

Instituto de Higiene, Epidemiología y Microbiología. La Habana. Cuba

## SOBRE LA PRESENCIA DE METALES PESADOS EN PRODUCTOS DERIVADOS DEL CACAO

Vilmaris Matos Moya<sup>1¶</sup>, Roberto Dair García de la Rosa<sup>2‡</sup>, Arístides Camilo Valdés González<sup>3¶</sup>, Ivette Fernández Triana<sup>4¶</sup>, Maylin Hernández Acuña<sup>5¶</sup>.

### RESUMEN

**Introducción:** El cacao cubano se emplea tanto en la industria nacional para la elaboración de polvo de chocolate y confituras como en la producción cooperada con firmas foráneas. Durante el cultivo, cosecha y almacenamiento, y producción de los diferentes derivados, el cacao puede contaminarse con cadmio y plomo, entre otros metales pesados. **Objetivo:** Determinar la presencia de cadmio y plomo en productos derivados del cacao. **Métodos:** Se determinaron las concentraciones de plomo y cadmio en 11 productos comerciales derivados del cacao mediante espectroscopia de absorción atómica con llama. **Resultados:** Dos de las muestras de cacao analizadas superaron en más de 15 veces los límites máximos establecidos para el plomo, mientras que otras dos muestras de cacao mostraron valores de cadmio mayores que los límites fijados. **Conclusiones:** Los productos derivados del cacao pueden presentar cantidades variables de plomo y cadmio. **Matos Moya V, García de la Rosa RD, Valdés González AC, Fernández Triana I, Hernández Acuña M.** Sobre la presencia de metales pesados en productos derivados del cacao. RCAN Rev Cubana Aliment Nutr 2022;32(1):17-34. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

Palabras claves: *Cacao / Metales pesados / Plomo / Cadmio.*

### INTRODUCCIÓN

El cacao cubano se emplea tanto en la industria nacional para la elaboración de polvo de chocolate y confituras como en la producción cooperada con firmas foráneas.

Aunque la degustación del chocolate es el uso más reconocido y extendido del cacao, la manteca de cacao se emplea también en la industria farmacéutica para la preparación de cremas y pomadas, así como en la elaboración de cosméticos y jabones.

<sup>1</sup> Doctora en Ciencias. ORCI ID: <https://orcid.org/0000-0002-2911-8999>.

<sup>2</sup> Máster en Ciencias. ORCI ID: <https://orcid.org/0000-0001-7923-3349>.

<sup>3</sup> Doctor en Ciencias. ORCI ID: <https://orcid.org/0000-0003-2001-2124>.

<sup>4</sup> Máster en Ciencias. ORCI ID: <https://orcid.org/0000-0001-5609-7110>.

<sup>5</sup> Técnica en Análisis Químico.

<sup>¶</sup> Sección de Química. Departamento de Laboratorios Sanitarios. Instituto de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

<sup>‡</sup> Departamento Nacional de Higiene de los Alimentos y Nutrición. Dirección Nacional de Salud Ambiental. Viceministerio de Higiene y Epidemiología. Ministerio de Salud Pública.

Recibido: 26 de Enero del 2022.

Aceptado: 7 de Marzo del 2022.

**Vilmaris Matos Moya.** Sección de Química. Departamento de Laboratorios Sanitarios. Instituto de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta e/t Llinás y Clavel. Centro Habana. La Habana.

Correo electrónico: [vilmaris@inhem.sld.cu](mailto:vilmaris@inhem.sld.cu).

Los derivados del cacao cubano gozan de aceptación tanto dentro como fuera del país, y ello ha incrementado la producción y consumo de los mismos. Sin embargo, durante el cultivo, recolección y almacenamiento del cacao, y la producción de los diferentes derivados, estos productos pueden contaminarse con metales pesados, entre ellos (y con particular importancia) el cadmio (Cd) y el plomo (Pb).

La contaminación con elementos extraños repercute negativamente en la calidad de los alimentos, y puede comportar peligros para la salud de las personas. Las cantidades de los contaminantes que pueden estar presentes en los alimentos deben ser nulas, o si no, las más bajas que razonablemente sea posible.<sup>1</sup>

El Cd y el Pb son considerados como dos de los metales pesados más tóxicos de la naturaleza,<sup>2</sup> y se encuentran en la corteza terrestre en forma de minerales, de donde pueden ser absorbidos por las plantas.<sup>3</sup> En el caso del cacao, el Cd y el Pb se acumulan de forma importante en las semillas y las hojas.<sup>4</sup> Dado que la mayoría de los productos derivados del cacao son consumidos por niños, se hace necesario minimizar la presencia de estos metales en el producto final.<sup>5</sup>

La Comisión Reguladora de la Unión Europea (UE) ha propuesto un límite de 0.8 mg/kg para el contenido de Cd en el chocolate, y de 0.1 mg/kg para el de Pb.<sup>6-7</sup> Por su parte, el Comité del *Codex Alimentarius* sobre Contaminantes de los Alimentos, en su sexta reunión celebrada en el año 2012, le pidió al Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios que evaluara la exposición al Cd presente en el cacao y los productos derivados del mismo.<sup>8</sup>

La satisfacción de estos límites puede ser difícil para algunos de los países productores de cacao de América Latina, puesto que se ha demostrado que el grano producido localmente puede presentar una

contaminación elevada con metales pesados.<sup>9</sup> En el caso particular del Ecuador, uno de los productores más importantes de cacao de la región, se encontraron valores de Cd entre 0.18 – 1.76 mg/kg, y de Pb de 0.07 – 1.30 mg/kg; respectivamente: valores superiores a los permitidos por la normativa europea.<sup>10-11</sup>

El desarrollo científico y tecnológico ha resultado en la aparición de numerosos estudios sobre la calidad de los alimentos de consumo humano, y entre ellos se destacan los dedicados a la contaminación por metales.<sup>12</sup> Sin embargo, son pocos los trabajos que se enfocan en la determinación de las concentraciones totales de metales pesados en alimentos altamente importantes para la alimentación humana. Además, la literatura científica sobre la contaminación de alimentos con metales pesados es escasa en Cuba.<sup>13</sup> Si bien la contaminación de alimentos con metales pesados es seguida epidemiológicamente en el país, se hacen necesarios los estudios que se orienten a la determinación de las cantidades presentes de metales pesados en los alimentos consumidos por la población. La introducción de técnicas de espectroscopia de absorción atómica (EAA) en Cuba ha hecho posible la conducción de tales estudios, por lo que la presente investigación abre un nuevo camino en la evaluación de la inocuidad alimentaria a nivel nacional.

En vista de todo lo anteriormente dicho, se condujo la presente investigación cuyo objetivo primario fue determinar mediante EAA las concentraciones de Pb y Cd en 11 productos derivados del cacao cubano que se producen, consumen y exportan; y evaluar si satisfacen los límites establecidos por la norma cubana NC 493:2015 “Contaminantes metálicos- Regulaciones Sanitarias”.<sup>14</sup>

## MATERIAL Y MÉTODO

**Diseño del estudio:** Experimental, descriptivo. En la conducción de la presente investigación se siguió el procedimiento

propuesto por Hernández Sampieri *et al.* (2014),<sup>15</sup> y los resultados se consideraron tal y como se obtuvieron. Igualmente, solo se recogieron datos de manera independiente | conjunta sobre los conceptos | variables a las que se refirieron.<sup>15</sup>

**Locación del estudio:** Sección de Química del Departamento de Laboratorios Sanitarios del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM) de La Habana (Cuba).

**Muestras de estudio:** Se estudiaron 11 muestras de productos derivados del cacao cubano que tienen carácter comercial dentro y fuera del país. El nombre comercial del derivado fue blindado convenientemente a los laboratoristas para evitar conflictos éticos, legales y jurídicos. Las muestras ensayadas se seleccionaron al azar de entre las recibidas para la determinación de metales en el Departamento de Laboratorios Sanitarios del INHEM; y se identificaron y codificaron consecutivamente con los números del 1 al 11. Durante la selección del derivado se consideró la fecha de vencimiento del mismo, a fin de realizar el análisis químico dentro del lapso indicado de vigencia del mismo.

**Determinaciones analíticas:** La espectrofotometría de absorción atómica con llama (FAAS, por sus siglas en inglés *Flame Atomic Absorption Spectroscopy*) fue empleada en la determinación del contenido de Pb y Cd en los derivados del cacao, según el CODEX STAN 228-2001.<sup>16</sup> Las determinaciones de Cd y Pb se realizaron en un espectrofotómetro de absorción atómica AA-6800 Shimadzu (Japón), con las condiciones instrumentales optimizadas para lograr la máxima sensibilidad analítica.

Los reactivos empleados en las determinaciones de los metales pesados fueron de pureza analítica. Se empleó agua desionizada con una conductividad < 1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la preparación de las soluciones. La cristalería utilizada en las determinaciones analíticas se sumergió en una solución de  $\text{HNO}_3$  al 10 % (v/v) durante 72 horas, y se

enjuagó después con abundante agua bidestilada para evitar posibles contaminantes.

En la preparación de las curvas de calibración se emplearon sendas soluciones estándares de 1000 mg/L de nitrato de cadmio ( $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ) disuelto en ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) 0.5 mol/L y nitrato de plomo ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) disuelto en  $\text{HNO}_3$  0.5 mol/L y ácido clorhídrico (HCl) al 1 % (v/v); respectivamente. Las curvas de calibración de las determinaciones analíticas comprendieron las concentraciones siguientes:  $\text{Pb}^{+2}$ : 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 10.0 mg/L vs.  $\text{Cd}^{+2}$ : 0.02, 0.04, 0.10, 0.20, 0.40, 0.80 mg/L; respectivamente. Las concentraciones deseadas de la solución estándar se lograron mediante la dilución de las alícuotas necesarias de la solución original (léase también madre) del metal con  $\text{HNO}_3$  al 0.2 % (v/v). En cada caso se preparó una muestra blanco con  $\text{HNO}_3$  al 0.2 % (v/v). Para asegurar la precisión analítica, se preparó una solución patrón con una concentración intermedia de 100 mg/L del metal.

Los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) de los métodos analíticos empleados en la determinación de los metales pesados se estimaron del ensayo repetido de las soluciones blanco de  $\text{HNO}_3$  al 0.2 % (v/v).<sup>17</sup> Los LD de los métodos analíticos se estimaron como sigue: Pb: 0.2 mg/L vs. Cd: 0.01 mg/L; respectivamente.

La Figura 1 muestra las rectas de calibración empleadas en la determinación de las concentraciones de metales pesados en las muestras de cacao. Se logró la dependencia lineal ( $r = 0.9999$ ;  $r^2 = 0.9998$ ) entre la concentración de la solución estándar del metal y la absorbancia de la solución estándar, resultados que demuestran el excelente ajuste lineal de la recta de calibración.

Tabla1. Condiciones instrumentales para la determinación de metales pesados en muestras de cacao y derivados mediante espectrofotometría de absorción atómica con llama.

Parámetro	Plomo	Cadmio
Longitud de onda, nm	217.0	285.2
Corriente de la lámpara, mA	3	3
Quemador de ranura de titanio, cm	10	10
Tipo de llama	Aire-acetileno	
Altura del quemador, cm	10	10

La recuperación promedio del estándar del metal añadido a la muestra ensayada fue como sigue: *Plomo*:  $99.3 \pm 5.0$  % vs. *Cadmio*:  $100.9 \pm 7.4$  %. La recuperación obtenida después del ensayo de los iones metálicos quedó incluida dentro del intervalo establecido para el método analítico y las normas para la determinación en alimentos (85 – 115 %), lo que asegura la exactitud analítica deseada en el ensayo de las muestras de cacao.

**Preparación y digestión de las muestras de cacao:** Las muestras de cacao se preservaron en un refrigerador a temperatura de 20°C hasta el momento del ensayo.

El ensayo de las muestras de cacao comprendió pasos previos de homogenización, secado, digestión y calcinación. Las muestras de cacao se mezclaron hasta la completa homogenización, y se dividieron en porciones de 2 g cada una para facilitar el secado debido al alto contenido de grasa del producto. Las porciones así logradas del producto se colocaron primero en una estufa (MM) a 180°C por 16 horas, luego en un horno de convección a 270°C por 16 horas, y posteriormente en una mufla FM-36 a 450°C por 16 horas hasta el secado completo y la eliminación de la grasa.

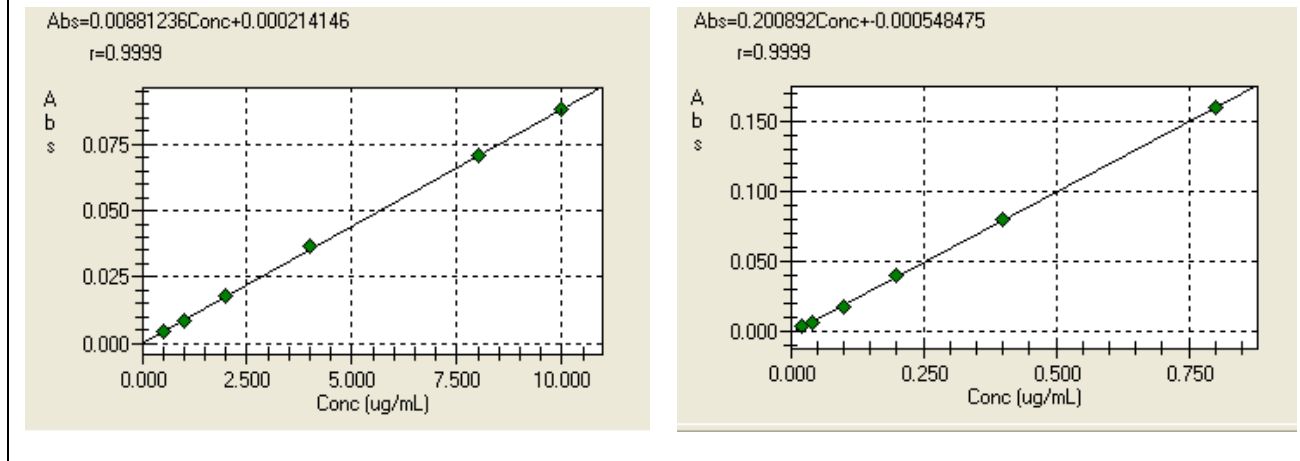
Se prepararon 2 series de muestras de cacao. La primera de las series reunió a las muestras de cacao en estado natural, tal y cual se desearon ensayar. Por su parte, la segunda serie estaba compuesta por las porciones de 2 g de cacao a las que se le adicionaron 4.0

mg/L de plomo ó 0.20 mg/L de cadmio (en dependencia del ensayo) para evaluar el recobrado del método analítico.

Las muestras de cacao se digirieron de acuerdo con los métodos de referencia descritos en la literatura especializada.<sup>18</sup> Logrado el secado, a cada una de las muestras de cacao se le añadieron 2 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, y se colocaron en una plancha de calentamiento a 100°C hasta la completa digestión. Una vez digeridas, se procedió a la calcinación de las muestras mediante colocación en una mufla FM-36 a 450°C durante 4 horas hasta la obtención de cenizas blanquecinas. A continuación, las cenizas se disolvieron con 4 mL de una solución de HCl 1:1 cuando todavía estaban calientes, se dejaron reposar hasta temperatura ambiente, se filtraron, y se trasvasaron a frascos volumétricos de 50 mL de capacidad. Las soluciones resultantes se aforaron convenientemente con una solución de HNO<sub>3</sub> al 0.2 % (v/v).

En el día del ensayo, se determinaron en triplicado las concentraciones de los metales de interés tanto en las muestras de cacao adicionadas con 0.2 mg/L de Cd<sup>+2</sup> y 4.0 mg/L de Pb<sup>+2</sup>, como en las muestras no adicionadas por interpolación de las absorbancias registradas según la recta de calibración construida. La concentración del metal en la muestra correspondiente se estimó como el promedio de las determinaciones triplicadas. Se ensayaron también las muestras blanco de HNO<sub>3</sub> al 0.2 % (v/v) cada 5 muestras de cacao.

Figura 1. Rectas de calibración empleadas en la determinación de las concentraciones de metales pesados en muestras de cacao. *Izquierda:* Plomo. *Derecha:* Cadmio. Para más detalles: Consulte el texto del presente ensayo.



Las concentraciones estimadas del metal se compararon con los límites establecidos en la Norma Cubana NC 493:2015 “Contaminantes metálicos-Regulaciones Sanitarias”.<sup>14</sup> Pb: 0.4 – 2.0 mg/kg del producto; Cd: 0.6 – 1.0 mg/kg; respectivamente. Las concentraciones del correspondiente metal en la muestra de cacao que fueron menores que el LD del ensayo no se reportaron.

## RESULTADOS

La Tabla 2 muestra las concentraciones de los metales pesados que se determinaron experimentalmente en las 11 muestras ensayadas de los derivados del cacao. Dos de las muestras de cacao (el 18.2 % de ellas) rebasaron los límites permisibles según la norma cubana (fijados en 0.4 mg/kg del producto). De hecho, las concentraciones determinadas de  $Pb^{+2}$  en estas dos muestras superaron en 15 veces el límite permisible. Las concentraciones de  $Pb^{+2}$  en las restantes 9 muestras de cacao ensayadas fueron menores que el límite de detección del método FAAS empleado en las determinaciones analíticas.

En lo que corresponde al  $Cd^{+2}$ , en 3 de las muestras de cacao las concentraciones determinadas del metal fueron menores que el LD de la técnica FAAS (y en consecuencia, no se reportaron), mientras que en otras 6 de ellas las concentraciones del metal fueron menores que los límites permitidos por la norma cubana (0.6 – 1.0 mg/kg del producto). En solo dos de las muestras de cacao ensayadas la concentración de  $Cd^{+2}$  superó el límite permisible por la NC: *Muestra 2*: Valor determinado: 1.12 mg/kg vs. Límite permisible: 1.00 mg/kg ( $\Delta = +0.12$  mg/kg); y *Muestra 10*: Valor determinado: 1.45 mg/kg vs. Límite permisible: 0.80 mg/kg ( $\Delta = +0.65$  mg/kg); respectivamente.

Tabla 2. Valores de metales pesados en las muestras de cacao y derivados del cacao determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama. Se presentan la media  $\pm$  desviación estándar de determinaciones triplicadas de la muestra correspondiente. Límites de detección: Plomo: 0.2 mg/L vs. Cadmio: 0.01 mg/L. Leyenda: LD: Límite de detección.

Muestra	Concentración promedio (mg/kg)		Límite Máximo Admitido <sup>¶</sup> (mg/kg)		Recobrado (%)	
	Plomo	Cadmio	Plomo	Cadmio	Plomo	Cadmio
M1	< LD	0.51	0.5	1.0	95.5	98.2
M2	< LD	1.12	0.5	1.0		
M3	< LD	< LD	2.0	0.8	102.3	89.4
M4	< LD	< LD	2.0	0.8		
M5	< LD	< LD	0.5	1.0	92.7	101,9
M6	6.03	0.52	0.4	0.6	99.4	112.5
M7	5.69	0.42	0.4	0.6		
M8	< LD	0.04	2.0	0.8	106.8	101.4
M9	< LD	0.05	2.0	0.8		
M10	< LD	1.45	2.0	0.8		
M11	< LD	0.52	0.5	1.0	99.2	102.1

<sup>¶</sup>Según la Norma Cubana NC 493:2015 “Contaminantes metálicos- Regulaciones Sanitarias”.

## DISCUSIÓN

Este trabajo muestra el empleo de la técnica FAAS en la determinación de los metales pesados que puedan estar presentes en un alimento de alto interés económico y social como el cacao y varios de sus derivados. En tal sentido, la introducción de la técnica FAAS en la institución de pertenencia de los autores representa un importante paso en la adquisición de tecnologías analíticas de avanzada para el aseguramiento de la inocuidad de los alimentos que se colocan a disposición de la población. Es inmediato entonces que la presencia de metales pesados (entre ellos el Pb y el Cd) en cantidades superiores a las permisibles en las normas técnicas vigentes global y localmente pueden afectar la salud humana, en primer lugar, y el comercio internacional, después, al introducir tensiones en las relaciones económicas que sostienen productores y consumidores.

El presente trabajo reveló que algunos de los productos derivados del cacao pueden

estar contaminados con metales pesados. En el caso particular del Pb, llamó la atención que las cantidades del metal rebasaron en 15 veces los límites superiores impuestos por las normas cubanas en las muestras que se revelaron como contaminadas. En lo que toca al Cd, se observó que igualmente otras dos muestras mostraron concentraciones superiores a los límites máximos establecidos.

Otros autores también han reportado la presencia de metales pesados en cantidades aumentadas en el cacao y sus derivados. Díaz *et al.* (2018)<sup>19</sup> determinaron las concentraciones de Cd y Pb presentes en las almendras de cacao provenientes de fincas orgánicas del cantón de Vinces (provincia Los Ríos, Ecuador). Los autores reportaron valores promedio de Pb de 2.44 mg/kg: superiores a los asentados en el *Codex Alimentarius*.<sup>19</sup> Los autores recalcaron también en la comunicación que no se evidenció presencia del metal en cinco fincas del cantón.<sup>19</sup>

Furcal Beriguete y Torres Morales (2020)<sup>20</sup> mencionaron que algunas de las muestras de granos de cacao fermentado y seco contenían Cd en cantidades variables de entre 1.0 – 1.8 mg/kg: hallazgo similar a los reportados por los autores de la presente investigación. Por otro lado, Sánchez Soledispa *et al.* (2021)<sup>21</sup> reportaron la presencia de Cd en muestras de chocolate en polvo comercializado en la ciudad ecuatoriana de Guayaquil. De forma interesante, Sánchez Soledispa *et al.* (2021)<sup>21</sup> no detectaron la presencia de Pb en tales muestras.

No fue del interés de los autores explorar las causas para la presencia de metales pesados en las muestras de cacao y derivados que fueron ensayadas en este trabajo. El instrumento FAAS fue optimizado por los autores para la determinación analítica de Pb y Cd, y esta optimización incluyó también la longitud de onda de lectura de las líneas atómicas empleadas para ambos iones metálicos. Sin embargo, otros autores han empleado otras longitudes de onda en la determinación de los metales pesados de interés. Mite, Carrillo y Durango (2010)<sup>10</sup> y del Águila (2018)<sup>22</sup> utilizaron un espectrofotómetro de absorción atómica AA-400 (Perkin-Elmer, Estados Unidos) optimizado a una longitud de onda de 228,8 nm para la determinación de Cd: una diferencia de 56.4 nm respecto de la longitud de onda empleada en el presente estudio. del Águila (2018)<sup>22</sup> también empleó una longitud de onda en la determinación de Pb diferente ( $\Delta = -66.3$  nm) de la utilizada en este estudio. No obstante, no se ha aclarado que las diferencias en las longitudes de onda podrían influir en la exactitud de las determinaciones analíticas.

La exactitud analítica de la determinación de los metales pesados también podría depender de la adecuada calibración del equipo FAAS. La construcción de la correspondiente recta de calibración serviría entonces para la

interpolación de la concentración del metal pesado de interés de las lecturas de las absorbancias, la estimación del límite de cuantificación: valor numérico a partir de la cual se puede reportar, con un nivel conocido de confianza estadística, la concentración del metal presente en la muestra; y el límite de detección: valor numérico por debajo del cual las cantidades del metal (aunque estén presentes) son indistinguibles de cero.<sup>17</sup>

Varios autores han reportado los valores del coeficiente *r* de correlación de las rectas de calibración,<sup>23-24</sup> y si bien se aspira a los mismos sean lo más cercanos a la unidad (lo que apuntaría a una perfecta correlación), no es menos cierto que las diferencias pequeñas encontradas no afectan de forma importante la exactitud de las determinaciones analíticas hechas.

El recobrado de las cantidades presentes del metal pesado en la muestra mediante la técnica FAAS es igualmente importante para la exactitud analítica de la determinación. Para que la exactitud de la técnica FAAS sea adecuada se establece que el recobrado sea de entre 85 – 115 %. 85 % implicaría el reporte de concentraciones del metal menores que las realmente presentes en la muestra a ensayar, y se convertiría en una fuente de sesgos analíticos. Los recobrados > 90 % obtenidos en este trabajo garantizó la exactitud analítica requerida.

Por último, la presencia de metales pesados en las muestras ensayadas de cacao pudiera explicarse por deficiencias durante la colección del grano, el almacenamiento y el procesamiento industrial.<sup>25-26</sup> El uso de recipientes metálicos con un contenido no documentado de metales pesados pudiera ser una de las causas de transferencia de tales contaminantes hacia los granos y sus derivados. El deterioro del equipamiento de procesamiento industrial, o el empleo del mismo en otras actividades, podría también generar contaminación cruzada. No se puede pasar por alto la utilización de plaguicidas (herbicidas e insecticidas entre ellos) que

pueden incorporar tales metales en la composición química de los mismos, y que no han sido todavía retirados de la cadena productiva por disímiles razones (entre ellas, el encarecimiento de otros productos con los mismos fines que se promocionan como libres de tales metales).<sup>27-28</sup> Tampoco puede desecharse la posibilidad de la presencia de metales pesados en los suelos de cultivo, y que éstos se acumulen en los granos de cacao, y por extensión, en los productos derivados del procesamiento del mismo.<sup>29-30</sup>

## CONCLUSIONES

Las muestras de cacao y derivados pueden presentar cantidades variables de plomo y cadmio, que en (pocas) ocasiones superan los límites fijados en las normas cubanas. El empleo de la técnica FAAS permitió obtener resultados con exactitud y recobrado analíticos en correspondencia con las especificaciones de calidad de la técnica.

### *Futuras extensiones*

El presente trabajo ha revelado la presencia de metales pesados en muestras de cacao y derivados. En condiciones ideales, estos metales no deberían estar presentes en el alimento de interés, y de ocurrir, debería ser en cantidades menores que los límites establecidos en las normas cubanas e internacionales. Los valores determinados de plomo y cadmio en las muestras ensayadas justifican entonces estudios adicionales para encontrar primero, y eliminar después, las causas de la contaminación de este alimento y, de esta forma, lograr que los productos ensayados satisfagan los límites establecidos en las normas locales e internacionales.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Los autores participaron a partes iguales en el diseño y ejecución de la presente investigación; la recolección y el

procesamiento estadístico-matemático de los datos, el análisis de los resultados, y la redacción del presente artículo.

## SUMMARY

**Rationale:** Cuban cacao is used in the national industry for the manufacturing of chocolate powder and pastries as well as in the joint production with foreign firms. Cacao might be contaminated with cadmium and lead, among other heavy metals, during sowing, harvesting and storage. **Objective:** To determine the presence of cadmium and lead in cacao derivatives. **Methods:** Lead and cadmium concentrations in 11 commercial products derived from cacao were determined by means of flame atomic absorption spectroscopy. **Results:** Two of the assayed cacao samples exceeded in more than 15 times the maximal limits established for lead, whereas two other cacao samples showed cadmium values higher than the set limits. **Conclusions:** Products derived from cacao might show varying quantities of lead and cadmium. **Matos Moya V, García de la Rosa RD, Valdés González AC, Fernández Triana I, Hernández Acuña M.** On the presence of heavy metals in products derived from cacao. *RCAN Rev Cubana Aliment Nutr* 2022;32(1):17-34. RNPS: 2221. ISSN: 1561-2929.

*Subject headings:* Cacao / Heavy metals / Lead / Cadmium.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pernía B, Mero M, Cornejo X, Ramírez N, Ramírez L, Bravo K; *et al.* Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE* 2018;9(2):89-105. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422018000200089](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200089). Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
2. Prieto J, González A, Prieto F. Contaminación y fitotoxicidad en plantas



- por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Trop Subtrop Agroecosyst* 2009;10:29-44.
3. Covarrubias S, Cabriales J. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Rev Int Contamin Ambient* 2017;33:7-21. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  4. Llatance WO, Gonza CJ, Guzmán W, Pariente E. Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la comunidad nativa de Pakun, Perú. *Rev Forest Perú* 2018;33(1):63-75. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1156>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  5. Meter A, Atkinson RJ, Laliberte B. Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe. Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación. CAF Development Bank Of Latinamerica. Washington DC: 2019. Disponible en: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1505>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  6. EEC (2006) Regulation (EC) Number 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Off J Eur Union L* 2006;364:5.
  7. European Union Commission Recommendation Number 488/2014 of 12 May 2014 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in foodstuffs. *Off J Eur Union L* 2014;138:75-9.
  8. Comisión del *Codex Alimentarius*. Solicitud de observaciones en el trámite 6 sobre el proyecto de nivel máximo de cadmio para los chocolates que contienen o declaran menos del 30 % del total de sólidos de cacao sobre la base de materia seca. Ginebra: 2019. Disponible en: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FCircular%252520Letters%252FCL%2525202019-81%252Fcl19\\_81s.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FCircular%252520Letters%252FCL%2525202019-81%252Fcl19_81s.pdf). Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  9. Araque RO, Cortez AL, Lopez FC, Vera EL, Pérez EMF. Análisis de cadmio, plomo, níquel y arsénico en plantas de cacao y derivados: Industria Alimentaria. *CienciAmérica Rev Divulg Cient Univ Tecnol Indoamérica* 2020;9(4):107-14. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746469>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  10. Mite F, Carrillo M, Durango W. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Departamento Nacional de Manejo de Suelos y Aguas. En: *Memorias del XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo*. Santo Domingo. Noviembre del 2010. pp 1-21. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5872>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
  11. El-Salous A, Pascual A. Determinación de cadmio, plomo y ocratoxina en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. *Revista I + D Tecnológico* 2018;14:49-59. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/download/1802/html?inline=1>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.

12. López H, Oropeza I, Betancourt C. Determinación de la concentración de calcio, magnesio y potasio en leche líquida de tres marcas comerciales, empleando la técnica de espectroscopia atómica. *Rev Invest* 2017;41(90):120-33. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142017000100009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142017000100009). Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
13. Lorenzo M, Reyes A, Blanco I, Vasallo M. Determinación de Ca, Cu, Fe y Pb por espectrofotometría de absorción atómica en aguardientes de caña. *ICIDCA* 2010; 44(3):3-6. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2231/223120684001.pdf>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
14. Norma Cubana NC 493:2015. Contaminantes metálicos en alimentos. Regulaciones sanitarias. Oficina Nacional de Normalización y Metrología. La Habana: 2015.
15. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la investigación. Sexta Edición. McGraw-Hill. La Habana: 2014.
16. Norma internacional de métodos de análisis generales para los contaminantes. CODEX STAN 228-2001. *Codex Alimentarius*. Ginebra: 2004.
17. Miller J, Miller J. Estadística y quimiometría para química analítica. Cuarta Edición. Pearson Educación SA. Madrid. 2002.
18. Davis A, Olsen R. Comparison of analytical methods used to determine metal concentrations in environmental water samples. *J AOAC Int* 1992;75: 999-1005.
19. Díaz L, Mendoza E, Bravo M, Domínguez N. Determinación de cadmio y plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vines. *Espirales Rev Multidisciplinar Invest* 2018;2(15):77-92. Disponible en: <https://www.revistas.ug.edu.ec/index.php/iti/article/view/169>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
20. Furcal P, Torres J. Determinación de concentraciones de cadmio en plantaciones de *Theobroma cacao L.* en Costa Rica. *Tecnología Marcha* 2020; 33(1):0-0. Disponible en: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5027>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
21. Sánchez C, Zambrano D, Arévalo O, Macas V, Pernía B, García D, Jiménez D. Estudio de línea base de las concentraciones de metales pesados en chocolate en polvo comercializado en Guayaquil, Ecuador. *Investigatio* 2021; 16:0-0. Disponible en: <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/download/574/527?inline=1>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
22. Del Águila E. Determinación de cadmio y plomo en granos de cacao, frescos, secos y en licor de cacao (*Theobroma cacao*). Tesis de diploma. Universidad Agraria de la Selva. Tingo María [Perú]: 2020. Disponible en: [http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1269/DMEA\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1269/DMEA_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
23. Echeverry A, Reyes H. Determinación de la concentración de cadmio en un chocolate colombiano con 65 % de cacao y chocolates extranjeros con diferentes porcentajes de cacao. *Entre Ciencia e Ingeniería* 2016;10(19):0-0. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-83672016000100004](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672016000100004). Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.

24. Romero D, Yáñez G, Simbaña K, Navarrete H. Content and the relationship between cadmium, nickel, and lead concentrations in Ecuadorian cocoa beans from nine provinces. *Food Control* 2019; 106:0-0. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713519303391?via%3Dihub>. Fecha de última visita: 18 de Noviembre del 2021.
25. Rankin CW, Nriagu JO, Aggarwal JK, Arowolo TA, Adebayo K, Flegal AR. Lead contamination in cocoa and cocoa products: Isotopic evidence of global contamination. *Environm Health Perspect* 2005;113:1344-18.
26. Abt E, Robin LP. Perspective on cadmium and lead in cocoa and chocolate. *J Agric Food Chem* 2020;68:13008-15.
27. Arnold D, Briggs G. Fate of pesticides in soil: Predictive and practical aspects. *Environm Fate Pesticides* 1990;7:101-22.
28. Lowor ST, Jacquet M, Vrielink T, Aculey P, Cros E, Takrama J. Post-harvest sources of polycyclic aromatic hydrocarbon contamination of cocoa beans: A simulation. *Int J AgriSci* 2012; 2:1043-52.
29. Manton WI. Sources of lead in cocoa and chocolate. *Environm Health Perspect* 2006;114:A274-A275.
30. Gramlich A, Tandy S, Gauggel C, López M, Perla D, Gonzalez V, Schulin R. Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras. *Sci Total Environm* 2018;612:370-8.