cacao ha generado una importante preocupación por diferentes países importadores, debido a los potenciales riesgos de estos elementos químicos en la salud (Luna-Pacompea et al., 2022), y que derivan principalmente de las actividades agrícolas relacionadas con el uso de fertilizantes y pesticidas de origen sintético (Rosales-huamaní et al., 2021).

En la actualidad la Unión Europea dentro de sus regulaciones para el contenido de Cadmio en Chocolate y productos derivados del cacao especifica un máximo de 0,8 mg/kg, siendo este un elemento de preocupación para los diferentes productores del Ecuador (Santander et al., 2021). Por lo tanto, la investigación se desarrolló con el objetivo evaluar el contenido de metales pesados en suelos de fincas cacaoteras con manejo convencional de la Provincia de Manabí.

## **Material y métodos**

### **Localización de la investigación**

La investigación se desarrolló en el cantón Chone, provincia Manabí, el cual se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo y seco. Las temperaturas anuales promedios anuales oscilan entre 24 a 32°C, con una pluviosidad de 1.000 y 1.500 mm. El cantón cuenta con una humedad relativa del 87% (Muñoz y Vera, 2023).

### **Tipo de investigación**

La investigación se desarrolló mediante un diseño de tipo experimental descriptivo debido a que se efectuó una caracterización de la presencia de metales pesados y presencia de cenizas en fincas cultivadas de cacao con la aplicación de prácticas agrícolas convencionales. Previo a la elección de la finca se estableció como criterio de selección un área representativa dedicada al cultivo de cacao (cacao fino de aroma y CCN51), con al menos una edad de cinco años y con la respectiva autorización de los propietarios previo al respectivo ingreso para la recolección de las muestras.



## Recolección de las muestras

Para efectos del presente estudio se recolectaron las muestras de 5 fincas localizadas en el cantón Chone, de la provincia de Manabí, las cuales se encuentran ubicadas con las siguientes coordenadas.

**Tabla 1.**  
Localización de las fincas

Fincas	Latitud	Longitud
F1	0°37'49"S	80°02'17"W
F2	0°37'41.3"S	80°02'22.6"W
F3	0°40'02.1"S	80°02'26.8"W
F4	0°39'54.1"S	80°01'31.1"W
F5	0°39'46.4"S	80°00'43.4"W

Nota: la tabla muestra las coordenadas de ubicación de las fincas donde se desarrolló el muestreo del suelo.

Las muestras se recolectaron en el lado de las raíces adsorbentes, considerando una distancia de 25 cm desde la base del tronco hasta la distancia donde se proyecta el centro de la copa del árbol de acuerdo con la metodología descrita por Furcal y Torres (2020). La recolección de las muestras se efectuó a una profundidad de 20 cm mediante la utilización de un barreno tipo holandés. En cada finca se tomaron cinco muestras las cuales fueron homogenizadas en un recipiente plástico y posteriormente almacenadas en fundas ziploc con autocierre previamente rotuladas, las cuales conformaban una unidad por cada finca analizada.

## Análisis de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Multianalytica S.A. de la ciudad de Quito donde se procesaron de acuerdo con los protocolos del laboratorio posterior a la recepción. En cada finca se analizó los siguientes parámetros:

- **Plomo:** se desarrolló mediante la metodología EPA 7000 B, Modificado/Absorción Atómica.
- **Cadmio:** se determinó mediante la metodología SM, Ed. 24, 2023, 3111B-Cd/ AAS llama aire C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>



- **Níquel:** se determinó mediante la metodología EPA 7000 B, Modificado/Absorción Atómica.
- **Ceniza:** se determinó mediante la metodología AOAC 923.03/ Gravimetría, directo.

### Análisis estadístico

El análisis de los datos se desarrolló mediante la utilización del programa estadístico Minitab 18.1. Los resultados fueron representados considerando la media, desviación estándar y coeficiente de variación.

## Resultados

Se efectuó la evaluación química para la determinación de metales pesados en las muestras del suelo de fincas productoras de cacao de donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 2.**

Caracterización de la presencia de metales

Parámetro	Plomo (Pb)	Cadmio (Cd)	Níquel (Ni)	Ceniza
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%
Promedio	1,35	0,82	10,17	62,89
D.E.	0,32	0,17	0,93	6,11
C.V.	23,26	20,84	9,1	9,71
Rango natural*	2-200	0,01—0,70	10-100	-

Nota: la tabla muestra los resultados promedios de las evaluaciones efectuadas en las fincas localizadas en el cantón Chone, Manabí. \*: rangos de valores normales de por Loyde et al. (2022) adaptado de Nieder et al. (2018).

Los resultados del análisis de contenido de Pb en las fincas de cacao arrojaron un promedio de 1,35 mg/kg, con una desviación estándar de 0,32 mg/kg, que deriva de la variabilidad encontrada entre las fincas con relación a la presencia de este metal, relacionado con las diferencias entre las prácticas agrícolas aplicadas en manejo del cultivo de cacao.

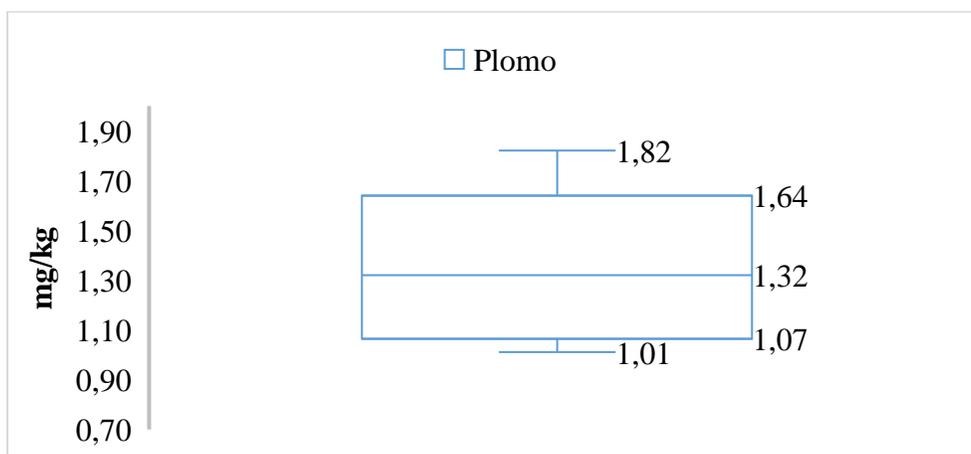
Por otra parte al analizar la presencia de Cd, se obtuvo como resultados una concentración de este metal de 0,82 mg/kg con 0,17 mg/kg de desviación estándar entre las muestras analizadas en las fincas.

El análisis de concentración de Ni en las muestras de suelo mostró superioridad entre los metales analizados, el cual obtuvo un promedio de 10,17 mg/kg con una desviación estándar de 0,93 mg/kg.

Por su parte al analizar el contenido de ceniza para las fincas productoras de cacao con manejo convencional reporto un promedio de 62,89% con una desviación estándar de 6,11, que deriva de la presencia del material inorgánico en las muestras analizadas.

**Figura 1.**

Determinación del contenido Plomo en suelo de fincas productoras de cacao en el cantón Chone, Manabí.

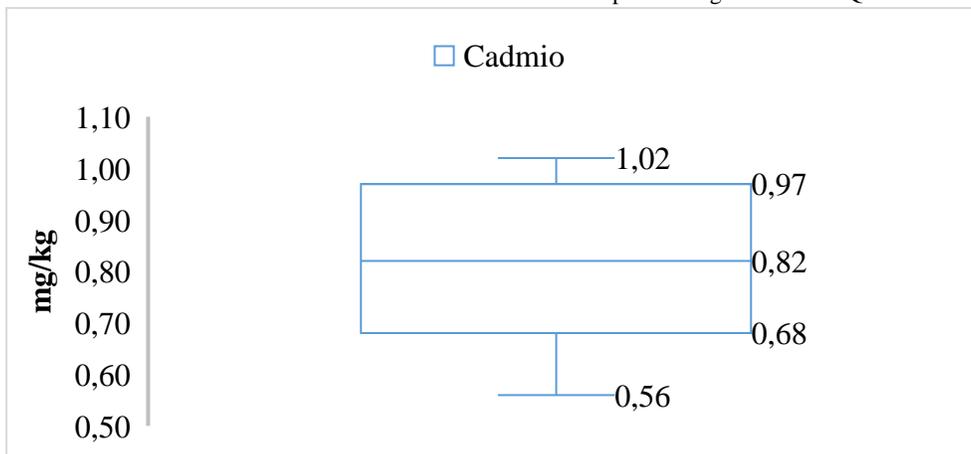


Fuente: los autores.

Los resultados para el contenido de plomo en referencia a los valores obtenido para las fincas muestran que los datos se centran principalmente entre 1,07 a 1,64 mg/kg de material analizado, con una mediana de 1,32 mg/kg dentro de los valores encontrados en la caja. De la misma manera se puede apreciar que los resultados del estudio muestran variaciones cercanas a la caja con valores de 1,01 y 1,82 mg/kg.

**Figura 2.**

Determinación del contenido Cadmio en suelo de fincas productoras de cacao en el cantón Chone, Manabí.

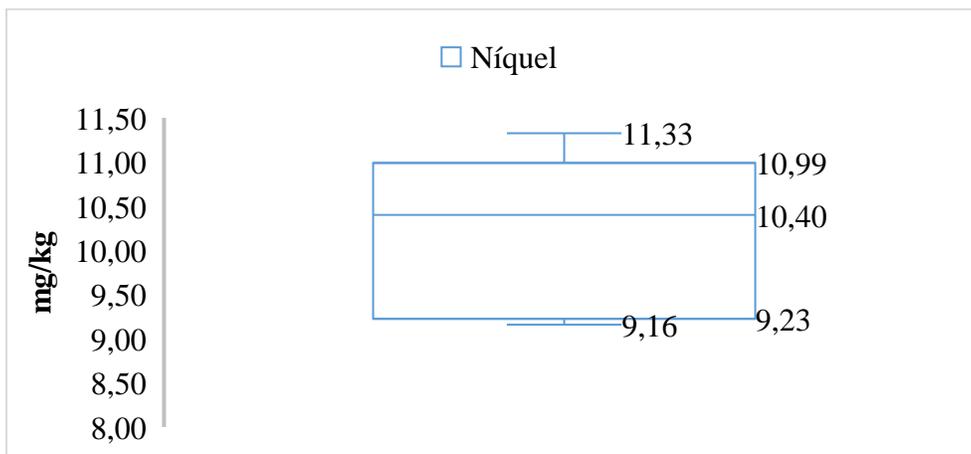


Fuente: los autores

De acuerdo con el diagrama de cajas para el contenido de Pb en las muestras analizadas del suelo en fincas productoras de cacao se encontró una presencia de Cadmio, donde los datos se centraron entre 0,68 a 0,97 mg/kg, con un valor central de 0,82 mg/kg. Los valores mínimos y máximos reportados en los bigotes indica una variabilidad que osciló de 0,56 mg/kg y 1,02 mg/kg, respectivamente.

**Figura 3.**

Determinación del contenido Níquel en suelo de fincas productoras de cacao en el cantón Chone, Manabí.



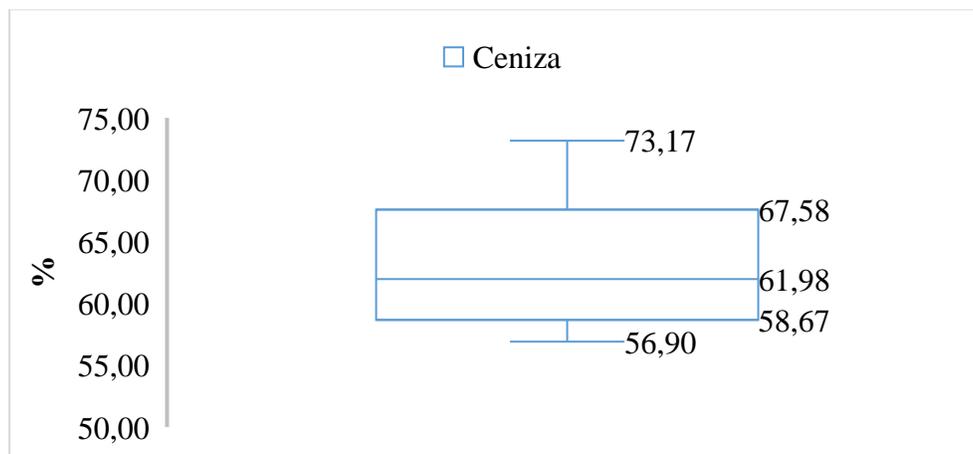
Fuente: los autores

Los valores del contenido de Níquel para las muestras de suelo cultivado con cacao indican que los promedios reportados entre las fincas oscilaron entre 9,23 y 10,99 mg/kg dentro del diagrama de cajas, con un valor de mediana de 10,40 mg/kg. De la misma manera se puede

apreciar que los valores encontrados en los límites inferior y superior muestran valores de 9,16 y 11,33 mg/kg, respectivamente para cada uno de los casos.

**Figura 4.**

Determinación del contenido de ceniza en suelo de fincas productoras de cacao en el cantón Chone, Manabí.



Fuente: los autores

El análisis del contenido de ceniza para las muestras de suelo de cacao indica que el valor de la mediana 61,98%, de la misma manera se puede apreciar que en el rango de los cuartiles muestran un promedio de 58,77 % a 66,47 %. De la misma manera se puede apreciar que los valores muestran que una de las fincas obtuvo un mayor contenido de cenizas con un 73,13 % relacionada con la diferencia en la composición del material analizado.

## Discusión

Como se evidenció en los resultados del contenido de plomo en las muestras de suelo se puede apreciar que los resultados se encuentran dentro de los valores permisibles reportados por Loyde et al. (2022), el cual especifica que en forma natural este metal se encuentra en un rango de 2 a 200 mg/kg, sin embargo, los valores pueden ser modificados por actividades antropogénicas relacionadas con la minería y la utilización de fertilizantes (Suntasig et al., 2024).

La legislación ecuatoriana dentro de la norma calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados de uso agrícola documenta un máximo de 100 mg/kg en peso seco. De la misma manera, los valores reportados en cuanto a la presencia de

este metal pesado son inferiores a los reportados por Mantilla (2023), al analizar el contenido de metales pesados en suelo cultivados de cacao, donde se reporta 12,69 mg/kg en suelos sin tratamiento orgánico, a diferencia de suelos con tratamiento orgánico donde reporta un promedio de 10,07 mg/kg.

En este sentido, se debe considerar que el contenido de plomo ha estado vinculado con problemas en la salud debido a la toxicidad y la capacidad de acumularse en el organismo (Robles, 2024), sin embargo, debe considerarse que las plantaciones de cacao tienen la capacidad de adsorber este tipo de compuestos químicos, lo que en consecuencia puede ser considerado un riesgo para la salud humana (Mendoza-López et al, 2021). A su vez, la presencia de este indicador puede afectar la calidad de productos finales derivados del cacao donde las especificaciones técnicas de la norma NTE INEN 621 (2010), describen un máximo de 1 mg/kg. De la misma manera, los estudios de Chila-Pallaroso et al. (2025), al evaluar la composición química de un producto elaborado a base de cacao proveniente del cantón Chone reportaron valores que oscilaron entre 1,70 a 4,95 mg/kg, lo que demuestra una importante incidencia de los suelos contaminados con este metal en cultivos de cacao.

En referencia a los resultados del contenido de Cd reportado para las fincas, se identificó que los valores reportados se encuentran fuera de los rangos naturales descritos por Loyde et al. (2022), donde especifican un rango de 0,02 a 0,70 mg/kg. Santander et al. (2021), al efectuar una evaluación de la composición química de suelos cultivados con cacao en zonas de Perú documentan valores de Cd que oscilaron entre 0,25 a 0,85 mg/kg, con variabilidad entre las muestras de suelo analizadas.

De la misma manera Scaccabarozzi et al. (2020), documenta valores de Cd que oscilaron entre 1,1 a 3,2 mg/kg, los cuales superan los rangos establecidos por instituciones relacionadas con la salud, sin embargo, los resultados de nuestra investigación son inferiores a los reportados en otros países. En este sentido, Espinoza-Echeverría et al. (2023), en investigaciones desarrolladas en la provincia de Esmeraldas reportan valores de Cd de 0,06 a 0,15 mg/kg, encontrándose dentro de los valores referidos por la legislación ecuatoriana donde se especifica un máximo de 0,50 mg/kg. Por su parte Arias et al. (2022), al analizar la composición química del suelo determinaron una concentración de 0,41 mg/kg de cadmio, siendo estos inferiores a los reportados en esta investigación.



En este sentido, es conocido que el cadmio ha sido considerado como un metal tóxico con un efecto potencialmente negativo sobre la salud, considerando los diferentes efectos toxicológicos y ambientales, relacionados con la capacidad de bioacumularse (Chancay et al., 2022). De la misma manera, los resultados expuestos en este estudio indican que las prácticas agrícolas convencionales influyen significativamente sobre la presencia de este indicador debido a la utilización de fertilizantes y agroquímicos que en muchos casos contienen trazas de Cd (Álvarez et al., 2021).

A su vez, se debe destacar que la incidencia de este metal pesado tiene repercusiones negativas sobre la comercialización del grano de cacao en diferentes países del mundo. En el caso del Reglamento (UE) 488/2014 de la Unión Europea (UE) las restricciones indican un nivel permisible de 0,80 mg/kg. En este sentido, las investigaciones desarrolladas en el medio donde ha utilizado granos de cacao documentan valores de 0,02 a 0,03 mg/kg de Cd (Palma et al. (2021), con valores que cumplen con los criterios de la normativa INEN 621 (2010). De la misma manera, Aizprúa et al. (2024) utilizando granos de cacao del cantón Chone documenta valores de 0,53 a 0,70 mg/kg, sin embargo, frente a este panorama se debe destacar la incidencia de este metal pesado dentro de las plantaciones el mismo que puede aumentar considerablemente en los granos de cacao, debido a la capacidad de absorción que tiene las plantas de cacao para absorber este metal en el suelo (Intriago et al., 2019).

El análisis del contenido de Níquel arrojó que los valores se mostraron al valor mínimo descrito por Loyde et al. (2022), el cual especifica que de forma natural este valor puede oscilar entre 10 a 100 mg/kg, sin embargo, puede ser incidido por factores antropogénicos como el riego con aguas residuales y combustión del carbón, que puede afectar considerablemente al encontrarse en elevadas cantidades, especialmente si se trata de suelos con uso agrícola. A su vez se destaca que de acuerdo con la normativa ambiental de Ecuador para uso de suelo agrícola este indicador está dentro de los parámetros donde se especifica un máximo de 50 mg/kg.

Por otra parte, los valores del contenido de cenizas muestran una alta concentración de este tipo de compuestos que pueden tener implicaciones negativas sobre la biodiversidad microbiana del suelo, lo que a su vez modifica las condiciones de pH en el suelo (Marcillo y Solórzano, 2024). Los criterios de Amagandí et al. (2023), indican que la presencia de



minerales está compuesta de elementos como Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Fósforo (P), Hierro (Fe), entre otros minerales. No obstante, los criterios de manifiestan que la presencia de cenizas deriva de actividades relacionadas con la quema de los residuos vegetales (Odzijewicz et al., 2022) y el producto de la descomposición de hojas, cáscaras de cacao y otros restos vegetales presentes dentro de las plantaciones de cacao (Ferry et al., 2022).

### Conclusiones

El análisis de los metales pesados en suelos cultivados de cacao muestra que de los compuestos químicos analizados, la presencia de Cadmio se mostró superior a los valores establecidos por las normativas locales e internacionales, relacionado al uso no controlado de fertilizantes fosfatados y pesticidas sintéticos, los cuales pueden ser absorbidos por las plantas de cacao, representando riesgos para la salud humana.

### Referencias bibliográficas

- Aizprua, J., Intriago, F., y Vásquez, L. (2024). Contenido de Cadmio en el proceso de elaboración de pasta de cacao. *Revista Multidisciplinaria De Desarrollo Agropecuario, Tecnológico, Empresarial Y Humanista.*, 6(2), 1-5. <https://doi.org/10.61236/dateh.v6i2.863>
- Álvarez, L., Guillin, M., y Rodríguez, D. (2021). Análisis de los efectos que produce la presencia del cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). *Ingeniería e Innovación*, 9(2). 1-14. <https://doi.org/10.21897/23460466.2723>
- Amagandi, O., Román, F., Díaz, B., y Ruiz, C. (2023). Nutrientes minerales y su relación suelo-planta-animal en praderas de Bolívar-Guaranda-Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(1), e166-e166. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e166>
- Arias, K., Arévalo, O., y Mero, M. (2022). Cuantificación de cadmio en suelos de cultivo de cacao en el cantón Arenillas, provincia de el Oro, Ecuador. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 16(1). 303-315. <https://revistas.ug.edu.ec/index.php/cna/article/view/1489/3576>



- Bacca-Villota, P., Acuña-García, L., Sierra-Guevara, L., Cano, H., & Hidalgo, W. (2023). Análisis metabólico no dirigido para estudiar diferencias en granos de cacao colombianos de alta calidad. *Moléculas*, 28 (11), 4467. <https://doi.org/10.3390/molecules28114467>
- Cedeño, E., y Dilas, J. (2022). Producción y exportación del cacao ecuatoriano y el potencial del cacao fino de aroma. *Qantu Yachay*, 2(1), 08-15. <https://doi.org/10.54942/qantuyachay.v2i1.17>
- Chanchay, L., Delgado, M., y Salas, C. (2022). Cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y sus efectos ambientales. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. 91-110. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i0.4324](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.4324)
- Chila-Pallaroso, S. N., Intriago-Giler, G. M., & Intriago-Flor, F. G. (2025). Evaluación de las características físico-químicas y antioxidantes de una crema de cacao (*Theobroma cacao* L.). *MQR Investigator*, 9(1), e396-e396. <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ([ESPAC], 2024). Cultivos perennes. Cacao. INEC. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/2023/Principales\\_resultados\\_ESPAC\\_2023.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf)
- Erazo, C. (2024). Influencia del procesado sobre el perfil volátil y su impacto en la calidad de variedades comerciales de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedentes de Ecuador. [Tesis de doctorado, Universidad de Córdoba]. <https://helvia.uco.es/handle/10396/32253>
- Espinoza-Echeverría, E., Canchingre-Bone, M. E., de Lourdes Andrade-Benalcázar, D., & Serrano-Guerrero, F. (2023). Presence of cadmium in cocoa (*Theobroma cacao* L.) soils in the province of Esmeraldas-Ecuador. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 4(2), e23024-e23024. <https://doi.org/10.51798/sijis.v4i2.682>
- Ferry, Y., Herman, M., Tarigan, E. B., & Pranowo, D. (2022). Improvements of soil quality and cocoa productivity with agricultural waste biochar. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 974(1).012045. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/974/1/012045/meta>



- Furcal, P., y Torres J. L. (2020). Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L. en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 33(1), 122-137. <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>
- García, V., y Guzmán, Á. (2022). Incidencia de agentes polinizadores sobre la fecundación de la flor del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista ESPAMCIENCIA*, 13(2), 1-12. [https://doi.org/10.51260/revista\\_espamciencia.v13i2.343](https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v13i2.343)
- García-Briones, A. R., Pico-Pico, B. F., & Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Revista Digital Novasinerгия*, 4(2), 152-172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Intriago, F., Talledo, M., Cuenca, G., Macías, J., Álvarez, J., y Menjívar, J. (2019). Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) durante el proceso de beneficiado. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(26), 17-23.
- Legislación ecuatoriana dentro de la norma calidad ambiental (s.f). Norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. [https://www.efficacitas.com/efficacitas\\_es/assets/Anexo%202.pdf](https://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Anexo%202.pdf)
- Loyde De La Cruz, L. A., González Méndez, B., Cruz Avalos, A. M., & Loredó Portales, R. (2022). Suelos agrícolas y metales pesados, una relación tóxica que se puede remediar. *Epistemus* (Sonora), 16(33), 93-98. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.228>
- Luna-Pacompea, N., Juárez-Laguna, F., Jaén-Rodríguez, C., Alvaríño, L., & Iannaccone, J. (2022). Metales pesados e imposex en *Thaisella* chocolate (Gasteropoda: Muricidae) en Matarani, Arequipa, Perú. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 33(5). e23793. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v33i5.23793>.
- Mantilla Calero, F. C. (2024). *Evaluación de la concentración de cadmio y plomo presente en el suelo y diferentes partes de la planta de cacao nacional (Theobroma cacao L), y su movilidad en el sistema suelo-planta con la aplicación de Bocashi*. [Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/25707/1/CD%2014340.pdf>



- Marcillo, P., & Solórzano, D. (2024). *Efecto del biochar a base de cáscara de cacao en la restauración de suelos erosionados en la zona rural, parroquia Calceta*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí]. [https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/2441?utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/2441?utm_source=chatgpt.com)
- Mendoza-López, L., Mostacero-León, J., López-Medina, S., Gil-Rivero, A., De La Cruz-Castillo, A., & Villena-Zapata, L. (2021). Cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao* L." cacao" en la región San Martín (Lamas), Perú. *Manglar*, 18(2), 169-173. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.022>
- Muñoz, M. y Vera, P. (2023). Caracterización de los tipos de cultivares de cacao existentes en el sitio San Andrés del cantón Chone, 2022. [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4698>
- Muñoz, O., y Yáñez, C. (2021). La gastronomía como extensión del conocimiento. Capítulo 7. Chocolate, un acercamiento a la importancia histórica del cacao en México. Universidad del Caribe. 1ra Ed. 141-158. [https://sedeturqroo.gob.mx/gastronomia/webroot/pdfs/2021-06-21%2018:25:48\\_doc.pdf#page=142](https://sedeturqroo.gob.mx/gastronomia/webroot/pdfs/2021-06-21%2018:25:48_doc.pdf#page=142)
- NTE INEN 621 (2010). Chocolates. Requisitos. Instituto de Ecuatoriano de Normalización. 1ra Ed.
- Odziejewicz, J. I., Wołejko, E., Wydro, U., Wasil, M., & Jabłońska-Trypuć, A. (2022). Utilization of ashes from biomass combustion. *Energies*, 15(24), 9653. <https://doi.org/10.3390/en15249653>
- Palma, H., Intriago, F., Andrade, V. Gorozabel, W., y Zambrano, M. (2021). Determinación de los niveles de cadmio en el beneficio de la almendra de cacao con diferentes concentraciones de salmuera. *Revista Pertinencia Académica*. 5(1), 86-96. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/rpa/article/view/2584/2192>
- Reglamento de la Unión Europea (UE) 488. (2014). contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf>

- Robles, D. (2024). Seguridad alimentaria: Riesgo asociados Metales Pesados sobre la salud humana. *Journal of American Health*, 7(2).1-19. <https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/204/402>
- Rojo-Poveda, O., Ribeiro, SO, Anton-Sales, C., Keymeulen, F., Barbosa-Pereira, L., Delporte, C., ... y Stévigny, C. (2021). Evaluación de la actividad antimicrobiana de la cáscara del grano de cacao: Un ensayo tentativo mediante un enfoque metabolómico para la identificación de compuestos activos. *Planta médica*, 87 (10/11), 841-849. DOI: 10.1055/a-1499-7829
- Rosales-Huamaní, J., Centeno-Rojas, L., Cajacuri-Perez, J., Luis-Breña, J., & Chávez-Chapana, C. (2021). Identificación de cadmio y plomo en los cultivos de cacao ubicados en la zona de Satipo-Junín. *Tecnia*, 31(2), 83-89. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v21i2.1062>
- Santander, W., Garay, R., Verde, C., y Mendieta, O. (2021). Determinación del contenido de cadmio en suelos, frutos, granos fermentados y secos, licor de cacao y chocolate en zonas productoras de la región San Martín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1), 39-49. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.321>
- Scaccabarozzi, D., Castillo, L., Aromatizi, A., Milne, L., Búllon Castillo, A., & Muñoz-Rojas, M. (2020). Soil, site, and management factors affecting cadmium concentrations in cacao-growing soils. *Agronomy*, 10(6), 806. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060806>
- Suntasig, E., Carrera, E., y Manobanda, M. (2024). Impacto de especies forestales en la restauración de suelos de minería: Revisión sistemática. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(11), 21-34. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i11.4197>
- Vargas, C. (2023). Propiedades Anti-Trypanosoma cruzi, Antioxidantes e Inmunomoduladoras In vitro, de Nanoencapsulados de Extractos Polifenólicos de Theobroma cacao. [Tesis de maestría, Universidad de Santander]. <https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/075e32e0-b0ba-4baa-b63d-863e2faf7a8d/content>



**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

Los autores agradecen a los propietarios de las fincas: Finca Don Emilio propietario Ing. Emilio Andrade; Finca Euster propietario Dr. Euster Alcívar; Finca Adelaida propietario Líder Intriago; Finca San José propietario Sr. José Intriago y Finca del Tronquito propietario Carlos Valencia.

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.

