

## Estudio de caso: Presencia de cadmio en aguacates de Pedernales, República Dominicana

C.A.G. CASTILLO VICIOSO

E. VALERO CASES

L.V. PEÑA AMADOR

M.J. FRUTOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE SANTO DOMINGO (UASD),  
REPÚBLICA DOMINICANA.

UNIVERSIDAD MIGUEL  
HERNÁNDEZ (UMH),  
ALICANTE, ESPAÑA.

### RESUMEN

Este estudio evaluó la presencia de cadmio (Cd) en suelos, hojas y frutos de aguacate en tres fincas, de un total de 130 fincas de productores de aguacates que integran la asociación de la provincia Pedernales, República Dominicana, mediante análisis de laboratorio espectrometría, absorción atómica para determinar residuos de metales pesados y estadística descriptiva. Fueron analizadas un total de 30 muestras, diez de cada matriz, estas tres (3) fincas, fueron reportadas por presencia de cadmio, por devoluciones de varios lotes de aguacates exportados hacia la Unión Europea. Se observó una correlación directa entre el Cd en suelo y su acumulación en tejidos vegetales. En una finca se superó el límite europeo (0.05 mg/kg), correlativo a lo permitido por RD y el Codex alimentario. Se recomienda monitoreo regular y buenas prácticas agrícolas para mantener la inocuidad del aguacate dominicano y su competitividad internacional. El análisis estadístico se realizó utilizando Excel y SPSS, versión 25.

Palabras clave: cadmio, aguacate, Pedernales, inocuidad alimentaria, metales pesados, suelo agrícola.

### ABSTRACT

This study evaluated the presence of cadmium (Cd) in soils, leaves, and avocado fruits from three farms, selected from a total of 130 avocado-producing farms that are part of the producers' association in Pedernales Province, Dominican Republic. Laboratory analyses were conducted using atomic absorption spectrometry to detect heavy metal residues, along with descriptive statistics. A total of 30 samples were analyzed—ten from each matrix. These three (3) farms had been reported due to cadmium presence following the rejection of several avocado shipments exported to the European Union. A direct correlation was observed between soil Cd levels and its accumulation in plant tissues. One farm exceeded the European limit (0.05 mg/kg), which aligns with the thres-

holds established by Dominican regulations and the Codex Alimentarius. Regular monitoring and good agricultural practices are recommended to ensure the safety of Dominican avocados and preserve their international competitiveness. Statistical analysis was performed using Excel and SPSS, version 25.

**Keywords:** cadmium, avocado, Pedernales, food safety, heavy metals, agricultural soil.

## INTRODUCCIÓN

El cadmio (Cd) es un metal pesado clasificado como carcinógeno para los seres humanos por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), perteneciente a la Organización Mundial de la Salud. Su inclusión en el Grupo 1 de carcinógenos se basa en evidencia suficiente de que causa cáncer de pulmón, principalmente por inhalación en ambientes ocupacionales, y evidencia limitada en cánceres de próstata, riñón, páncreas y mama (IARC, 2012).

El mecanismo de toxicidad del Cd incluye estrés oxidativo, inhibición de reparación del ADN, disfunción mitocondrial y alteraciones epigenéticas, lo que sustenta su papel como agente iniciador y promotor tumoral (Waalkes, 2003; Prozialeck et al., 2008).

El cadmio (Cd) es un metal pesado tóxico que puede acumularse en la cadena alimentaria, afectando la salud humana y el comercio agroalimentario, se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, pero su concentración aumenta debido a factores naturales y actividades humanas.

Su efecto como órgano diana principal: riñón. La exposición crónica daña los túbulos renales (proteinuria tubular, ↓TFG) y, secundariamente, el hueso (desmineralización, osteoporosis, fracturas; el caso clásico es la enfermedad “itai-itai”). Car-

cinogenicidad: el cadmio y sus compuestos son carcinógenos para humanos (Grupo 1 IARC); la evidencia es sólida en humanos (especialmente vía inhalación). [monographs.iarc.who.int+1](http://monographs.iarc.who.int+1). Vida media y bioacumulación: se acumula sobre todo en riñón e hígado con vida media muy larga (años-décadas), por eso preocupa la exposición dietaria crónica a bajas dosis. [atsdr.cdc.gov](http://atsdr.cdc.gov).

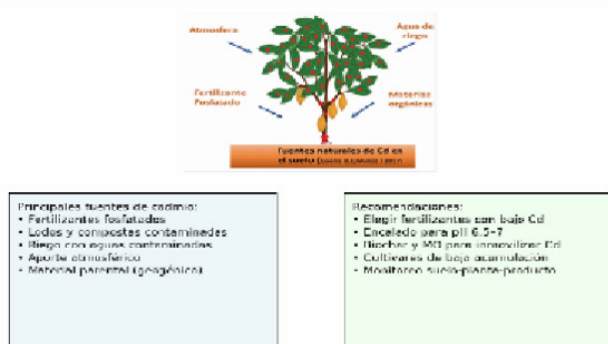
Efectos en poblaciones sensibles: posible bajo peso al nacer y efectos renales óseos en expuestos crónicos; deficiencia de hierro o zinc aumenta la absorción de Cd. [atsdr.cdc.gov+1](http://atsdr.cdc.gov+1). Fuentes dietarias típicas: cereales/arroces, verduras de hoja, mariscos; el tabaco duplica la exposición total en fumadores. (Resumen a partir de OMS/ATSDR/EFSA). Dada su bioacumulación silenciosa y sus efectos multiorgánicos, el Cd podría estar implicado como cofactor en múltiples cánceres aún no atribuidos a causas específicas, especialmente en países en desarrollo donde el monitoreo de residuos metálicos es limitado. Esta posibilidad refuerza la necesidad de fortalecer el programa de monitoreo nacional, regulación de insumos contaminados y educación sanitaria para mitigar su impacto en la salud pública.

En 2024, la Unión Europea reportó una alerta sanitaria por niveles elevados de Cd (0.311 mg/kg) en aguacates dominicanos, seis veces por encima del límite permitido (0.05 mg/kg). Este contexto motivó el presente estudio en Pedernales, zona productora con suelos calizos y creciente actividad agrícola. EFSA (UE): TWI = 2.5 µg/kg peso/semana para proteger al 95 % de la población (marcador: cadmio urinario <1 µg/g creat.). European Food Safety Authority+1. JECFA/OMS-FAO: PTMI = 25 µg/kg peso/mes, reflejando la vida media larga del Cd. WHO Apps+1. Biomarcadores de exposición: cadmio en orina (UCd) para carga corporal crónica; Cd en sangre para exposiciones más recientes. (ATSDR). [atsdr.cdc.gov](http://atsdr.cdc.gov).

Las plantas absorben el cadmio del agua del suelo a través de sus raíces. Este proceso es más eficiente en suelos ácidos (con un pH bajo), ya que el

cadmio se vuelve más soluble y, por lo tanto, más disponible para la absorción. Una vez dentro de la raíz, el cadmio es transportado por el xilema, el sistema vascular de la planta, distribuyéndose por toda su estructura, incluyendo tallos, hojas y, eventualmente, los frutos. La mayor parte del cadmio absorbido tiende a acumularse en las hojas, pero una fracción se moviliza hacia otras partes de la planta, incluyendo los órganos reproductivos como los frutos y las semillas. La cantidad de cadmio que llega a los frutos puede variar según la especie de planta, la variedad, el tipo de suelo y las prácticas de cultivo. Por ejemplo, en el aguacate y el cacao, la concentración de cadmio en los granos es un problema reconocido en algunas regiones.

**Gráfica N° 1.** Principales fuentes de cadmio y recomendaciones para reducirlo.



Basado en: Guerra R.P. y Muñoz J. (2012). Adaptado para uso en programas INIA/IFOP

## OBJETIVOS

- Evaluar la concentración de cadmio en suelos, hojas y frutos de aguacate en tres fincas de Pedernales.
- Analizar la relación entre Cd en suelo y su translocación hacia el fruto.
- Comparar los resultados con los límites internacionales de inocuidad alimentaria.

## METODOLOGÍA

**Ubicación:** provincia de Pedernales, República Dominicana.

**Muestras:** suelo (0-20 cm profundidad de muestreo), un kilo de hojas por lote muestreado y frutos de aguacate un kilo, (n=3 fincas), total de muestras 30, 10 de cada matriz analizada. Empacadas y rotuladas conforme con lo establecido por el protocolo de muestreo recomendado por el Departamento de Inocuidad, Ministerio de Agricultura, RD.

**Análisis:** espectrometría de absorción atómica tras digestión ácida.

**Tratamiento de datos:** estadística descriptiva y correlación de Pearson (r).

El análisis de las muestras fue realizado en el laboratorio AGQ-labs, California, USA. <https://agqlabs.do/>

**Gráfica N° 2.** Dinámica de absorción del cadmio por las plantas.



## RESULTADOS

**Tabla N° 1.** Resultados de análisis de cadmio según matriz.

Finca	Suelo (mg/kg)	Hojas (mg/kg)	Frutos (mg/kg)
1	0.50	0.80	0.02
2	1.00	1.30	0.06
3	2.50	3.00	0.20

Resumen estadístico: media suelo = 1.33 mg/kg; hojas = 1.70 mg/kg; frutos = 0.09 mg/kg.

Correlaciones: suelo-hojas ( $r=0.99$ ), suelo-fruto ( $r=0.99$ ), hojas-fruto ( $r=0.99$ ).

## DISCUSIÓN

Los resultados confirman que el Cd del suelo se transfiere a los tejidos de aguacate, especialmente en zonas con alta concentración ( $>2$  mg/kg). La finca 3 excedió los límites europeos (0.05 mg/kg en fruto). El comportamiento de exclusión parcial del aguacate limita la translocación hacia la pulpa, aunque no la elimina. Se destaca la necesidad de identificar fuentes de contaminación (fertilizantes fosfatados, condiciones geológicas) y de aplicar estrategias de remediación y monitoreo.

## CONCLUSIONES

- En la mayoría de las fincas, el Cd en fruto es bajo ( $<0.1$  mg/kg), dentro de los límites internacionales.
- Una finca presenta valores críticos (0.20 mg/kg), lo que implica riesgo comercial y de inocuidad.
- Se requiere un programa nacional de monitoreo de metales pesados en suelos y frutos, más frecuentes.

- Las buenas prácticas agrícolas, el uso y control de insumos son esenciales para garantizar la calidad e inocuidad del aguacate dominicano.

## RECOMENDACIONES

- Elaborar guías técnicas BPA/BPG específicas para Cd: encalado a pH 6.5–7, aportes de Zn cuando hay deficiencia, mejorar la materia orgánica, gestión de drenaje. Incluir verificación en campo.
- Reducir el uso de fertilizantes y política de insumos: exigir y verificar fertilizantes fosfatados de bajo contenido de Cd (criterios de Cd:P), e incluirlo en registros/importaciones.
- Análisis de suelo, al menos una vez al año o por ciclo de producción o según la rotación del cultivo, como lo estable el Reglamento 52-08, sobre Buenas Prácticas Agrícolas y Ganaderas, MARD.

## REFERENCIAS

- Cantoral, A. V., Méndez-Gómez-Humarán, I., & López-Carrillo, L. (2024). Dietary risk assessment of cadmium exposure through commonly consumed foodstuffs in Mexico. *Nutrients*, 16(1), 135. <https://doi.org/10.3390/nu16010135>
- Comisión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/915 sobre límites máximos de cadmio en frutas frescas. *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32023R0915>
- Digicomply-SGS. (2024). Cadmium in avocados: Global incident surge. <https://www.digicomply.com/>
- Redagrícola. (2023). El cadmio, un metal pesado que pone en riesgo la producción de aguacate. *Redagrícola*. <https://redagricola.com/cl/el-cadmio-un-metal-pesado-que-pone-en-riesgo-la-produccion-de-aguacate/>

- SENASA Perú. (2011). Rechazos de aguacates en frontera por cadmio (Cd). Servicio Nacional de Sanidad Agraria. <https://www.senasa.gob.pe/>
- European Food Safety Authority (EFSA). (s.f.). Tolerable weekly intake for cadmium. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2551>
- Ministerio de Agricultura, República Dominicana. (2008). Reglamento 52-08 sobre Buenas Prácticas Agrícolas, manejo agrícola y ganadero. <https://agricultura.gob.do/>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (s.f.). Recomendaciones para reducir la exposición al cadmio en cultivos. <https://www.fao.org/>
- Agencia Europea de Seguridad Alimentaria. (s.f.). Monitoreo propio: plan anual de hojas, granos y suelos. <https://eur-lex.europa.eu/>
- Fundación ELIKA. (2018). Dinámica del cadmio en las plantas. [https://www.elika.eus/wp-content/uploads/sites/10/2018/01/Cadmio\\_es.pdf](https://www.elika.eus/wp-content/uploads/sites/10/2018/01/Cadmio_es.pdf)
- U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (s.f.). Toxicological profile for cadmium. <https://www.atsdr.cdc.gov/>
- World Health Organization (WHO) & Food and Agriculture Organization (FAO). (s.f.). Joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA): Provisional tolerable monthly intake of cadmium. <https://apps.who.int/>
- Akesson, A., Julin, B., & Wolk, A. (2008). Long-term dietary cadmium intake and postmenopausal endometrial cancer incidence: a population-based prospective cohort study. *Cancer Research*, 68(15), 6435–6441. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-08-0322>
- ATSDR. (2012). Toxicological profile for cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. (2009). Scientific opinion on cadmium in food. *EFSA Journal*, 7(3), 980. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- IARC. (2012). Cadmium and cadmium compounds. In *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, 100C. International Agency for Research on Cancer. <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono100C-8.pdf>
- Prozialeck, W. C., Edwards, J. R., & Nebert, D. W. (2008). The vascular system as a target of metal toxicity. *Toxicological Sciences*, 102(2), 207–218. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfm306>
- Waalkes, M. P. (2003). Cadmium carcinogenesis. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 533(1–2), 107–120. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2003.07.011>
- Reglamento 52-08, sobre Buenas Prácticas Agrícolas, ganaderas y de Manejo. [https://www.fao.org/fao-lex/results/details/es/c/LEX-FAOC103735/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.fao.org/fao-lex/results/details/es/c/LEX-FAOC103735/?utm_source=chatgpt.com)



Estatua de Madre Nutricia, frente al Aula Magna, sede UASD. Fuente: Vladimir Mateo