

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE SANTA BÁRBARA DEL ZULIA, VENEZUELA

EVALUATION OF HEAVY METALS IN COCOA (*Theobroma cacao* L.) FROM SANTA BÁRBARA DEL ZULIA, VENEZUELA

JOSÉ GREGORIO LANZA, PEDRO CÉSAR CHURIÓN, NELSON JOSÉ LIENDO, VÍCTOR HUGO LÓPEZ

Instituto Nacional de Nutrición, Laboratorio de Análisis Físicoquímico, Caracas, Venezuela
E-mail: joseglanza82@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron las variaciones de las concentraciones de los metales pesados: cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) e hierro (Fe) en almendras de dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.), híbrido y porcelana, provenientes de la región de Santa Bárbara del Zulia en Venezuela. Estos metales se determinaron mediante la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES). Los resultados obtenidos, en dos periodos de recolección distintos (2012 y 2013), permiten establecer un intervalo de concentraciones para Cd entre 0,95 y 2,09 mg.kg⁻¹; Cu entre 4,87 y 21,36 mg.kg⁻¹; Ni entre 0,00 y 6,67 mg.kg⁻¹; Cr entre 0,14 y 1,69 mg.kg⁻¹; Fe entre 5,13 y 34,36 mg.kg⁻¹. Estos resultados permiten crear un punto de referencia para futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: Cacao porcelana, cacao híbrido.

ABSTRACT

Heavy metals concentrations such as cadmium (Cd), copper (Cu), nickel (Ni), chromium (Cr) and iron (Fe) were evaluated in almonds of two varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.), hybrid and porcelana, from the region of Santa Barbara del Zulia, Venezuela. These were analyzed by the technique of inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). The results show that, in two different periods of collection (2012 and 2013), the levels of Cd were in a range between 0.95 and 2.09 mg.kg⁻¹; Cu between 4.87 and 21.36 mg.kg⁻¹; Ni between 0.00 and 6.67 mg.kg⁻¹; Cr between 0.14 and 1.69 mg.kg⁻¹; Fe between 5.13 and 34.26 mg.kg⁻¹. These concentrations allow to have a reference point for future research.

KEY WORDS: Porcelana cocoa, hibryd cocoa.

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao* L., es un árbol cuyo origen proviene de las regiones húmedas tropicales del norte de América del Sur y Centro América. Está clasificado en tres grupos morfogeográficos: criollo, forastero y trinitario (Soria 1970, Motamayor *et al.* 2002), los cuales presentan variaciones en color, dimensión, flor, fruto y semilla. Es un producto cotizado mundialmente debido a que, con sus semillas, se elabora chocolate y otros productos de interés comercial.

Desde la época de la colonia, Venezuela se caracterizó por ser un gran productor de cacao. Hasta principios del siglo XIX, el cacao producido en el territorio nacional era fundamentalmente el criollo, siendo sustituido de manera progresiva por la producción de híbridos naturales originados por los cruces entre estos y los cacaos forasteros. Aún así, Venezuela sigue siendo de los pocos países donde aún se cultivan algunos de los legítimos cacaos criollos que se encuentran en peligro de extinción

(Chacón *et al.* 2007). Las zonas del país que se caracterizan por la producción comercial de este rubro se ubican en la región Oriental, Centro-Norte Costera y en la Sur Occidental. La zona Sur del Lago de Maracaibo en el estado Zulia (región Sur Occidental) ocupa el tercer lugar en la producción nacional de cacao (*Theobroma cacao* L.) (Chacón *et al.* 2007).

En el Sur del Lago, se producen cacaos híbridos de alta calidad en sabor y aroma, favoreciendo la aceptación y demanda del producto en el mercado internacional. De igual manera, esta región se destaca porque se cultiva un tipo de cacao criollo denominado cacao porcelana, considerado uno de los mejores del mundo por sus características varietales (Portillo *et al.* 2007).

Debido a la importancia comercial del cacao, diversos países productores y exportadores, incluyendo Venezuela, se muestran interesados en conocer los niveles de metales pesados presentes en el rango de contaminantes en las zonas de cultivo. En

este sentido el de cadmio (Cd) ha sido objeto de discusión en los últimos años, en vista de las progresivas regulaciones de la Comunidad Europea, donde se establece un límite máximo al contenido permisible de este metal en el chocolate y otros derivados del cacao comercializados en Europa, según los reglamentos CE 1881/2006 y CE 488/2014 (UE 2006, 2014). En consecuencia es fundamental para el estado venezolano contar con datos de referencia sobre el contenido de cadmio (así como de otros metales) en los cultivos de cacao que le permitan fijar una posición clara ante las regulaciones internacionales que podrían representar un riesgo para las exportaciones del producto nacional al bloque comunitario.

Tomando en cuenta la definición del *Codex Alimentarius* los contaminantes metálicos del cacao pueden definirse como aquellos metales, no añadidos intencionalmente, que se encuentran presentes en el cacao como resultado de la producción, fabricación, elaboración, preparación, tratamiento, empaquetado, transporte, almacenamiento o como producto de contaminaciones ambientales con potencialidad de presentar riesgos sobre la salud de las personas (Codex Alimentarius 1995). Estos metales pueden hallarse en los suelos de forma natural o como resultado de la actividad antropogénica, ser absorbidos por las plantas, concentrados en las semillas y tomados de ellas por el ser humano, lo cual constituye un riesgo potencial para la salud (Adriano 2001, Augstburger *et al.* 2001, Prieto *et al.* 2009).

Diversas investigaciones han demostrado que durante el proceso del beneficio del cacao, existen variaciones en las características fisicoquímicas del grano, en función del tipo de fermentador utilizado y del tiempo de secado, que pueden afectar las concentraciones de los metales, así como la calidad e inocuidad del producto final (Portillo *et al.* 2007).

En Venezuela, la norma COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales) establece límites máximos de algunos elementos metálicos en los productos derivados del cacao (polvo y licor de cacao); sin embargo, no se reportan límites máximos permitidos de metales en el grano de cacao para ser considerados como aptos para el consumo humano.

En este contexto, la presente investigación evaluó el contenido de cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) e hierro (Fe) en almendras del cacao en función de los fermentadores empleados, con el fin de establecer valores de referencia en una muestra representativa de este cultivo de exportación, producido en la región de Santa Bárbara del Zulia en

Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Ácido nítrico 65% Riedel de Häen. Estándar multi elemental de 1000 mg.L⁻¹ (Certipur® Certified Reference Material, ICP multi-elemental standard solution IV) de 23 elementos: Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl, Zn. Estándar multi elemental de 1000 mg.L⁻¹ (Certipur® Certified Reference Material, ICP multi-elemental standard XIII) de 16 elementos: Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, V, Zn. Agua ultrapura de calidad Milli-Q de resistividad de 18,2 MΩ.cm a 25 °C.

Instrumentación

ICP-OES modelo Optima 2100 DV, Perkin Elmer (Nebulizador: APEX-Q, Cámara de nebulización ciclónica). Digestor de microondas Ethos One, Milestone. Estufa Binder. Homogeneizador Grind Mix de 900 watt, modelo Restsch GM 200.

Muestras

Recolección de muestras

El estudio fue realizado con muestras secas de cacao porcelana e híbrido, las cuales fueron tomadas en la Estación Experimental Chama de CORPOZULIA, ubicada en el km 41 de la carretera Santa Bárbara-El Vigía, del municipio Colón, estado Zulia. Las mismas se obtuvieron en dos periodos distintos. En el año 2012, se recolectaron muestras (500 g), de manera aleatoria, del cacao híbrido y el cacao porcelana, fermentados en cesta plástica y sin fermentar. En el año 2013, se recogieron las mismas variedades de cacao, únicamente en su forma fermentada, modificando el método de fermentación en cesta plástica y cajón de madera. En ambos casos las muestras fueron empacadas en bolsas de papel y luego en bolsas plásticas y trasladadas a las instalaciones del Laboratorio de Análisis Físico-Químico del Instituto Nacional de Nutrición, en Caracas, Venezuela, para su procesamiento y análisis.

Preparación de las muestras

Las semillas de cacao fueron secadas con aireación, en una estufa, a una temperatura de 100°C, durante 30 minutos. Posteriormente se mantuvieron a temperatura ambiente para proceder a separar las almendras de las cascarillas. Las almendras fueron

trituras en un homogeneizador, para la posterior digestión, extracción y cuantificación de los elementos metálicos a evaluar. La preparación de las muestras se realizó de acuerdo con la metodología empleada en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico del Instituto Nacional de Nutrición, Caracas, Venezuela.

Procedimiento analítico

Digestión de las muestras

El procedimiento para la digestión de las muestras es una adaptación del protocolo propuesto por Mounicou *et al.* (2003). Con el fin de determinar el contenido de metales contaminantes las muestras estas fueron previamente digeridas vía microondas. En cada caso se utilizó 10 g de cacao triturado en 8 mL de HNO₃ concentrado (cada muestra fue digerida por triplicado). El programa para el microondas se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros para la digestión de muestras en el sistema microondas (Ethos One).

Etapa	Tiempo (min.)	Temperatura (°C)	Potencia (W)
1	10	120	1000
2	5	120	1000
3	10	200	1000
4	20	200	1000

Enfriamiento (ventilación): 30 min.

Medidas ICP-OES

Se prepararon rectas de calibrado para cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) y hierro (Fe) a partir de sus estándares concentrados, manteniendo la proporción de ácidos que contienen las muestras digeridas. El protocolo utilizado corresponde a una adaptación del método oficial AOAC: 999.11 (AOAC 2005). Las condiciones experimentales encontradas para cada uno de los estándares se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Condiciones experimentales empleadas para la realización de las medidas de ICP-OES.

Parámetros	Metales					
	Cd	Cu	Ni	Zn	Cr	Fe
λ (nm)	228,802	327,309	231,604	213,857	267,716	238,204
Flujo de gas de plasma (mL.min ⁻¹)	15	15	15	15	15	15
Flujo de gas auxiliar (mL.min ⁻¹)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Energía de radiofrecuencia (W)	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Flujo de gas del nebulizador (mL.min ⁻¹)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Velocidad de aspiración del nebulizador (mL.min ⁻¹)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Número de puntos de integración	9	9	9	9	9	9
Recta de calibrado Y (10 ³)	542,0x	642,1x	214,1x	405,1x	448,6x	664,5x
Límite de detección (mL.min ⁻¹)	0,0001	0,0063	0,0012	0,0169	0,0009	0,0560
Límite de cuantificación (mL.min ⁻¹)	0,0003	0,0189	0,0036	0,0507	0,0027	0,1680

Procesamiento estadístico de resultados

En cada conjunto de datos y elementos, se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos aplicados. En los casos donde ANDEVA resultó significativo, se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), para comparar directamente los pares de tratamientos específicos estudiados. Para comprobar los supuestos del ANDEVA, se realizaron gráficos de probabilidad normal, gráfico de residuales, prueba de Bartlett para la igualdad de varianzas y prueba de Grubbs para datos anómalos (Miller y Miller 2002). El análisis estadístico de los datos fue realizado utilizando el programa estadístico STATISTICA versión 10.0, compatible a Windows (Statistica 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados correspondientes a las muestras evaluadas abarcaron dos periodos de recolección: el primero en junio de 2012, donde se recolectaron cacaos porcelana e híbrido (fermentados y no fermentados). El tipo de fermentador utilizado fue el cajón de madera. El segundo periodo correspondió a junio de 2013, donde se recolectando las mismas variedades de cacao (únicamente fermentados). En esa oportunidad se utilizaron cajones de madera y cestas plásticas como fermentadores.

En lo sucesivo para facilitar la identificación de las muestras, en cada una de las figuras, se establece la siguiente codificación (Tabla 3):

Tabla 3. Códigos empleados para identificar los tipos de cacao estudiados.

Variante	Cacao Híbrido	Cacao Porcelana
Fermentado	HF	PF
No fermentado	HNF	PNF
Fermentado en cesta	HFC	PFC
Fermentado en madera	HFM	PFM

La Tabla 4 muestra la comparación estadística realizada, presentando una idea de la uniformidad en el contenido de metales contaminantes en los tipos de cacao evaluados.

Tabla 4. Diferencias significativas entre los grupos evaluados.

Grupos	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Zn
HF – HNF						
PF – PNF			*		*	
HFC – HFM	*	*			*	
PFC – PFM	*				*	

Los espacios marcados con asterisco (*) indican que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los grupos estudiados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los elementos metálicos evaluados.

Cadmio (Cd)

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos para el cadmio evaluado en el cacao híbrido y porcelana, proveniente de Santa Bárbara del Zulia. Las concentraciones de este metal se ubicaron entre 1,74 y 2,09 mg.kg⁻¹ para el cacao híbrido (HF y HNF). En el caso del cacao porcelana, se encontraron valores entre 1,82 mg.kg⁻¹ (PF) y 1,90 mg.kg⁻¹ (PNF). Para el periodo 2013, las concentraciones se ubicaron entre 0,95 mg.kg⁻¹ y 1,10 mg.kg⁻¹ para el HFM y HFC, respectivamente. Por su parte el cacao porcelana arrojó valores entre 1,57 mg.kg⁻¹ (PFM) y 1,76 mg.kg⁻¹ (PFC).

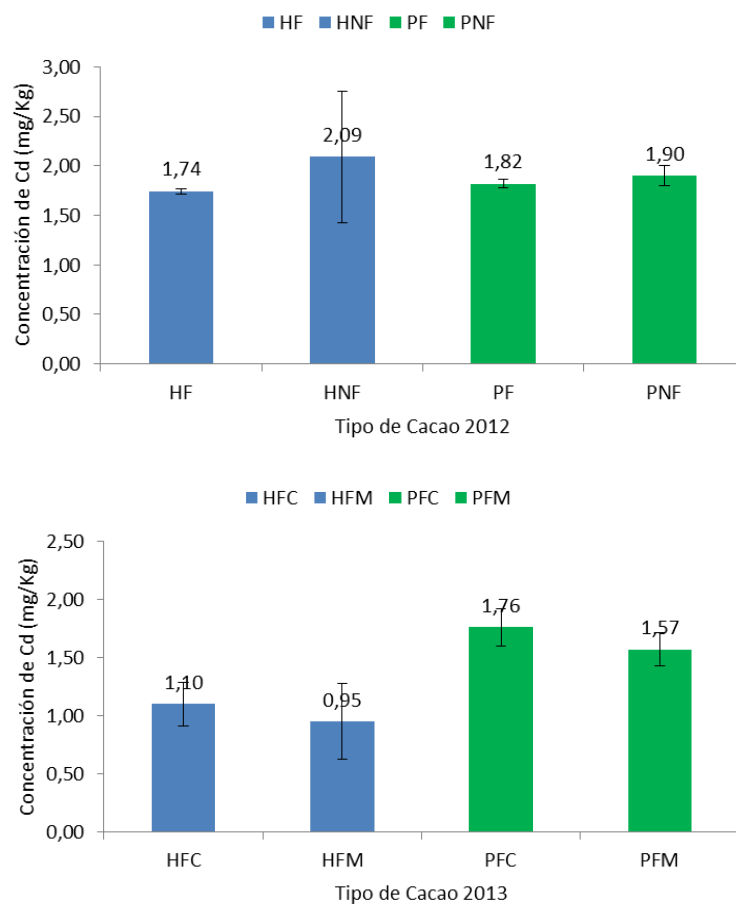


Figura 1. Concentraciones de Cd obtenidas en las muestras recolectadas en los periodos 2012 y 2013.

El análisis estadístico de los datos para el Cd, como se muestra en la Tabla 4, no arrojó diferencias significativas entre el HF y HNF, ni para el PF y PNF, tampoco variando el método de fermentación, por esta razón se puede presumir que la concentración de Cd en el cacao no se ve afectada por factores atribuibles a la manipulación del grano en las primeras etapas de procesamiento. Estos resultados permiten establecer que en la región de Santa Bárbara del Zulia, las variedades de cacao estudiadas poseen concentraciones de Cd ubicadas en un rango entre 0,95 y 2,09 mg.kg⁻¹. Según Izquierdo (1998), la concentración de cadmio en las hojas de cacao sugiere una alta variabilidad de este elemento que posiblemente estaría relacionado con factores atribuibles a su concentración en los suelos, tipos de suelo, aguas de riego, entre otros.

Por otra parte, la Unión Europea en su reglamento No 488/2014 (UE 2014), establece una concentración de Cd máxima de 0,8 mg.kg⁻¹ para el producto cuyo contenido de materia seca de cacao sea superior a la mitad de su peso. Ese límite máximo podría aplicar

de igual manera para el grano de cacao. En este sentido, los contenidos hallados de Cd en las muestras analizadas superarían el valor máximo establecido en la resolución europea (que regirá a partir del 01 de enero del año 2019) (UE 2014).

Cobre (Cu)

Los niveles de cobre encontrados en las muestras de cacao híbrido y porcelana se muestran en la Figura 2. Para el periodo 2012, el Cu se ubicó entre 21,19 y 21,36 mg.kg⁻¹ en HF y HNF, respectivamente. En el caso del cacao porcelana el rango de concentración fue entre 14,25 mg.kg⁻¹ (PF) y 16,38 mg.kg⁻¹ (PNF). En el año 2013, las concentraciones disminuyeron en un 50% aproximadamente, ubicados entre 7,51 mg.kg⁻¹ y 10,35 mg.kg⁻¹ para el cacao HFM y HFC; y de 6,40 mg.kg⁻¹ y 4,87 mg.kg⁻¹ para las muestras de PFC y PFM. El origen del Cu en las plantas de cacao pudo ser generado por el uso de fungicidas, con contenidos de óxido cuproso, en mayor o menor grado (Porras *et al.* 1987).

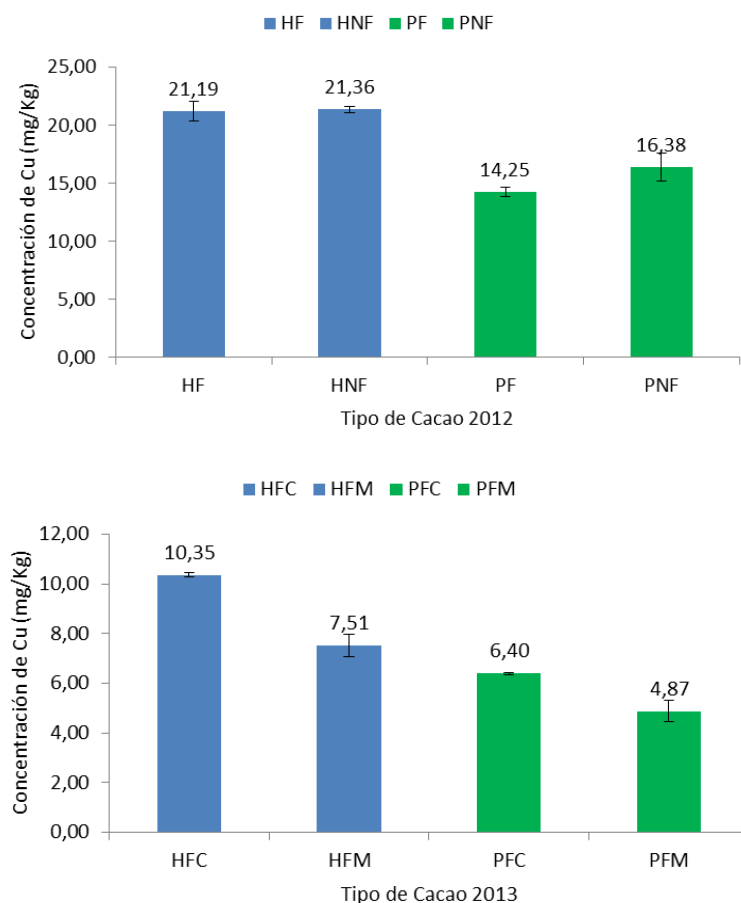


Figura 2. Concentraciones de Cu obtenidas en las muestras recolectadas en los periodos 2012 y 2013.

El procesamiento estadístico de los datos obtenidos para este metal, no arrojó diferencias significativas para el cacao HF y HNF, pero sí para el PF y el PNF. Por otro lado, se observaron diferencias significativas en el cacao HFC y HFM, mientras que en el cacao PFC y PFM no se apreciaron tales diferencias. Estos resultados, sugieren que la concentración de este metal está influenciada por el proceso de fermentación de las semillas de cacao.

Los resultados permiten establecer que el cacao de la región de Santa Bárbara del Zulia (híbrido y porcelana), presenta un rango de concentración de Cu entre $4,87 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $21,36 \text{ mg.kg}^{-1}$.

En cuanto a las legislaciones internacionales que reglamentan los límites máximos de Cu en alimentos, la Unión Europea sugiere una concentración máxima de 50 mg.kg^{-1} de este metal. Considerando ese valor, los granos de cacao de la región de Santa Bárbara del

Zulia estarían dentro de la reglamentación establecida. Algunas investigaciones han planteado que la presencia de cobre en los cultivos de cacao podría ser producto del uso de fungicidas con contenidos de óxido cuproso que se acumula en los suelos en mayor o menor grado (Aikpokpodion *et al.* 2013).

Níquel (Ni)

En la Figura 3 se observa, en el año 2012, que las concentraciones de níquel se ubicaron entre $4,37 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $4,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ para el cacao HNF y HF, respectivamente. Para el año 2013, las concentraciones presentaron un máximo de $6,67 \text{ mg.kg}^{-1}$ en el caso del HFC y se ubicaron por debajo del límite de detección para el HFM. Al evaluar el porcelana, de ese mismo año, el intervalo de concentración de Ni, se encontró entre $3,30 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PFC) y $0,62 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PFM).

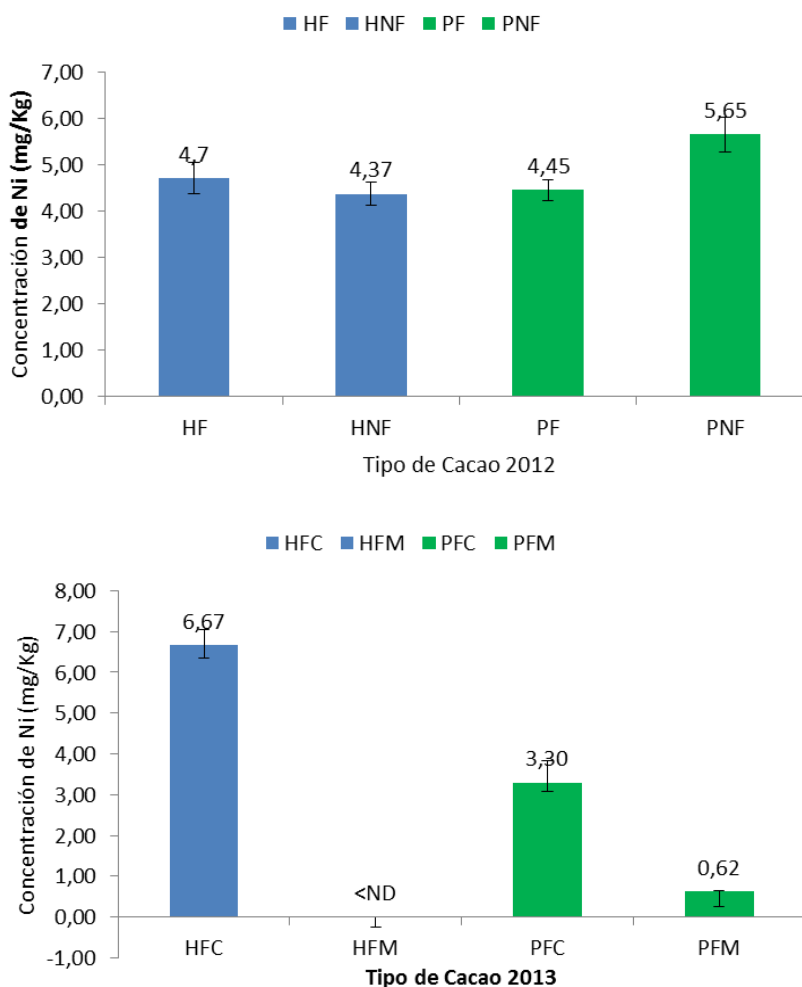


Figura 3. Concentraciones de Ni obtenidas en las muestras recolectadas en los periodos 2012 y 2013.

Para este contaminante no se encontraron diferencias significativas para el cacao HF e HNF, mientras que para el cacao PF y PNF si se observaron diferencias significativas del mismo modo que para el cacao HFC e HFM y, en PFC y PFM. De esta manera, en apariencia, la fermentación produce cambios en las concentraciones de Ni en el cacao. En consecuencia, resulta interesante que el proceso de fermentación en cajones de madera reduce los contenidos de Ni en las almendras de cacao.

Estos resultados muestran que las concentraciones de Ni halladas se encuentran hasta un máximo de 6,67 mg.kg⁻¹. Además, sugieren que los niveles del contaminante se ubican considerablemente por debajo de los exigidos por reglamentaciones internacionales como el Codex Alimentarius (1995)

que establece un máximo de 30 mg.kg⁻¹ en almendras de cacao.

Cromo (Cr)

Este metal es calificado como un nutriente indispensable en humanos y en animales, además de ser requerido para el funcionamiento normal del metabolismo de carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos. En el caso de este metal, el Codex Alimentarius (1995) no presenta los límites permitidos para este elemento. Sin embargo, existen reportes que indicarían que la cantidad considerada como segura y adecuada para adultos es de 50 a 200 mg.día⁻¹ (NAS 1989). Los niveles de concentración de este elemento en las matrices de cacao evaluadas en esta investigación, se muestran en la Figura 4.

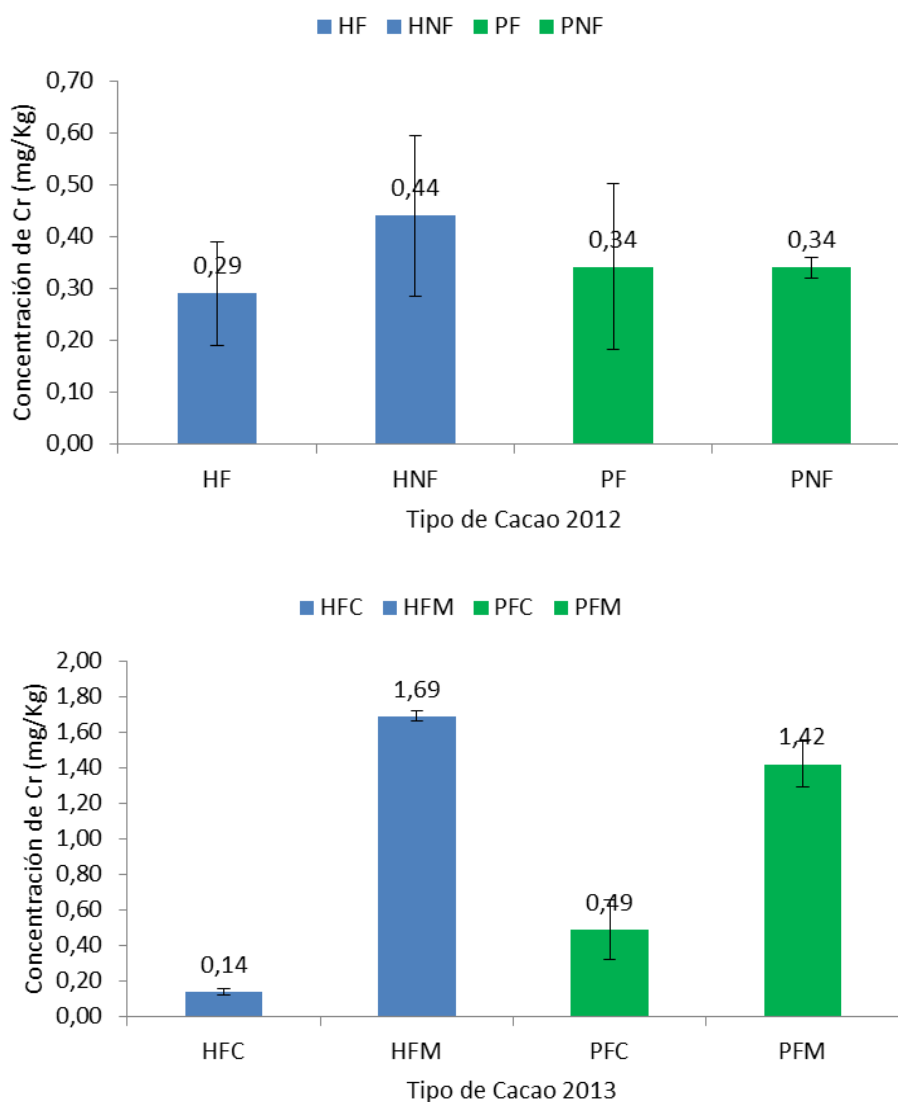


Figura 4. Concentraciones de Cr obtenidas en las muestras colectadas los periodos 2012 y 2013.

En el periodo de 2012, los valores encontrados de Cr se ubican entre $0,29 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $0,44 \text{ mg.kg}^{-1}$ en el cacao HF y HNF. Por su parte, el cacao porcelana registró niveles ubicados en $0,34 \text{ mg.kg}^{-1}$, tanto para el PF como para el PNF. Al evaluar las muestras de 2013, se observó que los valores del metal están entre $0,14 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $1,69 \text{ mg.kg}^{-1}$, para el cacao HFC y HFM, respectivamente, y entre $0,49 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PFC) y $1,42 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PFM).

El procesamiento estadístico de los datos obtenidos para este metal, no arrojó diferencias significativas para el HF y el HNF, del mismo modo ocurrió con el cacao porcelana en sus dos formas. No obstante, variando el método de fermentación, sí se encontraron diferencias significativas en las concentraciones de Cr, tanto para el cacao híbrido

como para el porcelana. Esto evidencia que durante el proceso de fermentación en madera se producen aumentos considerables de la concentración de Cr en las semillas de cacao. Los resultados observados permitieron establecer un rango de concentración para el Cr, en la zona de Santa Bárbara del Zulia, entre $0,14 \text{ mg.kg}^{-1}$ y $1,69 \text{ mg.kg}^{-1}$.

Hierro (Fe)

En la Figura 5 se puede apreciar los niveles de Fe encontrados en el cacao híbrido, ubicándolos entre $32,81 \text{ mg.kg}^{-1}$ (HF) y $34,26 \text{ mg.kg}^{-1}$ (HNF). Por su parte, el cacao porcelana presentó niveles ligeramente menores, entre $25,16 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PF) y $29,79 \text{ mg.kg}^{-1}$ (PNF).

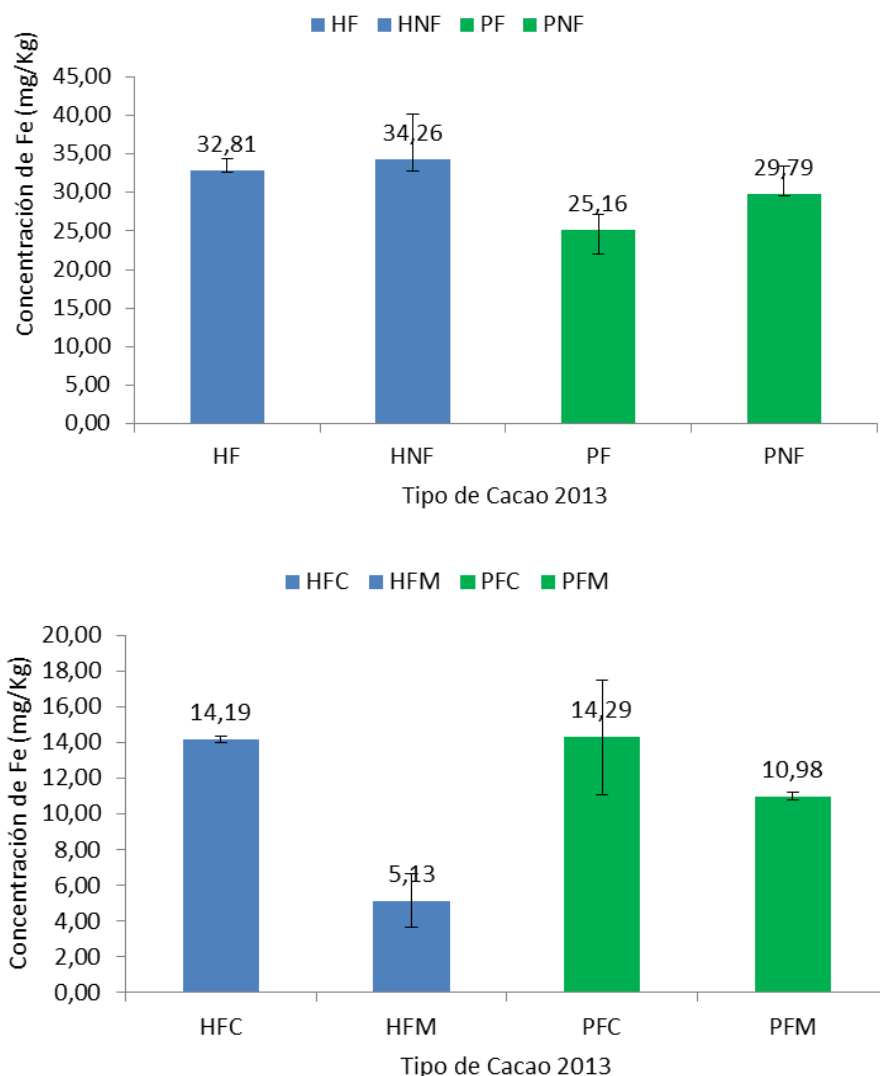


Figura 5. Concentraciones de Fe obtenidas en las muestras recolectadas en los periodos 2012 y 2013.

En cuanto al periodo 2013, se observó que las concentraciones medidas de este contaminante se ubicaron entre 14,19 mg.kg⁻¹ y 5,13 mg.kg⁻¹, para el cacao HFC y HFM, respectivamente.

Al evaluar estadísticamente los datos obtenidos, que no se observaron diferencias significativas en los grupos estudiados para este metal. Los valores obtenidos en ambos periodos, para el cacao de la zona de Santa Bárbara del Zulia, permitieron ubicarlo en un rango entre 5,13 mg.kg⁻¹ y 34,26 mg.kg⁻¹ de muestra seca.

En las normas venezolanas para polvo de cacao (norma 1479: 1998) (COVENIN 1998a) y licor de cacao (norma 1480:1998) (COVENIN 1998b) se establecen límites máximos de 2 mg.kg⁻¹ de hierro en estos derivados. Dadas las concentraciones de este metal en los granos de cacao estudiados, es muy posible que el empleo de los granos de cacao de la región de Santa Bárbara del Zulia, como materia prima para la producción de estos productos derivados, resulte inadecuado, en vista de que en todos los casos se supera el límite máximo indicado en las normativas nacionales.

CONCLUSIONES

En la mayoría de los casos, los niveles de los metales pesados fueron más elevados en las muestras correspondientes al año de 2012, con relación al año 2013. Se pudieron establecer los siguientes rangos promedios de concentración: Cd entre 0,95 y 2,09 mg.kg⁻¹; Cu entre 4,87 y 21,36 mg.kg⁻¹; Ni entre 0,00 y 6,67 mg.kg⁻¹; Cr entre 0,14 y 1,69 mg.kg⁻¹; Fe entre 5,13 y 34,26 mg.kg⁻¹.

Algunas de las concentraciones de los metales evaluados en las almendras de cacao, provenientes de la región de Santa Bárbara del Zulia, presentaron valores considerados elevados. No obstante, como las normativas internacionales se refieren al chocolate y productos derivados, no se puede establecer criterios de aceptación o rechazo de este rubro, sin abrir un proceso de discusión de carácter técnico, donde Venezuela pueda fijar su posición ante las reglamentaciones internacionales propuestas.

El método de fermentación puede alterar las concentraciones de los metales contaminantes. La fermentación en madera parece reducir los niveles para todos los metales, excepto para el Cr (en el cual se produjo un aumento significativo).

Esta investigación constituye una referencia para establecer mesas de discusión que permitan la

actualización de los niveles de concentración de metales pesados en granos de cacao y sus derivados; así como la inclusión en las normas de regulaciones de aquellos contaminantes que son objeto de discusión internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO DC. 2001. Trace elements in terrestrial environments: Biogeochemistry, bioavailability, and risks of heavy metals. Springer-Verlag, New York, USA, pp. 867.
- AIKPOKPODION P, ATEWOLARA-ODULE O, OSOBAMIRO T, ODUWOLE O, ADEMOLA S. 2013. A survey of copper, lead, cadmium and zinc residues in cocoa beans obtained from selected plantations in Nigeria. J. Chem. Pharm. Res. 5(6):88-98.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 2005. Official Method 999.11: Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods. AOAC, USA, pp. 3.
- AUGSTBURGER F, BERGER J, CENSKOWSKY U, HEID P, MILZ J, STREIT C. 2001. Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. Productos Ecológicos de Hibisco. Guías de 18 cultivos: Cacao. Asociación Naturland, 1ª edición. Grärfelfing, Alemania, 11 pp. Disponible en línea en: <http://www.naturland.de/fileadmin/MDb/documents/Publication/Espanol/cacao.pdf> f. (Acceso 23.06.2014).
- CHACÓN I, GÓMEZ C, MÁRQUEZ V. 2007. Caracterización morfológica de frutos y almendras de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la región suroccidental de Venezuela. Rev. Fav. Agron. (LUZ). 24(1):202-207.
- CODEX ALIMENTARIUS. 1995. Norma general del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995). Roma: FAO/OMS, 1995. Disponible en línea en: http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193s.pdf (Acceso 23.06.2014)
- COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES). 1998a. Norma 1479:98. Cacao en polvo. 2da revisión. Fondonorma, Caracas, Venezuela, pp. 8.
- COVENIN (COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS

- INDUSTRIALES). 1998b. Norma 1480:98. Licor de Cacao (masa o pasta de cacao). 2da revisión. Fondonorma, Caracas, Venezuela, pp. 8.
- IZQUIERDO A. 1998. Determinación de la contaminación con cadmio en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su posible origen en la región de Barlovento estado Miranda. Maracay: Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Ciencias del Suelo [Disertación Grado Maestría en Ciencias del Suelo], pp. 250.
- MILLER J, MILLER J. 2002. Estadística y quimiometría para química analítica. 4ta. Ed. Pearson Educación, Madrid, España, pp. 296.
- MOTAMAYOR J, RISTERUCCI A, LOPEZ P, ORTIZ C, MORENO A, LANAUD C. 2002. Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*. 89:380-386.
- MOUNICOU S, SZPUNAR J, ANDREY D, BLAKE C, LOBINSKI R. 2003. Concentrations and bioavailability of cadmium and lead in cocoa powder and related products. *Food Addit. Contam.* 20:343-352.
- NAS (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES). 1989. Recommended dietary allowances. NAS 9th Ed. Washinton DC, USA, pp. 284.
- PORRAS V, CRUZ CHANG C, GUEVARA C. 1987. Efecto de la remoción de frutos, la aplicación de fungicidas y la polinización manual sobre la incidencia de la moniliasis y la producción de cacao. Hertford (RU), Stephen Austin and Sons, USA, pp. 461-465.
- PORTILLO E, GRAZIANI DE FARINAS L, BETANCOURT E. 2007. Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 24(3):522-546.
- PRIETO J, GONZÁLEZ C, ROMÁN A, PRIETO F. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 10(1):29-44.
- SORIA J. 1970. Principal varieties of cocoa cultivated in tropical America. *Cocoa Growers Bulletin* 19:12-21.
- STATISTICA. 2010. Basic Statistical Analysis Methods. Versión 10.0. StatSoft Inc, Tulsa, OK, USA.
- UE (UNIÓN EUROPEA). 2006. Reglamento (CE) No 1881/2006 que fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. Reglamento de la Comunidad Europea, Bélgica, pp. 20.
- UE (UNIÓN EUROPEA). 2014. Reglamento (CE) No 488/2014, que modifica el Reglamento (CE) 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. Reglamento de la Comunidad Europea, Bélgica, pp. 138/75.