
DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CADMIO EN GRANOS DE CACAO VARIEDAD SANTANDER

DETERMINATION AND QUANTIFICATION OF CADMIUM IN COCOA BEANS SANTANDER VARIETY

José Manuel Vera Romero¹, Elkin Sanabria-Chanaga², Yolanda Rico Lizcano²

¹Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Centro de Atención al Sector Agropecuario Km 2 vía Palogordo vereda Guatiguara Piedecuesta Regional Santander (Colombia). Correo electrónico: jmanuelvera@misena.edu.co 
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3537-0015>

²Universidad de Pamplona, Laboratorio Control de Calidad, Norte de Santander (Colombia) Correo electrónico: elkin.sanabria@unipamplona.edu.co;  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0464-0481>; control.calidad@unipamplona.edu.co;  ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9728-3996>

Recibido: febrero 29 de 2024; Aprobado: abril 17 de 2024

RESUMEN

La principal fuente de exposición humana a los metales pesados es a través de los alimentos, ya que estos tienden a acumularse en algunas plantas y frutos a través de las cadenas tróficas. El objetivo de la investigación fue determinar la presencia de cadmio en frutos fermentados y secos de la variedad Santander Colombia. La investigación tuvo como objetivo determinar la presencia de cadmio en granos de cacao. Las muestras fueron recolectadas en el centro agropecuario SENA y analizadas en el laboratorio de control de calidad de alimentos de la Universidad de Pamplona, mediante espectroscopía de absorción atómica. La concentración de Cd se determinó, realizando una curva de calibración a partir un patrón de Cadmio certificado a una longitud de onda específica de 288.8 nm en un espectrofotómetro de Absorción Atómica SHIMADZU AA 7000

con llama aire-acetileno, teniendo en cuenta las características necesarias para evitar interferencias, logrando un análisis acertado. Según la autoridad europea de seguridad alimentaria, la exposición dietética al cadmio en los países europeos es cercana o ligeramente superior a la ingesta semanal aceptable de 2,5 µg/Kg de peso corporal. Dado el alto contenido de metales pesados, incluyendo el cadmio, en el cacao, su demanda en los mercados nacionales e internacionales está limitada. Los resultados indicaron que no se detectó cadmio en la muestra analizada. Se sugiere realizar otras investigaciones con métodos diferentes para comprobar esta metodología.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia Vera José E-mail: jmanuelvera@misena.edu.co

Palabras Claves: cacao, cadmio, espectroscopia, fermentación, secado

ABSTRACT

The main source of human exposure to heavy metals is through food, as they tend to accumulate in some plants and fruits through the trophic chains. The objective of the research was to determine the presence of cadmium in fermented and dried fruits of the Santander variety Colombia. The research aimed to determine the presence of cadmium in cocoa beans. The samples were collected at the SENA agricultural centre and analysed at the food quality control laboratory of the University of Pamplona, using atomic absorption spectroscopy. The concentration of Cd was determined by performing a calibration curve from a certified Cadmium standard at a specific wavelength of 288.8 nm in a SHIMADZU AA 7000 Atomic Absorption Spectrophotometer with air-acetylene flame, taking into account the necessary characteristics to avoid interferences, achieving an accurate analysis. According to the European Food Safety Authority, the dietary exposure to

cadmium in European countries is close to or slightly above the acceptable weekly intake of 2.5 µg/kg body weight. Given the high content of heavy metals, including cadmium, in cocoa, its demand in national and international markets is limited. The results indicated that cadmium was not detected in the sample analysed

.Keywords: cocoa, cadmium, spectroscopy, fermentation, drying.

INTRODUCCIÓN

El marco de la gestión socialmente responsable del sector cacaoero como del sector empresarial colombiana, resulta relevante realizar estudios en el proceso de beneficio del Cacao donde se genera un impacto ambiental importante, así como su efecto sobre las almendras una vez cosechadas (FEDECACAO, 2005; Del Franco *et al.*, 2019).

La región del oriente colombiano cuenta con un volumen significativo de siembras de cacao, por lo que resulta de interés investigar acerca de la posible presencia de metales pesados en las semillas fermentadas que de allí se obtienen como Quintana *et al.*, 2015; Vera *et al.*, (2017); Vera *et al.*, (2022) quienes evaluaron las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de Cacao CCN51, TSC01.

Los metales están distribuidos de forma natural en el medio ambiente gracias a los ciclos geológicos y biológicos, las rocas y minerales disueltos por el agua lluvia y posteriormente transportados hacia ríos y océanos, los ciclos biológicos incluyen bioconcentración en plantas y animales y posteriormente a la cadena alimentaria, de esta manera la actividad industrial contribuye a la formación de nuevos compuestos y a la distribución de los mismos ampliamente por todo el mundo, por ello la contaminación del medio ambiente por metales deriva tanto del aporte natural como de la actividad industrial. Dentro de este grupo de contaminantes medioambientales los que se destacan por su toxicidad y distribución son el mercurio, cadmio y plomo, los cuales han sido incluidos dentro de una lista de los diez productos químicos

causantes de graves problemas a la salud pública. La principal ruta de exposición de la población humana a los metales pesados son los alimentos, dada la difusión en el ambiente y acumulación a través de las cadenas tróficas al ser acumulados por algunas plantas y sus frutos (Arrieta Soto, 2016).

La autoridad europea de seguridad alimentaria a través de su comité sobre contaminantes alimentarios ha determinado que la exposición dietética al cadmio en los países europeos está cerca o ligeramente por encima de la ingesta semanal aceptable de 2,5 µg/Kg de peso corporal. La comisión FAO/OMS del Codex Alimentarius acordó proponer los siguientes niveles máximos de cadmio para el chocolate y sus derivados: 0,20 ppm, para el chocolate con leche y el total

de sólidos del cacao inferior al 50% 0,60 ppm para chocolate con leche con un contenido total de sólidos de cacao del 30% o más; 1,5 ppm para cacao en polvo vendido al consumidor final o utilizado como ingrediente en la producción de cacao dulce en polvo vendido al consumidor final (chocolate de taza); 2,0 ppm para chocolate con un contenido total de sólidos de cacao del 50% o más (FAO/OMS, 2015).

Teniendo en cuenta que el alto contenido de metales pesados, entre ellos el cadmio en el cacao limita su demanda en los mercados nacionales e internacionales, el objetivo de este proyecto será determinar el contenido de cadmio en frutos frescos, secos y chocolates obtenidos de las variedades Santander Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fermentación y secado de los granos de cacao

Las mazorcas de cacao se cosecharon en la sede aguas calientes del SENA municipio del Playón, Santander Colombia y se transportaron al laboratorio de análisis microbiológico del Centro de

Atención al Sector Agropecuario C.A.S.A del SENA en el municipio de Piedecuesta. Las mazorcas se desinfectaron por inmersión y remoción en una solución al 3% de ácido acético y luego se cortaron con un cuchillo en la cabina de flujo laminar para hacer la extracción manual de la pulpa.

Posteriormente se pesó la masa extraída y se ubicó en cajas de plástico de fermentación de 33.5 cm de largo, 24 cm de ancho, 17.5 cm de alto, y con orificios en la parte inferior para recolectar los lixiviados, siguiendo la metodología descrita por (Ho et al., 2014).



Figura 1. Adecuación y desinfección de las mazorcas.

De aquí se trasladaron muestras de 50 gramos de mucilago con semilla en bolsas ziploc hasta el laboratorio.

Para la fermentación, se utilizaran las cajas cubiertas con tapas e incubadas a 28°C (0-12 h), 30°C (12 h), 32°C (18 h), 35°C (24 h), 38°C (36 h), 42°C (48 h), 46°C (60 h), 48°C (72-144 h) para simular las temperaturas que ocurren durante las fermentaciones comunes de cacao (Schwan & Wheals, 2004). La masa fermentante se mezcló durante las

primeras 48 h y luego cada 24 h.

Las fermentaciones se detuvieron el día 6; luego los granos se sacaron de las cajas y secaron en un secador de madera a 30°C y HR 70% durante 6 días.

Las fermentaciones se realizaron tres veces usando mazorcas cosechadas en septiembre 2020; realizando algunos ensayos preliminares para optimizar las condiciones de degradación y secado. De aquí se tomaron 50 gramos de granos fermentados y secos para su tratamiento fisicoquímico y posterior análisis para determinar la presencia de Cadmio en el laboratorio.

Figura 2. proceso de fermentación y secado



Almacenamiento. Las muestras fueron tratadas hasta conseguir una mezcla homogénea y almacenadas a temperatura ambiente, para prevenir cambios en su composición. De una muestra, se tomaron porciones de 50 gramos de granos de

cacao para ser tratadas y analizadas.

(Capar, 1978).

Determinación de cadmio por absorción atómica

La preparación de las muestras de fruto fresco, cacao seco y licor se realizó siguiendo la metodología propuesta por la AOAC 999.11, de la siguiente manera; se pesaron 20 g de muestra homogénea, se llevó a mufla a 100°C hasta alcanzar peso constante durante dos horas para determinar humedad, la muestra seca fue sometida a 550°C por 16 horas hasta incinerar y obtener cenizas blancas. una vez tomaron la temperatura ambiente en desecador se sometieron a digestión con HNO₃ con calentamiento moderado por 10 minutos, evitando proyecciones, con el fin de disolver las cenizas; la solución obtenida se filtró y diluyó hasta completar aforo de 25 ml en balón volumétrico

La concentración de Cd se determinó, realizando una curva de calibración a partir un patrón de Cadmio certificado a una longitud de onda específica de 288.8 nm en un espectrofotómetro de Absorción Atómica SHIMADZU AA 7000 con llama aire-acetileno, teniendo en cuenta las características necesarias para evitar interferencias, logrando un análisis acertado. Se realizaron diluciones para las curvas de calibración empleando estándares certificados Merck. Todo el material de vidrio y plástico fue previamente lavado con ácido nítrico al 10% antes de su uso (Ver tabla 1).

Tabla 1. Curva de calibración

METAL	ECUACION DE LA RECTA	R ²
Cd	A= 0,3346 + 0,0125	0,9976

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de cadmio en granos de cacao variedad Santander

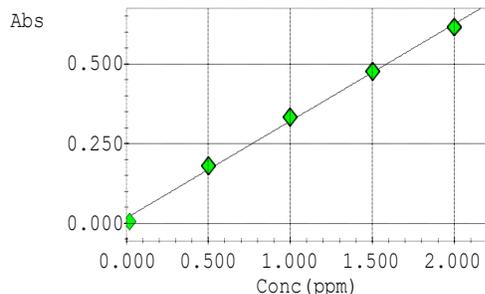
Instrumento empleado

Tipo	Nombre	ROM	S/N
	Modelo	Versión	
AA	AA-7000	1.01	A30785000465
ASC			
GFA			

Parámetros ópticos

Elemento Cd
 Casquillo #: 1
 Corriente de la lámpara Baja (Pico)(mA): 8
 Longitud de onda(nm): 228.8
 Ancho de hendidura(nm): 0.7
 Modo de lámpara: BGC-D2
 Se realizó la curva de calibración empleando estándar certificados de cadmio (ver figura 3).

Figura 3. Curva de calibración



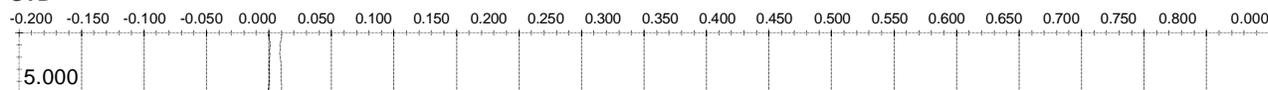
Conc (ppm)	Abs
0.0200	0.0066
0.5000	0.1824
1.0000	0.3340
1.5000	0.4774
2.0000	0.6156

Fuente: autor, 2023

$Abs = 0.30491Conc + 0.017074$

$R = 0.9984$

STD



True Value Conc. 0.0200 Abs. 0.0066 BG 01 C# 0.0200 -0.0344

Date 1/1/2004 Time 12:43:04 AM(-0500) User Name System Administrator AA
 Device Name 1/1/2004 12:43:04 AM(-0500) System Administrator AA

: STD

-0.200 -0.150 -0.100 -0.050 0.000 0.050 0.100 0.150 0.200 0.250 0.300 0.350 0.400 0.450
 0.500 0.550 0.600 0.650 0.700 0.750 0.800
 0.000



True Value Conc. 0.5000 Abs. 0.1824 BG 01 C# 0.5000 0.5422 0.1824

Date 1/1/2004 Time 12:43:26 AM(-0500) User Name System Administrator AA
 Device Name 1/1/2004 12:43:26 AM(-0500) System Administrator AA

: STD

-0.200 -0.150 -0.100 -0.050 0.000 0.050 0.100 0.150 0.200 0.250 0.300 0.350 0.400 0.450
 0.500 0.550 0.600 0.650 0.700 0.750 0.800
 0.000



True Value Conc. 1.0000 Abs. 0.3340 BG 01 C# 1.0000 1.0394

Date 1/1/2004 Time 12:43:26 AM(-0500) User Name System Administrator AA
 Device Name 1/1/2004 12:43:26 AM(-0500) System Administrator AA

: STD

-0.200 -0.150 -0.100 -0.050 0.000 0.050 0.100 0.150 0.200 0.250 0.300 0.350 0.400 0.450
 0.500 0.550 0.600 0.650 0.700 0.750 0.800
 0.000



True Value Conc. 1.5000 Abs. 0.4774 BG 01 C# 1.5000 1.5097

Los resultados obtenidos del análisis de granos de cacao de la variedad Santander indican la ausencia de cadmio, lo cual es positivo debido a que este metal pesado puede ser tóxico para los seres humanos y su presencia en los alimentos puede representar un riesgo para la salud. Estos resultados se ajustan a los límites normativos establecidos por la Directiva de la Unión Europea de 0,5 mg/kg. La ausencia de cadmio en los granos podría deberse a que en el suelo donde se cultivaron las muestras en el Municipio de El Playón, Santander hay poca concentración de este residuo metálico, lo cual coincide con los resultados reportados por Flórez Peláez, L. A., & Gómez Sanabria, J. Z. (2019) que sugieren que una baja concentración de cadmio en el suelo puede llevar a la ausencia de concentración del metal en la planta.

La toxicidad del cadmio en el suelo depende de varios factores físicos y químicos, como la textura, el pH, la cantidad de carbono orgánico, el aluminio intercambiable y las bases de cambio (Bravo *et al.*, 2014). La calidad de la materia orgánica también puede tener

un impacto significativo en la adsorción y movilidad del cadmio en el suelo (Lofts *et al.*, 2005), y una mejor calidad de la materia orgánica puede reducir la movilidad del cadmio y prevenir la contaminación del agua subterránea y la toxicidad por bioacumulación (Clemente y Bernal, 2006). La fracción de la materia orgánica asociada a los ácidos húmicos tiene un papel primordial en la retención del cadmio, mientras que los ácidos fenólicos pueden movilizar el metal por fenómenos de formación de complejos y solubilización Mite *et al.*, (2010), Los suelos fuertemente ácidos pueden favorecer la contaminación y la toxicidad por bioacumulación de cadmio, pero esto puede ser contrarrestado por el aumento en la calidad de la materia orgánica y el pH.

Según Martínez (2010) en suelos dedicados al cultivo de cacao en Ecuador y Colombia, se encontraron contenidos más elevados de cadmio en los primeros cinco centímetros de profundidad del suelo, disminuyendo a medida que se profundiza. Esto se atribuyó a una mayor absorción de cadmio desde el subsuelo por parte de las raíces del cacao y a la

contaminación por vía antrópica a través de la fertilización. La presencia de cadmio en los suelos también estuvo relacionada con los niveles de fósforo, potasio, pH y materia orgánica, y el uso de fertilizantes orgánicos y químicos que puede afectar la presencia de cadmio en el suelo.

Finalmente aclaramos que los resultados

CONCLUSIONES

No se detectó presencia de cadmio en la muestra de cacao analizada, dentro de las unidades de concentración para los

obtenidos corresponden únicamente a la muestra analizada y es posible que en otras muestras de cacao se encuentre presencia de cadmio. Los resultados pueden tener implicaciones importantes para la seguridad alimentaria y la salud pública, y pueden ser de interés para investigadores, productores y consumidores de cacao.

estándares de calibración, utilizando la técnica de llama aire – acetileno por absorción atómica. Se recomienda emplear el horno de grafito para concentraciones más bajas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arrieta Soto, A. (2016). Determinación y cuantificación de metales pesados Cd, Cu, Pb, Mo y Zn en hígado, músculo, piel, riñón y sangre de ganado bovino del municipio de Tibú Norte de Santander. Pamplona. Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/1649>

Bravo, I., Arboleda, C. y 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, vol. 63, núm. 2 (2014).

Bustamante Botero, J., & Carrascal, L. (2010). Estandarización de la técnica espectrofotométrica (UV-Vis) para la cuantificación de antraquinonas presentes en productos a base de Aloe Vera. Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/a>

pi/core/bitstreams/ae43de19-91ba-4b20-a579-57e401cd065c/content

- Capar, S. G. Tanner, J. T., Friedman, M. H. y Boyer K. W. Reinar. Ciencia. Tecnología. 12, 785 (1978). Análisis multielemental de piensos, desechos animales y lodos de depuradora.
- FAO/OMS. (2015). Anteproyecto de Niveles Máximos para el Cadmio en el chocolate y productos derivados de cacao. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Comité del Códex sobre Contaminantes de los Alimentos. Nueva Delhi.
- FEDECACAO. (2005). Beneficio o Manejo de la Postcosecha del Grano de Cacao Federación Nacional de Cacaoteros-Fondo Nacional del cacao.
- Flórez Peláez, L. A., & Gómez Sanabria J. Z. (2029). Determinación de los niveles de cadmio en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ubicadas en la vereda la Esmeralda en el municipio de San Vicente del Chucuri, Santander. Ho, V., Zhao, J., & Fleet, G. (2014). Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 72 - 87. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>
- Kostial, K. (1986). Cadmium. En W. Mertz (Ed.), *Trace Elements in Human and Animal Nutrition* (págs. 319-345). Orlando: Academic Press.
- Lofts, S., Spurgeon, D. y Svendsen, C. (2005). Fractions affected and probabilistic risk assessment of Cu, Zn, Cd, and Pb in soils using the free ion approach. *Environ. Sci.technol.* 39(21):8533-8540.
- Martínez, G. (2010). Determinación de metales pesados cadmio y plomo en suelos y granos de cacao fresco y fermentado mediante espectroscopia de absorción atómica de llama. Sitio web: <https://goo.gl/mJ24sH>.
- Mite, F. (2010) Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Sitio web: <http://goo.gl/fqznac>.

- Melgarejo, M., Barrera, M., & Carrillo, M. (2006). Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género *Theobroma* en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/10901/juancarlosanchezcontreras.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Niño Bernal, I. (2015). Cuantificación de cadmio en cacao proveniente del occidente de Boyacá por la técnica analítica de voltamperometría. Tunja. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/handle/001/1425/TGT-174.pdf;jsessionid=F2D24FA10DA807801F156CAB930D358E?sequence=2>
- Quintana F., Lucas F. Gómez, Salomón García, Alberto y Martínez, Nubia. (2015). Perfil sensorial del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN: 1692-7125. Volumen 13 N°1. Pp. 60 -65.
- Sánchez Contreras, J. (2010). Metodologías analíticas para la determinación de metales tóxicos en muestras de interés ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de
- Schwan, R., & Wheals, A. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 205–221. doi:<https://doi.org/10.1080/10408690490464104>.
- Vera Romero José Manuel; Castellanos Suarez Laura Johana. (2022). Evaluación de características colorimétricas y fisicoquímicas en licores de cacao variedades Santander Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 66 - 76.
- Vera R. José M.; Arrieta S. Alexandre; Quintana Lucas F.; García J. Alberto. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de Cacao CCN51, TSC01. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 15 N° 2. Pp: 76 -86.