



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**MANEJO POSCOSECHA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN
TABASCO E INFLUENCIA EN LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL**

TESIS

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA:

Ing. Agrf. Cléomé Abel

Directora de tesis:

Dra. Rosa Ma. Salinas Hernández

Asesores:

Dr. Julián Pérez Flores

M. C. José Gervasio Partida Sedas

M. C. Argentina Argumedo Bravo

Villahermosa, Tabasco. Marzo de 2016



UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN
ACADÉMICA DE
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

ASUNTO: El que se indica.

OFICIO: DACA-080

Villahermosa, Tabasco, a 4 de marzo de 2016

ING. CLÉOMÉ ABEL
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
PRESENTE

Por este conducto y de acuerdo a su solicitud de autorización de impresión de Tesis, informo a ud. que sobre la base del Artículo 26 del reglamento de Posgrado de esta Universidad, esta Dirección a mi cargo le **autoriza la impresión de su trabajo recepcional** bajo la modalidad de Tesis titulada "Manejo poscosecha (*Theobroma cacao*), en Tabasco e influencia en la calidad fisicoquímica y sensorial"

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un saludo cordial.

ATENTAMENTE

DR. ROBERTO FLORES BELLO
DIRECTOR

U.J.A.T.

DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

Miembro CUMEX desde 2008
Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

A.C.c.p.- Archivo.

Km 25 de la carr. fed. 195, tramo Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Tel. +52 (993) 358 1500, extensión 6607
Correo electrónico: daca.cica@yahoo.com

www.ujat.mx
www.facebook.com/ujat.mx | www.twitter.com/ujat | www.youtube.com/UJATmx

CARTA DE AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio de la presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el trabajo excepcional en la modalidad de Tesis de Maestría denominado **“MANEJO POSCOSECHA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN TABASCO E INFLUENCIA EN LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL”**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesina antes mencionada será única y exclusivamente para difusión y sin fines de lucro; autorización que se hace de esta manera enunciativa mas no limitativa para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesina mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 07 días del mes de marzo del año 2016.

AUTORIZÓ



Ing. Agr. Cléomé Abel

DEDICATORIA

*A Dios, que me da las fuerzas para mantener mi mente en lo bueno,
siendo positivos para prepararme para las bendiciones que vienen.*

*A mis padres, Joseph Klebert Abel y Amide Augustin (q.e.p.d.),
quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar
y educación siendo mi apoyo en todo momento.*

A mis hermanos/as, los quiero mucho!

A mis grandes amigos.

A mi país Haití.

A la UJAT.

AGRDECIMIENTOS

A las instituciones: Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Y Forestal (CONIAF), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y Consejo Nacional de Ciencia Y Tecnología (CONACYT), por la beca para realizar mis estudios de maestría en la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y la beca mixta para la estancia de investigación en el Instituto AgroParisTech Centre de Massy Paris, Francia.

A mi Directora de Tesis Dra. Rosa Ma. Salinas Hernández, por su invaluable ayuda y aportación para mejorar la calidad de este trabajo de investigación.

Al Dr. Julián Pérez Flores por su apoyo académico, material y moral para la realización de este proyecto.

A los profesores Sieffermann Jean-Marc catedrático e investigador de AgroParisTech Centre de Massy Paris, Francia y M. C. José Gervasio Partida Sedas responsable de Laboratorio de evaluación sensorial del CRUO- Chapingo, Huatusco, ver, México por sus enseñanzas para lograr la evaluación sensorial de muestras de cacao recolectadas en el estado de Tabasco.

Al Dr. Pedro García-Alamilla por sus valiosas sugerencias y aportaciones académicas, además ha sido siempre conmigo sobre todo en los momentos en los que todo era tan difícil.

Al Dr. Efraín de la Cruz por sus aportaciones críticas en la revisión del documento.

Al Ph. D. Julio Cámara por su amistad y acompañamiento durante mis estudios.

A la Dra. Eloísa López Hernández presidenta del Comité de revisión de este trabajo.

A los profesores e investigadores de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA): Dra. Martha Hilda, M. C. Luis Manuel, M. C. Alma Catalina (ex directora de la DECA), Dr. César M. Quiroz, Dr. Eusebio Martínez, Dr. Aldenamar Cruz, Dr. Santiago por sus aportaciones durante mi formación académica.

A mis colegas: Ing. Moisés Guillen, Ing. Carlos Polanco y finalmente a la Fanny por soporte en los análisis químicas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN GENERAL	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Origen y grupos genéticos de cacao	4
2.2. Producción de cacao en México	6
2.3. Manejo poscosecha	6
2.3.1. Fermentación	7
2.3.2. Métodos de fermentación	7
2.4. Secado del cacao	8
2.5. Calidad del cacao	9
2.6. Análisis descriptivo cuantitativo (ADC)	10
2.7. Características de calidad sensorial del cacao	10
2.7.1. Sabores básicos	12
2.7.2. Sabores y aromas específicos	12
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos	13
3.3 Hipótesis	13
IV. LITERATURA CITADA	13
CAPÍTULO I CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE BENEFICIO DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN EL ESTADO DE TABASCO	17
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MORFOLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS DE GRANOS DE CACAO FERMENTADO Y SECO DE TABASCO, MÉXICO	42
CAPÍTULO III PERFIL SENSORIAL DE MUESTRAS SELECCIONADAS DE CACAO PRODUCIDO EN TABASCO, MÉXICO	68
V. CONCLUSIONES GENERALES	83
VI. ANEXOS	85
1. Anexo Capítulo I. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD)	85
2. Anexo Capítulo II. Acuse de recibo del artículo enviado a la revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios (ERA)	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
II. Antecedentes	
Cuadro 1. Efecto del origen, la variedad de cacao y el tiempo de fermentación sobre los descriptores de aroma y sabor.....	11
 CAPITULO I Caracterización del proceso de beneficio de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el estado de Tabasco	
Cuadro 1. Características generales del beneficio, disponibilidad de muebles de oficina e instrumentos de control del proceso.....	25
Cuadro 2. Comportamiento promedio y análisis de varianza de las variables utilizadas para caracterizar la capacidad de los beneficios en el Estado de Tabasco, México.....	28
Cuadro 3. Duración de los procesos de fermentación y secado de cacao en Tabasco, México.....	32
Cuadro 4. Distribución porcentual y comportamiento promedio de las variables utilizadas para la caracterización de los procesos de fermentación, secado y almacenaje de cacao en Tabasco, México.....	33
Cuadro 5. Distribución porcentual y promedio de las variables utilizadas para caracterizar los procesos de control de calidad y el aspecto normativo.....	36
 CAPÍTULO II Características físicas, morfológicas y fisicoquímicas de granos de cacao fermentado y seco de Tabasco, México	
Cuadro 1. Características del manejo poscosecha de muestras de cacao de Tabasco, México.....	50
Cuadro 2. Peso de grano, porcentaje de cotiledón, cascarilla y características morfológicas de muestras de cacao de Tabasco, México.....	56
Cuadro 3. Resultados de la prueba de corte realizada en muestras de cacao de Tabasco, México.....	57
Cuadro 4. Características fisicoquímicas de cacao de Tabasco, México..	60
Cuadro 5. Valores propios e eigenvectores de los componentes principales extraídos en el análisis de muestras de cacao de Tabasco, México.....	63
 CAPÍTULO III Perfil sensorial de muestras seleccionadas de cacao producido en Tabasco, México	

Cuadro 1.	Manejo poscosecha de la materia prima utilizada en la evaluación.....	72
Cuadro 2.	Principales descriptores utilizados para la evaluación de la calidad sensorial del licor de cacao.....	75
Cuadro 3.	Características fisicoquímicas de muestras seleccionadas de cacao de Tabasco, México.....	75
Cuadro 4.	Descriptores sensoriales evaluados en muestras de cacao de Tabasco, México.....	78
Cuadro 5.	Valores propios y eigenvectores de los componentes principales extraídos en el análisis de muestras de cacao de Tabasco, México.....	79

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

	Antecedentes	Página
Figura 1.	Diferentes sistemas de fermentación de cacao en Tabasco.....	8
Figura 2.	Métodos para el secado en el estado de Tabasco.....	9
 CAPITULO I Caracterización del proceso de beneficio de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el estado de Tabasco		
Figura 1.	Localización de sitios visitados y encuestados para la caracterización de los beneficios de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) en estado de Tabasco, México.....	22
Figura 2.	Frecuencia de volteo de cacao en secadero al aire libre sobre plataforma de cemento en el Estado de Tabasco, México.....	32
Figura 3.	Los principales organismos comercializadores de cacao en Tabasco, México.....	37
Figura 4.	El destino del cacao producido en Tabasco, México.....	37
 CAPÍTULO II Características físicas, morfológicas y fisicoquímicas de granos de cacao fermentado y seco de Tabasco, México		
Figura 1.	Localización de los beneficios de cacao de Tabasco, México, muestreados para el estudio.....	48
Figura 2.	Análisis de componentes principales correspondiente a muestras de cacao de Tabasco, México.....	62
Figura 3.	Dendrograma basado en distancia euclidiana, correspondiente a muestras de cacao de Tabasco, México.....	64
 CAPÍTULO III Perfil sensorial de muestras seleccionadas de cacao producido en Tabasco, México		
Figura 1.	Diagrama de flujo para la elaboración de licor de cacao.....	73
Figura 2.	Perfil sensorial de muestras de cacao recolectado en Tabasco, México y muestra testigo de Ghana.....	77
Figura 3.	Análisis de componentes principales con CP1 y CP2, los cuales explican el 80.26% de las variaciones de las 8 muestras y las variables con mayores aportaciones.....	79

RESUMEN GENERAL

México tiene el potencial para ser un país productor de cacao de alta calidad, el cual es un producto de exportación, generador de divisas y socialmente involucra a gran número de personas. Sin embargo, actualmente este producto enfrenta una serie de problemas que afectan la calidad, manejo poscosecha y comercialización. El presente trabajo tuvo la finalidad de identificar la problemática particular en esta etapa, así como su efecto en las características del producto, como base para establecer estrategias de mejora. La investigación, de tipo descriptivo, se realizó en 31 beneficios de cacao ubicados en los municipios de Cárdenas; Comalcalco; Cunduacán; Jalpa de Méndez; Huimanguillo y Paraíso del Estado de Tabasco por medio de observación directa y la aplicación de una encuesta estructurada con 40 preguntas. Mediante muestreo dirigido se obtuvieron muestras de cacao en 17 beneficios. En estas muestras del grano se determinaron las características morfológicas, físicas y calidad comercial mediante la prueba de corte. Para luego realizar un análisis sensorial descriptivo cuantitativo (ADC), mediante jueces entrenados sobre las muestras sobresalientes, para evaluar los atributos de: aroma a cacao, acidez, amargo, astringente, frutal, nuez, mohoso, verde/crudo, humo, sabor extraño, color marrón y sabor residual en escala de 0 a 10. Los datos de la caracterización se analizaron mediante estadística descriptiva, mientras que los datos de la evaluación morfológica, fisicoquímica y sensorial se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y de componentes principales (ACP). Los resultados de la caracterización del proceso de beneficio indicaron que no existe control en las prácticas de cosecha y del proceso de fermentación y secado. De acuerdo con la norma NMX-FF-118-SCFI-2014, el 93.5% del cacao obtenido se clasifica como de Primera Calidad Tipo 2, destinándose el 84.8% de la producción al mercado nacional. El análisis de las características morfológicas, físicas y fisicoquímicas indicó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las muestras de los 17 beneficios. Mientras que la evaluación sensorial indicó que tres de las muestras destacaron en atributos sensoriales requeridos por el mercado internacional del cacao.

Palabras clave: Manejo poscosecha, calidad, mercado internacional, morfología, prueba de corte, calidad sensorial

ABSTRACT

Mexico has the potential to be a producer of high quality cocoa, which is a product for export product that generates foreign exchange and socially involves large numbers of people. However, this product currently faces a number of problems affecting quality from planting to post-harvest handling and marketing. The aim of this study was to identify the particular problems at post-harvest handling of cocoa and its effect on the quality, as a basis for improvement strategies. Thus, a descriptive investigation was conducted in 31 gathering centers of cocoa located in six municipalities in Tabasco State. The study was conducted by direct observation and implementation of a survey. Then, 17 samples were obtained, in different gathering centers by directed sampling, to determine their morphological, physical and its commercial quality by the cutting test. Finally, on the outstanding samples, a quantitative descriptive analysis (QDA) was performed by trained judges which evaluated the attributes: aroma of cocoa, acidity, bitterness, astringency, fruity, nutty, musty, green, smoke, off flavors, brown and aftertaste on a scale of 0 to 10. The data of the characterization were analyzed using descriptive statistics and the data corresponding to the morphological, physicochemical and sensory evaluation were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and principal component analysis (PCA). The results of the characterization of the process indicated that there is no control on the harvest and handling of the product and neither on the fermentation and drying processes. Regarding the quality of the grain, 93.5% is First Quality Type 2, according to the NMX-FF-118-SCFI-2014, and 84.8% of the production goes to the domestic market. The analysis of morphological, physical and physicochemical characteristics indicated significant differences ($P \leq 0.05$) between samples of the 17 gathering centers. The results of sensory evaluation indicated that three of the samples highlighted regarding sensory attributes required by international cocoa

Keywords: post-harvest handling, quality, international market, morphology, cutting test, sensory quality

I. INTRODUCCIÓN

El grano de cacao fermentado y seco del árbol de *Theobroma cacao* L., es el ingrediente fundamental para la elaboración del chocolate. El cacao es una especie de la familia *Esterculiácea* (Afoakwa, 2014), se originó en la cuenca alta del Amazonas y otras áreas tropical de América del Sur y Central (Wood y Lass, 1985; Motamayor *et al.*, 2008). Cerca de 2,000 años A. C., los Mayas, Mokayas y Olmecas habían domesticado el árbol del cacao y sabían transformar las semillas en una bebida llamada "chocolate" (Tixier, 2013).

En México, el cacao se cultiva en la región Sureste, en donde se tienen sembradas 61,562.10 ha. De éstas, el 66.24 % se encuentran en el estado de Tabasco y el 33.77 % en el estado de Chiapas. La producción nacional es de 26,969.36 t año⁻¹ (SIAP/SAGARPA, 2014), lo que representa una importante fuente de ingresos para casi 41,000 familias (Díaz-José *et al.*, 2013).

El mercado internacional requiere cacao de alta calidad (Afoakwa, 2014). La calidad se manifiesta principalmente en el proceso de manejo poscosecha. Este proceso consiste en la cosecha, apertura (desgrane), fermentación, secado, selección y almacenamiento (García-Alamilla *et al.*, 2007). La fermentación y el secado son etapas críticas para obtener un buen producto. Wood y Lass (1985) y Beckett (2011), evidenciaron que las semillas de cacao recién cosechado tienen un sabor desagradable, excesivamente amargo y astringente sin sabor del chocolate. Por lo tanto, es esencial fermentar, secar y tostar los granos frescos para el desarrollo de precursores específicos de sabor a chocolate (Bart-Plange *et al.*, 2012).

Durante la fermentación, la pulpa, sustrato de la fermentación se degrada debido a una compleja serie de reacciones bioquímicas y enzimáticas que involucran esencialmente levaduras, bacterias ácido-lácticas, y bacterias acéticas (Afoakwa *et al.*, 2008; Saltini *et al.*, 2013). Asimismo, el orden de aparición y la sucesión de los microorganismos pueden variar en función de los cambios en las condiciones climáticas locales (Guehi *et al.*, 2010). Los parámetros fisicoquímicos en el transcurso de la fermentación pueden influir de forma positiva o negativa en la calidad del grano de cacao.

El secado del cacao consiste en la pérdida de humedad del grano, la cual pasa de un 60% hasta 8 ó 6%, para un almacenamiento seguro (García-Alamilla *et al.*, 2007).

Cros y Jeanjean (1995) indican que el secado al sol de los granos de cacao es un método económico y que es el más adecuado para obtener una calidad óptima. Sin embargo, en México el método de secado es principalmente secado artificial.

Para determinar un buen o mal manejo del proceso de fermentación y secado se realizan pruebas de control de calidad en base a las normas internacionales que consisten en pruebas de corte y análisis fisicoquímico. De acuerdo con varios autores la calidad en el cacao se manifiesta a través de características como el tamaño, peso, porcentaje de cáscara e impurezas, y el contenido de granos indeseados o defectuosos, la evaluación de este conjunto de características se realiza en la llamada “prueba de corte” (Wood y Lass, 1985; Lima *et al.*, 2011). Otras características que inciden sobre la calidad comercial del grano son el contenido de humedad, acidez, pH, cenizas, grasa y contenido de polifenoles (Beckett, 2011; Lima *et al.*, 2011).

Por otro lado, las propiedades físicas de longitud, ancho, espesor, peso y diámetro geométrico de los granos de cacao, son importantes para diseñar y optimizar equipos y estructuras para el manejo, transporte, procesamiento y almacenamiento de los granos (Bart-Plange y Baryeh, 2003; Dash *et al.*, 2008). La determinación del tamaño y la esfericidad de la semilla son necesarios para el diseño de las maquinarias de clasificación y de control de calidad y la determinación del área es importante para el diseño de equipos de transporte y de tostado (Dash *et al.*, 2008; Oyedokun *et al.*, 2011). Mohsenin (1980) y Dash *et al.* (2008) indican que las propiedades físicas también son necesarias para definir y cuantificar los problemas de transferencia de calor durante el tratamiento térmico de las semillas.

La calidad sensorial está vinculada con el sabor y el aroma (Afoakwa, 2014). Al respecto Sancho *et al.* (1999) mencionan que en el licor de cacao, preparado para degustación, se identifican tres grupos básicos: ácido, amargo y dulce, así como la sensación de astringencia, de igual forma se pueden identificar gustos específicos como el gusto a cacao, frutal, floral y nuez. Para determinar la calidad sensorial del cacao se procesa una pasta o licor de cacao que es el producto obtenido de la molienda del grano entero descascarillado y sometido a un proceso de torrefacción o tostado. De acuerdo con Beckett (2011) las pruebas sensoriales son esenciales para los granos de cacao con denominación de origen, propensos a sabores extraños o bien que sean de calidad

inconsistente. Según Lawless y Heymann (2010) el análisis descriptivo es la herramienta sensorial más adecuada, ya que permite obtener descriptores sensoriales completos de productos, ayuda a identificar los ingredientes, procesos, variables subyacentes, y/o determinar qué atributos sensoriales son importantes para la aceptación.

Con base en lo anterior el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el manejo poscosecha del cacao en Tabasco, para identificar diferencias en el sistema de manejo y su influencia en la calidad del producto.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

II. ANTECEDENTES

2.1 Origen y grupos genéticos de cacao

El árbol de cacao es originario de América del Sur, específicamente de las cuencas hidrográficas del alto Amazonas y Orinoco, al este de la cordillera de Los Andes. En esta zona aún persisten variedades silvestres que constituyen una de las mayores reservas de germoplasma del cacao criollo (Bartley, 2005; Ramírez, 2008). Según Motamayor *et al.* (2008), se ha constatado una amplia variabilidad fenotípica en cacaos silvestres colectados en el bajo Amazonas en la década de 1930. Este fenómeno podría haber surgido por la diferenciación ocurrida en los valles formados por los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, afluentes del Amazonas, cerca de las fronteras orientales de Ecuador y Colombia, así como de algunos tributarios del río Orinoco (Bartley, 2005).

Aunque existe escasa literatura sobre el cultivo del cacao pre colonial, los registros arqueológicos más antiguos indican que la domesticación de la especie habría sido llevada a cabo por los grupos de las tierras bajas y selváticas del sur de México, quienes además habrían encontrado la forma de procesarlo para convertirlo en una bebida que se convertiría en un lujo para los mesoamericanos (Attolini, 2011). El cacao era conocido como “bebida de dioses”, de ahí que su nombre científico sea *Theobroma cacao* (Ramírez, 2008).

En el mundo antiguo el cacao tenía diferentes funciones, como: bálsamo, ofrenda, tributo, moneda, alimento energético, poderoso artículo de intercambio, objeto ritual, símbolo de fertilidad, pócima provocadora de pasiones y emblema de poder y prestigio social (Attolini, 2011). La cultura azteca, dominante en Mesoamérica desde el siglo XIV hasta la conquista, puso mucho énfasis en la santidad del cacao, mientras que en la civilización Maya el cacao simbolizaba riqueza y poder (Attolini, 2011). La plantación del cacao se inició en el Caribe, se extendió a Madagascar y luego a Ceilán, Sri Lanka, Java, Papúa y Nueva Guinea (Tixier, 2013). Tanto en el mundo antiguo como en la actualidad el cacao ha sido apreciado mundialmente, no sólo por su magnífico sabor sino también por sus beneficios nutricionales (Attolini, 2011).

El árbol de *Theobroma* mide de 4 a 8 m de alto, las semillas contienen una cantidad de grasas (40-50%) y polifenoles (alrededor de 10% de peso de grano seco) (Tomás-

Barberán *et al.*, 2007). Taxonómicamente el cacao pertenece a la familia *Sterculiaceae*. Se conocen de 20 a 22 especies distintas las cuales se distinguen por el tamaño de crecimiento de la planta, la forma de sus hojas, el volumen y coloración del fruto, la forma de las semillas, su tamaño y sus cualidades nutritivas (Ogata, 2007; Tixier, 2013). Según Motamayor *et al.* (2002) los cacaos se agrupan en dos grandes grupos genéticos, “Criollos” y “Forasteros”, teniendo en cuenta las características fenotípicas de la morfología del fruto y de las semillas. Asimismo, se conoce un tercer grupo, “Trinitario” resultado del cruce natural entre el cacao “Forastero” y el “Criollo” (Lima *et al.*, 2011).

Criollo. En la variedad de cacao Criollo están incluidos genotipos cuyos granos poseen cotiledones de color blanco marfil, son cultivados principalmente en América Central, en el Caribe, y en los países del norte de América del Sur (Perú, Colombia y Venezuela) y en Nueva Guinea (Tixier, 2013). Los granos son gruesos casi redondos, de cotiledones blancos y de alta calidad que desarrollan una adecuada intensidad aromática durante el beneficio y torrefacción. Estos granos son susceptibles a las enfermedades y producen bajos rendimientos (Afoakwa *et al.*, 2008).

Forasteros. Se han caracterizado los cacaos Forasteros por ser de calidad ordinaria, poco aroma, alto rendimiento, árbol vigoroso y más tolerante a las enfermedades que el cacao Criollo (Quintero y Díaz, 2004). Las semillas son moradas, triangulares en el corte transversal, aplanadas y pequeñas (Lima *et al.* 2011).

Trinitario. Es un cultivar híbrido originado por la cruce del cacao Criollo y Amelonado forastero; es más resistente y productivo que el cacao criollo, sin embargo de inferior calidad (Tixier, 2013). Al procesarse, desarrollan un sabor a chocolate muy pronunciado, acompañado, en algunos casos, de notas sensoriales afrutadas (Sukha *et al.*, 2005).

Sin embargo, estudios de genética molecular confirman una amplia diversidad genética de la especie (Crouzillat *et al.*, 2000). Estudios más recientes (Motamayor *et al.*, 2008), sugieren inclusive la existencia de 10 grupos genéticos, lo que permitiría entender mejor la amplitud y estructuración de la diversidad genética del cacao en las poblaciones actuales. La confirmación de esta teoría traería implicaciones beneficiosas para el mejoramiento genético del cacao.

2.2. Producción de cacao en México

En México, el cultivo de cacao data desde la época prehispánica (Ogata, 2007) y actualmente se cuenta con 61,562.10 ha, distribuidas en los estados de Tabasco (66.24%) y Chiapas (32.7%), con una producción de 26,969.36 t año⁻¹, que representa una importante fuente de ingresos para casi 41,000 productores (SIAP/SAGARPA, 2014). La producción de cacao en Tabasco se encuentra en los municipios de Huimanguillo, Paraíso, Cárdenas, Tacotalpa, Balancán, Nacajuca, Comalcalco, Cunduacán, Jalpa de Méndez y Teapa. La cosecha de cacao se realiza durante todo el año, existiendo diferentes etapas de corte; destacando la que se inicia en septiembre y termina en febrero del año siguiente. Al respecto Ogata (2007) señala que en Tabasco existen poblaciones de cacao de alta calidad, no obstante, se requiere un adecuado proceso de fermentación y secado para obtener materia prima competitiva en el mercado internacional. Mientras que Córdova–Avalos *et al.* (2008) mencionan que la tecnología disponible en los centros de beneficio, donde se realiza el acopio, fermentación y secado, es tradicional, factor que condiciona la calidad del grano. Al respecto, Ogata (2007) menciona que muchas de las fincas en el estado de Tabasco se quedan sin la debida atención de los productores durante todo el año, para lo cual, la cosecha se sostiene con los frutos sobrevivientes como resultado de la selección natural.

2.3. Manejo poscosecha

La calidad final del cacao resulta de un largo proceso que se inicia con la selección del terreno y la siembra del material genético apropiado y continúa con la aplicación de buenas prácticas agrícolas, combinado con la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo del fruto (Lima *et al.*, 2011; Tixier, 2013). El manejo poscosecha del cacao inicia con la cosecha de las mazorcas, la apertura de las mismas y la extracción del grano de cacao. El grano obtenido es luego transportado hacia el centro de acopio conocido en México como beneficio de cacao, donde se llevan a cabo los dos procesos subsiguientes dentro del manejo poscosecha que son la fermentación, secado, clasificación, empaque y almacenamiento del grano (Amores *et al.*, 2009).

2.3.1. Fermentación

La fermentación de cacao, en qué resulta en la formación de precursores de aromas y el desarrollo del color chocolate, es el proceso más crítico (Saltini *et al.*, 2013). Después de la cosecha del fruto, el grano y la pulpa adherida se transfieren a pilas, cajas de madera o cestas para la fermentación que dura de 5 a 6 días para los granos forasteros y de 1 a 3 días para el criollo (Afoakwa *et al.*, 2008). De acuerdo con Afoakwa *et al.* (2014) en la fermentación se producen reacciones bioquímicas que disminuyen el amargor y la astringencia y que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate. En el primer día, la pulpa adherida se licua y se escurre, con aumentos constantes de la temperatura. Bajo condiciones anaeróbicas, los microorganismos producen ácido acético y etanol que migran lentamente al grano causando el hinchamiento que inhibe, a su vez, la germinación y contribuye a los cambios estructurales, como la eliminación de la compartimentación de enzimas y sustratos, con movimientos de los componentes citoplasmáticos a través de los cotiledones del cacao, por lo general entre 24 y 48 h de la fermentación del grano. Al tercer día, la masa de granos se ha calentado alrededor de 45°C, manteniéndose de 45 a 50°C hasta que la fermentación se ha completado (Afoakwa *et al.*, 2008). Los granos no fermentados o con fermentación insuficiente producen lotes de cacao con baja calidad sensorial (Ramos, 2004).

2.3.2. Métodos de fermentación

El sistema de fermentación del cacao varía de acuerdo con el volumen de producción. Existen varios tipos de instalaciones para fermentar, los más utilizados son: cajones de madera, sacos, micro fermentaciones y montones (Figura 1). Este último generalmente se utiliza por los pequeños productores (Lima *et al.*, 2011; Saltini *et al.*, 2013).



Figura 1. Diferentes sistemas de fermentación de cacao en Tabasco. A) Cajas de fibra de vidrio; B) Cajas plásticas de Ecuador en uso en el beneficio IMCO de Cárdenas; C) Fermentación en sacos; D) Fermentación en cajas de madera alineadas en el piso; E) fermentación en cajas de madera tipo escalera; F) fermentación en tanques de plástico con perforación para el desagüe y aireación del grano.

2.4. Secado del cacao

El secado del cacao consiste en la pérdida de humedad del grano que pasa de 60% de humedad y se reduce a un 6 ó 8%, nivel necesario para su almacenamiento seguro (Lima *et al.*, 2011). Durante el secado ocurren reacciones químicas y bioquímicas que disminuyen el gusto amargo, la astringencia y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos, lo que ocurre solamente en esta etapa (Jinap *et al.*, 1994), la temperatura óptima para esta reacción es de 35°C

(Cros y Jeanjean, 1995). Se utilizan dos métodos para el secado: el secado natural y el secado artificial (Figura 2). Aunque es más aconsejable el primero ya que permite una lenta migración de la humedad a través de los granos y transporta los precursores de aromas que se han formado durante la fermentación (Rodríguez-Campos *et al.*, 2012).

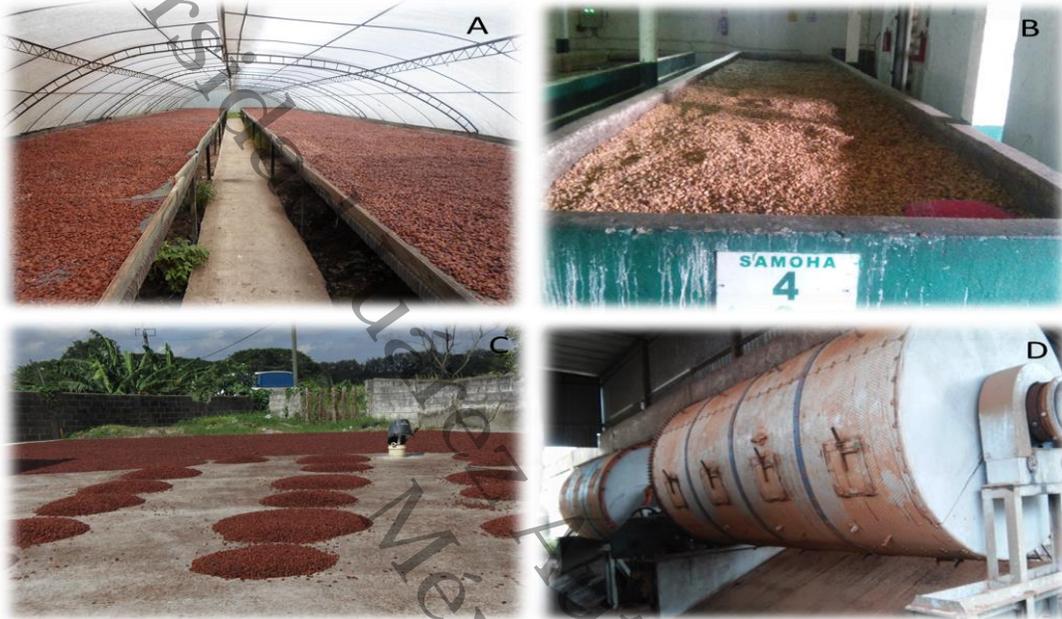


Figura 2: Métodos para el secado en el estado de Tabasco. A) Secadero en forma de túnel; B) Secadero tipo Samoa; C) Secadero al aire libre en plataforma de cemento; D) Secadero tipo Tambor rotatorio

2.5. Calidad del cacao

La calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (Awua, 2002), químicas y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma (Beckett, 2011; Afoakwa, 2014). Buena parte de la calidad comercial del cacao se aprecia con métodos subjetivos, mediante la aplicación de la prueba de corte. Esta prueba consiste en cortar de forma transversal a un total de 100 granos (Lima *et al.*, 2011). Estos para la observación de los cotiledones. En ocasiones la prueba de corte es complementada con la degustación o evaluación sensorial (Guehi *et al.*, 2010). Un componente valioso de la calidad total, por su influencia en las características de los chocolates negros, es la dimensión aromática. El perfil aromático del cacao depende de la composición de los granos (Cros, 2004), la que a su vez queda determinada por factores ambientales,

genéticos, manejo poscosecha, y tostado, entre otros (Lima *et al.*, 2011). Los fabricantes de chocolate le dan enorme importancia a la evaluación sensorial y frecuentemente monitorean el sabor y la calidad del chocolate que fabrican, ya que estos parámetros afectan la demanda de los productos. Sabores extraños ocasionados por mohos o humo, así como la acidez y astringencia, son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de los granos durante la fermentación y el secado (Álvarez *et al.*, 2007).

2.6. Análisis descriptivo cuantitativo (ADC)

Existen diferentes pruebas sensoriales descriptivas, entre éstas se encuentran el perfil de sabor, perfil de textura, el perfil de libre elección, el perfil flash, el análisis tiempo-intensidad y el análisis descriptivo cuantitativo (ADC) (Murray, 2001). El análisis ADC permite obtener y comparar objetivamente los perfiles sensoriales de diferentes productos, este análisis se realiza mediante panelistas previamente entrenados para medir, analizar e interpretar los estímulos percibidos a través de los sentidos (Lawless y Heymann, 2010). Este tipo de análisis puede ser de gran utilidad para identificar y diferenciar las características de calidad presentes en las muestras de cacao provenientes de diferentes sistemas de manejo poscosecha (Sancho *et al.*, 1999; Lawless y Heymann, 2010).

2.7. Características de calidad sensorial del cacao

Para obtener una buena calidad, tanto física como sensorial, se requieren procesos de fermentación y secado adecuados (Portillo *et al.*, 2006). Periodos prolongados de fermentación, con la idea de lograr porcentajes superiores de granos fermentados, pueden terminar en una sobre-fermentación del cacao, generando sabores y olores desagradables, que constituyen defectos graves para la industria (Amores *et al.*, 2009). De acuerdo con Ramos (2004), las cualidades sensoriales del cacao se desarrollan y expresan normalmente con periodos de fermentación y secado que son estandarizados para zonas y tipos de cacao, en base a estudios previos (Cuadro 1). Los precursores del sabor que se forman durante la fermentación, se recombinan durante el tostado de los granos para expresar el aroma típico del cacao y chocolate (Portillo *et al.*, 2006). Los azúcares reductores originados durante el proceso de fermentación,

desempeñan un papel primordial en este proceso al reaccionar con los compuestos nitrogenados (Ramos, 2004).

Cuadro 1. Efecto del origen, la variedad de cacao y el tiempo de fermentación sobre los descriptores de aroma y sabor.

Origen	Tipos de cacao	Tiempo (días)	Atributos de aroma y sabor
Ecuador	Nacional (Arriba)	2 (Corto)	Aromático, floral, picante, verde
Ceilán	Trinitario	1.5	Floral, frutal, ácido
Venezuela	Criollo	2	Frutal, nuez
Zanzíbar	Criollo	6 (Medio)	Floral, frutal
Ghana	Forastero	5	Cacao básico fuerte, frutal
Malasia	Forastero/trinitario	6	Ácido, fenólico
Trinidad	Trinitario	7-8 (Largo)	Vinoso, uva, melazas
Granada	Trinitario	8-10	Ácido, frutal, melazas
Papúa Nueva Guinea	Trinitario	7-8	Frutal, ácido

Fuente: Afoakwa *et al.* (2008).

Las condiciones del tostado, se calibran y aplican según el tipo de cacao que se procesa (Tixier, 2013). El tostado prolongado con alta temperatura elimina las especificidades aromáticas de los cacaos finos, y por el contrario, favorece el desarrollo de aromas de naturaleza térmica, con base en la presencia de azúcares reductores, que son también compuestos precursores del sabor, junto con otros como los aminoácidos y péptidos (Cros, 2004). Si la temperatura de tostado es alta por mucho tiempo, los granos terminan por quemarse. El sabor a quemado ocurre cuando ya no existe fructosa en el grano (Cros, 2004; Ramos, 2004). Sabores como el amargo, astringencia, acidez y azucarado se dan en los granos de cacao por la presencia de compuestos no volátiles como los alcaloides y polifenoles entre otros. La astringencia de los granos disminuye a medida que avanza la maduración de las mazorcas, aparentemente por la condensación de los polifenoles (Cros, 2004). Esta es la razón por la que hay que evitar la cosecha de mazorcas pintonas, o que aún no han terminado de madurar, ya que se afecta la calidad

final del producto fermentado. Según Sancho *et al.* (1999), en el licor de cacao preparado para degustación se identifican tres grupos de sabores (básicos, específicos y adquiridos) como se describe en el Cuadro 1.

2.7.1. Sabores básicos

- a) Acidez: describe licores con sabor ácido; expresan la presencia de ácidos volátiles y no volátiles; se percibe a los lados y centro de la lengua. Referencias: Frutas cítricas, vinagre.
- b) Amargor: describe un sabor fuerte y amargo, en respuesta a una falta de fermentación; se percibe en la parte posterior de la lengua o en la garganta. Referencia: café, cerveza, toronja.
- c) Astringencia: describe un sabor fuerte también por falta de fermentación; se expresa como sequedad en la boca producto de la precipitación de las proteínas en la saliva; va acompañada de un aumento de salivación; se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes. Referencia: cacao no fermentado, mango verde, hojas de plátano, carambola pintona.
- d) Dulce: se percibe una sensación dulzaina en la punta de la lengua.

2.7.2. Sabores y aromas específicos

- a) Cacao: describe el sabor típico de granos de cacao bien fermentados, secos, tostados y libre de defectos. Referencia: barras de chocolate negro, cacao fermentado y tostado.
- b) Floral: describe aroma a flores, con tonos perfumados. Referencia: lilas, violetas, flores de cítricos.
- c) Frutal: describe el sabor y aroma a fruta madura, combinado con notas dulzonas agradables. Referencia: cualquier fruta seca madura, fruta cítrica madura y seca; ciruelas pasas.
- d) Nuez: describe el sabor y aroma de granos y nuez.

Otros sabores llamados adquiridos o defectos (Moho, químico, verde/crudo, humo, metálico etc.) se pueden encontrar en licor de cacao productos de un proceso de manejo poscosecha inadecuado.

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Determinar la calidad fisicoquímica y el perfil sensorial del cacao en Tabasco en función de las características del sistema de manejo poscosecha.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar y cuantificar los atributos sensoriales del cacao obtenido en Tabasco.
- Determinar la calidad fisicoquímica del cacao obtenido en Tabasco.
- Evaluar el efecto del sistema de manejo poscosecha en la calidad del cacao en Tabasco.

3.3 Hipótesis

El cacao obtenido en Tabasco muestra un perfil sensorial y calidad fisicoquímica específicos, en función de las características del manejo poscosecha.

IV. LITERATURA CITADA

Afoakwa EO (2014) Cocoa production and processing technology. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA. 374p.

- Afoakwa EO, Budu AS, Mensah-Brown H, Takrama JF, Akomanyi E, Lu J, Wang C (2014) Changes in biochemical and physico-chemical qualities during drying of pulp preconditioned and fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *Journal Nutrition Health Food Science* 2(3): 1-8.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A (2008) Flavour formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(9): 840-857.
- Álvarez C, Pérez E, Lares MC (2007) Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado Aragua. *Agronomía Tropical* 57(4): 249-256.
- Amores PF, Palacios A, Jiménez B J, Zhang D (2009) Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeraldas. *Boletín Técnico. Quevedo, Ecuador* 135p.
- Attolini A (2011) Cuentas, dares y tomares del cacao: delicia, convite, rito mesoamericano. Aspectos antropológicos. *Revista Digital Universitaria* 12(4): 1067-6079.
- Awua PK. (2002) The success story of cocoa processing & chocolate manufacture in Ghana. David Jamieson and Associates, Ghana. 144p.
- Bartley BG (2005) The genetic diversity of cacao and its utilization. CABI Publishing. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK. pp. 14-110.
- Bart-Plange A, Addo A, Abano EE, Akowuah JO (2012) Compressive properties of cocoa beans considering the effect of moisture content variations. *International Journal of Engineering and Technology* 2(5): 050-858.
- Bart-Plange A, Baryeh EA (2003) The physical properties of Category B cocoa beans. *Journal of Food Engineering* 60(3): 219-227.
- Beckett ST (2011) Industrial chocolate manufacture and use. John Wiley & Sons 720p.
- Córdova-Avalos V, Mendoza-Palacios JD, Vargas-Villamil L, Izquierdo-Reyes F, Ortiz-García CF (2008) Participación de las asociaciones campesinas en el acopio y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 24(2): 147-158.

- Cros E (2004) Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao, bases bioquímicas del perfil aromático. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica Noviembre 15 - 17 del 2004. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo - Ecuador. 20p.
- Cros E, Jeanjean N (1995) Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, Recherche, Development* 24: 25-27.
- Crouzillat D, Laurence B, Rigoreau M, Bucheli P, Petiard V (2000) Genetic Structure, characterization and selection of National cocoa compared to other genetic groups. In *Proceedings of the International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding* pp. 47-64.
- Dash AK, Pradhan RC, Das LM, Naik SN (2008) Some physical properties of simarouba fruit and kernel. *International Agrophysics* 22(2): 111.
- Díaz-José O, Aguilar-Ávila J, Rendón-Medel R, Santoyo-Cortés VH (2013) Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(2): 279-289.
- García-Alamilla P, Salgado-Cervantes MA, Barel M, Berthomieu G, Rodríguez-Jimenes GC, García-Alvarado MA (2007) Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying. *Journal of Food Engineering* 79(4):1159-1165.
- Guehi TS, Dadie AT, Koffi KP, Dabonne S, Ban-Koffi L, Kedjebo KD, Nemlin GJ (2010) Performance of different fermentation methods and the effect of their duration on the quality of raw cocoa beans. *International Journal of Food Science and Technology* 45(12): 2508-2514.
- Jinap S, Thien J, Yap TN (1994) Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 65(1): 67-75.
- Lawless HT, Heymann H (2010) Descriptive Analysis. In *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Springer pp. 227-253.
- Lima LJR, Almeida MH, Nout MJR, Zwietering MH (2011) *Theobroma cacao* L., “the food of the gods”: quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of the fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(8): 731-761.

- Mohesenin NN (1980) Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc pp. 51-87.
- Motamayor JC, Lachenaud P, da Silva e Mota JW, Llor R, Kuhn DN, Brown JS, Schnell RJ (2008) Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). PLoS One 3(10): e3311.
- Motamayor JC, Risterucci AM, Lopez PX, Ortiz CX, Moreno A, Lanaud C (2002) Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89(5): 380-386.
- Murray JM, Delahunty CM, Baxter IA (2001) Descriptive sensory analysis: past, present and future. Food Research International 34(6): 461-471
- Ogata N (2007) El cacao. Biodiversitas 72: 1-5.
- Oyedokun AV, Omoloye AA, Adewale BD, Adeigbe OO (2011) Phenotypic variability and diversity analysis of bean traits of some Cocoa hybrids in Nigeria. Asian Journal of Agricultural Sciences 3(2): 127-131.
- Portillo E, de Fariñas LG, Cros E (2006) Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). Facultad de Agronomía 23(1): 49-57.
- Quintero ML, Díaz KM (2004) El mercado mundial de cacao. Agroalimentaria.18: 47-59.
- Ramírez GSI (2008) La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. Revista Tecnología en Marcha 21(1): 97-110.
- Ramos G (2004) La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao, Teoría y Práctica (15-17 nov. / 2004). INIAP-Quevedo. Ecuador. 44p.
- Rodriguez-Campos J, Escalona-Buendía HB, Contreras-Ramos SM, Orozco-Avila I, Jaramillo-Flores E, Lugo-Cervantes E (2012) Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. Food Chemistry 132(1): 277-288.
- Saltini R, Akkerman R, Frosch S (2013) Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. Food Control 29:167-187.

- Sancho J, Bota E, de Castro, JJ (1999) Introducción al análisis de los alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona, España. pp. 28-215.
- SIAP/SAGARPA (2014) Cierre de la producción agrícola por cultivo SAGARPA. México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en línea en: <http://www.siap.gob.mx> (página web visitada 29 de noviembre 2015).
- Sukha DA, Butler D (2005) The CFC/ICCO/INIAP project: Investigating the spectrum of fina flavor within genotypes and between origins. INGENIC. Newsletter 10: 22-25.
- Tixier C (2013) De l'arbre à cacao au chocolat: voyage à la source des arômes et des saveurs. *Phytothérapie* 11(2): 79-84.
- Tomas-Barberán FA, Cienfuegos-Jovellanos E, Marín A, Muguerza B, Gil-Izquierdo A, Cerdá B, Pasamar MA (2007) A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10): 3926-3935.
- Wood GAR, Lass RA (1985) *Cocoa*, 4th ed. Blackwell Science. London. UK. 620p.

CAPÍTULO I

CARACTERIZACION DEL PROCESO DE BENEFICIO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL ESTADO DE TABASCO

Cléomé Abel¹, Rosa Ma. Salinas-Hernández^{1*}, Julián Pérez-Flores², José Gervasio Partida-Sedas³, Argentina Argumedo-Bravo⁴, Pedro García-Alamilla¹, Fidel Ulín-Montejo⁵

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carr. Villahermosa-Teapa Km 25 Ra. La Huasteca. Villahermosa, Centro, Tab. C.P. 86280. Tel. +52 9933581585. E-mail: cleomeabel@hotmail.es, shishkko@hotmail.com, rosa.salinas@ujat.mx ²Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Km. 3.5 Cárdenas-Huimanguillo, Cárdenas, Tab. C.P. 86500. Teléfono: +52 9373722386 Fax: +52 9373722297. E-mail: julianflores@colpos.mx ³Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente Km. 6.5 Carr. Huatusco-Xalapa, Huatusco, Ver. C.P. 94100. Tel. +52 2737340764, 01(273)7342996. E-mail: gerpase@yahoo.com.mx ⁴Agroindustrias Unidas de Cacao, S.A de C.V. C/ Tamarindos, Lotes 12 y 13, Cd. Industrial Bruno Pagliai, C.P. 91697, Veracruz, Ver. Tel.: +52 2299811497, Fax: +52 2299811497. E-mail: aargumedo@ecomtrading.com ⁵Carr. Cunduacán-Jalpa Km 1 Col. La Esmeralda CP. 86690. Cunduacán, Tabasco. Tel. +52 9933581500 Ext. 6702, +52 914 336 09 28. E-mail: fidel.ulín@ujat.mx

*Autor de correspondencia.

RESUMEN

En México el cultivo de cacao data de la época prehispánica, sin embargo, el país no figura entre los productores de cacao de alta calidad. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el sistema de manejo poscosecha del cacao en Tabasco, para identificar los obstáculos y analizar sus efectos. El estudio, tipo descriptivo, se realizó mediante observación directa y aplicación de encuestas en 31 beneficios de seis municipios. El cuestionario consideró cinco apartados y 40 variables. Los resultados indicaron falta de control en la cosecha, aguante y apertura de mazorcas, así como en los procesos de fermentación y secado. Se obtuvo que 87.1% de los beneficios no cuenta con medidor de humedad, 87.1% no clasifica los granos, y 96.7% no realiza prueba de corte. Asimismo, el 83.8% no hace seguimiento de lotes desde el productor, fermentación, secado y empaque. Según la norma NMX-FF-118-SCFI-2014, el 93.55% es grano Primera Tipo II, destinado en un 84.85% al mercado nacional. Estos resultados muestran que, en el manejo poscosecha del cacao en Tabasco, subyace una problemática compleja, cuya caracterización puede ser relevante para diseñar programas de control

de calidad y asesoría técnica para mejorar el producto final y el ingreso de los productores.

Palabras clave: Manejo poscosecha, calidad, mercado internacional, Tabasco

ABSTRACT

In Mexico the cultivation of cacao dates back to pre-Hispanic times, however, the country is not among the producers of high quality cocoa. The aim of this study was to characterize the postharvest handling system of cacao in Tabasco, to identify obstacles and analyze its effects. A descriptive study was conducted by direct observation and application of surveys in 31 gathering centers of six municipalities. The questionnaire considered five sections and 40 variables. The results showed lack of control at harvest, endurance and fruits opening, as well as at fermentation and drying processes. It was found that 87.1% of the gathering centers has no moisture meter, 87.1% does not classify grains, and 96.7% do not perform test cutting. Also, 83.8% does not batch tracking from the producer, fermentation, drying and packaging. According to the NMX-FF-118-SCFI-2014 standard, a 93.5% of the grain obtained is Type II First and a 84.8% is destined for the domestic market. These results show that, in the post-harvest handling of cacao in Tabasco lies a complex problema, which characterization may be relevant to design programs of quality control and technical assistance to improve the final product and the income of producers.

Key words: Postharvest handling, quality, international market, Tabasco

INTRODUCCION

La semilla del fruto del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) es la principal materia prima para la elaboración del chocolate (Afoakwa, 2014). El cacao se originó en la cuenca alta del Amazonas y otras áreas tropicales de América central y del Sur (Wood y Lass 1985; Amoye, 2006; Guehi *et al.*, 2010b). Actualmente se cultiva también en el oeste de África, así como en Malasia e Indonesia (Afoakwa, 2011). De acuerdo con Amoye (2006), las condiciones óptimas para el cultivo son entre 20 y 30°C (68-86°F), con 1500 a 2500

mm de precipitación anual y 2.000 h de sol al año. En 2014, la producción mundial de cacao en grano se incrementó en un 10.5% respecto al año para situarse en 4,359 millones t año⁻¹ (ICCO, 2014). México cuenta con 61,562.10 ha con cacao en los estados de Tabasco (66.24%) y Chiapas (33.377%), con una producción de 26,969.36 t año⁻¹ (SIAP/SAGARPA, 2014), que representan una importante fuente de ingresos para casi 41,000 familias (Díaz-José *et al.*, 2013).

En Tabasco el cacao se cultiva en los municipios de Comalcalco, Paraíso, Cárdenas, Nacajuca, Jalpa Teapa, Jalapa y Tacotalpa, con una superficie cultivada de aproximadamente 40,782.70 ha y una producción anual de 16,269.56 t (SIAP/SAGARPA, 2014). Por ello, el estado de Tabasco es el mayor productor de cacao en México (Díaz-José *et al.*, 2013).

Anteriormente en México el cacao se produjo con características recesivas homocigóticas de calidad con un alto potencial aromático en sus almendras (Ramírez *et al.*, 2013). La calidad del grano se ha deteriorado gradualmente, debido al mal manejo agronómico (Ogata, 2007). Asimismo, este autor menciona que el manejo poscosecha no es el más adecuado, dado que los centros de beneficio no realizan una selección de granos y mezclan las semillas sin importar la variedad u origen. De igual manera, no existen estándares establecidos en cuanto a los tiempos de aguante de la mazorca, la fermentación y el secado, lo que resulta en granos con alto porcentaje de defectos y, por ende, menosprecio del grano en el mercado internacional. Al respecto Díaz-José *et al.* (2013) formularon un plan orientado al aspecto tecnológico para la producción de cacao en México. Los autores concluyeron que sería necesario un periodo de seis años para implementar el plan, e implicaría la gestión integrada de plagas, buenas prácticas y manejo agronómico, mejora de la calidad y la promoción nacional del producto.

El mercado internacional exige cacao de alta calidad, la cual está determinada principalmente por el manejo poscosecha, debido a que en esta etapa se desarrollan las características de sabor y aroma (Fowler y Beckett, 1999; Portillo *et al.*, 2006; Piña y López, 2011). De esta manera, a la par de una materia prima de calidad, es necesario contar con un sistema de manejo que permita obtener un producto final competitivo. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el manejo poscosecha del

cacao en el estado de Tabasco para identificar obstáculos en el sistema de proceso y analizar los efectos en la calidad del grano.

METODOLOGIA

Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la zona productora de cacao del estado de Tabasco, durante la cosecha principal de 2014. El estado de Tabasco se ubica geográficamente desde la llanura costera del golfo de México hasta las sierras del norte de Chiapas. Sus coordenadas geográficas extremas se encuentran entre los paralelos $18^{\circ} 39'$ y $17^{\circ} 15'$ de latitud norte y entre los meridianos $91^{\circ} 00'$ y $94^{\circ} 07'$ de longitud oeste (Mier *et al.*, 2006). Su posición geográfica propicia un clima cálido-húmedo con una precipitación promedio de 2069.8 mm anuales (SMN, 2012).

Área de estudio

En Tabasco la producción de cacao se concentra principalmente en la región de la Chontalpa que incluye los municipios de Cárdenas; Comalcalco; Cunduacán; Jalpa de Méndez; Huimanguillo y Paraíso. Primero se determinó la ubicación de los beneficios de cacao en cada uno de los municipios productores, lo que se realizó por medio de datos proporcionado por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero (SEDAFOP). A partir del padrón inicial de beneficios se identificaron los beneficios activos al momento de la encuesta para ser considerados en el estudio, ubicándose 34 beneficios en total, de los cuales se visitaron 31 (91.17 %) con fines de caracterización de acuerdo al objetivo del estudio. El número de beneficios y su ubicación se muestran en el Figura 1.

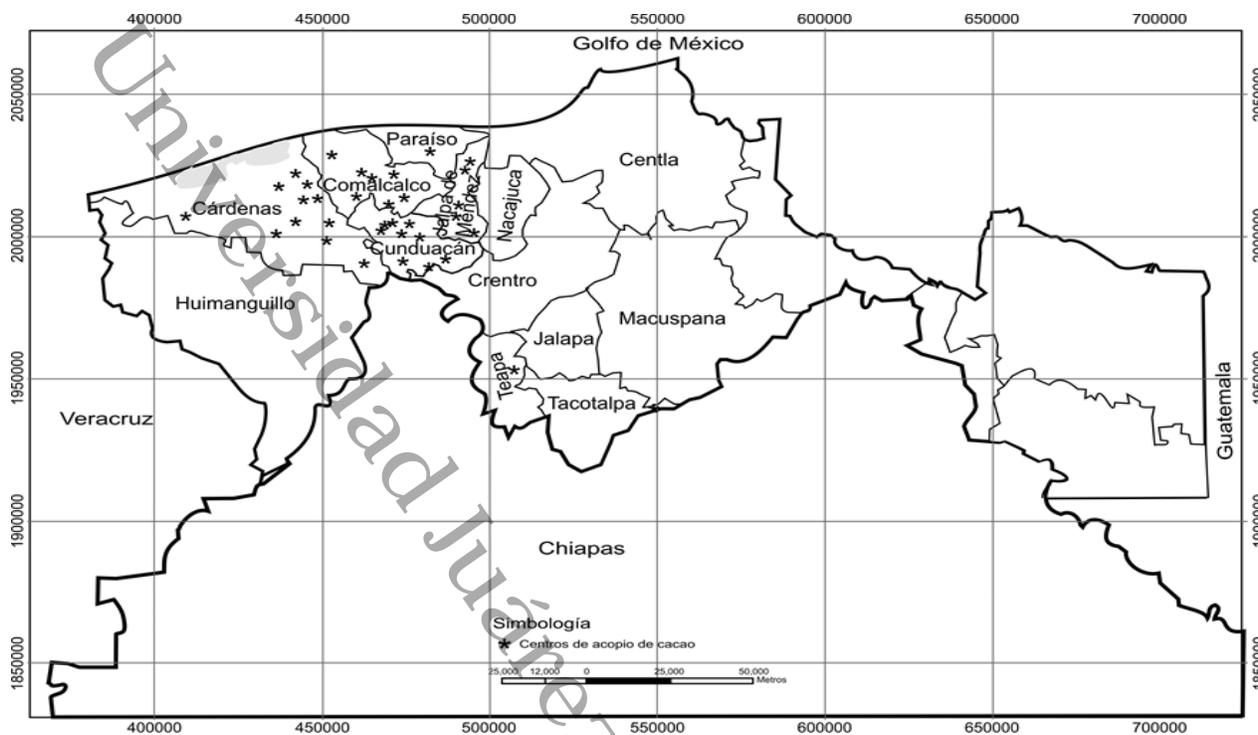


Figura 1. Localización de beneficios visitados y encuestados para la caracterización de los beneficios de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el estado de Tabasco.

El centro de beneficio de cacao, comúnmente llamado en México “Centro de acopio”, “Fermentadora de cacao”, “Cooperativa de productores de cacao” o “Asociación Local de Productores de Cacao (ALPC)”, es una industria procesadora de la semilla del árbol de cacao (Enríquez, 1985). El proceso que se realiza en el beneficio consiste en fermentar, secar, seleccionar, empacar y almacenar el grano para posteriormente ser traslado para su venta.

No se caracterizó la totalidad de los beneficios de cacao del estado de Tabasco, debido a que no se pudo contactar con los responsables de los mismos. Por otra parte, los beneficios en los municipios de Teapa y Tacotalpa no fueron considerados debido a que en éstos no se realiza fermentación del grano y, por ende, no corresponden al objetivo del estudio. Asimismo, en el recorrido por los municipios de Cárdenas, Comalcalco y Jalpa de Méndez se observaron beneficios abandonados, debido a que actualmente la producción de cacao enfrenta una crisis causada por la moniliasis

(*Moniliophthora roreri*), mal manejo de las plantaciones y baja producción (Díaz-José *et al.*, 2013).

Técnicas de investigación e instrumento de recolección de datos

La investigación, de tipo descriptivo, se realizó considerando 31 beneficios de cacao ubicados en seis municipios. El estudio se realizó mediante observación directa y aplicación de una encuesta como instrumento para la recolección de datos. La encuesta se aplicó a los presidentes, dueños o representantes legales de los beneficios, para esto se diseñó un formulario de entrevista estructurado que consideró cinco apartados con 40 preguntas. En un primer apartado se abordaron las características generales del beneficio en cuanto a la fecha de establecimiento, número de trabajadores y área de influencia. En el segundo apartado se consideraron las características de las instalaciones e infraestructura del beneficio y en el tercero se incluyeron los aspectos relacionados con la disponibilidad de equipo de oficina e instrumentos para el control del proceso y de la calidad del grano. En el cuarto apartado se abordaron las características del proceso de fermentación y secado en el beneficio en cuestión, así como la capacidad del beneficio. Finalmente, en un quinto apartado se abordaron aspectos relacionados con el control calidad y destino del grano obtenido.

Cabe indicar que además de la aplicación de la encuesta, las respuestas obtenidas fueron complementadas y corroboradas mediante observación directa de las instalaciones y de las condiciones de proceso y de manejo del producto.

Análisis estadístico

Este estudio está basado en la información obtenida desde una muestra dirigida de los beneficios de cacao de la región. La información tiene gran relevancia estadística en virtud de su cobertura geográfica, importancia económica y representatividad cuantitativa y cualitativa de acuerdo a los objetivos de la investigación.

Los datos obtenidos en la encuesta, se codificaron y analizaron mediante el programa DYANE versión 4.0: Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados. Para las variables cuantitativas se estimó la suma, rango, media aritmética,

mediana, moda, varianza y desviación estándar. Para las variables categóricas y nominales, se utilizó estadística de frecuencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características e infraestructura de los beneficios de cacao en Tabasco

Los beneficios de cacao en Tabasco tienen una antigüedad de tres a 65 años, con un promedio de 33 años. El 90.3% de los centros están formalmente constituidos, con base en la ley de asociaciones, y cuentan con acta constitutiva ante el gobierno del Estado (Cuadro 1). Su funcionamiento general se rige por normas y principios, aunque en algunos casos los presidentes son electos indefinidamente y se comportan como dueños únicos.

En relación con el tipo y material de construcción, el 70.9% de los centros de beneficio son totalmente cerrados y sólo 9.7% son abiertos. Asimismo, el 83.8% cuenta con edificaciones de cemento (Cuadro 1).

De acuerdo con Enríquez (1985), una infraestructura inadecuada de los beneficios puede afectar directamente el proceso de fermentación, el cual requiere una condición climática constante, en locales abiertos y semi-abiertos pueden penetrar corrientes de aire que chocan con las cajas de cacao en proceso de fermentación, lo que origina variaciones de temperatura que afectan dicho proceso. Guehi *et al.* (2010a) indican que las variaciones de la temperatura ambiente durante el ciclo diurno y nocturno pueden influenciar en gran medida la temperatura de la masa en fermentación, por lo que es necesario contar con edificios estandarizados.

Enríquez (1985) indica que el beneficio de cacao debe estar constituido por un área de recepción de materia prima, oficina, área de fermentación, secado y almacenamiento. Las áreas deben de contar con una infraestructura de cemento (piso y paredes), protegido del sol, lluvia y corrientes de aire. Lo anterior indica que los productores en Tabasco cuentan con espacios físicos adecuados para procesar el cacao que acopian.

En relación con la disponibilidad de muebles, equipos de oficina e instrumentos para control del proceso y calidad del grano, se encontró que un 90.3% de los beneficios cuenta con áreas de oficina amuebladas, así como equipo de oficina. En relación con los

instrumentos para control del proceso y calidad del grano, el 87.1% de los beneficios no poseen medidor de humedad y un 90.32% no tiene guillotina para granos, ésta última es necesaria para la prueba de corte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales del beneficio de cacao, disponibilidad de muebles de oficina e instrumentos de control del proceso.

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Constitución la empresa	Si	28	90.32
	No	3	9.68
Tipo de construcción	Cerrada	22	70.97
	Abierta	3	9.68
	Semi-abierta	6	19.35
Material de construcción	Rustica	5	16.13
	Cemento	26	83.87
Muebles de oficina	Si	28	90.32
	No	3	9.68
Archiveros	Si	28	90.32
	No	3	9.68
Medidor de humedad	Si	4	12.90
	No	27	87.10
Guillotina para granos	Si	3	9.68
	No	28	90.32
Tipo de cacao compra	Baba	21	67.74
	Baba y seco	10	32.26

n=31

Los procesos de fermentación y de secado son puntos críticos para lograr la calidad de cacao que exige el mercado internacional. En la fermentación es imprescindible controlar la temperatura, la actividad microbiana y el grado de fermentación, para lo cual se requiere de equipos básicos como el medidor de humedad y la guillotina para granos. En cuanto al secado, en México el secado artificial se realiza en la temporada de alta producción y en tiempo lluvioso, principalmente en los grandes centros de beneficio donde se usa secador tipo Samoa horizontal con aire caliente a 60-70°C (Rodríguez-Campos *et al.*, 2012), en estas condiciones para lograr un buen secado se requiere un adecuado control de temperatura. Hii *et al.* (2009), señalan que una alta

temperatura de secado produce efectos negativos sobre la calidad del sabor y aroma a chocolate. Así, el contar con los instrumentos básicos para el control de la temperatura, la humedad y la evaluación de la calidad del grano, es fundamental, aspecto que no se cumple en la mayoría de los beneficios de cacao del estado de Tabasco.

En cuanto al tipo de cacao recibido en los beneficios, se obtuvo que el 67.7% de los centros acopian cacao en baba mientras que el 32.3% acopian tanto cacao en baba como grano lavado y seco. El cacao en baba es grano fresco cubierto de una pulpa mucilaginoso blanca y dulce (Rodríguez-Campos *et al.*, 2012). La NMX-FF-118-SCFI-2014 define el cacao lavado y seco como el grano entero y sano extraído de las mazorcas maduras de árboles de cacao, lavado después de su extracción y secado, sin aplicar ningún proceso sistemático de fermentación.

Capacidad instalada y utilizada de los beneficios de cacao

Los beneficios de cacao en el estado de Tabasco tienen una capacidad promedio de fermentación de 80 t semana⁻¹, con un rango de 7 a 270 t de cacao (Cuadro 2). Asimismo, se constató que solo un promedio de 30 t de la capacidad instalada para la fermentación está en uso. Para secado, hay una capacidad instalada promedio de 25 t semana⁻¹ con un rango de 4 a 87 t, de esta capacidad solo un promedio de 18 t semana⁻¹ están en uso. Los beneficios acopian un promedio de 27.50 t de cacao por semana, lo cual varía de 6 a 150 t semana⁻¹.

La superficie promedio por productor es de 1.75 ha en promedio con un valor mínimo de 1 ha y un máximo de 13 ha. Estos valores concuerdan con lo encontrado por Díaz-José *et al.* (2013), que indica que la superficie promedio de los productores es de 1.8 ha. Esta superficie es menor a la superficie promedio por productor en otros países productores de cacao. Por ejemplo, en el Municipio de Tumaco, Colombia, Preciado *et al.* (2011) encontraron que la superficie promedio de los productores es de 5.94 ha, el 32% posee de 5 a 10 ha, y el 15% de los productores tiene ranchos de más de 11 ha. Afoakwa *et al.* (2013), indican que en Ghana el cacao se cultiva casi exclusivamente por pequeños productores con una superficie promedio de 4.0 h aproximadamente. Esta segmentación de la superficie cultivada puede influir sobre la variabilidad de la materia prima debido a las diferencias en el manejo de la plantación. Asimismo, un mayor número

de productores puede dificultar la organización de los mismos así como las operaciones de manejo y transporte del grano al tratarse de pequeños volúmenes de grano.

En relación con el número de trabajadores en los beneficios de cacao, la suma total en el proceso es de 267 con una media de ocho trabajadores por beneficio y un rango que oscila de tres a 16 trabajadores (Cuadro 2). Por otro lado, la suma de productores atendido por los centros de beneficios es de 11,317 con un promedio de 280 productores por beneficio. La suma de productores atendidos en los beneficios no refleja el universo total de los productores de cacao en Tabasco. Esto debido a que muchos de los productores prefieren vender sus granos a los pequeños intermediarios (llamados “Coyotes”) y a empresas transnacionales tales como Nestlé, AMCO e IMCO. Los intermediarios suelen recorrer la zona productora, durante la cosecha y acopian directamente en las plantaciones o en establecimientos estratégicos ubicados en los centros de las comunidades, para lo cual el productor no necesita trasladarse para vender su producto. Además, resulta que pagan un mejor precio que los centros de beneficio. Asimismo, en muchos casos los productores lavan y secan sus granos en el patio de su casa y posteriormente los venden directamente a las empresas agroindustriales.

Características de la fermentación, secado y almacenamiento del cacao en Tabasco

La fermentación es esencial para el desarrollo de un aroma y sabor adecuados (Portillo *et al.*, 2006; Kongor *et al.*, 2013). Después de la cosecha, los granos y la pulpa adherida se transfieren a pilas, cajas o cestas para su posterior fermentación que dura entre 5 y 6 días para los granos de la variedad Forastero y de 1 a 3 días para el criollo (Afoakwa, 2011). En este trabajo se encontró que la fermentación se realiza en el 96.7% de centros de beneficio. En cuanto a los métodos de fermentación en Tabasco se obtuvo que la mayor parte de los beneficios utilizan principalmente cajas de madera no escalonados (90.6%), mientras que 12.5% utilizan otros métodos tales como montón (3.1%), sacos (3.1%), cajas de plástico (3.1%) y cajas de fibra de vidrio (3.1%).

Cuadro 2. Comportamiento promedio y análisis de varianza de las variables utilizadas para caracterizar la capacidad de los beneficios de cacao en el Estado de Tabasco, México.

Variables	Frecuencia	Media	Máx.	Mín.	Varianza
Capacidad instalada para F* (t)	30	80	270	7	3,555.37
Capacidad utilizada para fermentar (t)	29	30	200	7	1,226.07
Capacidad instalada para secado (t)	31	25	87	4	769
Capacidad utilizada para secado (t)	30	18	63	4	193.62
Cacao recibido (t)	30	27.50	150	6	782.52
Número de trabajadores del CB**	31	8	16	3	13.07
Número de productores atendido	31	280	1300	1	87,410.25
Superficie promedio por productor (ha)	30	1.75	13	-1	4.97

*Fermentación; *Centro de beneficio n=31

De acuerdo con Portillo *et al.* (2006), el sistema de fermentación de cacao varía bastante de una región a otra. Guehi *et al.* (2010a), indican que la fermentación de cacao se realiza principalmente en cinco diferentes formas: fermentación en plataformas de secado, en montones, en canastos, en bandejas y en cajas. Asimismo, Saltini *et al.* (2013), indican que son cuatro los métodos de fermentación de cacao más utilizados: plataformas, montones, cestas y cajas.

La fermentación de cacao en cajas ha sido clasificado como un método con baja uniformidad, debido a que resulta en un uso incompleto de los azúcares y, por ende, alta presencia de granos defectuosos (Guehi *et al.*, 2010a). En la fermentación mediante el sistema de montones se observa un aumento de temperatura más rápido, por lo cual puede obtenerse una fermentación más uniforme (Tomlins *et al.*, 1993). El método de plataforma, por su parte, se considera como un método obsoleto, pero debido a sus bajos costos sigue siendo ampliamente utilizado en la zona occidental de África (Saltini *et al.*, 2013). Finalmente, el método de fermentación en cestas, a diferencia de los otros métodos citados, no se ha encontrado literatura que lo describa, lo que sugiere que su uso es muy limitado (Saltini *et al.*, 2013).

En Venezuela, Álvarez *et al.* (2010), evidenciaron que la fermentación se realiza habitualmente usando los métodos: cestas, cajas, cajas plásticas, cajas de madera escalonados y seriadas, montones tradicionalmente cubiertos con hojas de plátano (*Musa paradisiaca*). De acuerdo con Guehi *et al.* (2010b) el proceso de fermentación de cacao en Costa de Marfil comprende la fermentación en montones en pequeñas fincas

o/y cajas de madera en las fincas grandes. Asimismo Afoakwa (2011), indica que la fermentación en montón de los granos de cacao generalmente cubiertos de hojas de plátano es típica de África Occidental, particularmente en Ghana el segundo mayor productor y exportador de cacao seco en el mundo.

En Tabasco se encontró que solo un beneficio realiza la fermentación en cajas de madera tipo escalera. Este sistema reduce la fuerza laboral, pues permite pasar fácilmente el grano de una caja a la próxima con sólo quitar la tabla frontal de las cajas para que los granos se deslicen a la caja de abajo.

Por otro lado, el tiempo promedio de fermentación es de 7 días, con un rango desde 3 a 11 días. Afoakwa (2011), señala que el tiempo de fermentación en cajas de madera y montones es de 5 a 6 días para las semillas de cacao Forastero, pero para el Criollo es sólo 1 a 3 días. Hii *et al.* (2009), indican que el tiempo de fermentación de cacao fresco, utilizando el método de cajas es de 2 a 8 días, dependiendo de la variedad y la condición de los granos. Guehi *et al.* (2010a), indican que en Costa de Marfil la práctica predominante del proceso de fermentación suele durar entre 4 y 5 días. Esto indica que es necesario determinar los tiempos más adecuados de fermentación en función tanto del tipo de cacao como del método de fermentación o contenedor utilizado en el proceso.

Durante los primeros días de la fermentación, la temperatura de la masa en proceso de fermentación se ha calentado entre 45-50°C, posteriormente disminuye lentamente hasta para luego subir a 48 y 58 °C luego de la primera remoción. A su vez el pH aumenta de 3.5 a 5.0 (Saltini *et al.*, 2013). En esta investigación no se encontraron datos respecto a la variabilidad de la temperatura y el pH durante la fermentación, debido a que el control de temperatura y pH durante la fermentación es casi inexistente en Tabasco.

En los centros de beneficio de Tabasco no se realizan las labores de “aguante de mazorca” y “desgrane”, previo a la fermentación. El “aguante de mazorca” es básicamente el almacenamiento de las mazorcas de cacao cosechado por un periodo antes de la apertura de las mazorcas y fermentación de los granos (Meyer *et al.*, 1989; Afoakwa *et al.*, 2011). El desgrane consiste en partir las mazorcas por medio de un pilar de madera o un machete y extraer los granos, los cuales posteriormente se someterán a la fermentación (Afoakwa, 2011). En Tabasco esta práctica es realizada por los

productores en sus respectivas fincas. De acuerdo Kongor *et al.* (2013), el almacenamiento de la mazorca antes de su posible apertura y el desgrane son factores determinantes sobre la fermentación.

Meyer *et al.* (1989); Tomlins *et al.* (1993) y Afoakwa *et al.* (2013) entre otros autores, han demostrado que el almacenamiento de las mazorcas mejora en la calidad del chocolate. De acuerdo con Afoakwa *et al.* (2015), este proceso tiene un alto efecto beneficioso sobre la composición química de los granos de cacao y el desarrollo posterior de precursores del sabor a chocolate. Por otro lado, Afoakwa *et al.* (2014), señalan que el pre-acondicionamiento de la pulpa mejora el resultado de varios aspectos de la fermentación tales como el grado del color marrón (índice de fermentación) en los granos cacao de Ghana.

Lo interior indica que el proceso de fermentación en Tabasco es inadecuado, dado que los productores no clasifican los granos previo a la fermentación, lo cual no favorece una homogeneidad de los granos fermentados. Por otro lado, la falta instrumentos para la determinación de humedad y prueba de corte dificulta saber si las almendras están bien fermentadas o no.

El secado del cacao consiste en la pérdida de humedad del grano que pasa de 60% de humedad a un nivel <8%, necesario para su almacenamiento seguro (Fowler y Beckett, 1999; García-Alamilla *et al.*, 2007; Afoakwa *et al.*, 2015). En el Cuadro 4 se puede observar que en Tabasco existen varios sistemas de secado de cacao. Un 93.5% de los beneficios utilizan Samoa horizontal, el secado al aire libre con plataforma de cemento están en uso en 25% de los beneficios, mientras que en 10.7% y 6.4% de los beneficios usan secado tipo Túnel y Tambor rotatorio, respectivamente. Asimismo, en algunos casos se encontraron dos o tres tipos de secado en un mismo beneficio. El secado al sol permite una lenta migración de la humedad a través de los granos y transporta los precursores de aromas que se han formado durante la fermentación (Rodríguez-Campos *et al.*, 2012), Así, resulta que el secado al sol es un proceso lento pero que tiene muchas ventajas sobre los secados artificiales, debido a su alta calidad en el desarrollo de chocolate con mínimas notas de sabor extraño (Jinap *et al.*, 1994; Afoakwa, 2011), sin embargo resulta ineficiente, debido a sus largos tiempos y las labores requeridas, así como su dependencia respecto a las condiciones climáticas (Guehi *et al.*,

2010a; Zahouli *et al.*, 2010; Afoakwa, 2014). Para Wood y Lass, (1985), los pequeños productores de cacao preferirían el secado al sol, mientras que en las grandes plantaciones es recomendable el secado artificial.

Piña y López (2011), observaron que en los Municipios Antonio Rómulo Costa, García de Hevia, Ayacucho, Panamericano y Samuel Darío Maldonado en Venezuela el periodo de secado es de 5.4, 4.76 y 4.2 días respectivamente. Según Afoakwa (2011), las almendras recién fermentadas se secan completamente con máximo 7 a 8 días de sol. El tiempo de secado varía de acuerdo con las condiciones climáticas del momento (Jinap *et al.*, 1994), tipo de secado y el material genético, por lo cual el periodo varía de 4 a 7 días (Enríquez, 1985; Afoakwa, 2014).

Asimismo, se constató que en secadero al aire libre, sobre plataforma de cemento, el 53.8% de los beneficios realizan volteos en un tiempo mayor de dos h mientras que el 38.4% lo hacen cada hora y el 7.6% cada 30 minutos (Figura 2). El tiempo de volteo se relaciona con la condición climatológica del momento (Ortiz de Bertorelli *et al.*, 2009).

En Tabasco los beneficios tienen adecuada infraestructura para el secado artificial y son pocos los que cuentan con espacios para secado al sol. En algunos beneficios se observó la utilización de un sistema de secado mixto, en decir, primero se precalientan los granos recién fermentados al sol y posteriormente se secan por secado artificial, McDonald y Freire (1981) sugirieron este método para reducir el costo del secado artificial, sin embargo no mencionan el efecto de este proceso en la calidad de los granos.

Se encontró que el tiempo promedio de secado natural es de 4 días, con un rango de 1 a 9 días. En secado artificial el promedio es de 24 h, con rango de 8 a 48 h (Cuadro 3).

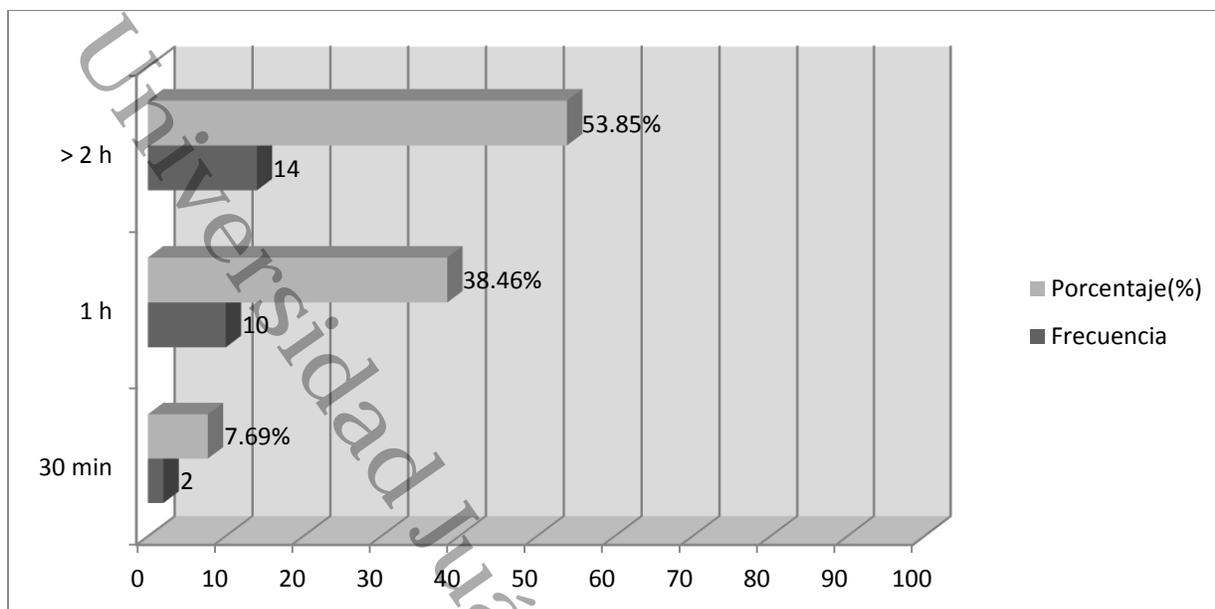


Figura 2: Frecuencia de volteo de cacao en secador al aire libre sobre plataforma de cemento en el Estado de Tabasco, México.

El 48.3% de los centros de beneficios comercializan inmediatamente sus granos secos y sólo 51.6% de los beneficios almacenan el cacao seco, utilizando sacos de yute de 50 a 60 kg (Cuadro 4). De esta forma se puede esperar la temporada de baja oferta para comercializar sus granos en un precio mayor.

Cuadro 3: Duración de los procesos de fermentación y secado de cacao en Tabasco, México.

Variables	Frecuencia	Media	Máx.	Mín.	Varianza
Días de fermentación en cajas de madera	29	7	11	3	1.95
Número de días de secado natural	26	4	9	1	3.86
Tiempo (h) en secado mecánico o artificial	31	24	48	8	113.28

n=31

Cuadro 4. Distribución porcentual y comportamiento promedio de las variables utilizadas para la caracterización de los procesos de fermentación, secado y almacenaje de cacao en Tabasco, México.

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
¿Fermenta su cacao?	Si	30	96.77
	No	1	3.23
Tipos fermentadores	Caja de madera	29	90.63
	Montón	1	3.13
	En saco	1	3.13
	Caja plástica	1	3.13
	Caja de fibra de vidrio	1	3.13
Tipos de secaderos	Al aire libre con plataforma de cemento	25	89.29
	Tipo túnel	3	10.71
	Samoa	29	93.55
	Giratorio	2	6.45
Almacenamiento de los granos	Si	16	51.61
	No	15	48.39
Tipo de infraestructura del almacén	Cemento	16	100.00
	Rústica	0	0
n=31			

Control de calidad y aspecto normativo

Respecto a las variables de control de calidad y aspecto normativo de cacao en el Estado de Tabasco (Cuadro 5), se encontró que en el 87.1% de los beneficios no clasifican los granos. La clasificación se hace en base a parámetros establecidos por el mercado internacional (Fowler y Beckett, 1999). Durante este proceso se eliminan los granos de peso inferior a 100 g y los granos defectuosos. Con relación a la prueba de corte, 96.7% de los beneficios no realizan esta actividad. Asimismo, para el proceso de empaque y la trazabilidad de los granos es decir, si cada saco mantiene la información del lote desde el productor, fermentación, secado y empaque. Este control se lleva en sólo 16.1% de los beneficios, mientras el 83.8% venden sus granos sin la debida información del origen de los mismos. De acuerdo a Saltini *et al.* (2013), la implementación del sistema de trazabilidad permite a la industria procesadora de

chocolate recibir información acerca de cómo fueron procesados los granos y con base en ello establecer una determinada calidad.

El 90.3% de los beneficios en el estado de Tabasco no cuentan con una certificación para procesar cacao. En relación con la calidad del grano producido, de acuerdo a la norma mexicana de control de calidad de cacao en grano (NMX-FF-118-SCFI-2014), se observó que sólo el 6.4% de los beneficios producen cacao “Fermentado y secado extrafino”, el cual se considera como un producto de alta calidad y debe cumplir con las siguientes condiciones: Granos con mohos 1.0%, Granos con mohos + granos dañados por insectos 2.0%, Peso promedio del grano en g \geq 1.1 y cascarilla 10.0%. Asimismo, el 93.5% restante producen cacao “Fermentado y secado primera”. Este es un grano de fermentación regular. El control de calidad en los puntos críticos del manejo poscosecha (fermentación, secado y almacenamiento) constituye la parte fundamental y decisiva para obtener una buena calidad del grano de cacao y por ende mejores condiciones de comercialización a nivel nacional e internacional (Minifie, 2012; Afoakwa, 2014).

De acuerdo con Quintero y Díaz (2004), desde el punto de vista comercial e industrial, en el mercado mundial los granos de cacao se clasifican en dos categorías: cacao ordinario y cacao fino o de aroma. Como cacao ordinario se clasifican los granos producidos por los cacaos tipo “Forastero”; que son utilizados en la fabricación de manteca de cacao y de productos que tengan una elevada proporción de chocolate. Como cacao fino o de aroma se tienen los granos de cacaos “Criollos” y “Trinitarios” (Saltini *et al.*, 2013). Éste es utilizado usualmente en mezclas con granos ordinarios o “Forastero” para producir sabores específicos en los productos terminados. La oferta mundial de cacao fino o de aroma es relativamente reducida y representa aproximadamente el 5% del cacao producido en el mundo (Afoakwa, 2014).

La calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (tamaño, peso, grosor de cáscara, color) (Awua, 2002), químicas (contenido de grasa, pureza de la manteca y contenido de polifenoles) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma (Fowler y Beckett, 1999; Seijas, 2012; Afoakwa, 2014). Buena parte de la calidad comercial del cacao se aprecia con métodos subjetivos, mediante la aplicación de la prueba de corte un total de 100 granos se cortan por la mitad para observar los defectos

y el grado de fermentación en los cotiledones), en ocasiones esta prueba es complementada con la degustación o evaluación sensorial (Guehi *et al.*, 2010a). Una muestra de granos de cacao con más de 60% de granos de colores totalmente marrón se considera como un producto de alta calidad (Kongor *et al.*, 2013). Este método se está generalizando y volviendo cada vez más importante para adaptar el comercio a la segmentación creciente del mercado cacaotero por eso, muchos investigadores lo habían utilizado (Tomlins *et al.*, 1993; Hii *et al.*, 2009).

Un componente valioso de la calidad total, por su influencia en las características de los chocolates negros, es la dimensión aromática (Afoakwa, 2014). El perfil aromático del cacao depende de la composición de los granos, la que a su vez queda determinada por factores ambientales, genéticos, manejo poscosecha, y tostado, entre otros (Álvarez, 2010).

Los fabricantes de chocolate le dan enorme importancia a la evaluación sensorial y frecuentemente monitorean el sabor y la calidad del chocolate que fabrican, ya que estos parámetros afectan la demanda de los productos (Fowler y Beckett, 1999). Sabores extraños ocasionados por mohos o humo, así como la acidez y astringencia, son el resultado de los factores condicionantes de la calidad final de los granos durante la fermentación y el secado (Álvarez *et al.*, 2010; Fowler, 2009).

Las características del cacao de primera calidad son un mínimo 60% de granos bien fermentados, humedad menor al 8% y ausencia de olores atípicos como ahumados o mohosos (Fowler, 2009; Afoakwa, 2014). En este cacao se suele tolerar un máximo 3% de granos con mohos visibles y un máximo de 3% de granos sin fermentar (NMX-FF-118-SCFI-2014). En el cacao de segunda calidad se tolera un máximo de 5% tanto de granos con mohos visibles, como de granos sin fermentar y granos con plagas, germinados o muy pequeños (Fowler, 2009; NMX-FF-118-SCFI-2014).

La prueba de corte es un instrumento subjetivo de evaluación que sirve para conocer el estado de la fermentación de los granos, además de otras características físicas y sanitarias (tamaño, peso, porcentaje de humedad, contenido de material extraño, mohos, hongos e insectos) vinculadas con la calidad (Fowler y Beckett, 1999).

Cuadro 5. Distribución porcentual y promedio de las variables utilizadas para caracterizar los procesos de control de calidad y el aspecto normativo en el beneficio de cacao en el estado de Tabasco, México.

Variable	Descripción	Frecuencia	Porcentaje
¿Se clasifican los granos?	Si	4	12.90
	No	27	87.10
¿Realiza prueba de corte?	Si	1	3.23
	No	30	96.76
Seguimiento de lotes	Si	5	16.13
	No	26	83.87
Certificación para beneficiar cacao	Si	3	9.68
	No	28	90.32
Calidad del grano**	Tipo 2 Supremo Criollo	2	6.45
	Tipo 2 Primera	29	93.55

**Calidad del grano de acuerdo a la norma NMX-FF-118-SCFI-2014. n=31

Comercialización y destino del grano

Los centros de beneficio en el estado de Tabasco comercializan sus granos a tres entidades comercializadoras de cacao en el mismo estado. El 74.1% de los beneficios venden los granos secos a la Unión Nacional de Productores de Cacao (UNPC), la cual a su vez vende los granos a las empresas agroindustriales, el 16.1% vende sus granos directamente a la industria, mientras el 6.4% restante lo vende a intermediarios (Figura 3). El precio del kg de cacao en baba varía entre 12 y 14 pesos, los centros de beneficio a su vez venden el kg del cacao procesado seco entre \$46 a \$50 (entre \$45,000 y \$50,000 t). Las empresas compradores aseguran el transporte de los granos desde los beneficios hasta el destino final.

Con respecto al destino del cacao producido en Tabasco, se encontró que los principales nicho de consumo del cacao Tabasqueño son: el mercado nacional, en un 84.8% y Estados Unidos y Europa con el 15.1% (Figura 4).

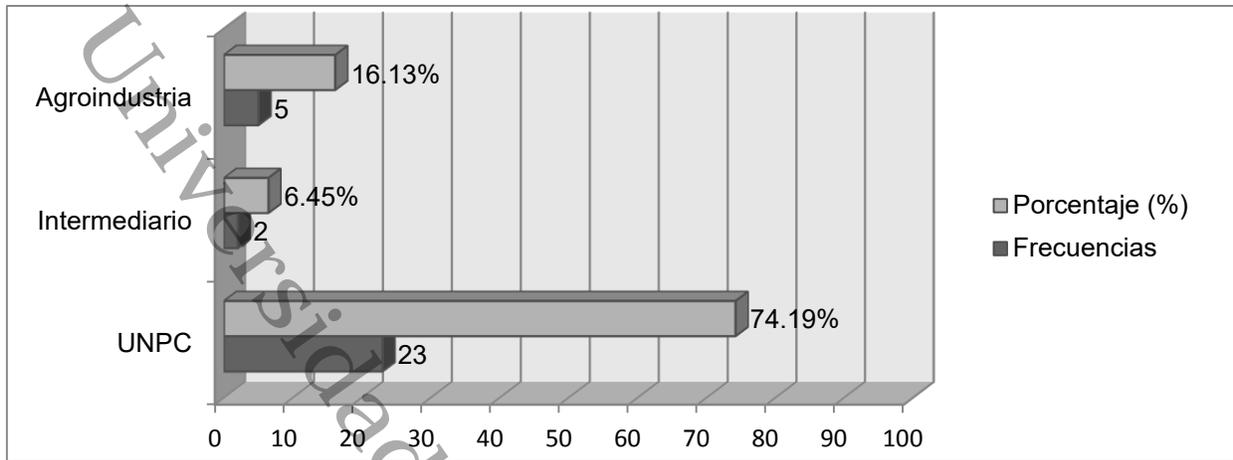


Figura 3. Principales organismos comercializadores de cacao en Tabasco, México.

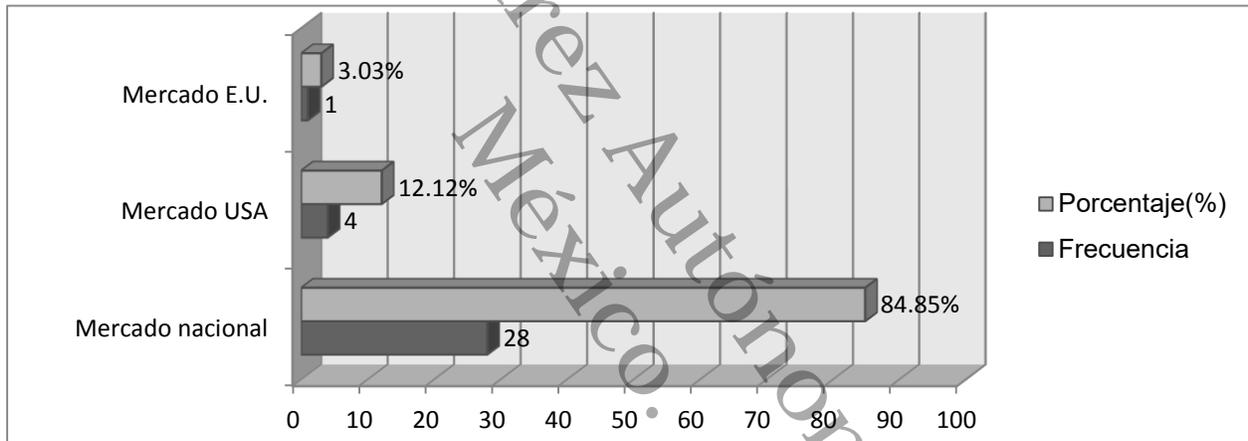


Figura 4: Destino del cacao producido en Tabasco, México.

CONCLUSIONES

En los beneficios de cacao en el estado de Tabasco, no aplican métodos adecuados para procesar granos de cacao cosechado en dicha zona. Es decir, están limitados en cuanto a la adopción de métodos y tecnologías para optimizar los procesos de fermentación y secado. Sin embargo, los espacios físicos de los centros de beneficios en gran medida resultan convenientes para realizar dichos procesos.

Es importante remarcar que la falta de control en las prácticas de cosecha, aguante de mazorcas y las mezclas de granos de diferentes variedades dificultan un buen proceso de fermentación. Asimismo, no existen protocolos particulares de los procesos para

maximizar la calidad de los granos. Procesos como el control de calidad y la trazabilidad son casi inexistentes en toda la cadena del manejo poscosecha en Tabasco. Así, existe falta de información sobre las diferentes prácticas a lo largo de la cadena de producción, desde el manejo de cultivo, la cosecha, apertura de mazorca y desgrane, así como de la fermentación y el secado hasta la industria, lo cual condiciona el precio y la entrada a un nicho de mercado para cacao fino y de aroma. La caracterización del proceso de manejo poscosecha del grano de cacao en la región productora de Tabasco permite conocer la problemática en el sistema de manejo poscosecha en el Estado y puede representar un precedente muy valioso para estudios posteriores que puedan incursionar en aspectos complementarios asociados a la calidad, manejo y procesos en la producción de cacao en el estado de Tabasco. Asimismo, puede servir como detonante para diseñar programas de control de calidad y asesoría técnica para mejorar el producto final y mejorar el ingreso de los productores.

LITERATURA CITADA

- Afoakwa, Emmanuel, Budu, Agnes, Mensah-Brown Henry, Takrama Jemmy, and Akomanyi Evans. Changes in biochemical and physico-chemical qualities during drying of pulp preconditioned and fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. In: Journal Nutrition Health Food Science. Vol. 2, Núm. 3, april 2014.
- Afoakwa, Emmanuel, Kongor J.E., Budu A.S., Mensah-Brown, and Takrama. Changes in some biochemical qualities during drying of pulp pre-conditioned and fermented cocoa (*Theobroma cacao* L) beans. In: African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development. Vol. 15, Núm. 1, enero 2015.
- Afoakwa, Emmanuel, Quao Jennifer, Takrama Jemmy, Budu Agnes, and Saalia Firibu. Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. In: Journal of food science and technology. Vol. 50, Núm. 6, noviembre-diciembre 2013.
- Afoakwa, Emmanuel, Quao Jennifer, Takrama Jemmy, Budu Agnes, nad Saalia Firibu. Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp pre-conditioning and fermentation. In: Journal of Food Science and Technology. Vol. 47, Núm. 1, december 2011.

- Afoakwa, Emmanuel. Chocolate science and technology. United Kingdom: John Wiley y Sons, 2011. 296p.
- Afoakwa, Emmanuel. Cocoa Production and Processing Technology. United States: CRC Press, 2014. 374p.
- Álvarez, Clímaco, Tovar Lumidla, García Héctor, Morillo Franklin, Sánchez Pedro, Girón Cirilo y De Farias Aldonis. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. En: Revista Científica UDO Agrícola Vol. 10, Núm. 1, noviembre 2010.
- Amoye, Scott. Cocoa sourcing, world economics and supply. In: The Manufacturing Confectioner. Vol. 86, Núm. 1, January 2006.
- Awua, Paul. The success story of cocoa processing & chocolate manufacture in Ghana. Ghana: David Jamieson and Associates 2002. 144p.
- Diario Oficial de la Federación (2014) NMX-FF-118-SCFI-2014. Productos agrícolas no industrializados– Cacao en grano (*Theobroma cacao* L.) – Especificaciones y métodos de prueba. Normas mexicanas. Dirección nacional de normas, 2014.
- Díaz, José, Aguilar Ávila, Rendón Medel, y Santoyo Cortés. Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. Ciencia e Investigación Agraria. Vol. 40, Núm, 2, March 2013.
- Enríquez, Gustavo. Curso sobre el cultivo del cacao (No. 22). Bib. Orton IICA/CATIE. Costa Rica: Departamento de Producción Vegetal Turrialba 1985. 231p.
- Fowler, Mark and Beckett, Stephen. Industrial Chocolate Manufacture and Use. United Kingdom: 3rd ed., Blackwell Science, 1999. pp. 8–35.
- Fowler, Mark. Cocoa beans: from tree to factory. Industrial Chocolate Manufacture and Use. United Kingdom: Fourth Edition, Wiley-Blackwell, 2009. pp: 10-47.
- García, Alamilla, Salgado-Cervantes, Barel Michel, Berthomieu G., Rodríguez-Jímenes, and García-Alvarado. Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying. Journal of food engineering. Vol. 79. Núm. 4, April 2007.
- Guehi, Tagro, Dabonne Soumaila, Ban-Koffi, Kedjebo Kra, Zahouli Irie. Effect of turning beans and fermentation method on the acidity and physical quality of raw cocoa beans. In: Advance Journal of Food Science and Technology. Vol. 2, Núm. 3, May 2010a.

- Guehi, Tagro, Dadie Adjéhi, Koffi Kouadio, Dabonne Soumaila, Ban-Koffi, Kedjebo Kra, and Nemlin Gnopo. Performance of different fermentation methods and the effect of their duration on the quality of raw cocoa beans. In: International journal of food science and technology. Vol. 45, Núm. 12, november 2010b.
- Hii, Chinglik, Law Chung, and Cloke Michael. Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. In: Journal of Food Engineering. Vol. 90, Núm. 2, january 2009.
- International Cocoa Organization (ICCO). Quarterly bulletin of cocoa statistics. Cocoa year 2014/15. Available online at: <http://www.icco.org/home/latest-news.html> (Website accessed 29 august 201), 2015.
- Jinap, Selamat, Siti Mordingah, and Norsiaty Mohd. Formation of methyl pyrazine during cocoa bean fermentation. In: Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. Malasia. Vol. 17, Núm. 1, september 1994.
- Kongor, John, Takrama Jemmy, Budu Agnes, Mensah-Brown, and Afoakwa Emmanuel. Effects of fermentation and drying on the fermentation index and cut test of pulp pre-conditioned Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao*) beans. In: Journal of Food Science and Engineering. Vol. 3, Núm. 11, november 2013.
- McDonald, and Freire. Cocoa drying on a platform type dryer with and without drying air recirculation. In: Tropical Agriculture. Vol. 58, Núm. 3, july 1981.
- Meyer, Bernd, Biehl Böle, Said Mamot Bin, and Samarakoddy Rodney. Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. In: Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol. 48, Núm. 3, september 1989.
- Mier, Jaime, Castro-Georgana, Mayor-Nucamendi y Brito-López. Florecimientos algales en Tabasco. Salud en Tabasco, Vol.12, Núm.1, enero-abril 2006.
- Minifie, Bernard. Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology. United States: Springer Science and Business Media, 2012. 904p.
- Ogata, Nisao. El cacao. CONABIO. Biodiversitas. Núm. 72, mayo-junio 2007.
- Ortiz de Bertorelli, Ligia, de Fariñas Lucía, y Rovedas Gervaise. Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol. Agronomía Trop. Vol. 59, No. 2, febrero 2009.

- Piña, Zambrano, y Segovia-López. La competitividad del sistema de producción de cacao en la zona norte del estado Táchira. En: Revista de la Facultad de Agronomía. Vol. 28, Núm. 4, octubre 2011.
- Portillo, Elvis, Graziani de Fariñas Lucía y Cros Emile. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). En: Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia, Venezuela. Vol. 23, Núm.1, febrero 2006.
- Preciado, Olegario, Ocampo Clara, and Possú Ballesteros. Characterization of traditional productive system with cocoa tree (*Theobroma cacao* L.) in Tumaco, Nariño. In: Revista de Ciencias Agrícolas. Vol. 28, Núm. 2, marzo 2011.
- Quintero, María, y Díaz Katty. El mercado mundial de cacao. En: Agroalim Vol.18, Núm. 18, enero-junio 2004.
- Ramírez, González, M. B., Niño, C., Hugo, V., y Ramirez, S. Antioxidant activity of clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) fine and aromatic grown in the state of Chiapas-México. Perspectivas en Nutrición Humana. Vol.15, Núm. 1, julio 2013.
- Rodríguez, Campos, Escalona-Buendía, Contreras-Ramos, Orozco-Avila, Jaramillo Flores, y Lugo-Cervantes. Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. In: Food chemistry. Vol. 132, Núm. 1, may 2012.
- Saltini, Rolando, Renzo Akkerman, and Stina Frosch. Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. In: Food Control. Vol. 29, Núm. 1, may 2013.
- Seijas, Marcelo. Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). En: Revista Científica UDO Agrícola. Vol. 12, Núm. 4, diciembre 2012.
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Reporte anual. Consulta en línea en: <http://smn.cna.gob.mx> (Website accessed 14 Mayo 2014), 2012.
- SIAP/SAGARPA. Cierre de la producción agrícola por cultivo SAGARPA. México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consulta en línea en: <http://www.siap.gob.mx> (Website accessed 29 august 2014), 2014.

Tomlins, Keith, Baker David, Daplyn Pam, and Adomako, Daniel. Effect of fermentation and drying practices on the chemical and physical profiles of Ghana cocoa. In: Food Chemistry. Vol. 46, Núm. 3, January 1993.

Wood, GAR., and Lass RA. Cocoa, 4th edn. United Kingdom: Longman Inc., 1985. 620p.

Zahouli, Irie, Guehi Tagro, Fae Monké, Ban-Koffi, and Nemlin Gnopo. Effect of drying methods on the chemical quality traits of cocoa raw material. In: Advance Journal of Food Science and Technology. Vol. 2, Núm. 4, July 2010.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MORFOLÓGICAS Y FISICOQUÍMICAS DE GRANOS DE CACAO FERMENTADO Y SECO DE TABASCO, MÉXICO

PHYSICAL, MORPHOLOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FERMENTED AND DRIED COCOA FROM TABASCO, MEXICO

Cléomé Abel¹, Pedro García-Alamilla¹, Rosa Ma. Salinas-Hernández^{1*}, Julián Pérez-Flores², José Gervasio Partida-Sedas³, Argentina Argumedo-Bravo⁴, Fidel Ulín-Montejo⁵

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carr. Villahermosa-Teapa Km 25 Ra. La Huasteca. Villahermosa, Centro, Tab. C.P. 86280. rosa.salinas@ujat.mx. ²Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Km. 3.5 Cardenas-Huimanguillo Cárdenas, Tab. C.P. 86500. ³Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente Km. 6.5 Carr. Huatusco-Xalapa, Huatusco, Ver. C.P. 94100. ⁴Agroindustrias Unidas de Cacao, S.A de C.V. C/ Tamarindos, Lotes 12 y 13, Cd. Industrial Bruno Pagliai, C.P. 91697, Veracruz, Ver. ⁵Carr. Cunduacán-Jalpa Km 1 Col. La Esmeralda CP. 86690. Cunduacán, Tabasco.

*Autor de correspondencia.

RESUMEN

La calidad del cacao y sus derivados depende de la composición de los granos, la cual está determinada por factores genéticos y edafoclimáticos, así como de manejo agronómico y poscosecha del grano. El objetivo de este estudio fue determinar las características físicas, morfológicas y fisicoquímicas del cacao fermentado y seco obtenido en el estado de Tabasco, México. Mediante muestreo dirigido, se obtuvieron 17 muestras de cacao fermentado y seco en igual número de beneficios del Estado. En cada muestra se determinaron variables físicas, morfológicas, fisicoquímicas y de calidad. Los datos se analizaron mediante ANOVA, así como análisis de componentes principales (ACP) y clúster aglomerativa jerárquica (CAJ). La prueba de corte indicó que el cacao evaluado es grano de fermentado y secado Primera. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las muestras en características fisicoquímicas y morfológicas. Con los tres primeros componentes principales se explica el 75.02% de la variabilidad total, contribuyendo en mayor proporción las variables espesor, diámetro geométrico, área superficial, esfericidad, pH, acidez, peso de grano y porcentaje de granos parcialmente fermentados, pachas y dañados por insectos. El ACP y el ACJ indicaron dos agrupamientos basados en las características morfológicas y en los parámetros fisicoquímicos, respectivamente, lo cual puede estar relacionado con las mezclas de diferentes tipos de granos procesadas en los beneficios, así como con las

similitudes, entre los beneficios, en manejo poscosecha del grano. Los resultados obtenidos muestran las características del manejo poscosecha del cacao en Tabasco y pueden ser útiles para establecer estrategias tendientes a mejorar la calidad.

Palabras clave: análisis multivariado, morfología, prueba de corte

ABSTRACT

The quality of the cocoa beans products depends on the composition of the grain, which is determined by genetic factors, soil and climate as well as crop management and postharvest handling. The aim of this study was to determine the quality characteristics of fermented and dried cocoa beans of Tabasco, Mexico. Samples of cocoa beans fermented and dried were obtained, by directed sampling, in 17 gathering centers, and physical, morphological and physicochemical characteristics were determined, the cutting test was also performed. The data were analyzed by ANOVA, principal components analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA). The cutting test indicated that assessed quality cocoa corresponds to First Quality Type II, according to the NMX-FF-118-SCFI-2014. Significant differences ($P \leq 0.05$) between samples in the physicochemical and morphological characteristics were observed. In the ACP three principal components were extracted and account for 75.02% of the total variability, the variables that contributed most were Thickness, geometric diameter, surface area, sphericity, pH and acidity, as well as grain weight, percentage of grains partially fermented, empty grains and grains damaged by insects. ACP and the HCA indicated two clusters based on morphological and physicochemical parameters, respectively, which may be related to mixtures of different types of cocoa beans processed in the gathering centers, as well as the similarities between the gathering centers regarding the post-harvest handling of cocoa beans. The results show the characteristics of post-harvest handling of cocoa in Tabasco, Mexico, and may be useful to establish strategies to improve its quality.

Key words: multivariate analysis, morphology, cutting test

INTRODUCCIÓN

Los granos de cacao (*Theobroma cacao* L) son la materia prima para producir licor o pasta de cacao, polvo de cacao y chocolate.

En México, el cultivo de cacao data desde la época prehispánica (Ogata 2007) y actualmente se cuenta con 61,562.10 ha, distribuidas en los estados de Tabasco (66.24%) y Chiapas (32.7%), con una producción de 26,969.36 t año⁻¹, que representa una importante fuente de ingresos para casi 41,000 productores (SIAP/SAGARPA 2014). Al respecto Ogata (2007), señala que en Tabasco existen poblaciones de cacao de alta calidad, no obstante, se requiere un adecuado proceso de fermentación y secado para obtener materia prima competitiva en el mercado internacional. Por su parte, Córdova–Avalos *et al.* (2008) mencionan que la tecnología disponible en los centros de beneficio, donde se realiza el acopio, fermentación y secado, es inadecuada, lo cual es un factor que condiciona la calidad del grano.

De acuerdo con Afoakwa (2014), el mercado internacional requiere cacao fino o de aroma, y ésta depende de un manejo postcosecha adecuado, en el cual se incluyen las operaciones de cosecha, desgrane, fermentación, secado, almacenamiento y transporte (Lima *et al.* 2011; Saltini *et al.* 2013). Dicho manejo requiere un control sistemático y estricto, dado que las etapas de fermentación y el secado son especialmente críticas para obtener un buen producto (Wood y Lass 1985; Kongor *et al.* 2013). En la primera se producen reacciones bioquímicas que disminuyen el amargor y la astringencia (Afoakwa *et al.* 2014), dando lugar a los precursores del aroma y sabor a chocolate (Kongor *et al.* 2013; Saltini *et al.* 2013), mientras que en la segunda se reduce el exceso de humedad que queda en el grano, después de la fermentación para evitar el desarrollo de microorganismos. Asimismo, el secado permite también continuar la fase oxidativa iniciada en la fermentación, para completar la formación de los compuestos propios del aroma y del sabor (Afoakwa *et al.* 2014). La calidad física de los granos de cacao seco se manifiesta a través de características físicas como completamente seco, el tamaño, peso, porcentaje de cáscara, impurezas, y el contenido de granos indeseados o defectuosos (Beckett 2008). Además debe encontrarse libre de granos mohosos, violáceos, germinados, pizarrosos, pachas e infestados, la evaluación de estas últimas características se realiza en la llamada “prueba de corte” (Lima *et al.* 2011).

Esta prueba es un instrumento subjetivo de evaluación que sirve para conocer el estado de la fermentación de los granos, además de otras características vinculadas con la calidad (Wood y Lass 1985). La prueba se fundamenta en un análisis visual de las dos caras del cotiledón del grano para determinar los posibles defectos así como el grado de fermentación.

En esta prueba se identifican los granos que son visiblemente mohosos, infestados, parcial fermentados y sobre-fermentados, así como granos germinados, granos pacha (vanos) y granos pizarrosos, para lo cual se realiza un corte longitudinal de un total de 100 granos que permite observar la superficie de los cotiledones (Wood y Lass 1985; Lima *et al.* 2011; Kongor *et al.* 2013; Afoakwa 2014). Otras características que inciden sobre la calidad comercial del grano son el contenido de humedad, acidez, pH, cenizas, grasa y contenido de polifenoles (Beckett 2008; Lima *et al.* 2011).

Por otro lado, las propiedades físicas de longitud, ancho, espesor, peso y diámetro geométrico de los granos de cacao son importantes para diseñar y optimizar equipos y estructuras para el manejo, transporte, procesamiento y almacenamiento de los granos (Dash *et al.* 2008; Bart-Plange y Baryeh 2003). El tamaño y la esfericidad de la semilla son necesarios para el diseño de las maquinarias de clasificación y el control de calidad, y el área es importante para el diseño de equipos de transporte y el tostado (Dash *et al.* 2008; Oyedokun *et al.* 2011). Asimismo, Mohsenin (1980) indica que las propiedades físicas también son necesarias para definir y cuantificar los problemas de transferencia de calor durante el tratamiento térmico de las semillas (Beryeh 2001; Akaaimo y Raji 2006; Dash *et al.* 2008).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la calidad del grano de cacao obtenido en los beneficios del estado de Tabasco, considerando las características morfológicas, físicas y fisicoquímicas, con el fin caracterizar la calidad comercial del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante la cosecha principal del año 2014 en la zona cacaotera del Estado de Tabasco, ubicada geográficamente desde la llanura costera del golfo de México hasta las sierras del norte de Chiapas. Sus coordenadas geográficas

extremas se encuentran entre los paralelos 18° 39' (al norte) y 17° 15' (al sur) de latitud norte y entre los meridianos 91° 00' (al este) y 94° 07' (al oeste) de longitud oeste (Mier *et al.* 2006). La temperatura media anual es 26°C con un pico máximo de 42°C y con una precipitación media anual de 2,400 mm.

Origen de las muestras

Las muestras de cacao para la evaluación de las características morfológicas y físicas se obtuvieron en 17 centros de beneficio de cacao, de un total de 31 en el estado de Tabasco. Para la obtención de las muestras se llevó a cabo un muestreo dirigido, considerando las variantes en el manejo postcosecha en la zona productora las cuales se determinaron previamente. Las muestras recolectadas correspondieron a las variedades Criollo mexicano, Matina o Ceylán, Pentágono o Lagarto y otros clones cultivados en Tabasco. Cabe indicar que, debido a la baja producción en los últimos años, los beneficios procesan las variedades mezcladas. La ubicación de los beneficios muestreados se observa en la Figura 1.

De cada beneficio se obtuvieron, cinco kilogramos de muestras de cacao seco que se trasladaron a los talleres de alimentos del programa de Ingeniería de Alimentos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) para su análisis.

Las características de manejo y del proceso de fermentación y secado de las muestras evaluadas se presentan en el Cuadro 1.

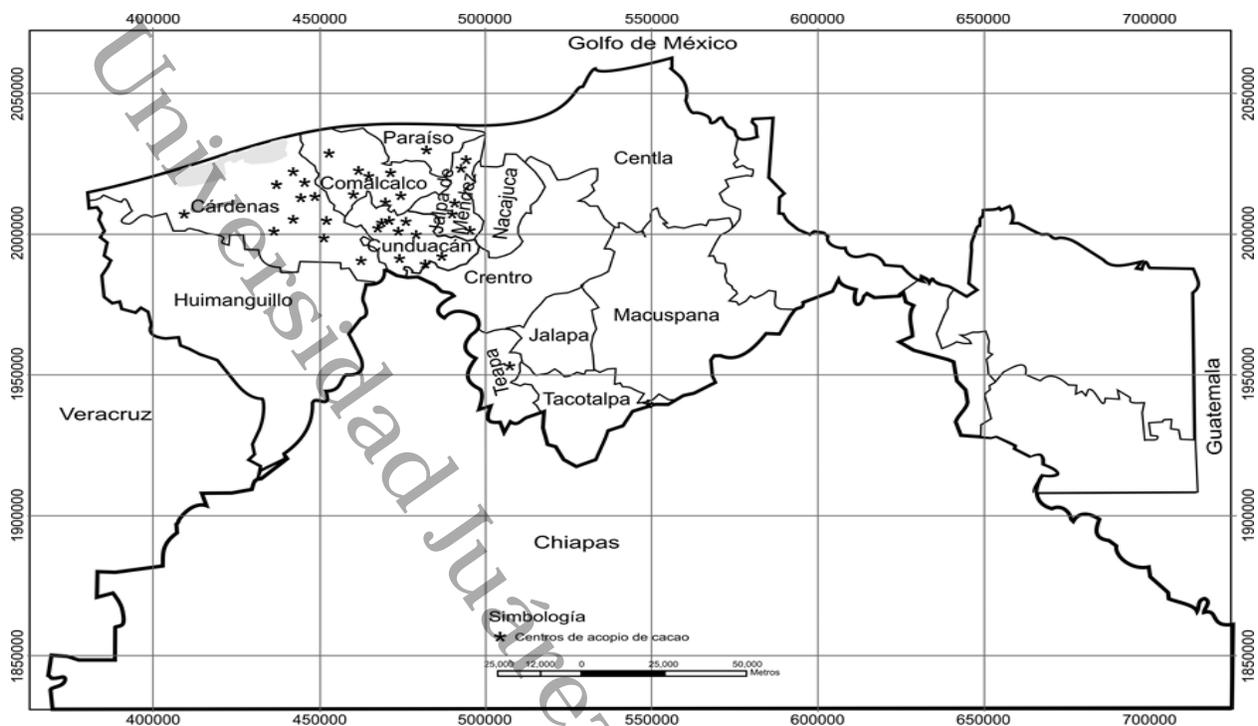


Figura 1. Localización de los beneficios de cacao de Tabasco, México, muestreados para el estudio.

Muestreo del grano en el Beneficio

La obtención de las muestras en cada uno de los Beneficios se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-118-SCFI-2014 para el muestreo de grano de cacao fermentado y almacenado, ya sea en sacos o a granel. En este sentido, se utilizó un calador de mano para obtener muestras primarias de las unidades experimentales (sacos o lotes a granel), a partir de dichas muestras primarias se formó una muestra compuesta que pudo posteriormente dividirse para obtener una muestra reducida, representativa del lote muestreado, la cual se utilizó para los análisis de laboratorio.

Características físicas y prueba de corte

Entre las características físicas se determinó el peso del grano, el porcentaje de cotiledón, cascarilla e impurezas, así como las características de calidad mediante la prueba de corte. Para determinar el peso del grano se tomaron al azar 100 granos de cacao fermentado, seco y sano de cada muestra, se determinó su peso mediante una

balanza analítica con exactitud de 0.01 g. El peso se dividió entre 100, para calcular el peso promedio de un grano (Afoakwa 2014). La determinación del porcentaje de cotiledón, cascarilla y germen se realizó mediante el procedimiento descrito por Wood y Lass (1985). Una muestra de 50 granos fue seleccionada, pesada y descascarillada cuidadosamente, separando el cotiledón de la cascara, posteriormente cada uno fue pesado por separado. Posteriormente se retiró el germen del cotiledón y se determinó el peso. Los resultados se reportan como porcentaje de cotiledón, cascarilla, y germen. La determinación se realizó por triplicado. La materia extraña o impurezas se determinaron según la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-118-SCFI-2014. Los resultados se expresaron en porcentaje.

La prueba de corte se realizó según el procedimiento descrito por Afoakwa (2014). Éste consistió en analizar 300 granos del cacao tomados al azar de la muestra, los cuales se colocaron en porciones de 50 granos en una guillotina en la que se realiza un corte longitudinal mediante una cuchilla metálica cortante. Los defectos determinados durante la prueba de corte fueron: granos violetas, granos pizarrosos, semi-fermentados, fermentados, sobre-fermentados, mohosos, dañados por insectos y germinados. Los resultados se expresaron en porcentaje. La prueba de corte es una técnica utilizada para determinar la calidad y los defectos del grano de cacao (Hii *et al.* 2009; Kongor *et al.* 2013).

Cuadro 1. Características del manejo poscosecha de muestras de cacao de Tabasco, México.

Muestra	Variables							
	Fermentación			Prueba de corte	Tipo de secado	Secado natural		Clasificación de granos
	Fermentador (tipo)	Duración (d)	Duración (d)			Frec. volteo (h)	Secado artificial (h)	
CO-01	Caja madera	6	No	Natural/artificial	4	1	16	Si
CU-02	Caja madera	8	No	Natural/artificial	8	2	36	No
CU-03	Caja madera	6	No	Natural/artificial	5	1	24	No
CO-04	Caja fibra de vidrio	9	No	Natural/artificial	5	2	8	No
CO-05	Caja madera	7	No	Natural/artificial	1	2	17	No
CO-06	Saco/Caja madera	2, 3	Si	Natural	4	1	-	No
CA-07	Cajas madera	7	No	Natural/artificial	3	4	27	No
CU-08	Caja madera	5	No	Natural/artificial	8	4	24	Si
CA-09	Caja madera	7	No	Natural/artificial	4	3	17	No
CU-10	Caja madera	7	No	Natural/artificial	5	1	12	No
JM-11	Caja madera	8	No	Natural/artificial	8	1	18	Si
MJ-12	Caja madera	8	No	Natural/artificial	6	5	24	No
CA-13	Caja madera	8	No	Natural/artificial	5	1	18	No
CA-14	Caja plastic	7	No	Natural/artificial	6	4	14	No
HU-15	Caja madera	8	No	Artificial	-	-	30	No
JM-16	Caja madera	8	No	Natural/artificial	5	12	2	No
JM-17	Caja madera	6	Si	Natural/artificial	3	1	12	Si

Características morfológicas

Los parámetros de longitud (L), ancho (W) y espesor (T) se determinaron sobre un total de 30 granos tomados al azar en cada muestra de un kg proveniente de cada beneficio. Las mediciones se realizaron mediante un vernier marca KNOVA de precisión micrométrica de $\pm 0.01\text{mm}$. La anchura y el espesor se midieron perpendicularmente al eje mayor (Oyedokun *et al.* 2011; Bart-Plange *et al.* 2012). El diámetro geométrico (D_g), esfericidad (ϕ) y área superficial (S_a) del grano se determinaron siguiendo las metodologías descritas por Mohsenin (1980), Bart-Plange y Baryeh (2003) y Bart-Plange *et al.* (2012). Los cálculos correspondientes se realizaron mediante las fórmulas siguientes:

$$D_g = (LWT)^{1/3} \quad (1)$$

La esfericidad (ϕ) se calculó utilizando la fórmula propuesta por Mohesenin (1980):

$$\phi = \frac{(LWT)^{1/3}}{L} \quad (2)$$

El área superficial se calculó mediante la fórmula propuesta por Bart-Plange y Baryeh (2003):

$$S = \pi D_g^2 \quad (3)$$

Según García-Alamilla *et al.* (2012) el área para un factor de forma de elipsoide de revolución se puede dar por:

$$S_x = 2\pi \left[\frac{L}{2}\right]^2 + \frac{2\pi}{e} \left[\frac{LW}{2}\right] \arcsen(e) \quad (4)$$

Donde

$$e = \frac{2}{L} \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 - \left(\frac{w}{2}\right)^2} \quad (5)$$

Así, el volumen se calcula mediante:

$$V = \frac{\pi D_g^2 L}{6} \quad (6)$$

Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas evaluadas fueron humedad, cenizas, acidez y pH. El porcentaje de humedad y cenizas se determinaron mediante las técnicas 977.10 y 972.15 de la AOAC (2000), respectivamente. Los análisis se llevaron a cabo por triplicado. Los resultados se expresaron como porcentaje.

La acidez titulable (AT) se determinó mediante el método 942.15 de la AOAC (AOAC, 2000) se utilizó NaOH 0.01N para titular el ácido presente en una alícuota de 50 mL hasta alcanzar un pH de 8.1. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido acético.

El pH se determinó por la metodología propuesta por Guehi *et al.* (2010b). En 100 granos de cacao, aproximadamente, se separó el cotiledón, cascarilla y germen, el cotiledón fue molido en un molino marca KRUPS y el polvo obtenido se tamizó en un tamiz de malla número 20 para uniformizar las partículas. Para la determinación del pH se tomaron 5 g de muestra de cacao molido y tamizado que fueron colocados en un vaso precipitado. Posteriormente se agregaron 50 mL de agua destilada a 100°C, y se sometió a agitación durante 15 minutos para homogeneizar. El homogeneizado se filtró con papel Whatman No. 4 usando una bomba de extracción de aire y se enfrió a 20-25 °C. La medición del pH se realizó con un potenciómetro marca HANNA pH 213.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para identificar diferencias significativas entre las muestras. Asimismo se realizó un análisis de

componentes principales (ACP) y una Clusterización Aglomerativa Jerárquica (CAJ). Para el ACP, se consideraron 19 de las 28 variables evaluadas en las 17 muestras, esto debido a que ocho variables, correspondientes a la caracterización morfológica y evaluación fisicoquímica y física de los granos de cacao (morfológicas: volumen, fisicoquímicas: humedad y cenizas, y físicas: porcentaje de cotiledón, porcentaje de cascarilla, granos germinados, quebrados y violáceas), no mostraron diferencias significativas en el ANOVA, por lo que fueron excluidas del ACP, criterio similar al empleado por Vázquez-Ovando *et al.* (2015). Los análisis se realizaron con un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha=0.05$) mediante el software XLSTAT.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas y prueba de corte

El peso del grano osciló de 0.88 a 1.29 g con un promedio de 1.03 g, es decir, ligeramente inferior a los establecido de la NMX-FF-118-SCFI-2014 para granos fermentado y seco extrafino (≥ 1.1 g) y en contraste con los valores de 0.63 a 1.85 g, reportados previamente por Vázquez-Ovando *et al.* (2015). Oyedokun *et al.* (2011) encontraron un promedio general de 1.09 g para 14 genotipos estudiados en Nigeria. Varios investigadores indican que el aparente aumento de peso de semilla refleja una disminución en el contenido de la cascarilla (Wood y Lass 1985; Afoakwa 2014).

El porcentaje de cascarilla estuvo comprendido entre 14.21% a 17.53%, respectivamente y mostró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las 17 muestras. En el caso del porcentaje de cotiledón los valores fueron de 82.06 a 83.55%, sin embargo, en este caso no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) (Cuadro 2). Los resultados obtenidos fueron ligeramente superiores a los reportados por Afoakwa *et al.* (2008) quienes obtuvieron un porcentaje de cascarilla de 10 a 14% en cacao fermentado seco. Afoakwa *et al.* (2011) encontraron que el cotiledón corresponde a un 74.1 a 83.5% de peso de la semilla. De acuerdo con Wood y Lass (1985) y Afoakwa (2014), el porcentaje de cascarilla debe ser lo más bajo posible (10-12%), debido a que la cascarilla se elimina durante el procesamiento de los granos de cacao y tiene muy poco valor comercial. Asimismo el peso total de los cotiledones constituye una de las características físicas para precisar su valor en los mercados internacionales ya que la

proporción del cotiledón en el grano de cacao es de gran importancia para la industria chocolatera (Afoakwa *et al.* 2011). Varios autores han demostrado que existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de cascarilla y el cotiledón dentro de un mismo genotipo, lo cual indica que, mientras más pequeño sea el grano, una mayor proporción del peso corresponde a la cascarilla (Wood y Lass 1985; Afoakwa 2014).

En la prueba de corte se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en ocho de los 10 parámetros de calidad evaluados (Cuadro 3). Los resultados indicaron un alto contenido de granos pacha (12.69%), parcial fermentados (12.41%) y quebrados (5.39%) mientras, los parámetros de impurezas (0.25%), granos germinados (1.10%) y pizarrosos (1.76%), se encontraron muy por abajo del límite máximo. Por otro lado, los granos mohosos (2.73%), dañados por insectos (1.27%) y violáceos (5.04%) estuvieron ligeramente por arriba del límite superior. Asimismo se observó un 74.24% de grano totalmente fermentado, un 1.86% de granos sobre fermentados y un 4.45% de granos múltiples.

De acuerdo con la Norma NMX-FF-118-SCFI-2014, los granos de cacao se clasifican, desde el punto de vista comercial e industrial, en tres categorías para cacao fermentado y seco: cacao *extrafino*, *fino* y de *primera*. En el grano de cacao extrafino se tolera un máximo de 2% de granos mohosos, pizarrosos y dañados por insectos, un 1% de grano quebrado y pacha, y 4% de granos violáceo. Asimismo se tolera un 8.0% de grano germinado y un 0.5% materia extraña. De esta manera, los resultados que el cacao obtenido en los beneficios de cacao de Tabasco, no corresponden con los estándares de calidad de grano extrafino, según la NMX-FF-118-SCFI-2014. Así, el grano de cacao de Tabasco se clasifica como grano *fermentado y secado Primera*, respecto a la norma mencionada con anterioridad, es decir se encuentra dentro de los límites de las especificaciones: 8% de granos mohosos y dañados por insectos, 2.0% pachas, 8.0 pizarrosos, 10% violáceos, ≥ 0.80 g peso promedio de grano y 15.0% de cascarilla. Es importante mencionar que este tipo de grano cumpla con los estándares de la Federación de Comercio de Cacao (FCC) del continente Europeo (Lima *et al.* 2011).

Beckett, (2008) señala que los granos pacha, germinados, e infestados inciden en el rendimiento del material comestible, la pureza y la salubridad. Asimismo indica que incluso un 3% de granos mohosos puede provocar un sabor rancio desagradable y

niveles de ácidos grasos libres que afectan la calidad de la manteca de cacao. Al respecto, Wood y Lass (1985) mencionan que los granos con mohos internos son las causas más importantes de malos sabores durante el procesamiento del chocolate. Asimismo, los granos germinados dan mayor facilidad de ataque insectos y mohos (Beckett, 2008). Por otro lado, los granos pizarrosos y violáceos son granos no fermentados, los cuales podrían causar bajo nivel de aroma a cacao y una astringencia excesiva en los productos finales (Hii *et al.* 2009; Kongor *et al.* 2010).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Cuadro 2. Peso de grano, porcentaje de cotiledón, cascarilla y características morfológicas de muestras de cacao de Tabasco, México.

Muestra	Cotiledón y cascarilla			Morfología del grano						
	Cotiled. (%)	Casc. (%)	peso (g)	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	D.geom. (mm)	Esfericidad Ø	Area superf. (mm ³)	Elipsoide
CO-001	83.82 ^a	15.80 ^{ab}	1.05 ^c	21.57 ^{abc}	12.80 ^{abc}	6.90 ^{bcd}	12.3 ^{abc}	0.57 ^{ab}	478.95 ^{abcde}	0.80 ^a
CU-002	83.01 ^a	15.72 ^{ab}	1.01 ^{bc}	21.46 ^{abc}	13.24 ^{abc}	7.24 ^{bcd}	12.65 ^{cd}	0.59 ^{abc}	503.83 ^{ef}	0.78 ^a
CU-003	83.92 ^a	14.24 ^{ab}	0.95 ^{ab}	20.66 ^{ab}	12.84 ^{abc}	7.92 ^d	12.72 ^{cd}	0.62 ^c	509.36 ^{ef}	0.78 ^a
CO-004	85.47 ^a	14.21 ^{ab}	0.90 ^a	20.87 ^{abc}	12.81 ^{abc}	7.41 ^{cd}	12.5 ^{bcd}	0.60 ^{abc}	492.05 ^{cdef}	0.78 ^a
CO-005	82.47 ^a	16.44 ^{ab}	1.01 ^{bc}	21.54 ^{abc}	12.93 ^{abc}	7.87 ^d	12.91 ^{de}	0.61 ^{abc}	525.53 ^{fg}	0.79 ^a
CO-006	84.41 ^a	14.37 ^{ab}	1.04 ^c	20.53 ^{ab}	12.76 ^{abc}	7.49 ^{cd}	12.44 ^{abc}	0.61 ^{abc}	487.65 ^{abcdef}	0.78 ^a
CA-007	83.46 ^a	15.91 ^{ab}	1.02 ^{bc}	20.43 ^{ab}	12.46 ^{ab}	7.06 ^{bcd}	12.07 ^{abc}	0.59 ^{abc}	459.72 ^{abcde}	0.79 ^a
CO-008	84.25 ^a	15.39 ^{ab}	1.29 ^e	21.77 ^{bc}	12.44 ^{ab}	9.25 ^e	13.51 ^e	0.62 ^c	574.77 ^g	0.82 ^a
CA-009	82.06 ^a	16.71 ^{ab}	1.04 ^c	20.16 ^a	12.01 ^a	5.80 ^a	11.14 ^a	0.55 ^a	391.42 ^a	0.80 ^a
CU-010	84.86 ^a	14.93 ^{ab}	1.00 ^{bc}	20.76 ^{abc}	12.65 ^{abc}	6.47 ^{ab}	11.85 ^{abc}	0.57 ^{ab}	443.58 ^{abcd}	0.79 ^a
JM-011	82.73 ^a	16.85 ^{ab}	1.00 ^{bc}	21.04 ^{abc}	12.17 ^a	7.03 ^{bcd}	12.1 ^{abc}	0.58 ^{ab}	461.16 ^{abcde}	0.81 ^a
JM-012	83.11 ^a	16.23 ^{ab}	1.03 ^c	20.78 ^{abc}	12.54 ^{ab}	6.35 ^{ab}	11.76 ^{ab}	0.57 ^{ab}	435.89 ^{ab}	0.79 ^a
CA-013	83.03 ^a	16.22 ^{ab}	1.03 ^c	20.98 ^{abc}	12.85 ^{abc}	7.01 ^{bcd}	12.26 ^{abc}	0.59 ^{abc}	474.36 ^{abcdef}	0.79 ^a
CA-014	82.45 ^a	17.53 ^b	0.99 ^{bc}	21.08 ^{abc}	12.53 ^{ab}	7.68 ^d	12.57 ^{cd}	0.60 ^{abc}	498.77 ^{def}	0.80 ^a
HUI-015	83.08 ^a	14.44 ^{ab}	1.03 ^c	20.80 ^{abc}	12.95 ^{abc}	7.13 ^{bcd}	12.34 ^{abc}	0.60 ^{abc}	480.73 ^{abcdef}	0.78 ^a
JM-016	83.62 ^a	15.70 ^{ab}	0.98 ^{bc}	20.12 ^a	12.54 ^{ab}	6.58 ^{ab}	11.77 ^{ab}	0.59 ^{abc}	438.91 ^{abc}	0.78 ^a
JM-017	84.66 ^a	9.90 ^a	17.16 ^d	22.26 ^c	13.52 ^{abc}	7.43 ^{cd}	12.92 ^{de}	0.59 ^{abc}	526.66 ^{fg}	0.80 ^a

Letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras ($p \leq 0.05$).

Cuadro 3. Resultados de la prueba de corte realizada en muestras de cacao de Tabasco, México.

Muestras	GI	MO	PI	QU	PA	GE	PF	FE	SF	VI
CO-001	-	0.33 ^a	0.67 ^{ab}	10.67 ^c	8.67 ^{abc}	1.67 ^a	10.00 ^{ab}	80.67 ^{abc}	0.33 ^a	8.33 ^{bcde}
CU-002	0.33 ^a	-	0.67 ^{ab}	3.67 ^{ab}	13 ^{abcd}	2.67 ^a	8.33 ^a	72.00 ^{abc}	2.00 ^a	16.00 ^f
CU-003	-	0.33 ^a	-	5.00 ^{abc}	5.33 ^{ab}	1.33 ^a	11.67 ^{ab}	71.67 ^{abc}	4.00 ^a	12.33 ^{def}
CO-004	-	-	0.67 ^{ab}	6.67 ^{ab}	12 ^{abcd}	1.00 ^a	12.33 ^{ab}	80.33 ^{abc}	1.00 ^a	3.33 ^{abc}
CO-005	-	-	1.67 ^{abc}	3.67 ^{ab}	7.67 ^{abc}	2.33 ^a	13.00 ^{abc}	75.33 ^{abc}	4.67 ^a	2.33 ^{ab}
CO-006	-	22.67 ^c	0.67 ^{ab}	2.67 ^{ab}	6.67 ^{abc}	2.00 ^a	5.00 ^a	63.33 ^a	4.33 ^a	3.00 ^{ab}
CA-007	-	3.33 ^a	0.33 ^a	8.33 ^{bc}	13.00 ^{abcd}	1.00 ^a	6.00 ^a	78.00 ^{abc}	2.33 ^a	10.33 ^{cde}
CO-008	16.67 ^b	11.67 ^b	4.67 ^c	4.00 ^{ab}	3.33 ^a	-	3.00 ^a	61.67 ^a	2.00 ^a	-
CA-009	2.00 ^a	1.33	4.00 ^{bc}	8.67 ^{bc}	11.67 ^{abcd}	0.33 ^a	27.67 ^c	63.67 ^{ab}	1.00 ^a	-
CU-010	1.00 ^a	0.33 ^a	0.67 ^{ab}	5.67 ^{ab}	21.00 ^d	-	12.67 ^{abc}	84.33 ^c	0.33 ^a	0.67 ^a
JM-011	1.00 ^a	2.67 ^a	-	3.33 ^{ab}	15.33 ^{bcd}	1.67 ^a	14.00 ^{abc}	80.33 ^{abc}	-	-
JM-012	-	0.33 ^a	-	1.00 ^a	20.67 ^d	1.00 ^a	23.67 ^{bc}	73.33 ^{abc}	0.67 ^a	0.67 ^a
CA-013	-	0.67 ^a	0.67 ^{ab}	6.67 ^{ab}	16.33 ^{cd}	1.33 ^a	14.33 ^{abc}	79.33 ^{abc}	1.00 ^a	3.00 ^{ab}
CA-014	-	1.67 ^a	3.00 ^{abc}	3.00 ^{ab}	19.00 ^d	0.33 ^a	10.00 ^{ab}	79.00 ^{abc}	4.67 ^a	3.00 ^{ab}
HUI-015	-	-	2.00 ^{abc}	5.33 ^{ab}	13.67 ^{bcd}	0.33 ^a	12.67 ^{abc}	67.33 ^{abc}	2.33 ^a	15.33 ^{ef}
JM-016	-	-	9.33 ^d	2.67 ^{ab}	21.00 ^d	0.33 ^a	17.00 ^{abc}	67.67 ^{abc}	-	5.67 ^{abcd}
JM-017	0.33 ^a	1.33 ^a	1.00 ^{ab}	10.67 ^c	7.33 ^{abc}	1.33 ^a	9.67 ^{ab}	84.00 ^{bc}	0.67 ^a	1.67 ^{ab}

GI= Granos infestados, MO=mohosos, PF= parcial fermentados, SF= sobre fermentados, VI= violáceos, GE= germinados, FE= fermentados, QU= quebrados, PI=pizarrosos, PA=pachas.

Las letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras ($p \leq 0.05$).

Características morfológicas

Se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en siete de las ocho características morfológicas evaluadas (Cuadro 2). Los valores máximos y mínimos encontrados fueron: 27.71 y 12.35 mm en longitud, 22.27 y 9.75 mm en el ancho, 13.08 y 4.10 mm en espesor y 15.79 y 9.13 mm en diámetro geométrico. Oyedokun *et al.* (2011), reportaron valores semejantes en promedio, 21.60 mm de longitud, 12.00 mm de ancho y 7.30 mm de espesor, en granos de 14 diferentes genotipos de cacao. Estos autores indican que las variedades de cacao con un índice alto de semillas grandes son de gran importancia económica para las industrias de chocolate. Por otro lado, Bart-Plange *et al.* (2012), estudiaron las propiedades de compresión de los granos de cacao de calidad óptima de Ghana, considerando el efecto del contenido de humedad en el intervalo de 7% a 22%, y observaron que las dimensiones lineales promedio aumentaron ligeramente al incrementarse la humedad. Bart-Plange y Baryeh (2003), reportaron que existe una relación positiva entre las dimensiones de longitud, ancho y espesor de las semillas y la humedad.

Los granos de cacao evaluados presentaron una esfericidad promedio de 0.59, con un rango comprendido entre 0.85 a 0.48. El valor promedio es ligeramente superior al reportado por Bart-Plange y Baryeh (2003), quienes determinaron una esfericidad de 0.57 en grano con 8.6% de humedad.

En el presente estudio se obtuvo que el área superficial varió de 261.88 a 783.67 mm³, con un promedio de 481.37 mm³. Estos valores fueron semejantes a los reportados por Bart-Plange y Baryeh (2003) para el grano seco de cacao de Ghana. Los procesos de fermentación y secado condicionan las características del área superficial del grano. Al respecto, Baryeh (2001) indicó que el área superficial depende del contenido de humedad, por lo que esta área aumenta durante la fermentación del grano y posteriormente disminuye con la pérdida de humedad durante el proceso de secado. Las propiedades físicas de los granos de cacao, y otros granos y semillas, son importantes para diseñar y optimizar equipos y estructuras para el manejo, transporte, procesamiento, almacenamiento y control de calidad (Baryeh 2001; Bart-Plange y Baryeh 2003; Dash *et al.* 2008). Asimismo, Mohsenin (1980) indica que las propiedades físicas son importantes

para definir y cuantificar los problemas de transferencia de calor durante el tratamiento térmico de granos y semillas.

Características fisicoquímicas

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las 17 muestras en todas las variables fisicoquímicas evaluadas (Cuadro 4). Con respecto al contenido de humedad, los resultados se ubicaron en un rango de 5 a 9%. Estos resultados concuerdan con la norma NMX-FF-118-SCFI-2014 que establece que la humedad para todos los grados de calidad debe ser de por lo menos de un 6.5 % para evitar el quiebre del grano, sin embargo, los valores mayores encontrados rebasan el límite de 7.5 % que establece la norma para evitar la proliferación de micotoxinas. Los valores coinciden con los reportados por Beckett (2008) (5-9%), y ligeramente superiores al rango de 3.80-4.95%, reportados por Afoakwa *et al.* (2011).

El pH se ubicó en el rango de 4.77 a 6.23 (Cuadro 4), resultados semejantes a los reportados por Perea *et al.* (2011). Al respecto, Afoakwa *et al.* (2008) señalan que los granos con pH alto (5.5-5.8) son considerados como parcialmente fermentados, con un bajo índice de fermentación y puntuación en la prueba de corte, mientras aquellos de pH bajo (4.75-5.19), se consideran bien fermentados. Jinap *et al.* (1995) evaluaron granos de cacao de pH bajo (4.75-5.19) y alto pH (5.5-5.8) y reportaron valores bajos para aroma a chocolate y altos para las notas de sabores extraños, respectivamente, mientras que el chocolate de los granos de pH intermedio (5.20-5.49) obtuvo mayor calificación para el aroma a chocolate (Afoakwa *et al.* 2008).

Para la variable acidez titulable los valores encontrados oscilaron entre 1.38 y 0.66% (Cuadro 4). Perea *et al.* (2011) evaluaron el acidez en dos grupos de clones de cacao e identificaron un grupo con valores bajos de acidez, de 0.3-0.4 %, y otro con valores altos, de 0.8-0.9, estos últimos valores son cercanos a los obtenidos en este estudio. Al respecto, Afoakwa *et al.* (2008) señalan que la acidez en el cotiledón juega un papel crucial en la formación de precursores de aroma y sabor (principalmente ácidos, aminoácidos, péptidos y azúcares reductores), ya que afecta las enzimas responsables de la formación de estos precursores. Por otro lado Jinap *et al.* (1994), evidenciaron que granos de cacao secados en a 60 ° C conservan alto contenido de ácido acético, butírico,

propanoico, isobutírico e isovalérico, lo que resulta una baja calidad del chocolate. De esta manera se deben definir criterios de manejo al momento de fermentar y así mejorar la calidad del producto final.

En Cuadro 6, también se muestra que el contenido de cenizas varió de 1.7 a 4.6%, resultados semejantes a los reportados por Vázquez-Ovando *et al.* (2015).

Cuadro 4. Características fisicoquímicas de cacao de Tabasco, México.

Muestras	Humedad (%)	pH	Acidez (%)	Cenizas (%)
CO-001	5.0 ^a	4.85 ^{abc}	1.3 ^{hij}	1.8 ^a
CU-002	9.0 ^d	4.97 ^{cd}	1.2 ^{efgh}	1.7 ^a
CU-003	7.0 ^{abc}	5.50 ^f	0.8 ^{bcd}	1.8 ^a
CO-004	7.0 ^{abc}	4.92 ^{bcd}	1.3 ^{fgh}	1.8 ^a
CO-005	7.0 ^{abc}	4.88 ^{abc}	1.2 ^{efg}	2.1 ^a
CO-006	7.0 ^{abc}	5.70 ^g	0.8 ^{bc}	2.0 ^a
CA-007	6.0 ^{abc}	5.18 ^f	0.8 ^{cd}	2.7 ^{abc}
CO-008	6.0 ^{abc}	6.23 ^h	0.5 ^a	2.3 ^a
CA-009	6.0 ^{abc}	5.02 ^{de}	1.2 ^{efg}	1.8 ^a
CU-010	6.0 ^{abc}	4.88 ^{abc}	1.4 ^{ij}	2.3 ^a
JM-011	6.0 ^{abc}	4.79 ^{ab}	1.5 ^j	1.7 ^a
JM-012	6.0 ^{abc}	4.92 ^{bcd}	1.3 ^{hi}	4.6 ^d
CA-013	5.0 ^a	4.77 ^a	1.7 ^k	1.9 ^a
CA-014	6.0 ^{abc}	5.5 ^f	0.7 ^{ab}	2.4 ^{ab}
HUI-015	7.0 ^{abc}	5.03 ^{de}	1.1 ^{fgh}	3.6 ^{cd}
JM-016	7.0 ^{abc}	5.04 ^{def}	1.1 ^{ef}	3.5 ^{bc}
JM-017	6.0 ^{abc}	5.11 ^{ef}	1.0 ^{de}	2.7 ^{abc}

Las letras diferentes indican diferencias significativas entre las muestras ($p \leq 0.05$).

Análisis multivariado (ACP y ACJ)

En el ACP se extrajeron tres componentes con valores propios mayores a 1.0 que explican 75.02% de la variabilidad total (Cuadro 5). El primer componente explicó el 43.06% de la variabilidad total, y la mayor contribución correspondió a las variables de espesor, diámetro geométrico, área superficial, esfericidad, pH, acidez, porcentaje de

granos parcialmente fermentados, peso del grano (g), porcentaje de granos pachas y porcentaje de granos dañados por insectos, las cuales pueden ser consideradas como las características que determinaron las diferencias en la calidad del cacao analizado. El segundo explicó un 18.00%, en este caso fueron nueve las variables asociadas, cuatro de forma negativa (pH, porcentaje de granos pizarrosos, múltiples y porcentaje de granos dañados por insectos) y cinco positivas (longitud, ancho, diámetro geométrico, esfericidad, porcentaje de granos bien fermentados). El tercer componente contribuyó con el 14% de la variabilidad, siendo las variables asociadas el peso del grano, porcentaje de granos dañados por insectos, porcentaje de granos fermentados, porcentaje de granos sobre-fermentados, elipsoide, área superficial, acidez y longitud del grano. Las variables de menor relevancia se asociaron al resto de los componentes, con autovalores menores a 1.0, tales como porcentaje de granos mohosos, porcentaje de granos pizarrosos, porcentaje de granos múltiples y ancho del grano y elipsoide.

Respecto a las características morfológicas resultados similares fueron reportados por Oyedokun *et al.* (2011). Sin embargo un estudio reciente indicó que la características morfológicas (largo, ancho, peso y diámetro de los granos) resultaron de ser de poca utilidad para segregar individuos, incluso de diferentes especies a través de un estudio comparativo, utilizando ACP (Vázquez-Ovando *et al.* 2015).

En la Figura 2 se observa el agrupamiento de las 17 muestras sobre los ejes de los componentes principales (CP1 y CP2). Las muestras conforman 3 grupos. El primero se conforma con las muestras que corresponden a: CO-001, CU-002, CO-004, CA-007, CA-009, CU-010, JM-011, JM-012, CA-013, HUI-015 y JM-016, el grupo II fue constituido por las muestras CU-003, CO-005, CO-006, CA-014 y JM-017 y finalmente la muestra CO-008 quedó segregada del resto.

En el CAJ se identificaron dos grupos (Figura 3), cuando se establece como límite para el corte un 75% de semejanzas. Los resultados coincidieron con los obtenidos en el ACP al mostrar dos agrupamientos principales. Las muestras que mostraron las mayores diferencias fueron CO-008 y CA-009 (Figura 1 y Figura 2), la primera debido a las características de peso de grano, elipsoide, porcentaje de granos mohosos dañados por insectos y granos múltiples y la segunda por su alto porcentaje de granos parcial fermentados y granos pacha (Figura 2).

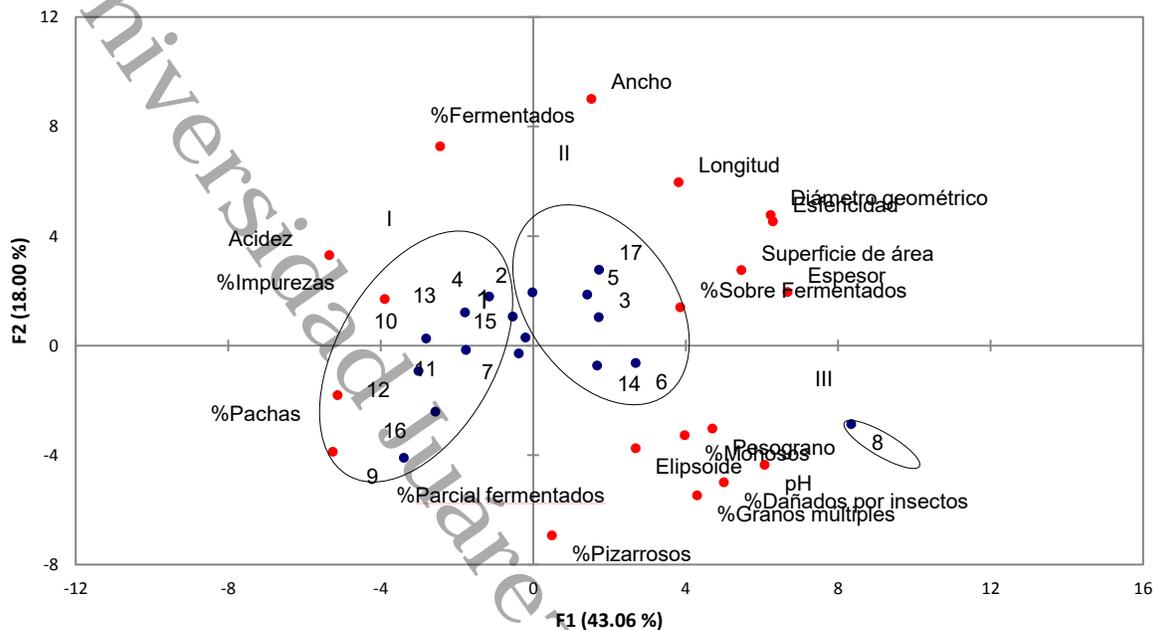


Figura 2. Análisis de componentes principales correspondiente a muestras de cacao de Tabasco, México.

Los resultados obtenidos ratifican lo establecido por Guehi *et al.* (2010a) y Saltini *et al.* (2013), quienes reportaron que los sistemas de manejo poscosecha varía de una región al otro incluso de un productor al otro, por ende, esto resulta en productos finales de calidades diferentes. En este caso, la variabilidad observada entre las muestras de cacao de los diferentes beneficios de cacao de Tabasco, refleja en gran medida las características del sistema de cosecha, y el poco control de calidad en el manejo poscosecha.

Un estudio previo por Córdova-Avalos *et al.* (2008) reveló que en Tabasco la tecnología disponible en los beneficios para el tratamiento poscosecha es inadecuada, faltan asesores profesionales en los procesos de acopio, fermentación y secado. Asimismo, falta vinculación entre los centros de investigación involucrados en agricultura y los beneficios de cacao en el estado. Esto da lugar a un producto de poca calidad y poca posibilidad de competir en los mercados internacionales.

Cuadro 5: Valores propios e eigenvectores de los componentes principales extraídos en el análisis de muestras de cacao de Tabasco, México.

CP ejes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valor propio	8.1809	3.4194	2.6538	1.4438	0.9529
Varianza absoluta	0.4306	0.1800	0.1397	0.7599	0.5015
Varianza acumulada	0.4306	0.6105	0.7502	0.8262	0.8764
Variables	Eigenvectores				
Peso grano (g)	0.2311*	-0.1493	0.3491*	-0.0043	0.2244*
Mohosos (%)	0.1953	-0.1609	-0.0951	0.4882*	-0.0025
Pachas (%)	-0.2518*	-0.0890	-0.0535	-0.3647	-0.1940*
Pizarrosos (%)	0.0245	-0.3407*	-0.0861	-0.3978*	0.4561*
Granos múltiples (%)	0.2114	-0.2690*	-0.1169	-0.3739*	-0.2855
Dañados por insectos (%)	0.2459*	-0.2457*	0.2282*	-0.1385	0.0991
Impurezas (%)	-0.1911	0.0833	-0.3252*	-0.3976*	0.0546
Fermentados (%)	-0.1198	0.3572*	0.1994*	-0.1896*	-0.4360*
Parcial fermentados (%)	-0.2582*	-0.1909	0.0680	-0.0270	0.1276
Sobre-fermentados (%)	0.1896	0.0684	-0.3747*	0.1188	-0.3037*
pH	0.2986*	-0.2144*	-0.1193	0.0534	-0.0628
Acidez (%)	-0.2626*	0.1618	-0.2302*	0.0258	0.0982
Longitud (mm)	0.1877	0.2926*	0.3478*	-0.1353	0.0672
Ancho (mm)	0.0753	0.4424*	-0.0451	-0.0372	0.4229*
Espesor (mm)	0.3283*	0.0956	-0.0417	-0.1366	-0.0695
Diámetro geométrico (mm)	0.3063*	0.2342*	0.0137	-0.1415	0.0409
Superficie de área (mm)	0.2685*	0.1353	-0.2979*	-0.0956	0.0375
Esfericidad	0.3093*	0.2227*	0.0222	-0.1477	0.0524
Elipsoide	0.1324	-0.1844	0.4703*	-0.0984	-0.3217*

*Significativo ($p \leq 0,05$) de acuerdo con (Keiser, 1960).

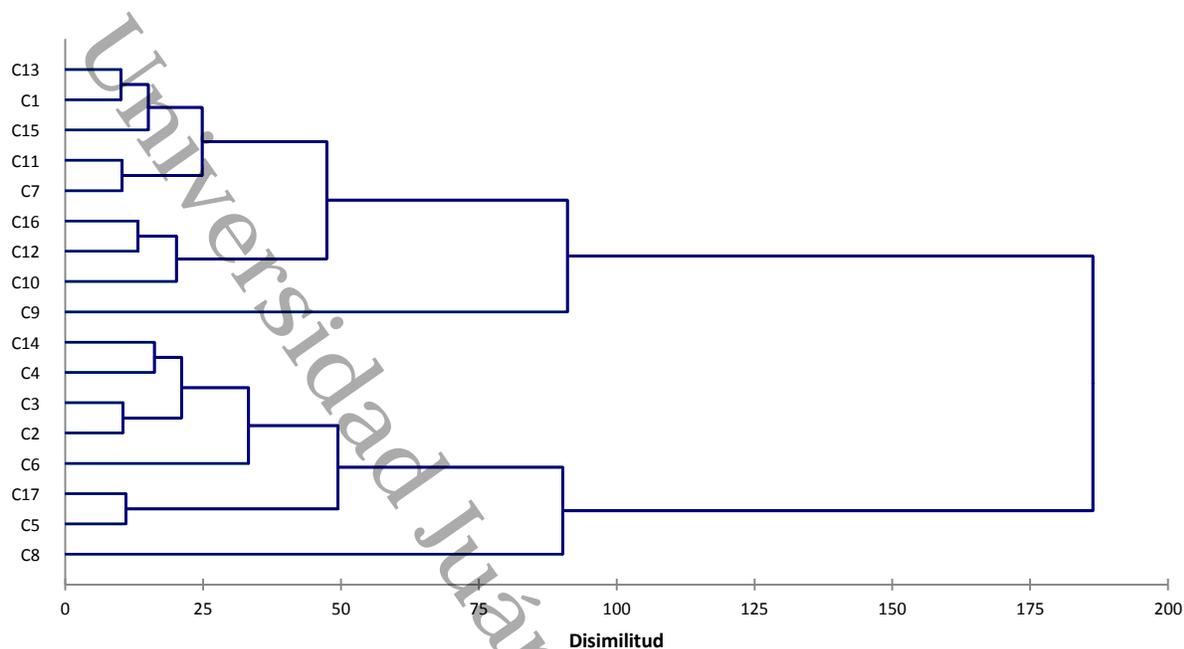


Figura 3. Dendrograma basado en distancia euclidiana, correspondiente a muestras de cacao de Tabasco, México.

CONCLUSIONES

Las muestras de cacao, obtenidas en los diferentes beneficios de la zona productora de cacao del estado de Tabasco, México, mostraron gran variabilidad en los diferentes tipos de características evaluadas. Sin embargo, se identificaron dos agrupamientos basados en las características morfológicas y en los parámetros fisicoquímicos, respectivamente, lo que se relaciona con las mezclas de diferentes tipos de grano procesadas y con las similitudes entre los beneficios en cuanto al manejo poscosecha del producto.

Los resultados obtenidos muestran las características del manejo poscosecha del cacao en Tabasco y pueden ser de utilidad para establecer estrategias tendientes a mejorar la calidad.

LITERATURA CITADA

Afoakwa EO (2014) Cocoa production and processing technology. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA. 374p.

- Afoakwa EO, Budu AS, Mensah-Brown H, Takrama JF, Akomanyi E, Lu J, Wang C (2014) Changes in biochemical and physico-chemical qualities during drying of pulp preconditioned and fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal Nutrition Health Food Science* 2(3): 1-8.
- Afoakwa EO, Paterson A, Fowler M, Ryan A (2008) Flavour formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(9): 840-857.
- Afoakwa EO, Quao J, Takrama J, Budu AS, Saalia FK (2011) Chemical composition and physical quality characteristics of Ghanaian cocoa beans as affected by pulp preconditioning and fermentation. *Journal of Food Science and Technology* 47(1): 3–11.
- Akaaimo DI, Raji AO (2006) Some physical and engineering properties of prosopis africana seed. *Biosystems Engineering* 95(2): 197-205.
- AOAC (2000) *Official Methods of Analysis*, 17th ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington DC, USA.
- Bart-Plange A, Addo A, Abano EE, Akowuah JO (2012) Compressive properties of cocoa beans considering the effect of moisture content variations. *International Journal of Engineering and Technology* 2(5): 850-858.
- Bart-Plange A, Baryeh EA (2003) The physical properties of Category B cocoa beans. *Journal of Food Engineering* 60(3): 219-227.
- Baryeh EA (2001) Physical properties of bambara groundnuts. *Journal of Food Engineering* 47: 321–326.
- Beckett ST (2008) *Industrial chocolate manufacture and use*. 4th Edition. Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 720p.
- Córdova-Avalos V, Mendoza-Palacios JD, Vargas-Villamil L, Izquierdo-Reyes F, Ortiz-Garcia CF (2008) Participación de las asociaciones campesinas en el acopio y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 24(2): 147-158.
- Dash AK, Pradhan RC, Das LM, Naik SN (2008) Some physical properties of simarouba fruit and kernel. *International Agrophysics* 22: 111-116.

- Diario Oficial de la Federación (2014) NMX-FF-118-SCFI-2014. Productos Agrícolas no Industrializados -Cacao en Grano (*Theobroma Cacao* L): Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrias, Dirección Nacional de Normas. DOF 22 de mayo de 2014.
- García-Alamilla P, González-Lauck VW, de la Cruz-Lázaro E, Lagunes-Gálvez LM, García-Alamilla R (2012) Description and physical properties of mexican criollo cacao during post – harvest processing. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 3(1): 58-65.
- Guehi TS, Dadie AT, Koffi KP, Dabonne S, Ban-Koffi L, Kedjebo KD, Nemlin GJ (2010a) Performance of different fermentation methods and the effect of their duration on the quality of raw cocoa beans. *International Journal of Food Science and Technology* 45(12): 2508-2514.
- Guehi TS, Zahouli IB, Ban-Koffi L, Fae MA, Nemlin JG (2010b) Performance of different drying methods and their effects on the chemical quality attributes of raw cocoa material. *International Journal of Food Science and Technology* 45(8):1564-1571.
- Hii C., Law CL, Cloke M (2009) Modeling using a new thin layer drying model and product quality of cocoa. *Journal of Food Engineering* 90(2): 191-198.
- Jinap S, Dimick PS, Hollender R (1995) Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control* 6(2): 105-110.
- Jinap S, Thien JM, Yap TN (1994) Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of Science of Food and Agriculture* 65: 67–75.
- Keiser HF (1960) The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement* 20:141-151.
- Kongor JE, Takrama JF, Budu AS, Mensah-Brown H, Afoakwa EO (2013) Effects of Fermentation and Drying on the fermentation index and cut test of pulp pre-conditioned ghanaiian cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal of Food Science and Engineering* 3: 625-634.
- Lima LJR, Almeida M H, Nout MJR, Zwietering MH (2011) *Theobroma cacao* L., “the food of the gods”: quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of the fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(8):731-761.

- Mier J, Castro-Georgana V, Mayor-Nucamendi HF, Brito-López JA (2006) Florecimientos algales en Tabasco. *Salud en Tabasco* 12(1): 414-422.
- Mohesenin NN (1980) Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers Inc. New York, USA. 87p.
- Ogata N (2007) El cacao. *Biodiversitas* 72:1-5.
- Oyedokun AV, Omoloye AA, Adewale BD, Adeigbe OO (2011) Phenotypic variability and diversity analysis of bean traits of some Cocoa hybrids in Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 3(2): 127-131.
- Perea JA, Ramírez OL, Villamizar AR (2011) Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 9(1): 35-42.
- Saltini R, Akkerman R, Frosch S (2013) Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control* 29:167-187.
- SIAP/SAGARPA (2014) Cierre de la producción agrícola por cultivo SAGARPA. México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en línea en: <http://www.siap.gob.mx> (página web visitada 29 de noviembre 2015).
- Vázquez-Ovando A, Molina-Freaner F, Nuñez-Farfán J, Betancur-Ancona D, Salvador-Figueroa M (2015) Classification of cacao beans (*Theobroma cacao* L.) of southern Mexico based on chemometric analysis with multivariate approach. *European Food Research and Technology* 240(6): 1117-1128.
- Wood GAR, Lass RA (1985) *Cocoa*, 4th ed. Blackwell Science. London. UK. 620p.

CAPÍTULO III

PERFIL SENSORIAL DE MUESTRAS SELECCIONADAS DE CACAO PRODUCIDO EN TABASCO, MÉXICO

Cléomé Abel¹, Rosa Ma. Salinas-Hernández^{1*}, Pedro García-Alamilla¹, Julián Pérez-Flores², José Gervasio Partida-Sedas³, Argentina Argumedo-Bravo⁴, Fidel Ulín-Montejo⁵

¹Division Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Carr. Villahermosa-Teapa Km 25 Ra. La Huasteca. Villahermosa, Centro, Tab. C.P. 86280. Tel. +52 9933581585. E-mail: cleomeabel@hotmail.es, shishkko@hotmail.com, rosa.salinas@ujat.mx ²Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco. Periférico Carlos A. Molina S/N Km. 3.5 Cárdenas-Huimanguillo Cárdenas, Tab. C.P. 86500. Teléfono: +52 9373722386 Fax: +52 9373722297. E-mail: julianflores@colpos.mx ³Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente Km. 6.5 Carr. Huatusco-Xalapa, Huatusco, Ver. C.P. 94100. Tel. +52 2737340764, 01(273)7342996. E-mail: gerpase@yahoo.com.mx ⁴Agroindustrias Unidas de Cacao, S.A de C.V. C/ Tamarindos, Lotes 12 y 13, Cd. Industrial Bruno Pagliai, C.P. 91697, Veracruz, Ver. Tel.: +52 2299811497, Fax: +52 2299811497. E-mail: aargumedo@ecomtrading.com ⁵Carr. Cunduacán-Jalpa Km 1 Col. La Esmeralda CP. 86690. Cunduacán, Tabasco. Tel. +52 9933581500 Ext. 6702, +52 914 336 09 28. E-mail: fidel.ulín@ujat.mx

*Autor de correspondencia.

RESUMEN

El grano de cacao es la principal materia prima para la industria chocolatera. Para la obtención de las características aromáticas y sensoriales específicas de un chocolate de calidad se requieren procesos de manejo poscosecha adecuados. El objetivo de este estudio fue generar información acerca del perfil sensorial del cacao de Tabasco en función de las características del manejo poscosecha del grano. Muestras de cacao, previamente diferenciadas en cuanto a sus características fisicoquímicas, fueron evaluadas sensorialmente para determinar diferencias en su perfil sensorial e identificar atributos sobresalientes y características deseables. Las muestras fueron evaluadas en escala de 0 a 10 por un panel entrenado constituido de ocho jueces (5 hombres y 3

mujeres). Los atributos evaluados fueron: aroma a cacao, acidez, amargo, astringente, frutal, nuez, mohoso, verde/crudo, humo, sabor extraño, color marrón y sabor residual. Los resultados de las variables fisicoquímicas y atributos sensoriales se analizaron mediante un ANOVA y prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre las muestras. Asimismo se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Tres de las muestras destacaron en cuanto a los atributos sensoriales que requiere el mercado internacional del cacao. Dichas muestras provenían de beneficios de cacao con diferente manejo poscosecha, lo cual indica que diferentes tipos de manejo pueden resultar en un cacao de buena calidad, siempre y cuando dicho proceso sea apto para el tipo de cacao en cuestión y, por ende, permita desarrollar las características deseables en el producto.

Palabras clave: calidad sensorial, análisis descriptivo cuantitativo, chocolate

ABSTRACT

The cocoa bean is the main raw material for the chocolate industry. To obtain the aromatic and sensory characteristics specific of a high quality chocolate, suitable postharvest handling processes are required. The objective of this study was to generate information about sensory profile of cocoa produced in Tabasco depending on the characteristics of grain postharvest handling. Cocoa samples, previously differentiated in their physicochemical characteristics, were evaluated sensorially to determine differences in sensory profile and identify outstanding attributes and desirable characteristics. The samples were evaluated by a trained panel consisting of eight judges (5 men and 3 women) who evaluated the attributes: cocoa aroma, acidity, bitterness, astringency, fruity, nutty, musty, green, smoke flavor, off-odors, brown and aftertaste on a scale of 0 to 10. The results of physicochemical and sensory attributes variables were analyzed using ANOVA and Tukey test to determine significant differences between the samples. A Principal Component Analysis (PCA) was also conducted, both with a confidence level of 95%. The results indicated that three of the samples highlighted regarding sensory attributes required by international cocoa market. It was found that these samples were obtained from gathering centers with different post-harvest handling, which would indicate that different types of management can result in a good quality cocoa, as long as the

process is suitable for the that specific type of cocoa, in order to allow the development of the desirable characteristics in the product.

Key words: sensory quality, quantitative descriptive analysis, chocolate

INTRODUCCIÓN

El grano de cacao es la principal materia prima para la industria chocolatera (Vázquez-ovando *et al.*, 2015). La calidad sensorial del chocolate está vinculada con el sabor y el aroma (Lima *et al.*, 2011), para la obtención de las características aromáticas y sensoriales específicas de un chocolate de calidad se requieren procesos de fermentación y secado adecuados (Tixier, 2013). Para determinar la calidad sensorial del cacao se procesa una pasta o licor de cacao que es el producto obtenido de la molienda del grano entero descascarillado y sometido a un proceso de torrefacción o tostado. De acuerdo con Beckett (2011) las pruebas sensoriales son esenciales para los granos de cacao de origen, que sean de calidad inconsistente o propensa a sabores extraños. Según Lawless y Heymann (2010) el análisis descriptivo es la herramienta sensorial más sofisticada, el cual permite obtener descriptores sensoriales completos de productos, ayudar a identificar los ingredientes y procesos variables subyacentes, y/o determinar qué atributos sensoriales son importantes para la aceptación. La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite evaluar, medir, analizar e interpretar la percepción de los atributos de un producto que son percibidos por los órganos de los sentidos. Sancho *et al.* (1999) mencionan que en el licor de cacao preparado para degustación se identifican tres grupos básicos: ácido, amargo y dulce, así como la sensación de astringencia, de igual forma se pueden identificar gustos específicos como el gusto a cacao, frutal, floral y nuez. Finalmente se perciben los gustos adquiridos, entre éstos se encuentran el sabor a moho, químico, metálico y humo.

Recientemente Vázquez-Ovando *et al.* (2015) realizaron una investigación para determinar el perfil aromático y sabor de muestras de cacao obtenidos de árboles cultivados en el Soconusco, en Chiapas, México; los resultados mostraron que las calidades sensoriales más relevantes se asociaron a los descriptores sabor dulce, sabor a chocolate y olores a avellanas, mientras que los descriptores menos apreciados en dicho cacao fueron el sabor amargo y olores extraños. En el estado de Tabasco existen

muchos estudios que analizan el efecto de las condiciones de fermentación y secado en la calidad fisicoquímica del grano y su comercialización (García-Alamilla *et al.*, 2007; Rodríguez-Campos *et al.*, 2012; Córdova-Avalos *et al.*, 2008). Sin embargo, en estos estudios no se aborda la calidad sensorial del producto, por lo que hay escasez de información sobre el perfil sensorial del cacao en grano, lo cual es fundamental considerando que la calidad sensorial es un aspecto preponderante en la industria chocolatera mundial. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo generar información acerca del perfil sensorial del cacao de Tabasco en función de las características del manejo poscosecha del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen y obtención de las muestras

Las muestras para el estudio se obtuvieron durante la cosecha principal de 2015, en la zona productora de cacao del estado de Tabasco. El estado se localiza entre los 17°15' y 18°39' de LN, y los 91°00' y 94°17' de LO; sobre la llanura del golfo de México. Su posición geográfica propicia un clima cálido-húmedo con una precipitación promedio entre 2,500 y 3000 mm con una temperatura media anual de 25 °C (Ruíz-Álvarez *et al.*, 2012).

En primera instancia se realizó un recorrido para visitar y caracterizaron un total de 31 beneficios de cacao (91.17 % del total de los beneficios activos en el Estado), la caracterización se realizó en relación con el manejo poscosecha del grano (Cuadro 1). En cada beneficio, mediante un muestreo dirigido y siguiendo los procedimientos marcados por la norma NMX-FF-118-SCFI-2014, se obtuvieron muestras para analizar las características de calidad, mediante la prueba de corte, así como el porcentaje de humedad, acidez, cenizas y pH. Dado que el análisis de resultados indicó diferencias significativas en siete de las muestras evaluadas respecto al resto de las muestras recolectadas en el Estado, este trabajo se centró en la evaluación de las características sensoriales y fisicoquímicas de dichas muestras. En el análisis sensorial se incluyó también una muestra de cacao fermentado y seco originario de Ghana, con la finalidad de identificar diferencias respecto al cacao producido en Tabasco, México.

Cuadro 1. Manejo poscosecha de la materia prima utilizada en la evaluación.

Variables	Beneficios						
	CA-07	CU-08	CO-10	CA-13	CA-14	CA-15	JM-17
Tipos fermentadores	Cajas de madera	Cajas de madera	Cajas de madera	Cajas de madera	Cajas plástica	Cajas de madera	Cajas de madera
Días de fermentación	7	5	7	8	7	8	6
¿Realiza prueba de corte?	No	No	No	No	No	No	Si
Tipos de secaderos	Natural, artificial	Artificial	Natural artificial				
Días de secado natural	3	8	5	5	6	-	3
Tiempo (h) en secado artificial	27	24	12	18	14	30	12
Frecuencia de volteo en secado natural (h)	4	4	1	1	4	-	1
¿Se clasifican los granos?	No	Si	No	No	No	No	Si

Preparación de las muestras

La evaluación sensorial se realizó sobre licor de cacao obtenido de las muestras provenientes de siete centros de beneficio de cacao en Tabasco. De acuerdo con el *Codex alimentarius*, el licor de cacao es el producto obtenido de la molienda de los granos de cacao libres de cáscara y germen, sin quitar ni añadir alguno de sus constituyentes. Para esto, se pesaron muestras de 500 g de cacao seco que se sometieron a torrefacción en un tostador con circulación de aire forzado a una temperatura de 145°C durante 30 minutos (Sukha *et al.*, 2008). Una vez tostados los granos se separó la cáscara y el germen de los cotiledones de forma manual para posteriormente moler el cotiledón en un molino de cuchillas GRINDOMIX GM 300, con dos cuchillas afiladas y motor de ~ 900 w a una velocidad: 8,000 rpm por 2 minutos en cuatro ciclos de molienda para obtener un producto finamente molido y de consistencia uniforme. El producto se colocó en recipientes de vidrio debidamente etiquetados para identificar el origen de cada muestra y se almacenó a 7 °C hasta el momento de la evaluación sensorial Figura 1.

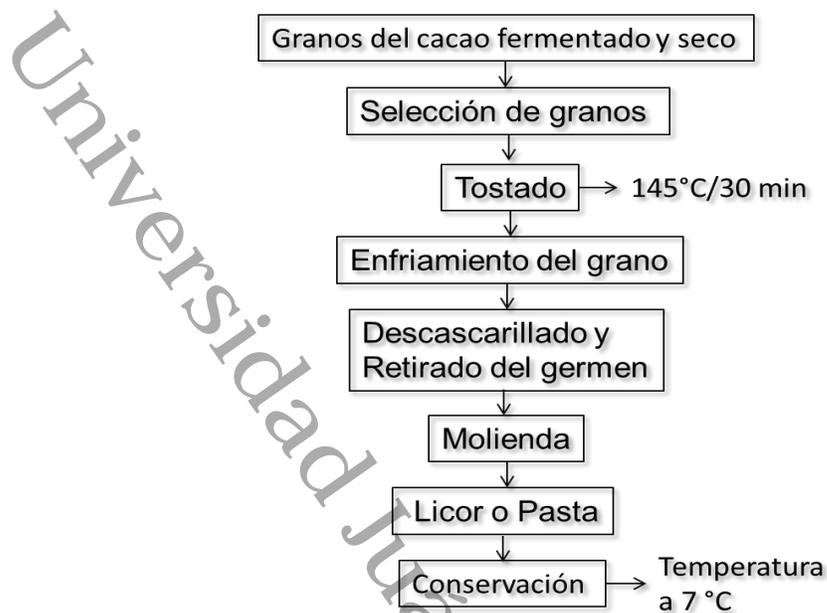


Figura 1: Diagrama de flujo para la elaboración de licor de cacao

Selección y entrenamiento del panel

La evaluación se realizó por medio de un panel entrenado, constituido de ocho miembros (5 hombres y 3 mujeres) quienes evaluaron las muestras en Laboratorio de Evaluación Sensorial del Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias (CICA) de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Tanto para la selección previa de los jueces como para los procesos de entrenamiento, generación de descriptores y calibración del panel se tomó como base el procedimiento para el Análisis Descriptivo Cuantitativo® (ADC) descrito por Lawless y Heymann (2010). Para el entrenamiento se llevaron a cabo 5 sesiones, con duración de 60 minutos, para las cuales se prepararon muestras de licor de cacao para familiarizar a los jueces con las características del producto. Durante estas sesiones el panel generó y definió los descriptores siguientes: aroma a cacao, acidez, amargo, astringente, frutal, nuez, mohoso, verde/crudo, humo, sabor extraño, color marrón y sabor residual. Las definiciones de los descriptores evaluados se muestran en el (Cuadro 2). Los resultados de las sesiones de entrenamiento se sometieron a análisis de varianza ($p < 0.05$) para evaluar el grado de calibración del panel, considerando su capacidad discriminativa y la repetibilidad individual de los jueces, según lo sugerido por Melo *et al.* (2009).

Evaluación de las muestras

Para la evaluación sensorial las muestras de licor de cacao se llevaron a una temperatura de 40 a 45°C. Los jueces evaluaron las muestras en cabinas individuales con aire acondicionado (22°C) de manera monádica secuencial, respetando un método estandarizado de presentación y reduciendo la distracción y la interacción entre los jueces (Lawless et Heymann, 2010). A cada juez se le proporcionaron galletas y agua sin sabor para limpiar el paladar después de cada muestra. Los jueces evaluaron los atributos de cada muestra sobre una escala de 0 a 10, con términos anclas colocadas a cada extremo, correspondientes a los niveles mínimos y máximos de la intensidad esperada para cada descriptor. Las muestras se evaluaron por triplicado y se realizó una sesión por día.

Análisis Estadístico

Los resultados de las variables fisicoquímicas y sensoriales se analizaron mediante un análisis de varianza, para determinar diferencias significativas entre las muestras. Asimismo se llevó a cabo una prueba de Tukey, en ambos casos el análisis se realizó con un nivel de confiabilidad del 95%. Adicionalmente se realizó un análisis de componentes principales (ACP) mediante el software XLSTAT 2015.3.01.1916.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis fisicoquímico

Los resultados que las muestras indicaron valores homogéneos estadísticamente en cuanto al contenido de humedad. En relación con la acidez titulable, pH y porcentaje de cenizas, se observaron diferencias significativas entre las muestras, el mayor contenido de cenizas se obtuvo en la muestra HUI-015 originaria de Huimanguillo. El mayor pH (menor acidez) se observó en la muestra CO-008 y el menor en la muestra CA-013 (Cuadro 3). En relación con el pH, Meyer (1989) indica que valores de 4.5 disminuyen el potencial aromático del cacao, por lo que valores de 5.0 a 5.5 incrementan dicho potencial. Un rango de pH entre 5.5 y 5.8 es considerado recomendable según Jinap y

Dimick (1990). Los valores de humedad son similares a lo reportado (6 a 8) por Afoakwa *et al.* (2008).

Cuadro 2. Principales descriptores utilizados para la evaluación de la calidad sensorial del licor de cacao.

Descriptores	Definiciones	Referencias
Aroma cacao	Sabor típico de granos de cacao bien fermentados, secos y tostados	Cacao fermentado y tostado
Acidez	Describe licores con sabor ácido; expresan la presencia de ácidos volátiles y no volátiles	Ácido cítrico
Amargo	Describe un sabor fuerte y amargo, en respuesta a una falta de fermentación	Café, cerveza, toronja.
Astringente	Muestras que dejan una sensación fuerte de sequedad o borrosa en la boca	Mango verde, carambola pintona
Frutal	Describe la reminiscencia aromática de frutas	Fruta seca madura
Nuez	Describe el sabor y aroma de granos y nuez	Sabor de nueces mixtas
Mohoso	Rancio, un indicativo de sabor de una bodega mal ventilado	Sabor a pan viejo, musgo
Verde/Crudo	Muestras con sabor manchoso-crudo	Aroma de cis-3-hexemol
Humo	Licores contaminados por humo de madera, por el uso de prácticas de secado artificial	Una nota madera quemada
Sabor extraño	Presencia de sabores ajenos al cacao	Químico, lubricantes
Color marrón	Marrón claro a marrón oscuro	Marrón oscuro
Sabor residual	Sabor que queda en la boca después de haber probado o tomado una sustancia	Nulo-Intenso

Cuadro 3. Características fisicoquímicas de muestras seleccionadas de cacao de Tabasco, México.

Municipio	Muestras	Humedad (%)	pH	Acidez (%)	Cenizas (%)
Cárdenas	CA-007	6.0 ^{ab}	5.18 ^f	0.8 ^{cd}	2.7 ^{abc}
Comalcalco	CO-008	6.0 ^{ab}	6.23 ^h	0.5 ^a	2.3 ^a
Cunduacán	CU-010	6.0 ^{ab}	4.88 ^{abc}	1.4 ^{ij}	2.3 ^a
Cárdenas	CA-013	5.0 ^a	4.77 ^a	1.7 ^k	1.9 ^a
Cárdenas	CA-014	6.0 ^{ab}	5.5 ^f	0.7 ^{ab}	2.4 ^{ab}
Huimanguillo	HUI-015	7.0 ^{ab}	5.03 ^{de}	1.1 ^{fgh}	3.6 ^{cd}
Jalpa de Méndez	JM-017	6.0 ^{ab}	5.11 ^{ef}	1.0 ^{de}	2.7 ^{abc}

Valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Perfil sensorial

Respecto de la prueba sensorial se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre las muestras en cinco de los 12 descriptores evaluados, tales características fueron aroma a cacao, acidez, sabor amargo, sabor extraño y color marrón (Cuadro 4). Asimismo, se obtuvo que los descriptores con mayor intensidad fueron color marrón y sabor amargo de la muestra CO-10 y aroma cacao y acidez de la muestra CA-15. Al respecto, Sukha *et al.* (2008) optimizaron un método de evaluación sensorial de licores de cacao para determinar cuáles fueron los atributos sensoriales diferentes entre muestras de granos de Ghana (clasificado como corriente u ordinario) y muestras de granos de origen Trinidad (clasificado como fino o de aroma). Sus resultados ilustraron que la muestra de Ghana fue caracterizado por tener las notas altas para los sabores cacao y nuez con amargura moderada y astringencia y muy poca acidez, afrutado, floral y crudo/verde. Portillo *et al.* (2006) mencionan que la fermentación incide en la intensidad aromática y la acidez, sin embargo no afecta el sabor amargo. Por su parte, Reed (2010) puntualiza que cuando la fermentación es adecuada, los granos deben ser de color marrón.

La muestra CU-08 fue calificada con valores mínimos para los sabores básicos, asimismo obtuvo las notas más altas para los atributos desagradables correspondientes a verde/crudo y mohoso. Wood y Lass (1985) mencionan que los granos con mohos internos son las causas más importantes de malos sabores durante el procesamiento del chocolate. Cabe señalar que la muestra testigo (de Ghana) resultó mejor calificada para el color marrón y registró la más baja calificación para los descriptores verde/crudo, mohoso y nuez. Estos resultados permiten concluir que las muestras CA-14, CA-15 y JM-17 (Figura 2) fueron los más destacados en cuanto a los atributos de calidad sensorial que requiere el mercado internacional. Cabe destacar que la muestra CA-14 proviene de cacao fermentado en cajas plásticas durante 7 días, fue secado al sol por 6 días, seguidos de secado artificial 14 h. La frecuencia de volteo en el secado al sol fue de 4 h. El cacao de la muestra CA-15 fue fermentado en cajas de madera durante 8 días y se secó artificialmente por 30 h. Finalmente, la muestra JM-17 proviene de cacao fermentado en cajas de madera por 6 días, se secó tanto al sol como por secado artificial durante 3 días y 12 h, respectivamente (Cuadro 1). Esto significa que aun diferentes tipos

de manejo pueden producir un cacao de buena calidad, siempre y cuando dicho proceso sea apto para el tipo de cacao en cuestión y por ende permita desarrollar las características deseables en el producto.

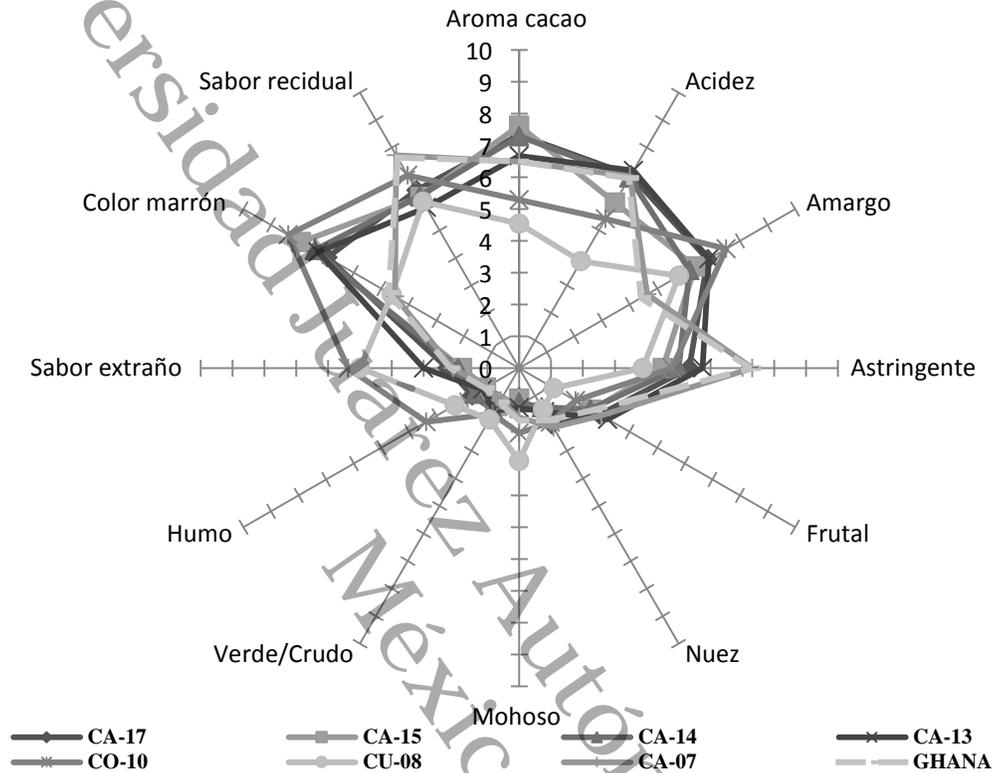


Figura 2: Perfil sensorial de muestras de cacao recolectado en Tabasco, México y muestra testigo de Ghana.

Análisis de componentes principales (ACP)

En el ACP se extrajeron tres componentes principales con autovalores mayores a 1.0 (Cuadro 5). Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron 80.26% de la variabilidad total. El 52.66% de la variabilidad correspondió al primer componente. Cuyas variables asociadas fueron los atributos de verde/Crudo, sabor extraño, acidez, frutal, humo, aroma cacao, astringente y mohoso, lo cual indica que éstos atributos fueron determinantes en la diferenciación de las muestras. El componente 2 contribuyó en explicar el 27.60% de la variabilidad total, las variables asociadas a éste fueron el color marrón, sabor astringente y sabor residual, los cuales influyeron de manera positiva en

mayor proporción para discriminar la calidad sensorial de las muestras. En cuanto al CP3 este explicó el 12.72% de la variabilidad total y el atributo asociado fue el sabor a nuez.

La Figura 3 ilustra la relación entre las variables y las tratamientos (muestras) mediante los dos primeros componentes, donde se observa que las muestras CA-13, CA-14, CA-15 y JM-17 formaron un grupo homogéneo caracterizado por el aroma cacao, frutal y la acidez, mientras que los tratamientos CO-10 y CU-08 se relacionaron con las variables de olor a humo, sabor extraño y mohoso. Finalmente, el tratamiento CA-07 y el cacao de Ghana se caracterizaron por las variables de sabor a nuez, astringencia y sabor residual. Vázquez-Ovando *et al.* (2015) al analizar muestras de cacao de la región Soconusco, México encontraron un perfil sensorial donde se destaca el sabor dulce, poco sabor amargo, sabor a chocolate y olores avellanas.

Cuadro 4. Descriptores sensoriales evaluados en muestras de cacao de Tabasco, México.

Descriptores	Muestras							
	CA-07	CU-08	CO-10	CA-13	CA-14	CA-15	JM-17	Ghana
Aroma cacao	7.29 ^c	4.54 ^a	5.29 ^{ab}	6.67 ^{bc}	7.29 ^c	7.63 ^c	7.33 ^c	7.42 ^c
Acidez	6.50 ^c	3.88 ^{ab}	5.42 ^{bc}	7.17 ^c	7.29 ^c	7.63 ^c	7.00 ^c	3.25 ^a
Amargo	6.79 ^a	5.79 ^{ab}	7.50 ^b	6.38 ^{ab}	6.17 ^{ab}	6.38 ^{ab}	6.83 ^{ab}	4.96 ^{ab}
Astringencia	5.17 ^a	3.88 ^a	4.79 ^a	5.75 ^a	5.00 ^a	4.50 ^a	5.33 ^a	3.46 ^a
Frutal	2.25 ^a	1.25 ^a	2.04 ^a	3.21 ^a	2.58 ^a	2.62 ^a	5.33 ^a	3.46 ^a
Nuez	1.54 ^a	1.50 ^a	1.96 ^a	1.58 ^a	1.42 ^a	1.71 ^a	2.04 ^a	1.42 ^a
Mohoso	1.21 ^a	2.92 ^a	2.04 ^a	1.25 ^a	1.08 ^a	0.96 ^a	0.92 ^a	1.04 ^a
Verde/crudo	1.42 ^a	1.88 ^a	1.67 ^a	1.54 ^a	1.58 ^a	1.38 ^a	1.54 ^a	1.00 ^a
Humo	1.71 ^a	2.33 ^a	3.38 ^a	1.33 ^a	1.63 ^a	1.21 ^a	1.71 ^a	1.83 ^a
Sabor extraño	2.13 ^a	5.00 ^b	5.38 ^b	3.00 ^{ab}	1.92 ^a	1.79 ^a	2.25 ^a	2.88 ^{ab}
Color marrón	7.29 ^b	4.63 ^a	8.38 ^b	7.29 ^b	7.42 ^b	7.92 ^b	6.42 ^a	8.63 ^b
Sabor residual	6.25 ^a	6.04 ^a	7.00 ^a	5.83 ^a	6.25 ^a	6.21 ^a	6.42 ^a	5.88 ^a

Valores con letras distintas en la misma fila son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

Cuadro 5. Valores propios y eigenvectores de los componentes principales extraídos en el análisis de muestras de cacao de Tabasco, México.

CP ejes	CP1	CP2	CP3
Valor propio	6.3192	3.3120	1.5265
Varianza absoluta (%)	0.5266	0.2760	0.1272
Varianza acumulado (%)	0.5266	0.8026	0.9298
Variables		Eigenvectores	
Aroma cacao	0.6254*	0.3147	0.0058
Acidez	0.8078*	0.0604	0.0211
Amargo	0.2124	0.5750*	0.1908
Astringente	0.6174*	0.2684	0.0220
Frutal	0.7832*	0.0976	0.0266
Nuez	0.1757	0.1854	0.4986*
Mohoso	0.5862*	0.3890	0.0099
Verde/Crudo	0.8271*	0.0802	0.0097
Humo	0.6611*	0.0011	0.2961
Sabor extraño	0.8119*	0.0443	0.0945
Color marrón	0.0163	0.7328*	0.1808
Sabor residual	0.1948	0.5631*	0.1705

*Significativo de acuerdo con Keiser (1960).

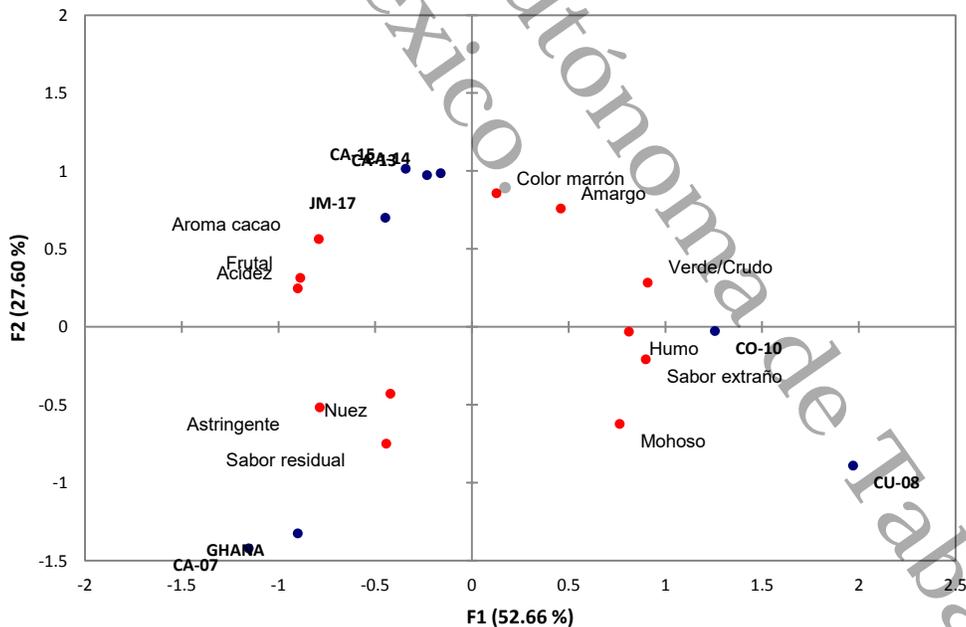


Figura 3: Análisis de componentes principales con CP1 y CP2, los cuales explican el 80.26% de las variaciones de las 8 muestras y las variables con mayores aportaciones.

CONCLUSIONES

Las muestras CA-14, CA-15 y JM-17, provenientes del municipio de Cárdenas y de Jalpa de Méndez, respectivamente, fueron las más destacadas en cuanto a los atributos sensoriales que requiere el mercado internacional. Las muestras con mejores características provienen de beneficios de cacao con diferente manejo poscosecha, lo cual indica que diferentes tipos de manejo pueden dar como resultado un cacao de buena calidad, siempre y cuando dicho proceso sea apto para el tipo de cacao en cuestión y, por ende, permita desarrollar las características deseables en el producto.

BIBLIOGRAFÍA

- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M. and Ryan, A. 2008. Flavour formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical Review Food Science Nutrition*. 48(9): 840-857.
- Beckett, S.T. 2011. *Industrial chocolate manufacture and use*. John Wiley & Sons 720p.
- Córdova-Avalos, V., Mendoza-Palacios, J.D., Vargas-Villamil, L., Izquierdo-Reyes, F. y Ortiz-García, C.F. 2008. Participación de las asociaciones campesinas en el acopio y comercialización de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 24(2): 147-158.
- Diario Oficial de la Federación. 2014. NMX-FF-118-SCFI-2014 Productos Agrícolas no Industrializados -Cacao en Grano (*Theobroma cacao* L): Especificaciones y Métodos de Prueba. Secretaría de Comercio y Fomento Industrias, Dirección Nacional de Normas. DOF 22 de mayo de 2014.
- García-Alamilla, P., Salgado-Cervantes, M.A., Barel, M., Berthomieu, G., Rodríguez-Jimenes, G.C. and García-Alvarado, M.A. 2007. Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying. *J. Food Engineering*. 79: 1159-1165.
- Jinap, S. and Dimick, P.S. 1990. Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *Journal of Food Science*. 55(2): 547-550.
- Keiser, H.F. 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*. 20:141-151.

- Lawless, H.T. and Heymann, H. 2010. Descriptive Analysis. In Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. Springer. pp. 227–253.
- Lima, L.J.R., Almeida, M.H., Nout, M.J.R., Zwietering, M.H. 2011. *Theobroma cacao* L., “the food of the gods”: quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of the fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 51(8):731-761.
- Melo, L.L.M., Bolini, H.M.A. and Efraim, P. 2009. Sensory profile, acceptability, and their relationship for diabetic/reduced calorie chocolates. *Food Quality and Preference*. 20(2): 138-143.
- Meyer, B., Biehl, B., Said, M.B. and Samarakoddy, R.J. 1989. Post-harvest pod storage: A method for pulp preconditioning to impair strong nib acidification during cocoa fermentation in Malaysia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 48(3): 285-304.
- Portillo, E., de Fariñas, L.G. y Cros, E. 2006. Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 23(1): 49-57.
- Reed, S. 2010. Sensory analysis of chocolate liquor. *Manufacturing Confectioner*. 90: 43-52.
- Rodríguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H.B., Contreras-Ramos, S.M., Orozco-Avila, I., Jaramillo-Flores, E. and Lugo-Cervantes, E. 2012. Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*. 132(1): 277-288.
- Ruíz-Álvarez, O., Ortega-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M.A., Ontiveros, C.R.E. y López-López, R. 2012. Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*. 28:1-14.
- Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J. 1999. Introducción al análisis de los alimentos. Edición de la Universidad de Barcelona, España. pp. 28 - 215.
- Sukha, D.A., Butler, D.R., Umaharan, P. and Boulton, E. 2008. The use of an optimised organoleptic assessment protocol to describe and quantify different flavour attributes of cocoa liquors made from Ghana and Trinitario beans. *European Food Research and Technology*. 226(3): 405-413.

Tixier, C. 2013. De l'arbre à cacao au chocolat: voyage à la source des arômes et des saveurs. *Phytothérapie*. 11(2): 79-84.

Vázquez-Ovando, A., Chacón-Martínez, L., Betancur-Ancona, D., Escalona-Buendía, H. and Salvador-Figueroa, M. 2015. Sensory descriptors of cocoa beans from cultivated trees of Soconusco, Chiapas, Mexico. *Food Science and Technology*. 35(2): 285-290.

Wood, G.A.R., Lass, R.A. 1985. *Cocoa*, 4th ed. Blackwell Science. London. UK. 620p.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

V. CONCLUSIONES GENERALES

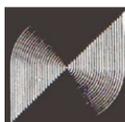
1. En los beneficios de cacao en el estado de Tabasco no aplican métodos adecuados para procesar granos de cacao. Es decir, están limitados en cuanto a la adopción de métodos y tecnologías para optimizar los procesos de fermentación y secado. Sin embargo, los espacios físicos de los centros de beneficios en gran medida resultan convenientes para realizar dichos procesos. Es importante remarcar que la falta de control en las prácticas de cosecha, aguante de mazorcas y las mezclas de granos de diferentes variedades dificultan un buen proceso de fermentación. Asimismo, procesos como el control de calidad y la trazabilidad son casi inexistentes en toda la cadena del manejo poscosecha en Tabasco. Así, existe falta de información sobre las diferentes prácticas a lo largo de la cadena de producción, desde el manejo de cultivo, la cosecha, apertura de mazorca y desgrane, así como de la fermentación y el secado hasta la industria, lo cual condiciona el precio y la entrada a un nicho de mercado para cacao fino y de aroma, dispuesto a pagar sobrepagos por cacao de alta calidad. La caracterización del proceso de manejo poscosecha del grano de cacao en la región productora de Tabasco permite conocer la problemática en el sistema de manejo poscosecha en el Estado y puede representar un precedente muy valioso para estudios posteriores que puedan incursionar en aspectos complementarios asociados a la calidad, manejo y procesos en la producción de cacao en el estado de Tabasco.
2. Los resultados de la caracterización física, morfológica y fisicoquímicas de las muestras de cacaos obtenidos en el Estado mostraron gran variabilidad en los diferentes tipos de características evaluadas. Sin embargo, se identificaron dos agrupamientos basados en las características morfológicas y en los parámetros fisicoquímicos, respectivamente, lo que se relaciona con las mezclas de diferentes tipos de grano procesadas y con las similitudes entre los beneficios en cuanto al manejo poscosecha del producto.
3. Las muestras CA-14, CA-15 y JM-17, provenientes del municipio de Cárdenas y de Jalpa de Méndez, respectivamente, fueron las más destacadas en cuanto a los atributos sensoriales que requiere el mercado internacional. Las muestras con mejores características provienen de beneficios de cacao con diferente manejo poscosecha, lo cual indica que diferentes tipos de manejo pueden dar como resultado

un cacao de buena calidad, siempre y cuando dicho proceso sea apto para el tipo de cacao en cuestión y, por ende, permita desarrollar las características deseables en el producto.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

VI. ANEXOS

1. Anexo Capítulo I. Carta de recepción del artículo enviado a la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD).



Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo

20 de enero de 2016

CARTA RECEPCIÓN

Cleomé Abel:

Le comunico haber recibido su contribución para iniciar el proceso en la revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo (ASyD). Al artículo se le asignó la clave ASD-16-004.

Título: CARACTERIZACION DEL PROCESO DE BENEFICIO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL ESTADO DE TABASCO.

Autores: Cleomé Abel, Rosa Ma. Salinas-Hernández, Julián Pérez-Flores, José Gervasio Partida Sedas, Argentina Argumedo Bravo, Pedro García Alamilla, Fidel Ulín-Montejo.

Su contribución ha sido formalmente recibida. Copias de la misma serán enviadas a dos árbitros y a un editor, quienes evaluarán su contenido. Oportunamente se le comunicará los dictámenes respectivos.

El Director de ASyD

Dr. Benito Ramírez Valverde

Revista incluida en el Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT



Guerrero Núm. 9. Esquina Avenida Hidalgo. 56220. San Luis Huexotla. Texcoco, Estado de México.
(595) 928-40-13 • asyd@colpos.mx

2. Anexo Capítulo II. Acuse de recibo del artículo enviado a la revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios (ERA).

[ERA] Acuse de recibo de envío

De: **Dr. Efraín de la Cruz Lázaro** (ecosistemas.era@gmail.com)
Enviado: martes, 02 de febrero de 2016 07:05:11 a.m.
Para: Dra Rosa Ma Salinas Hernández (rosalinasmx@hotmail.com)

Dra Rosa Ma Salinas Hernández:

Gracias por enviar el manuscrito "CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MORFOLÓGICAS Y FÍSICOQUÍMICAS DE CACAO FERMENTADO Y SECO DE TABASCO, MÉXICO" a Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial.

URL del manuscrito:

<http://132.248.10.25/era/index.php/rera/author/submission/1011>

Nombre de usuario/a: rosa-salinas

En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro
Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

Ecosistemas y
Recursos Agropecuarios <http://132.248.10.25/era/index.php/era>

Manejo poscosecha de cacao (theobroma cacao L.) En tabasco e influencia en la calidad fisicoquímica y sensorial

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	edoc.pub Internet	207 palabras — 2%
2	core.ac.uk Internet	170 palabras — 1%
3	docplayer.es Internet	52 palabras — < 1%
4	www.tabasco.gob.mx Internet	50 palabras — < 1%
5	repositorio.espam.edu.ec Internet	49 palabras — < 1%
6	1library.co Internet	48 palabras — < 1%
7	www.scribd.com Internet	47 palabras — < 1%
8	tel.archives-ouvertes.fr Internet	45 palabras — < 1%
9	www.slideshare.net Internet	44 palabras — < 1%

10	cacaofcaug.files.wordpress.com Internet	30 palabras — < 1%
11	pirhua.udep.edu.pe Internet	29 palabras — < 1%
12	www.repositorio.unicamp.br Internet	29 palabras — < 1%
13	dialnet.unirioja.es Internet	28 palabras — < 1%
14	docslib.org Internet	26 palabras — < 1%
15	link.springer.com Internet	26 palabras — < 1%
16	repositorio.udea.edu.co Internet	24 palabras — < 1%
17	www.researchgate.net Internet	23 palabras — < 1%
18	www.mdpi.com Internet	22 palabras — < 1%
19	nanopdf.com Internet	21 palabras — < 1%
20	repositorio.chapingo.edu.mx Internet	20 palabras — < 1%
21	www.worldcocoafoundation.org Internet	19 palabras — < 1%

22

Internet

18 palabras — < 1%

23

tangara.uis.edu.co

Internet

18 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 18 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.