
ANÁLISIS DE CADMIO, PLOMO, NÍQUEL Y ARSÉNICO EN PLANTAS DE CACAO Y DERIVADOS: INDUSTRIA ALIMENTARIA

*Cadmium, lead, nickel and arsenic analysis, in cocoa plants and
cocoa products: Food Industry*

*Análise de cádmio, chumbo, níquel e arsênico em plantas de cacau
e derivados: Indústria alimentícia*

Roberto Ordoñez-Araque^{1,2} , Andre Lopez-Cortez¹ , Francisco Casa-Lopez¹ ,
Edgar Landines-Vera³ , & Esteban Fuentes⁴ 

¹ Facultad de Salud y Bienestar. Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Iberoamericana del Ecuador. Quito-Ecuador. Correo: rordonez@unibe.edu.ec,
andre16_lo@hotmail.com, franciscocasa@hotmail.com

² Escuela de Gastronomía. Universidad de las Américas. Quito-Ecuador. Correo:
Correo: roberto.ordonez@udla.edu.ec

³ Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. Guayaquil-Ecuador.
Correo: edgar.landinesv@ug.edu.ec

⁴ Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB). Universidad Técnica de Ambato (UTA). Ambato-Ecuador. Correo: e.fuentes@uta.edu.ec;
tebanfuentes@gmail.com

Fecha de recepción: 23 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 07 de noviembre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El cacao es una materia prima producida principalmente en varios países de América, África y Asia. El cultivo de cacao es una de las principales actividades socio-económicas, en el Ecuador, siendo el primer exportador de cacao fino de aroma en grano de América. **OBJETIVO.** El presente artículo tiene como objetivo la revisión de investigaciones que analicen la problemática del contenido de cadmio, plomo, arsénico y níquel en los suelos de plantaciones y en productos derivados del cacao. **MÉTODO.** Se realizó una revisión sistemática consultando 18 artículos de las principales bases de datos. **RESULTADOS.** Se encontraron análisis de metales pesados relacionados con el cacao en distintos países del mundo. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** Se ha encontrado que el cultivo de cacao y sus derivados



Ordoñez- Araque, Lopez-Cortéz, Casa-Lopez, Landines-Vera & Fuentes.
Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados:
industria alimentaria.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>

postcosecha pueden tener concentraciones elevadas de cadmio, plomo, níquel y arsénico, la legislación no es lo suficientemente clara y en ciertos casos no se han desarrollado límites para ciertos metales pesados. Trabajar en modelos predictivos para determinar una posible contaminación de metales pesados resulta indispensable para el sector industrial, así como las herramientas de mitigación en campo y producción.

Palabras claves: Metales pesados, contaminación, toxicidad, cacao

ABSTRACT

INTRODUCTION. Cocoa is a raw material produced mainly in several countries in America, Africa and Asia. The cultivation of cocoa is one of the main socio-economic activities in Ecuador, being the first exporter of fine aroma cocoa beans in America. **OBJECTIVE.** The objective of this article is to review research to analyze the problem of cadmium, lead, arsenic and nickel content in plantation soils and in products derived from cocoa. **METHOD.** A systematic review was carried out consulting 18 articles from the main databases. **RESULTS.** Analysis of heavy metals related to cocoa was found in different countries of the world. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** It has been found that the cultivation of cocoa and its post-harvest derivatives can have high concentrations of cadmium, lead, nickel and arsenic, the legislation is not clear enough or there are no limits of heavy metals for this raw material. Working on predictive models to determine a possible heavy metal contamination is essential for the industrial sector, as well as mitigation tools in the field and in production.

Keywords: Heavy metals, pollution, toxicity, cocoa

RESUMO

INTRODUÇÃO. O cacau é uma matéria-prima produzida principalmente em diversos países da América, África e Ásia. O cultivo do cacau é uma das principais atividades socioeconômicas do Equador, sendo o primeiro exportador de grãos de cacau de aroma fino da América. **OBJETIVO.** O objetivo deste artigo é revisar pesquisas para analisar o problema do teor de cádmio, chumbo, arsênio e níquel em solos de plantio e em produtos derivados do cacau. **MÉTODO.** Uma revisão sistemática foi realizada consultando 18 artigos das principais bases de dados. **RESULTADOS.** Análises de metais pesados relacionados ao cacau foram encontradas em diversos países do mundo. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Verificou-se que o cultivo do cacau e seus derivados pós-colheita podem apresentar altas concentrações de cádmio, chumbo, níquel e arsênio, a legislação não é suficientemente clara ou não há limites de metais pesados para esta matéria-prima. Trabalhar em modelos preditivos para determinar possível contaminação por metais pesados é essencial para o setor industrial, assim como ferramentas de mitigação em campo e na produção.

Palavras-chave: Metais pesados, poluição, toxicidade, cacao



Ordoñez- Araque, Lopez-Cortéz, Casa-Lopez, Landines-Vera & Fuentes.
Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados:
industria alimentaria.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>

INTRODUCCIÓN

La acumulación y presencia de metales pesados en los cultivos de cacao es actualmente un problema de gran consideración, el cadmio, plomo, níquel y el arsénico, se encuentran de manera natural en la corteza terrestre, mismos que pueden ser absorbidos por las semillas, las plantas y sus frutos y por lo tanto, ser transferidos hacia el ser humano, esto llama la atención sobre el riesgo considerable que existe para la salud humana, [1], [2] los valores de metales pesados contenidos pueden variar dependiendo de los componentes presentes en el suelo y las diferentes características ambientales [3], [4]. Existen diferentes atributos que influyen en la disponibilidad y movilidad de los metales pesados en el suelo, resaltando algunos como el pH del suelo, la materia orgánica, al igual que el contenido de arcilla, y los óxidos de hierro y magnesio [5].

MÉTODO

Se realizó una revisión bibliográfica en 18 documentos entre libros y bases de datos. Los descriptores utilizados en la búsqueda fueron los siguientes: cacao, contaminación química, plomo, cadmio, arsénico, níquel, cocoa, chocolate, cadmium, nickel, arsenic. La selección de la bibliografía citada tuvo en cuenta los siguientes criterios de inclusión: 1. Relevancia: Los artículos debían ser claros para la revisión según el título del mismo, relacionado con contaminación química del cacao; 2. Idioma: Solo artículos escritos en inglés o español; 3. Revista y año de publicación: Se seleccionaron los artículos publicados en los últimos 7 años en revistas indexadas.

RESULTADOS

Cadmio: El cadmio se absorbe en cultivos de cacao por algunos factores como: temperatura del suelo (a mayor temperatura existe más velocidad de metabolismo de reacción, ya que existe una mayor solubilidad), pocos minerales en la tierra (mientras más minerales, menor interacción de cadmio), acidez (en suelos alcalinos no se ha encontrado mayor incidencia de cadmio), y presencia de cadmio de forma natural.[6] Se han encontrado casos donde existe presencia de cadmio en el suelo, y ausencia en la planta, o viceversa, resulta complejo saber a ciencia cierta las causas que provocan la absorción, entre los factores que se han podido correlacionar con la absorción es el potencial de reducción (redox), contenido de materia orgánica y arcilla, pH del suelo y agua de riego [7]. Caracterizar los suelos donde se siembra cacao, minimizar los niveles de Cd a través de procesamientos post-cosecha o aplicar una formulación distinta mediante el mezclado de diferentes variedades de cacao para producir chocolate puede contribuir a reducir los niveles en Cd [8]. La Unión Europea aprobó límites máximos permitidos de cadmio en su reglamento No. 488 / 2014, así se determinó que el límite máximo para chocolate con un contenido de materia seca de cacao \geq al 50 % es de 0.80



mg/kg, si tiene < a 50% de materia seca el límite es 0.30 mg/kg, para el chocolate con leche con materia seca < a 30% la concentración máxima es de 0.10 mg/kg y \geq 30% de 0.30 mg/kg, mientras que el límite para el polvo de cacao (vendido al consumidor o como polvo de cacao) es de 0.60 mg/kg [9]. En Ecuador no existe legislación para el contenido máximo de cadmio para chocolate.

Plomo: El plomo puede ocasionar varias patologías en el organismo por su toxicidad, especialmente con enfermedades en el sistema nervioso periférico y central, estómago y esófago, sistema renal y con enfermedades producidas por deficiencias enzimáticas [10]. Ni la Comisión Europea, ni el Codex Alimentarius han establecido límites máximos permitidos de plomo en almendras de cacao o derivados, existe legislación en cada país donde se cultiva, pero no existen restricciones para importación a la Unión Europea [11], [12], en Ecuador el límite máximo permitido de plomo en chocolate es de 1mg/kg. Estudios han comprobado la presencia elevada de plomo en cultivos de cacao. La concentración elevada o baja de plomo en las almendras de cacao no será determinante para el contenido de este metal que tendrá el producto final, procesamientos como el tostado, prensado, molienda y conchado pueden elevar la concentración, o incluso según la maquinaria utilizada, se podría tener un incremento en la contaminación.

Níquel: La mayor fuente de exposición de níquel con el ser humano son los alimentos, los efectos con el níquel residual se presentarán generalmente con alergias, dolores abdominales, aumento de glóbulos rojos, bronquitis, patologías relacionadas con el hígado y dentro de los casos más graves se puede presentar cáncer de pulmón. Por estos motivos el Departamento de Salud y Servicios Humanos de Estados Unidos ha clasificado al níquel como un compuesto carcinógeno[13], [14]. El níquel tiende a estar de manera natural en concentraciones bajas en el cacao, tomando en cuenta que el níquel es un metal que abunda en la superficie terrestre. El níquel es uno de los metales pesados más importantes en relación al deterioro de la salud junto con otros metales pesados[15]. En cuanto, a límites permisibles de níquel relacionados con cultivo de cacao y derivados, al igual que en el plomo, no existen umbrales específicos por parte de la Comisión Europea ni el Codex Alimentarius.

Arsénico: El arsénico es un metal pesado peligroso y que puede clasificarse como no esencial para las funciones metabólicas y otras funciones biológicas. El arsénico presente en los derivados del cacao, se puede originar por las actividades agrícolas industriales, debido a que podría almacenarse en el suelo o en el agua y posteriormente transferirse a los granos de cacao. Pueden resistir el proceso de postcosecha y lograr encontrarse en los productos del chocolate como en la manteca de cacao, cacao en polvo y licor de cacao. La comisión del CODEX Alimentarius y la Comisión de la UE, en respuesta a esta problemática emplearon medidas estrictas para disminuir la exposición de algunos metales pesados, mediante la aplicación de niveles máximos. China ha establecido niveles máximos de plomo y arsénico cuyo valor es de 0,5 mg/kg, para productos y derivados del cacao [16].



DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A diferencia de varios metales pesados como el arsénico, níquel y plomo que se encuentran presentes en el cultivo de cacao, el cadmio es bastante móvil en los suelos de los cultivos orgánicos, con esto tiene más disponibilidad de ser absorbido por las plantas; el cadmio no cumple ninguna función metabólica, y siendo un elemento biológicamente no esencial, en concentraciones muy bajas puede generar complicaciones tóxicas en la salud de los seres humanos, plantas y animales [1], [17], [18]. Trabajar en modelos predictivos para determinar una posible contaminación de metales pesados resulta indispensable para el sector industrial, así como las herramientas de mitigación en campo y producción.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Esta investigación no tiene fuentes de financiamiento.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo aporta en el campo de la industria del procesamiento de Cacao, industria que es una de las más importantes del país.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Roberto Ordoñez Araque: dirección y redacción. Andre Lopez Cortez: análisis de fuentes y redacción. Francisco Casa Lopez: corrección y redacción. Edgar Landines Vera: corrección y redacción. Esteban Fuentes: corrección, formato y redacción.

REFERENCIAS

- [1] M. Ángel, Prieto, L. Germán, N. Florida, and G. Milton, "PRESENCIA DE METALES PESADOS EN CULTIVO DE CACAO (THEOBROMA CACAO L.) ORGÁNICO," 2012.
- [2] B. Alloway, "Heavy Metals and Metalloids as Micronutrients for Plants and Animals," pp. 195–209, 2013.
- [3] J. Lara, C. Tejada, A. Villabona, A. Arrieta, and C. Conde, "Adsorción de plomo y cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao," pp. 1–12, 2016.
- [4] C. Rios and M. Méndez-Armenta, "Cadmium neurotoxicity," in *Encyclopedia of Environmental Health*, Elsevier, 2019, pp. 485–491.
- [5] A. Åkesson and R. L. Chaney, *Cadmium exposure in the environment:*



Ordoñez- Araque, Lopez-Cortéz, Casa-Lopez, Landines-Vera & Fuentes.
Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados:
industria alimentaria.
Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020".
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>

- Dietary exposure, bioavailability and renal effects*, Second Edi., vol. 1, no. November 2018. Elsevier, 2019.
- [6] A. Åkesson and R. Chaney, "Cadmium exposure in the environment: Dietary exposure, bioavailability and renal effects," in *Encyclopedia of Environmental Health*, Elsevier, 2019, pp. 475–484.
- [7] R. Sharma and G. Archana, "Cadmium minimization in food crops by cadmium resistant plant growth promoting rhizobacteria," *Applied Soil Ecology*, vol. 107. Elsevier B.V., pp. 66–78, Nov-2016.
- [8] A. Meter, R. . Atkinson, and B. Laliberte, "CADMIO EN EL CACAO DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE ," 2019.
- [9] N. Maddela, D. Kakarla, L. García, S. Chakraborty, K. Venkateswarlu, and M. Megharaj, "Cocoa-laden cadmium threatens human health and cacao economy: A critical view," *Sci. Total Environ.*, vol. 720, p. 137645, Jun. 2020.
- [10] D. Bellinger, A. Malin, and R. Wright, "The Neurodevelopmental Toxicity of Lead: History, Epidemiology, and Public Health Implications," in *Science of The Total Environment*, vol. 2, Academic Press, 2018, pp. 1–26.
- [11] P. Mushak, "Regulation and Regulatory Policies for Lead in Food," in *Trace Metals and other Contaminants in the Environment*, vol. 10, Elsevier, 2011, pp. 923–943.
- [12] Z. Vásquez *et al.*, "Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review," *Waste Manag.*, vol. 90, pp. 72–83, May 2019.
- [13] C. Klein and M. Costa, "Nickel," in *Handbook on the Toxicology of Metals*, Academic Press, 2015, pp. 1091–1111.
- [14] J. Weber and M. Banerjee, "Nickel and Nickel Alloys: An Overview," *Ref. Modul. Mater. Sci. Mater. Eng.*, Jan. 2019.
- [15] B. Zambelli, V. Uversky, and S. Ciurli, "Nickel impact on human health: An intrinsic disorder perspective," *Biochim. Biophys. Acta - Proteins Proteomics*, vol. 1864, no. 12, pp. 1714–1731, Dec. 2016.
- [16] R. Mohamed, B. Zainudin, and A. Yaakob, "Method validation and determination of heavy metals in cocoa beans and cocoa products by microwave assisted digestion technique with inductively coupled plasma mass spectrometry," *Food Chem.*, vol. 303, p. 125392, Jan. 2020.
- [17] C. Stella and J. Tobón, "Global legal status of cadmium in cacao (Theobroma cacao): a fantasy or a reality Estado legal mundial do cádmio



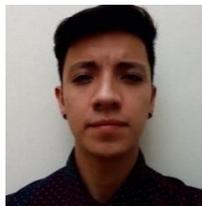
em cacau (*Theobroma cacao*): fantasia ou realidade,” 2015.

- [18] E. Arévalo, M. Obando, L. Zúñiga, C. Arévalo, V. Baligar, and Z. He, “HEAVY METALS IN SOILS OF COCOA PLANTATIONS (*Theobroma cacao* L.) IN THREE REGIONS OF PERU,” *Ecol. Apl.*, vol. 15, no. 2, p. 2016, 2016.

NOTA BIOGRÁFICA



Roberto Ordoñez Araque. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-2381-9003>
Es profesor e investigador de la Universidad Iberoamericana del Ecuador y Universidad de las Américas. Ingeniero de alimentos y Máster en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria de la Universidad Politécnica de Valencia - España. Autor de dos libros y varios artículos en revistas indexadas nacionales y extranjeras.



Andre Lopez Cortez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-6335-3714>
Es estudiante de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Becado por excelencia académica. Actualmente se encuentra desarrollando la investigación: Alimentos con compuestos funcionales y su papel en el tratamiento y/o prevención en personas con diabetes mellitus.



Francisco Casa Lopez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-6423-7125>
Académico de la Universidad Iberoamericana del Ecuador. Obtuvo su ingeniería en 2010, tiene una maestría en Gestión y Seguridad Alimentaria. Su línea de investigación



Ordoñez- Araque, Lopez-Cortéz, Casa-Lopez, Landines-Vera & Fuentes.
Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados:
industria alimentaria.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020”.
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>

es en deshidratación de alimentos. Actualmente es investigadora/docente en la Universidad Iberoamericana del Ecuador, de la ciudad Quito país Ecuador.



Edgar Landines Vera. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0003-4927-6086>
Profesor e investigador de la Universidad de Guayaquil. Ingeniero en Alimentos graduado de la Escuela Politécnica del Litoral en el 2012 y con una maestría en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos con especialidad en Ingeniería de Procesos y Productos de la Universidad Politécnica de Valencia. Actualmente es investigador/docente en la Universidad de Guayaquil.



Esteban Mauricio Fuentes Pérez. **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-1094-086X>
Es Ingeniero en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador (2008) Master en Seguridad Alimentaria (2013). Y Posteriormente, Doctor en Ciencia Tecnología y gestión Alimentaria por la Universidad Politécnica de Valencia - España (2017), enfocado en la aplicación de una lengua electrónica voltamétrica para el análisis de alimentos líquidos. Actualmente es Docente Investigador en la Universidad Técnica de Ambato.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.



Ordoñez- Araque, Lopez-Cortéz, Casa-Lopez, Landines-Vera & Fuentes.
Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados:
industria alimentaria.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación
Indoamérica 2020”.
Julio – Diciembre de 2020



<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.351>