

Estudio físico, químico y micológico de granos de cacao (*theobroma cacao* L) fermentados, secados y almacenados, provenientes de proveedores de los estados Miranda y Mérida

Leymaya Guevara
Clímaco Álvarez
Marielys Castrillo
Rosa Díaz

Amaury Martínez

Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA)
Universidad Central de Venezuela
leymaya.guevara@ciens.ucv.ve
Venezuela

Fecha de recepción: 05 - 10 - 2015 Fecha de aceptación: 29- 11- 2015

Resumen

En Venezuela, el cultivo de cacao ha sido una actividad de larga tradición. La producción de este rubro agrícola ha sido muy importante tanto para la inversión nacional como para las fuentes de trabajo que se originan en las zonas donde se explota. Las malas prácticas de manipulación de los granos de cacao antes y después de su cosecha traen consigo diversos problemas que afectan en

mayor o menor medida su calidad. El objetivo de este estudio fue evaluar física, química y micológicamente muestras de granos de cacao fermentados, secados y almacenados provenientes de diferentes productores del estado Miranda, tales como: Tapipa (INIA), El Guapo, Curiepe, Cúpira y El Vigía, estado Mérida. Se realizaron pruebas de corte y análisis físicos y químicos, siguiendo las indicaciones de las Normas Venezolanas COVENIN y los métodos

de la AOAC. Se evaluó la incidencia de mohos y el grado de infestación por muestra. Para la identificación de los mohos, se utilizó la clave propuesta por Samson *et al.* (1995). La prueba de corte reveló que la mayoría de las muestras entraban en la clasificación de un cacao corriente con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en humedad, proteína, grasa, fibra cruda y otros carbohidratos.

Palabras clave: cacao; mohos; almacenamiento; calidad.

Study physical, chemical and organic cocoa beans (*Theobroma cacao* L) fermented and dried stored, providers from states Miranda and Merida

Abstract

In Venezuela, the cultivation of cocoa has been an activity with a long tradition. The production of this agricultural item has been very important both for national investment and for the sources of work that originate in the areas where it is exploited. Bad practices in the handling of cocoa beans before and after harvesting bring with them various

problems that affect their quality to a greater or lesser extent. The objective of this study was to physically, chemically and mycologically evaluate samples of fermented, dried and stored cacao beans from different producers in the state of Miranda, such as: Tapipa (INIA), El Guapo, Curiepe, Cúpira and El Vigía, state of Mérida. Cutting tests and physical and chemical analyses were performed, following the indications of the

Venezuelan COVENIN standards and the AOAC methods. It was evaluated the incidence of molds and the degree of infestation by sample. For the identification of molds, it was used the key proposed by Samson et al. The cutting test revealed that most of the samples were classified as ordinary cocoa with significant differences ($p \leq 0,05$) in moisture, protein, fat, raw fiber and other carbohydrates.

Keywords: Cocoa; molds; storage quality

Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) fue domesticado hace más de 2000 años por poblaciones mesoamericanas, quienes cultivaron un cacao de alta calidad aromática denominado criollo, probablemente originario del Centro y Sudamérica (Montomayor *et al.*, 2003). El estado Miranda, localizado en la región Centro-norte-costera de Venezuela, es una de las áreas tradicionales más importantes del país por sus elevados niveles de producción. Barlovento es la zona donde se obtiene la mayor cantidad de cacao (Álvarez *et al.*, 2010); el cual es principalmente “trinitario, fermentado y el de mayor reputación en los mercados internacionales (conocido como Carenero Superior). Las explotaciones cacaoteras de Barlovento se distinguen por sus poblaciones muy heterogéneas de tipos de cacao, como consecuencia de los cruces de forastero y trinitario con criollos locales (Cartay, 1997). Las condiciones ambientales adecuadas de esta región y la fermentación de los granos favorecen la obtención de un producto de calidad, que contribuye a la economía local y a la generación de divisas para el país (Giron *et al.*, 2007).

Las semillas del árbol del cacao sufren cambios importantes durante el proceso de beneficio, es decir, desarrollan un sabor y un aroma bastante apreciado por los consumidores de chocolate alrededor del mundo. La influencia del material genético, el tratamiento poscosecha y las condiciones ambientales son los factores importantes que influyen en la calidad del sabor y aroma del cacao (Clapperton, 1994).

Durante el beneficio, los granos de cacao pueden contaminarse con mohos (*Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* entre otros.) que en ocasiones pueden producir unas toxinas llamadas micotoxinas (Sanchez *et al.*, 2008). La contaminación por micotoxinas es una causa importante de pérdidas económicas en el sector cacaotero. Además, estas pueden causar daños severos a la población, ya que pueden favorecer la aparición de muchas enfermedades tales como: cáncer, dermatitis, daños a nivel de los riñones, etc. (Bogantes-Ledezma *et al.*, 2004). La detección temprana y los controles son vitales antes de que el cacao se procese en una gama de productos alimenticios. El objetivo de este trabajo fue evaluar el estado físico, químico y micológico de muestras de granos de cacao fermentado, seco y almacenado, provenientes de diferentes productores del estado Miranda.

Materiales y métodos

Muestras

Las muestras comerciales de cacao utilizadas para este estudio fueron proporcionadas por diferentes proveedores (pequeños productores) y codificados de la siguiente forma: i) una mezcla de granos híbridos de cacao seco almacenada en condiciones de refrigeración, suministrada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), sector Tapipa, en el municipio Acevedo del Estado Miranda (cosechada en diciembre del 2011); ii) una muestra de granos de cacao proveniente de productores ubicados en el sector El Rosario y El Verde de la parroquia El Guapo del municipio Páez en el estado Miranda

y cosechadas en julio del 2011; iii) una muestra de cacao comercial procedente de “El Vigía”, estado Mérida, específicamente del sector Los Bocadillos y cosechada en diciembre del 2011; iv) Una muestra de cacao comercial cosechada en febrero del 2012, proveniente de un productor del sector La Vega, parroquia Curiepe en el municipio Brión y; iv) una proveniente del sector Corozalito, en la Trinidad, parroquia Santa Cruz de Cúpira del municipio Pedro Gual en el estado Miranda.

El muestreo se realizó siguiendo la metodología propuesta por la Norma Venezolana COVENIN, Granos de cacao: toma de muestra (COVENIN, 1995).

Preparación de las muestras

Las muestras de granos enteros (con testa) se molieron y tamizaron hasta obtener una granulometría de 60 mesh (malla). El polvo de cacao obtenido fue almacenado en bolsas plásticas de cierre hermético, hasta el análisis físico y químico que fue realizado en el INIA-Miranda y en el CENIAP-Maracay. Para los estudios micológicos, se utilizaron granos de cada una de las muestras, las cuales fueron analizadas en el Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos (ICTA-UCV).

Análisis físico

Los porcentajes de granos defectuosos, fermentados e insuficientemente fermentados, fueron determinados mediante las normas COVENIN, 1978 (N° 442) y COVENIN, 1995 (N° 50).

Análisis químico

Los análisis químicos fueron determinados según los métodos de la AOAC (2000): contenido de humedad (N° 970.20), cenizas (N° 972.15), pH (N° 970.21) acidez total titulable (N° 942.15), proteína cruda (N° 955.04), grasa cruda (963.15), y fibra cruda (930.20). Los otros carbohidratos se calcularon por diferencia.

Análisis micológicos

Incidencia y grado de infestación de mohos en los granos de cacao En primer lugar, se pesaron asépticamente 11 g de muestra, se colocaron en 99 ml de agua peptonada al 0,1 % y se agitó manualmente. En segundo lugar, se realizaron diluciones seriadas hasta 10⁻³ a partir de las cuales se inoculó 0.1 ml por duplicado en Agar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC). Las placas se incubaron de 5 a 7 días a temperatura ambiente. En tercer lugar, se realizó el conteo total de mohos; se reportaron como UFC/g. Para el grado de infestación, se lavaron 50 granos de cacao con hipoclorito de sodio (NaOCl) al 0,4 % durante 2 minutos, transcurrido el tiempo, se lavaron con agua destilada; se sumergieron en etanol al 80 % durante un minuto y se lavaron de nuevo con agua destilada; y se secaron con servilletas estériles. Se colocaron 50 de estos granos en placas de DRBC y se incubaron durante 7 días a temperatura ambiente. Transcurrido el tiempo de incubación, se procedió a determinar el grado de infestación.

Identificación de la microbiota aislada de los granos de cacao Para la identificación, se aislaron las colonias de mohos en agar extracto de malta (EMA) y

Czapek y se identificaron de acuerdo a sus características macro y microscópicas según la clave taxonómica propuesta por Samson *et al.*, (1995).

Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados por triplicado y a los resultados se les aplicó un análisis de varianza y una prueba de comparación de rangos múltiples de Kruskal-wallis. Para ello se empleó el paquete estadístico Statgrafics versión 6.0.

Resultados y discusión

Características físicas y químicas de los granos de cacao

Prueba de corte

La tabla 1 registra los valores obtenidos sobre los defectos físicos de los granos de los diferentes sectores. Se observan diferencias en el grado de fermentación como producto de un adecuado proceso de beneficio o no. Los dos últimos porcentajes correspondientes a los sectores de Curiepe y La Trinidad entran en el rango de cacao “fino de primera” (F1), ya que se encuentran por encima del 80 %, que es el límite permitido por la norma COVENIN (N°50) (COVENIN, 1995).

Según la norma, el cacao F1 se define como aquellos granos que han sido sometidos a una completa fermentación, exentos de olores extraños al característico de este grano y de cualquier otro signo de adulteración. Estos índices están relacionados con el tipo de fermentador, la frecuencia de remoción de la masa cada 24 horas (Portillo *et al.*, 2005) y con las altas temperaturas

alcanzadas durante el proceso. El resto de las muestras entran en la clasificación de cacao corriente o F2 según la norma. Sin embargo, se observa que los granos F1 presentaron altos porcentajes de granos planos y partidos (> 5 %), posiblemente como producto de mezclar frutos maduros e inmaduros. La cosecha de frutos inmaduros produce granos tipo pasilla o planos que son afectados posteriormente durante el almacenamiento por el ataque de organismos plaga que contribuyen a la pérdida de la calidad (Navarro y Liendo, 2007).

Composición química proximal de los granos de cacao

En la tabla 2 se exponen los valores de la composición química proximal de los granos de cacao. Los contenidos de humedad fueron similares en todas las muestras, aunque se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre la muestra de El Rosario y El Verde, cuyos valores fueron de 6,24 y 6,30 % respectivamente. Estos se ajustan a la norma COVENIN N° 50 (1995). Un buen proceso de secado debe reducir el contenido de humedad hasta niveles que faciliten su almacenamiento, transporte, manejo y comercialización (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2004). Los valores de cenizas en base seca (tabla 2) se hallaron entre 3,75-4,50 %; la cifra más baja fue la muestra de El Rosario (3,75 %) y la más alta para la de INIA (4,50 %). El ANOVA reveló diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a cenizas entre las muestras. Es posible que las variaciones encontradas se deban a la eficacia de los tratamientos poscosecha aplicados por los diferentes proveedores y al aporte de la cascayilla o testa presente en el grano. Los

resultados obtenidos de proteína cruda (tabla 2) revelaron valores en base seca entre 14,27-16,49 %, y se observaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras.

El contenido de proteínas en granos de cacao debe ser de 12 % (Kalvatchev *et al.*, 1998); no obstante, los porcentajes alcanzados en estos análisis son superiores a lo que planteó dicho autor. Se han reportado valores de proteína cruda en cacao entre 11,08 a 12,46 % (Guzmán, 2007). Es posible que las diferencias halladas sean dependientes de los caracteres genéticos de las plantas y de la efectividad de las técnicas aplicadas durante el beneficio de los granos (Sánchez, 1995).

La manteca de cacao constituye la materia grasa contenida en los granos de cacao (Martínez, 2005). Se ha señalado que el contenido de grasas para este rubro es de 43,7 % (Ospina, 2002). En torno a ello, los resultados logrados en base seca (tabla 2) se encuentran en un

rango de variabilidad entre 40,49-45,10 %, donde la cifra más baja (40,49 %) es para la muestra del INIA y la más alta (45,10 %) corresponde a El Vigía. León, en 2012, consiguió similitud al reportar valores comprendidos entre 39,05-41,39 % en granos de cacao beneficiados y almacenados. El ANOVA mostró que existían diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas. Los resultados presentados en este trabajo son inferiores a los reportados por Álvarez (1998) y Guzmán (2007), quienes encontraron valores de grasa cruda mayor del 50 %, para granos de cacao provenientes de Chuao, Cuyagua y Barlovento. Ortiz de Bertorelli *et al.*, (2004), indicaron en cuanto a grasa cruda para granos de cacao criollo un contenido de 54,49 % y para el cacao forastero de 54,08 %. Las variaciones pueden atribuirse a las condiciones fisiológicas de la planta, a los genotipos y a la época de cosecha. Por otro lado, los mohos en las almendras de cacao juegan un rol importante, ya que degradan las grasas por acción de enzimas, las cuales incrementan los

niveles de ácidos grasos libres mientras disminuyen los de las grasas. Es por ello que las condiciones de almacenamiento deben ser eficaces, para evitar que las almendras queden expuestas a estos microorganismos.

Los resultados para la fibra cruda en base seca se encuentran en un amplio rango de variabilidad comprendido entre 15,40 % y 18,06 %. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras. Lares (2007) indicó valores de fibra cruda en muestras de cacao de la región de Chuao entre 17,47 % y 18,46 %, los cuales están por encima a los reportados en este estudio. Los valores de otros carbohidratos son comparables a los señalados por León (2012), es decir, en un rango comprendido entre 13,63 % y 16,84 % con la excepción de las muestras de El Rosario y La Trinidad. Es importante señalar que es posible que el aporte de la cascarilla tenga una influencia en los contenidos de estos dos últimos parámetros.

Tabla 1. Prueba de corte de calidad en granos fermentados y secos

Características físicas	Muestras					
	INIA	Rosario	El Verde	Vigía	Curiepe	La Trinidad
% de granos fermentados	61	50	51	44	81	83
% de granos insuficientemente fermentados	33	36	25	41	12	6
% de granos pizarrosos	0	2	0	5	0	0
% de granos mohosos	0	3	2	4	2	2
% de granos germinados	0	0	0	0	5	0
% de granos dobles	0	0	0	0	0	2
% de granos planos y partidos	4	3	11	6	0	5
% de granos dañados por insectos	0	4	3	5	0	2

Tabla 2. Composición química proximal en granos de cacao fermentado, seco y almacenado

*Características químicas (%)	MUESTRAS					
	INIA	El Rosario	El Verde	El Vigía	Curiepe	La Trinidad
Humedad	5,15 ± 0,20 a	6,24 ± 0,51 bc	6,30 ± 0,31 c	5,69 ± 0,06 ab	5,54 ± 0,40 a	5,62 ± 0,04 a
Cenizas	4,09 ± 0,07 d	3,75 ± 0,04 a	4,05 ± 0,26 bc	4,09 ± 0,07 c	4,03 ± 0,03 bc	3,90 ± 0,01 ab
Proteína cruda (Nx6,25)	16,49 ± 0,12 d	14,28 ± 0,12 a	15,38 ± 0,14 c	14,27 ± 0,01 a	15,22 ± 0,18 b	15,56 ± 0,19 c
Grasa cruda	40,49 ± 0,24 a	42,11 ± 0,27 b	42,14 ± 0,11 b	45,10 ± 0,09 d	45,50 ± 0,22 e	4,68 ± 0,16 c
Fibra cruda	18,06 ± 0,02 a	16,43 ± 0,32 b	15,20 ± 0,12 c	15,71 ± 0,17 c	12,90 ± 0,09 d	12,58 ± 0,07 d
Otros carbohidratos	15,75 ± 0,65 a	17,19 ± 0,62 bc	16,72 ± 0,57 b	15,13 ± 0,21 a	16,15 ± 0,33 b	17,66 ± 0,01 c
pH	5,67 ± 0,03 b	5,54 ± 0,03 a	6,00 ± 0,03 c	6,43 ± 0,03 d	6,00 ± 0,81 c	6,00 ± 0,02 c
Acidez total titulable	1,32 ± 0,01 d	1,28 ± 0,01 c	0,82 ± 0,01 a	0,87 ± 0,01 b	0,81 ± 0,01 a	0,82 ± 0,01 a

*Promedio de tres repeticiones. Las letras iguales en una misma fila, indican que no hay diferencias significativas ($p \geq 0,05$).

En cuanto al pH y la acidez titulable, se puede observar que osciló entre un intervalo de 5,54-6,43 y de 0,81-1,32 %. El ANOVA determinó que las diferencias observadas son significativas entre las muestras para ambos parámetros, pero en un margen estrecho en donde es posible que haya un crecimiento de mohos en estas condiciones.

Caracterización micológica de los granos de cacao

Incidencia

La incidencia de mohos totales varió entre 3,64 y 6,98 Log₁₀ UFC/g (tabla 3). La muestra de El Vigía fue la que presentó mayor proliferación de mohos, este resultado era de esperarse, ya que el porcentaje de mohos obtenido al realizar la prueba de corte fue el más elevado (4 %). La menor incidencia de mohos se observó en la muestra del INIA, (3,65 log₁₀ UFC/g), lo que indica que esta muestra se mantuvo en buenas condiciones de almacenamiento. Asimismo, la prueba de

corte confirma este resultado al reportarse 0 % de granos mohosos. El resto de las muestras mostró una incidencia de mohos similar entre 5,60 y 4,33 Log₁₀ UFC/g. El ANOVA reveló que no existían diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre las muestras analizadas.

Tabla 3. Incidencia de mohos en granos de cacao fermentado, seco y almacenado

Muestras	Incidencia de mohos (Log ₁₀ (UFC/g) *
INIA	3,649 ± 0,223 a
El Rosario	4,628 ± 2,190 ab
El Verde	4,327 ± 0,527 a
El Vigía	6,980 ± 1,179 b
Curiepe	5,540 ± 0,337 ab
La Trinidad	5,604 ± 0,342 ab

La incidencia de mohos puede deberse a la presencia de un porcentaje importante de granos partidos (cortes producidos en el pericarpio al abrir la mazorca o a su agrietamiento por un

manejo inadecuado después del secado), así las almendras están expuestas al acceso de mohos o sus esporas (Benitez, 2003).

El moho que se encontró en mayor proporción fue el *A. versicolor*, (tabla 4) especie que ha sido aislada del suelo, ambientes interiores, alimentos y pienso (Jurjevic *et al.* 2012). Este moho es asociado a diversas enfermedades de humanos y animales, es productor de la micotoxina esterigmastocistina (STC) que es precursor de la aflatoxina B₁. Además, se identificaron 4 cepas como *A. flavus*, moho toxigénico de gran importancia ya que sus toxinas causan daños a la salud humana y de animales (Veršilovskis, 2010); se identificaron las especies *Penicillium*, *geotrichum*, *Fusarium*, entre otros. Angell (2003) señaló que los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Paecilomyces* son considerados problemáticos por los comercializadores y consumidores de cacao. León (2012) determinó en sus investigaciones la presencia de los siguientes

mohos en granos de cacao fermentados y secos: *C. sphaerospermum*, *G. candidum*, *A. penicillioides*, *P. citrinum*, *Rhizopus sp.*, *A. fumigatus* y *Absidia corymbifera*. Estos resultados concuerdan con los reportados en este estudio.

Tabla 4. Principales especies de mohos identificadas en muestras de granos de cacao fermentados, secos y almacenados

Especie	N° de cepas	Porcentaje1
<i>Aspergillus versicolor</i>	58	30,05
<i>Aspergillus sp</i>	11	5,69
<i>Aspergillus flavus</i>	4	2,07
<i>Penicillium citrinum</i>	56	29,01
<i>Geotrichum candidum</i>	35	18,13
<i>Cladosporium macrocarpum.</i>	10	5,18
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	6	3,1
<i>Fusarium proliferatum</i>	8	4,15
<i>Rhizopus sp</i>	5	2,59

Grado de infestación

En cuanto al grado de infestación de los granos (tabla 5), las muestras de El Vigía, Curiepe y La Trinidad mostraron 100 % de granos infestados por la especie *Rhizopus sp.* De todas las especies identificadas, *Rhizopus sp* es la más común y la que presenta mayor porcentaje de infestación en todas las muestras.

Esta especie es un organismo muy importante debido a que existe una especie de *Rhizopus* que es lipolítico (Rivera-Pérez, 2005) y puede afectar el porcentaje de grasa y acidez del grano. Las especies de mohos identificadas fueron tanto de almacenamiento como de campo, lo que sugiere la necesidad de ejercer mayores controles sobre el cultivo y mantenimiento de los granos de cacao en nuestro país.

Tabla 5. Grado de infestación de las muestras de cacao fermentado, seco y almacenado

Muestras	N° total de granos empleados	N° de granos infestados	Porcentaje de infestación (%)	Moho identificado
INIA	52	36	70	<i>Penicillium citrinum</i>
El Rosario	52	31	60	<i>Geotrichum candidum</i>
El Verde	52	37	71	<i>Geotrichum candidum</i>
El Vigía	52	52	100	<i>Rhizopus sp</i>
Curiepe	52	52	100	<i>Rhizopus sp</i>
La Trinidad	52	52	100	<i>Rhizopus sp</i>

Conclusiones

La prueba de corte reveló diferencias en el grado de fermentación como producto de un adecuado, o no, proceso de beneficio. Los sectores de Curiepe y La Trinidad se clasifican como productos de cacao “fino de primera” (F1), ya que se encuentran por encima del 80 %, (el límite permitido por las normas COVENIN). El resto de las muestras entran en la clasificación de cacao corriente o F2. El análisis proximal reveló variaciones significativas ($p \leq 0,05$) en

la humedad, proteína, grasa, fibra cruda y de otros carbohidratos entre las muestras. Estas variaciones pueden deberse a la eficacia de los tratamientos poscosecha aplicados por los diferentes proveedores en las zonas correspondientes.

Variaciones significativas del pH y la acidez fueron observadas entre las muestras, pero en un margen estrecho, por lo que es posible inferir un crecimiento de mohos en estas condiciones. Las especies de mohos identificadas fueron tanto de almacenamiento como de campo, lo cual sugiere la necesidad

de ejercer mayores controles sobre el cultivo y el almacenamiento del cacao en estas zonas del país. Se encontró un gran número de cepas de *A. versicolor*, *P. citrinum* y *G. candidus*, lo que se hace necesario divulgar mayor información acerca de estos mohos, las toxinas que producen, los daños que pueden ocasionar a la salud y las condiciones que favorecen su crecimiento, con el fin de crear conciencia y ejercer un mayor control sobre el cacao. Finalmente, se encontró que los granos estaban infestados por la especie *Rhizopus sp.* lo que hace de esta especie un organismo muy importante, ya que podría estar relacionada con la pérdida de calidad del grano de cacao.

Agradecimiento

Al proyecto LOCTI (Contrato 201100565, subproyecto 3), por el financiamiento otorgado para la realización de este trabajo. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la UCV.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, C. (1998). Caracterización física, química y fisicoquímica de granos tostados de cacao, cosechados en tres zonas del estado Aragua: Chuao, Cuyagua y Cumboto. Caracas, Venezuela: Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- Álvarez, C., Tovar, L., García H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C. y De Farías, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1): 76-87.
- Angell, O. (2003). La seguridad alimentaria del chocolate. *Observatori de Seguretat Alimentària*: 1-18.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). (2000). *Official methods of analysis*. 18a edición. Gaithersburg, Estados Unidos. pp. 1-17.
- Benitez, I. (2003). Relación entre las concentraciones de algunos metales (hierro, cobre, zinc) y el crecimiento de *Aspergillus flavus/parasiticus* y *Fusarium moniliforme* y la producción de aflatoxinas y fumonisinas en maíz.
- Bogantes-Ledezma, P., Bogantes-Ledezma, D. y Bogantes-Ledezma, S. (2004). Aflatoxinas. *Acta Médica Costarricense*. 46 (4): 174-178. (2004). Recuperado de: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.es>.
- Cartay, R. (1997). La economía en Venezuela. En: *Memorias del Primer Congreso del cacao y su Industria*. Maracay, Venezuela. pp. 129-146.
- Clapperton, J. (1994). The contribution of genotype to cocoa (*Theobroma cacao* L.) flavor. *Tropical Agriculture*. 71(4): 302- 308.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. (1995). Norma Venezolana N° 1339. Granos de cacao. Toma de muestras (Primera revisión). Fondonorma, Caracas. Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. (1995). Norma Venezolana N° 50. Granos de cacao. Prueba del Corte (Segunda revisión). Fondonorma, Caracas. Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. (1998). Norma Venezolana N° 442. Granos de cacao. Prueba del Corte. Fondonorma, Caracas. Venezuela.
- Girón, C., Sánchez, P., Castillo, A., González, R. y Valera, A. (2007). Selección y rescate de cacao en Barlovento, Estado Miranda, Venezuela. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 152: 51-53.
- Guzmán, R. (2007). Evaluación de los cambios ocurridos durante el beneficio del cacao a través de parámetros morfoanatómicos, fisicoquímicos y nutricionales. Caracas, Venezuela: Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- Jurjevic, Z., Stephen, W. y Bruce W. (2012). *Aspergillus* section. *Versicolores*: nine new species and multilocus DNA sequence based phylogeny. *IMA FUNGUS*, 3(1): 59-79.
- Kalvatchev, Z., Garzaro, D. y Guerra, F. (1998). *Theobroma cacao*: un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria*. (6): 1-3.
- Lares, M. (2007). Diferenciación, caracterización y composición lipídica de la manteca extraída del cacao en dos de los procesos post-cosecha.

- Caracas, Venezuela: Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- León, Y. (2012). Caracterización físico-química y fúngica de granos de cacao. Su potencial micotoxigénico y su control mediante el uso del aceite esencial de timol. Caracas, Venezuela: Tesis de Grado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- Martínez, H. (2005). Agroindustria y competitividad: Estructura y dinámica en Colombia. Colombia: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Motamayor, J., Risterucci, A., Heath, M. y Lanaud, C. (2003) Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. *Heredity*, 91: 322-330.
- Navarro, R. y Liendo, R. (2007). Insectos del cacao almacenado: daños provocados y métodos de detección. En: *Elaboración de productos agrícolas*. INIA-Divulga (ene-dic): 73-80.
- Ortiz de Bertorelli, L., Graziani de Fariñas, L. y Gervaise, R. L. (2004). Influencia de varios factores sobre las características del grano de cacao fermentado y secado al sol. *Agronomía Tropical*. 59(2): 119-127.
- Ospina, J. E. (2002). Características físico mecánicas y análisis de calidad de granos. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Portillo, E., Graziani De Fariñas, L. y Betancourt, E. (2005). Efecto de los tratamientos postcosechas y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo. *Revista Facultad de Agronomía*, 22(4): 388-399.
- Rivera-Pérez, C. y García-Carreño, F. (2007). Enzimas lipolíticas y su aplicación en la industria del aceite. *BioTecnología*. 11(2): 37-45.
- Samson, R., Hoekstra, E., Frisvad, J. y Filtenborg, O. (1995). *Introduction to food-borne fungi*. Cuarta edición. Holanda: CBS Baarn.
- Sánchez, M., Gil, J., Bisbal, F., Ramón, D. y Martínez, P. (2008). Producing fungi from cocoa beans En: *Mycobiota and micotoxin*. *International Journal of Food Microbiology* (125): 336-340.
- Sánchez, P. (1995). Caracterización del sistema de producción de cacao. Caucagua, Venezuela: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP).
- Veršilovskis, A. y Saeger, S. (2010). Sterigmatocystin: occurrence in foodstuffs and analytical methods – an overview. *Molecular Nutrition and Food Research*, 54: 136–147.