

Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*) DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO

PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*) OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO

C. Tinajero-Carrizales, A.L. González-Pérez, G.C. Rodríguez-Castillejos, G. Castañón-Nájera y R. Ruíz-Salazar.

COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*)
DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO.

PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*)
OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO.

**COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*)
DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO**

**PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*)
OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO**

C. Tinajero-Carrizales,
A.L. González-Pérez,
G.C. Rodríguez-Castillejos,
G. Castañón-Nájera
y R. Ruiz-Salazar

**COMPARACIÓN
PROXIMAL EN CACAO
(*Theobroma cacao*) Y
PATAXTE (*T. bicolor*) DE
TABASCO Y CHIAPAS,
MÉXICO**

**PROXIMAL COMPARISON
IN COCOA (*Theobroma cacao*)
AND PATAXTE (*T. bicolor*)
OF TABASCO AND
CHIAPAS, MEXICO**

POLIBOTÁNICA
Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 135-149. Julio 2021

DOI:
[10.18387/polbotanica.52.10](https://doi.org/10.18387/polbotanica.52.10)

C. Tinajero-Carrizales

A.L. González-Pérez

G.C. Rodríguez-Castillejos

*Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Aztlán,
Universidad Autónoma de Tamaulipas,*

Calle 16 y Lago de Chapala S/N, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

G. Castañón-Nájera

División Académica de Ciencias Biológicas,

*Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas,
Entronque Bosques de Saloya, kilómetro 0.5, C.P. 86040,
Villahermosa, Tabasco, México.*

R. Ruiz-Salazar / regulo.ruiz@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6579-6458>

*Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Aztlán,
Universidad Autónoma de Tamaulipas,*

Calle 16 y Lago de Chapala S/N, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

RESUMEN: En México, las principales zonas productoras de cacao (*Theobroma cacao*) y pataxte (*T. bicolor*) se encuentran en los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao y pataxte se consumen de diversas maneras, de entre las cuales la más común es la mezcla de maíz y cacao (pozol). El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización proximal de semilla de las variedades de cacao: Guayaquil, Criollo, Calabacillo, Patastillo y Pataxte. Se colectaron frutos maduros de cacao y pataxte en 43 localidades de Tabasco y Chiapas. A las colectas se les determinó: contenido de humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra e hidratos de carbono. Con la finalidad de determinar diferencias estadísticas significativas entre los distintos parámetros analizados, se realizó una prueba de comparación mediante la prueba de Duncan; además, del análisis multivariado, de componentes principales (ACP) y conglomerados (AC). Los resultados indicaron que no existen diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) para contenido de ceniza e hidratos de carbono entre las colectas estudiadas de cacao y pataxte. Respecto al contenido de fibra y humedad, el Pataxte presentó diferencias (3.1 ± 0.8 y 20.5 ± 12.0 g/100 g), mientras que las variedades Calabacillo y Patastillo, mostraron mayor contenido de proteínas (18.9 ± 7.5 y 17.2 ± 6.1 g/100g, respectivamente), la mayor cantidad de hidratos de carbono y menor contenido de fibra correspondió a la variedad “Guayaquil” (37.3 ± 11.9 y 1.8 ± 0.6 g/100 g, respectivamente). Los resultados encontrados en esta investigación presentan un panorama general del contenido proximal de las colectas de cacao y pataxte que se cultivan en los Estados de Tabasco y Chiapas, y con base en ello pueden seleccionarse de acuerdo con el atributo de interés que requiera el productor, para su venta a la industria chocolatera.

Palabras clave: Análisis bromatológico, contenido de grasas, cacao, pataxte, proteína.

ABSTRACT: In Mexico, the main producing areas for cocoa (*Theobroma cacao*) and pataxte (*T. bicolor*) are in Tabasco and Chiapas states. Cocoa and pataxte are consumed in different ways; the most common is the mixture corn and cocoa (pozol). The aim of this study was to carry out the proximal analysis in seeds of

cocoa varieties: Guayaquil, Criollo, Calabacillo, Patastillo, and Pataxte. Ripe fruits of cocoa and pataxte were collected in 43 localities in Tabasco and Chiapas. The collections were determined: moisture content, protein, ash, fat, fiber, and carbohydrates. With the means of the evaluated characteristics, Duncan's mean comparison test, and multivariate principal component (PCA) and cluster (AC) analyzes were performed. No differences were found for ash and carbohydrates content between cocoa and pataxte studied. Regarding fiber and moisture content, pataxte presented differences (3.1 ± 0.8 and 20.5 ± 12.0 g / 100 g), while Calabacillo and Patastillo showed more protein content (18.9 ± 7.5 and 17.2 ± 6.1 g / 100g), the highest content of carbohydrates and the lowest fiber corresponded to "Guayaquil" variety (37.3 ± 11.9 and 1.8 ± 0.6 g / 100 g). The results found in this research present a general panorama of cocoa and pataxte proximal content that are cultivated in the states of Tabasco and Chiapas and based on this they can be selected according to the attribute of interest that the producer requires for chocolate industries.

Keywords: Bromatological analysis; Fat content; Cocoa varieties; Protein.

INTRODUCCIÓN

El género *Theobroma* lo integran actualmente 22 especies. De estas, en México, se encuentran el cacao (*Theobroma cacao* L. y *T. angustifolium* L.) y el pataxte (*T. bicolor* Humb & Bonpl.) (Avendaño *et al.*, 2011). El cacao es una especie diploide ($2n=2x=20$), su ciclo vegetativo es perenne (Blanco, 2020), y es una de las especies cultivadas de mayor importancia comercial a nivel mundial (Schnell *et al.*, 2005). En cambio, el pataxte se encuentra en forma silvestre en algunas zonas del sureste de México. Se menciona en el Popol Vuh, donde también se le llama BALAM-TE, y en las tierras altas mayas se conoce como Pek o Pec (Arriaga, 2007). Se encontraron restos de la pulpa del pataxte color anaranjada/rosada en vasijas de cerámica en Tikal, (Guatemala) que datan de hace 2000 años (Cáceres, 2015). El pataxte se comercializa en la república mexicana solamente en los estados de Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Yucatán (Cervantes-Martínez *et al.*, 2006; Nájera, 2011), por lo que tiene menor difusión que el cacao (Gálvez-Marroquín *et al.*, 2016; Vela, 2020). En Suramérica se tiene reportada la presencia del pataxte en países como Ecuador, Venezuela, Brasil, Perú, Colombia y Surinam (Tigrero & Sanclemente, 2018). En este sentido diversos estudios hacen referencia a que en estos países el pataxte se consume y comercializa en pequeña escala de manera regional, donde la pulpa se vende cruda o de manera natural (fruto entero), y se usa como ingrediente principal para la elaboración de bebidas espumosas refrescantes y helados; en cuanto a las semillas, éstas se consumen cocidas a las brasas (Caballero-Pérez, 2014; Gálvez-Marroquín *et al.*, 2016; González-Coral & Torres-Reyna, 2010; González *et al.*, 2016; Quinteros, Quinteros, Chumacero, & Castro, 2018). Sánchez Gutiérrez *et al.* (2017) mencionan que en México la mayor parte de la producción de cacao se localiza en Chiapas y Tabasco, ambos estados suman 61,444 ha de superficie sembrada y de ella dependen 47 mil productores, cabe mencionar que 96% de la superficie cacaotera se encuentra en la región de la Chontalpa (Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo y Paraíso) en Tabasco y 4% en la región Sierra y El Soconusco (Chiapas). Por lo anterior, la región de la Chontalpa es la principal zona productora de cacao en México y es de ahí donde se han generado la mayoría de los estudios relacionados al cultivo de cacao.

El contenido proximal (humedad, ceniza, fibra, proteína, grasa y carbohidratos) de las variedades de cacao (Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo) y Pataxte (Pataste) de los Estados de Tabasco y Chiapas ha sido poco estudiada. Sin embargo, conocer la composición proximal permite un aprovechamiento integral del cultivo, lo cual es importante a la hora de diseñar formulaciones con determinado contenido de nutrientes, lo anterior puede lograrse mediante el empleo de determinada variedad. En su trabajo Sotelo & Alvarez (1991) analizaron proximalmente dos muestras silvestres de pataxte colectadas en Tapachula, Chiapas y determinaron el contenido de cafeína, teobromina, teofilina y grasa. Sin embargo, se le ha dado mayor importancia al cacao debido a su amplia difusión y usos entre los que destacan su aroma y sabor (Liendo *et al.*, 1997).

Por la importancia que tienen el cacao y el pataxte en Tabasco y Chiapas, el objetivo de la presente investigación fue realizar la caracterización proximal de las variedades comerciales de cacao: Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo; y la silvestre Pataxte, para conocer la composición nutricional de ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODO

Material de estudio

En el presente estudio se evaluaron 43 accesiones 36 pertenecen a cacao (*T. cacao L.*) de las variedades Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo. Las otras 7 accesiones corresponden a pataxte (*T. bicolor*). El método de muestreo consistió en ubicar y georreferenciar mediante equipo GPS (Garmin, E-Trex[®]) parcelas de cultivo en distintas localidades de los Estados de Tabasco y Chiapas, México donde se colectaron cinco frutos maduros por parcela de cacao y/o pataxte de manera aleatoria, posterior a ello, las colectas se etiquetaron mediante datos de pasaporte, la actividad anterior se realizó, durante los meses de agosto a diciembre de 2017 y enero de 2018, la información general de las accesiones (colectas) se muestra en el Cuadro 1.

Caracterización proximal

Después de realizadas las colectas de cacao y pataxte, a cada una de ellas se les asignó una identificación de pasaporte que incluía, número de colecta, variedad y lugar de procedencia. Lo anterior se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Genómica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACPBIOL) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Posteriormente en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se realizó la determinación proximal de semillas frescas obtenidas de frutos maduros de las variedades de cacao y pataxte ya mencionadas. En la caracterización proximal se consideraron los parámetros: materia grasa (G) por el método Soxhlet, proteína (P) determinada con el método Kjeldahl, ceniza (C) por incineración en mufla, fibra cruda (F) por digestión ácida y alcalina de la muestra (método Weende), humedad (H) en porcentaje por pérdida de peso en estufa, los hidratos de carbono (HC) se determinaron por diferencia respecto a los demás componentes medidos a cada colecta, donde: hidratos de carbono (%) = 100 % - (% humedad + % cenizas + % proteína + % fibra cruda). La determinación de las variables señaladas se realizó de acuerdo a como se indica en el manual de métodos analíticos de la AOAC (2012).

Cuadro 1. Datos generales de 43 colectas de cacao y pataxte procedentes de los estados de Tabasco y Chiapas, México.

Acrónimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
Aca	1	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	15°10'23.27"	92°41'59.93"
PLCa	2	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	15°10'23.27"	92°41'59.93"
Mca	3	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°8'20.6"	93°16'27.2"
RSCa	4	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Río seco	18°07'39.1"	93°18'02.9"
LceCa	5	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Los Cerros	18°02'14.7"	93°06'04.9"
LTCa	6	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	La Trinidad	18°09'12.0"	93°16'11.7"
LcrCa	7	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Las Cruces	18°07'36.5"	93°11'29"
CPCa	8	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	17°32'27.7"	92°55'86"

Acrónimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
Oca	9	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Paraíso	Oriente 1 ^a sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"
AECa	10	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Agua Escondida	17°29'14.3"	92°46'37.5"
ZPCa	11	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunúp y Pastal	17°28'22.1"	92°48'48.1"
Acr	12	<i>Criollo</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	17°58'38.21	92°18'18.0"
PLCr	13	<i>Criollo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	15°10'23.27"	92°41'59.93"
RSCr	14	<i>Criollo</i>	Tabasco	Cunduacán	Rio seco	18°21'12.2"	93°11'54.6"
OCr	15	<i>Criollo</i>	Tabasco	Paraíso	Oriente 1 ^a Sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"
CPCr	16	<i>Criollo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	18°07'27.7"	92°55'86"
GG	17	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Centro	González 1 ^a Sección	17°10'05"	93°04'58"
AG	18	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	17°58'38.21"	92°18'18.0"
ZG	19	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Chicomucelo	Zacapaola	15°10'23.27"	92°41'59.93"
PLG	20	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	18°21'12.2"	93°11'54.6"
MG	21	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°58'20.6"	93°16'27.2"
OG	22	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Paraíso	Oriente 1 ^a Sección	15°41'32.27"	92°18'36.61"
HG	23	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Cunduacán	Huapacal	18°03'2.52"	93°9'21.24"
RSG	24	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Cunduacán	Río Seco	18°07'39.1"	93°18'02.9"
CPG	25	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	15°41'12.26"	92°18'40.08"
ZPa	26	<i>Patastillo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Zacoalpa	15°10'23.27"	92°41'59.93"
MPa	27	<i>Patastillo</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°58'20.6"	93°16'27.2"
LCrPa	28	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Las Cruces	18°07'36.5"	93°11'29"
LTPa	29	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	La Trinidad	18°09'12"	93°16'11.7"
RSPa	30	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Río Seco	18°07'36.5"	93°11'29"
PPa	31	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Pechucalco	18°06'42.2"	93°11'13.6"
LCePa	32	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Los Cerros	18°02'14.7"	93°06'04.9"
ZPPa	33	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunú y Patastal	17°28'22.1"	92°48'48.1"
AEPa	34	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Aqua Escondida	17°29'14.3"	92°46'37.5"
CPPa	35	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	18°07'27.7"	92°55'86"
Opa	36	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Paraiso	Oriente 1 ^a Sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"

Acrónimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
NZPat	37	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Nueva Zelandia	17°54'05"	93°35'11"
YPat	38	<i>Pataxte</i>	Chiapas	Yajalón	Yajalón	25°01'15"	103°18'33"
LNPat	39	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Los Naranjos	17°54'05"	93°35'11"
HuPat	40	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Huimanguillo	17°50.5'39"	93° 23.1'04"
LCaPat	41	<i>Pataxte</i>	Chiapas	Pichucalco	Los Cascabeles	17°50'16"	93°11'33"
CPPat	42	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	17°32'45.1"	92°55'04.6"
ZPPat	43	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunúp y Patastal	17°29'14.64"	92°46'39.60"

Análisis estadístico

A cada una de las variables medidas en las accesiones de cacao y pataxte se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan. Con los resultados obtenidos del estudio proximal general, se realizó un análisis multivariado, de componentes principales (ACP) y conglomerados (AC), los tres tipos de análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS University Edition (SAS, 2017). Las figuras del contenido proximal se obtuvieron con el software SigmaPlot Versión 10 (Systat, 2006).

RESULTADOS

De manera general, en todas las accesiones de cacao y pataxte, el contenido de humedad fue de $17.76 \pm 5.0\%$, proteína $16.32 \pm 4.9\%$, grasa $24.70 \pm 6.7\%$, cenizas $2.23 \pm 0.4\%$, fibra $2.35 \pm 0.7\%$ y carbohidratos $36.61 \pm 10.7\%$ (Fig. 1). Por otro lado, los resultados por variedad indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) en el contenido de humedad, proteína y fibra (Cuadro 2). Los resultados del análisis proximal indicaron en promedio 20.5% de humedad, 15.4% de proteína, 2.2% de cenizas, 24.2% de grasa, 3.1% de fibra y 34.6% para hidratos de carbono.

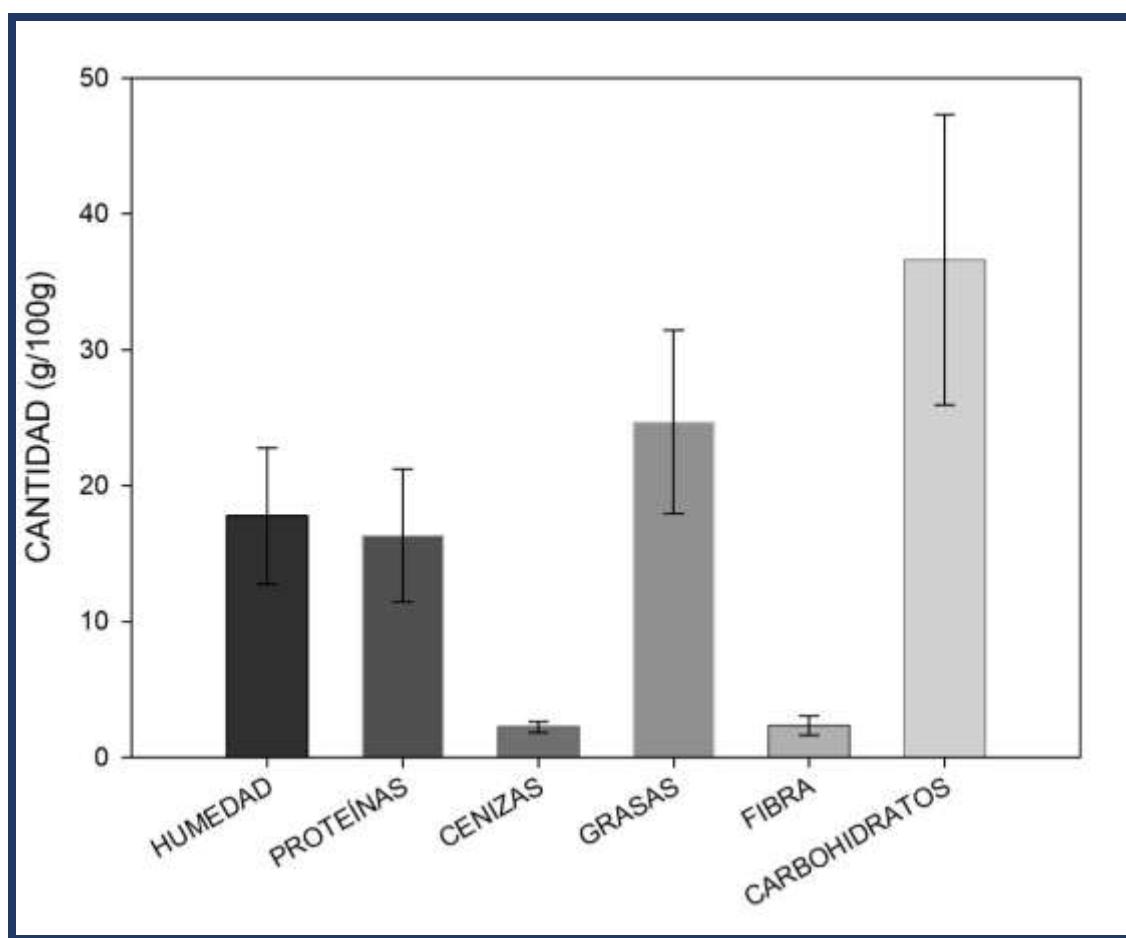


Fig. 1. Contenido proximal promedio de las variedades de cacao y pataxte evaluadas, donde las líneas dentro de las barras indican el valor de la desviación estándar.

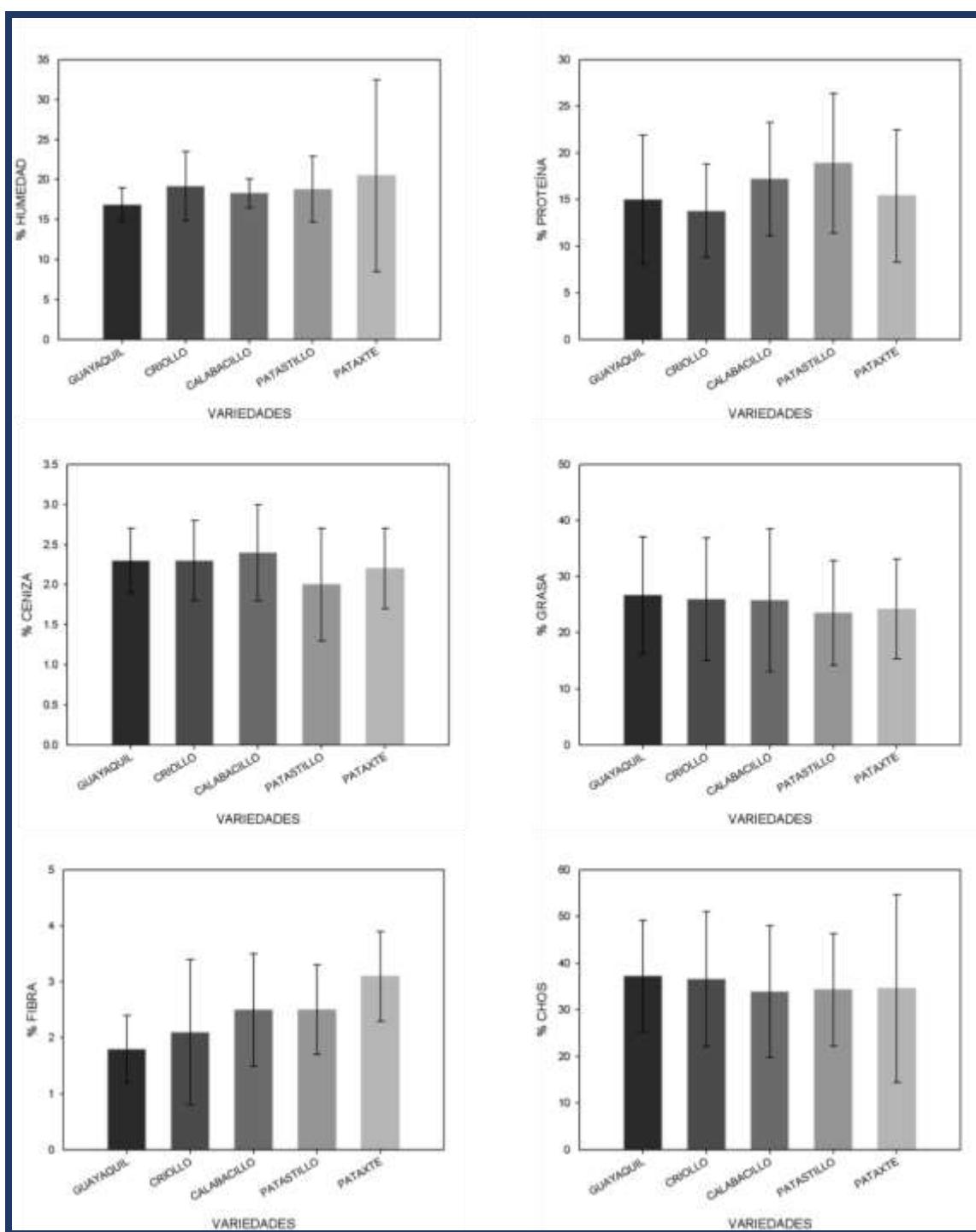


Fig. 2. Contenido proximal general de 43 accesiones de cacao y pataxte colectadas en los Estados de Tabasco y Chiapas, México.

Los resultados del análisis de comparación de medias para contenido de humedad no mostraron diferencias significativas para las variedades criollo, calabacillo y patastillo, sin embargo, se puede observar que la variedad Guayaquil (*T. cacao L.*) presentó diferencia significativa con respecto al pataxte (*T. bicolor*).

Cuadro 2. Medias del contenido proximal de frutos de cacao y pataxte (expresado en g por cada 100 g).

Variedad^f	N	Humedad	Proteína	Ceniza	Grasa	Fibra	*CHOS
Guayaquil	22	16.9 ± 2.1 ^c	15.0 ± 6.9 ^{ab}	2.3 ± 0.4 ^a	26.7 ± 10.4 ^a	1.8 ± 0.6 ^c	37.3 ± 11.9 ^a
Criollo	15	19.2 ± 4.3 ^{ab}	13.8 ± 5.0 ^b	2.3 ± 0.5 ^a	26.0 ± 10.9 ^a	2.1 ± 1.3 ^{bc}	36.6 ± 14.5 ^a
Calabacillo	42	18.3 ± 1.8 ^{bc}	17.2 ± 6.1 ^{ab}	2.4 ± 0.6 ^a	25.8 ± 12.7 ^a	2.5 ± 1.0 ^b	33.9 ± 14.1 ^a
Patastillo	31	18.8 ± 4.1 ^{abc}	18.9 ± 7.5 ^a	2.0 ± 0.7 ^a	23.5 ± 9.7 ^a	2.5 ± 0.8 ^b	34.3 ± 12.0 ^a
Pataxte	12	20.5 ± 12.0 ^a	15.4 ± 7.1 ^{ab}	2.2 ± 0.5 ^a	24.2 ± 8.9 ^a	3.1 ± 0.8 ^a	34.6 ± 20.1 ^a

*Prueba rango múltiple de medias de Duncan. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$); ^f= *T. cacao* (Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo) y *T. bicolor* (Pataxte).

El análisis de componentes principales (ACP) se realizó con la matriz de correlaciones (Cuadro 3) a partir de las variables medidas en las accesiones de cacao y pataxte en este estudio. En los resultados del ACP (Cuadro 4), se puede observar que los tres primeros componentes (humedad, proteína y ceniza), explicaron 81.98% de la variabilidad presente en el germoplasma evaluado.

Cuadro 3. Matriz de correlación de datos proximales en cacao y pataxte.

	Humedad	Proteína	Ceniza	Grasa	Fibra	CHOS
Humedad	1.000	0.229	-0.463	0.249	0.179	-0.726
Proteína		1.000	-0.419	-0.093	-0.075	-0.486
Ceniza			1.000	-0.016	-0.130	0.390
Grasa				1.000	-0.006	-0.704
Fibra					1.000	-0.107
CHOS						1.000

CHOS= Hidratos de carbono

Cuadro 4. Análisis de componentes principales obtenido a partir de seis variables medidas en cacao y pataxte.

Variables	CP1	CP2	CP3
Humedad	0.505*	0.003	0.174
Proteína	0.338	-0.527*	-0.340*
Ceniza	-0.399*	0.445*	-0.113
Grasa	0.329	0.692*	-0.155
Fibra	0.114	0.003	0.897*
Carbohidratos	-0.592*	-0.214	0.116
Autovalor	2.573*	1.278*	1.067*
Varianza explicada	0.429	0.213	0.178
Varianza acumulada	0.429	0.642	0.820

* Significativo de acuerdo con Kaiser (1960).

En la Figura 3 se muestra la agrupación de las 43 accesiones de cacao y pataxte resultado del análisis de conglomerados mediante el método UPGMA, a una distancia de 0.625 se formaron seis grupos o cluster. El cluster I (grupo I), lo formó la accesión NZPat (Nueva Zelanda Pataxte).

Forma similar de comportamiento lo mostró la accesión CPPa (Cerro de Puyacatengo Patastillo), es única en el grupo dos. En el grupo tres (Cluster III) se encuentran dos pataxtes (YPat, Yajalón Pataxte y LPat, Los Naranjos Pataxte). El grupo cuatro lo conformaron cinco accesiones (dos patastillos, dos pataxtes y un calabacillo), mientras que los grupos cinco y seis, fueron los que agruparon al mayor número de accesiones, 9 y 25 cada uno. En ambos grupos se observan principalmente accesiones de cacao y en cada uno de ellos (Cluster V y VI) un pataxte.

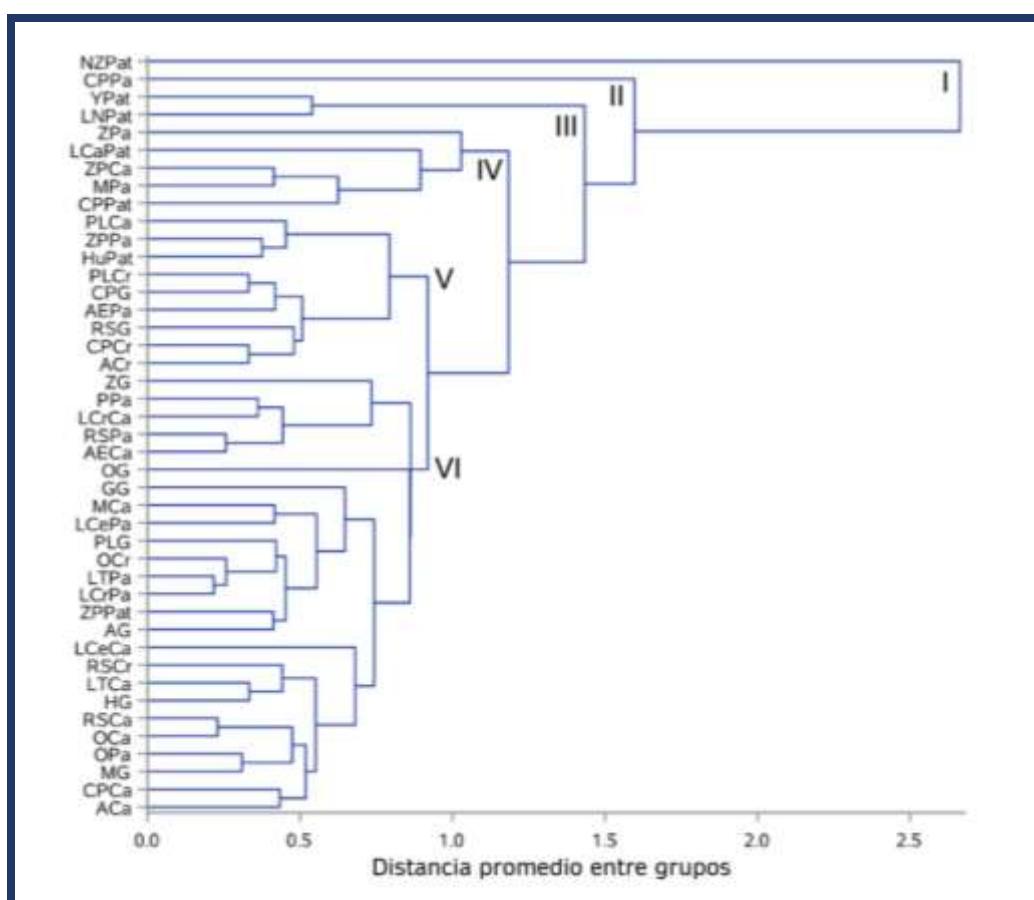


Fig. 3. Dendrograma de distancias de 43 colectas de cacao y pataxte de Tabasco y Chiapas, México.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se evaluó el contenido proximal en semilla fresca; sin embargo, se sabe que uno de los primeros procesos para el aprovechamiento de cacao es el tostado; en este sentido, Quinteros *et al.* (2018), evaluaron la temperatura y tiempo de tostado en la aceptabilidad sensorial de una pasta alimenticia de pataxte; reportaron el contenido proximal de las semillas tostadas, encontrando 7.09% para humedad, 16.8% para proteína, 51.14% para grasa, 12.6% de fibra, 3.08% de ceniza y 3.13% de hidratos de carbono totales. En semilla fresca las variables que arrojaron valores similares a la semilla tostada fueron cenizas (2.2% vs 3.08%) y proteína (15.4% vs 16.8%); lo cual indica que dichos nutrientes se conservan después del tratamiento térmico. De su investigación Quinteros *et al.* (2018) concluyeron que la producción de pasta alimenticia a partir de pataxte con un

tratamiento de tostado a temperatura de 140 °C y tiempo de 35 minutos produce pasta de pataxte con humedad de 2.54%, proteína 19.20%, grasa bruta 56.3%, fibra cruda 5.15%, ceniza 3.13%, azúcares 0.740% y polifenoles totales 2.142%.

La variación para contenido de humedad entre el material evaluado en la presente investigación son resultados similares a lo reportado para esa misma variable en cacao por Álvarez *et al.* (2010), pero superan a lo reportado por Pérez *et al.* (2002), quienes reportaron valores de humedad entre $2.66 \pm 0.11\%$ y $3.11 \pm 0.18\%$ para los genotipos de cacao estudiados y de $2.88 \pm 0.08\%$ para las muestras comerciales. Por otro lado, Vera-Chang *et al.* (2015), encontraron porcentajes de humedad inferiores a los del presente trabajo. Las diferencias en el contenido de humedad de cacao y pataxte se deben al tamaño de semilla (Rojas & Aristizábal, 2012); el pataxte mostró promedios de semilla de 30 mm, mientras que la de Guayaquil fue de 26 mm, por lo que el mayor tamaño de semilla aumenta su volumen y en consecuencia tiene mayor superficie de contacto con la humedad lo que permite mayor absorción de ésta. La humedad es un factor importante a considerar, dado que a mayor contenido aumenta la probabilidad de crecimiento microbiano o reacciones de oxidación en los alimentos; es clave en el almacenamiento y la pérdida de producto post-cosecha (Vera-Zambrano *et al.*, 2019).

La variedad Patastillo (*T. cacao*) presentó mayor contenido de proteína cruda (18.903 g/100 g), sin embargo, no mostró diferencias significativas al compararla con la accesión Guayaquil y pataxte (*T. bicolor*). Sin embargo, sí se encontró diferencias significativas con las accesiones de la variedad criollo. Lo anterior pudiera deberse al poco manejo agronómico que recibe esta variedad como lo es la aplicación de fertilizantes, raleo de frutos, control de plagas y malezas, lo cual es importante para incrementar la calidad de los frutos, además de que esta variedad se cultiva a pequeña escala, de manera tradicional, sin la aplicación de paquetes tecnológicos los cuales permiten optimizar su cultivo, aunque la mayoría de las veces solo se produce para consumo local. Un estudio proximal desarrollado por Martini *et al.* (2008) con pataxte y cacao en Brasil, arrojó valores de proteína de 19.07 g/100 g y 14.35 g/100 g respectivamente, que difieren de los encontrados en el pataxte. Esto puede deberse al manejo que se le da al cultivo (limpieza, poda, aplicación de plaguicidas y fertilizantes). Los resultados encontrados en la presente investigación superan al 9.37% de proteína cruda reportada por Ozung *et al.* (2016) en harina de cacao, y a los porcentajes de esta variable que encontraron Álvarez *et al.* (2007). Se ha reportado también en otros cultivos, que los factores ambientales, principalmente temperatura, humedad relativa y precipitación, afectan la composición proximal de los frutos y semillas (Chappell *et al.*, 2017; Ferreyra *et al.*, 2012).

En cuanto al contenido de cenizas, no se encontró diferencia significativa entre las variedades evaluadas para la variable referida. Resultados similares a los mencionados fueron reportados por Álvarez *et al.* (2010), quienes al evaluar la calidad comercial del grano de cacao (*T. cacao*) mediante dos fermentadores no encontraron diferencias para contenido de ceniza. Sin embargo Rojo-Poveda *et al.* (2020) en su artículo de revisión mencionan que el cacao y pataxte contienen 5.96 y 11.42 g/100 g de ceniza respectivamente. También para Ceniza, Proteína, Fibra y Carbohidratos, los valores de la presente investigación superaron a los reportados pulpa y semilla de dos morfotipos del fruto de macambo *T. bicolor* por Sifuentes (2017). El cacao es una fuente importante de minerales, destacando el alto contenido de magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe) y potasio (K); estos tienen efectos diversos sobre la salud humana. El Mg es indispensable para el buen funcionamiento de los músculos y la síntesis de proteínas; el Fe para el transporte de oxígeno; mientras que el Cu es co-factor de diversas enzimas (Calkosiński *et al.*, 2019), en el presente estudio se realizó una determinación de minerales totales (cenizas) lo cual incluye el resultado global del contenido global de minerales los valores obtenidos fueron de 2.0 a 2.4 g/100 g.

Con respecto a la determinación de grasa en pataxte y en las cuatro variedades de cacao no se encontró diferencia significativa entre ambas especies, pues para el caso del pataxte se obtuvo 24.2 g/100g y para las variedades de cacao fue 25.5 g/100 g, sin embargo, lo encontrado en este trabajo difiere para pataxte de lo reportado por Sotelo & Alvarez (1991) y Arriaga (2007), quienes encontraron 17.0 g/100 g, y 40.9 g/100 g respectivamente, pero

en el caso de cacao lo encontrado en la presente investigación, concuerda con lo encontrado por los investigadores antes citados, pues reportan 23.9 g/100 g en la variedad criollo contra los 26.0 g/100 g determinados para la misma variedad en el presente estudio (Cuadro 2), resultados similares a los reportados por Vera-Chang *et al.* (2015). Por su parte distintos autores (Álvarez *et al.*, 2007; Arriaga, 2007; Pérez *et al.*, 2002; Sol-Sánchez *et al.*, 2017); reportan contenido de grasa de cacao mayor a lo encontrado en esta investigación. Los lípidos son el principal componente del cacao, y son los que otorgan las propiedades de fusión al chocolate; en el contenido graso se encuentran tanto ácidos grasos saturados como insaturados (Calkosiński *et al.*, 2019).

En relación a contenido de fibra, obsérvese (Cuadro 2) que las medias para de las accesiones de pataxte o *T. bicolor* presentaron mayor promedio al mostrado por las accesiones pertenecientes a *T. cacao*, en cambio las variedades criollo, calabacillo y patastillo no fueron estadísticamente diferentes, por otra parte la variedad guayaquil resultó estadísticamente diferente del resto de las colectas de calabacillo, patastillo y pataxte, pues presentó el menor nivel de fibra (1.75 % en promedio), resultado muy inferior al 61.8% reportado por Ozung *et al.* (2016) para fibra cruda en harina de cacao.

Al comparar las medias para el contenido de hidratos de carbono, no se observaron diferencias significativas entre las accesiones evaluadas en el estudio, por lo anterior, si se desea aprovechar el contenido de hidratos de carbono puede utilizarse cualquiera de las variedades evaluadas en este estudio para este propósito (Cuadro 2). En el cacao la fibra está compuesta principalmente por fibra insoluble (Calkosiński *et al.*, 2019), esto es importante ya que el consumo de un mayor contenido de fibra se ha relacionado con reducción de adipocitos, menor inflamación y reducción en el riesgo de resistencia a la insulina (Dong, 2019). En el presente estudio, las variantes de pataxte fueron las que tuvieron mayor contenido de fibra, por lo que, si se quisiera generar un producto con alto contenido de fibra, el pataxte es la mejor opción para cumplir ese propósito, aunque el tiempo de secado de la semilla sería más largo, ya que tuvo mayor contenido de humedad. Por el contrario, si lo que se requiere es un producto con poca cantidad de fibra, la mejor opción es consumir productos de cacao obtenidos de la variedad Guayaquil.

De forma general, las diferencias encontradas en el análisis proximal del presente estudio con los mencionados pueden ser explicadas por la variabilidad genética, las condiciones climáticas y de cultivo.

En cuanto al análisis de componentes principales (Cuadro 4) se puede observar que con tres componentes se superó el 70.0% de la variación propuesta por Kaiser (1960), para considerar importante la variación explicada por las variables evaluadas. Se encontró variación similar al 85.03% de lo reportado por Chafla *et al.* (2016); pero superior al 71.95% obtenido por Pires *et al.* (2016) y al 48.9% de Rojas *et al.* (2017) en cacao chuncho del cusco Perú.

Estas diferencias con respecto a los últimos autores (Chafla *et al.*, 2016; Pires *et al.*, 2016; R. Rojas *et al.*, 2017) es posible que se deban a las condiciones de mayor altura y precipitación de las áreas de producción de cacao y pataxte de Venezuela (Pires *et al.*, 2016), y Perú (R. Rojas *et al.*, 2017). Del 82.0% de variación que explican los tres primeros componentes principales (CP), el CP1 explicó el 42.9%, y las variables que más contribuyeron en este componente fueron humedad, ceniza (negativa) y carbohidratos (negativa).

Resultados que coinciden en cuánto al valor de porcentaje explicado con lo reportado por Chafla *et al.* (2016), mientras que los CP2 y CP3 contribuyeron con el 21.9% y 17.8% respectivamente, y las variables importantes en cada uno de estos componentes son proteína (negativa), ceniza y grasa para CP2 y proteína (negativa) y fibra para (CP3), porcentajes de variación similares a los encontrados en su investigación por Chafla *et al.* (2016), pero diferentes a lo reportado por Machado *et al.* (2018), ellos mostraron valores superiores en humedad (5.77%) y grasa (52.95%) para cacao. Esta separación del resto de accesiones pudo deberse al bajo contenido de humedad (5.2%) y alto contenido de hidratos de carbono (50.2%), valor éste muy superior al reportado para cacao chuncho por Rojas *et*

al. (2017), mostrando diferencias muy marcadas con el promedio general de estos parámetros (20.5% y 34.6%).

La posible explicación del porque se mezclan en el dendograma los cacaos calabacillos, patastillos, guayaquiles y criollos, quizás se deba a que algunas de las accesiones evaluadas son producto de hibridación, y a que los productores tienen la costumbre de seleccionar y tomar semilla de los tipos de cacao que les gustan, y a la descendencia (nuevas plantas de cacao), las continúan llamando con el nombre que los conocieron. Un agrupamiento similar fue encontrado por Rojas *et al.* (2017) en cacao, algunos de estos agrupamientos se dieron en forma semejante a como lo hizo el análisis de componentes principales (ACP). Con respecto al agrupamiento de algunas accesiones de pataxte con cacao en alguno de los clusters pudiera explicarse por coincidir en los valores de variables medidas en las accesiones evaluadas.

CONCLUSIONES

De la determinación del contenido proximal de variedades de cacao y pataxte que se cultivan en los Estados de Chiapas y Tabasco, se puede establecer que ambas especies presentan contenidos similares de grasa, ceniza e hidratos de carbono. Por lo anterior, se sugiere que estas variedades pueden ser empleadas de manera indistinta en la cadena productiva de cacao con propósito de obtención de diversos productos alimenticios. Por último, es necesario mencionar que la variedad Patastillo es una buena opción para tener productos de cacao con alto contenido de proteína, pero, por otra parte, si lo que se requiere es fibra el consumo de pataxte es la mejor opción.

AGRADECIMIENTOS

C. Tinajero-Carrizalez agradece al proyecto PRODEP UAT-PTC-219, la beca otorgada para la realización del presente trabajo de investigación, de igual manera agradece a la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa - Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades otorgadas para realizar los estudios de Licenciado en Nutrición y Ciencia de los Alimentos.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. (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.
- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1), 76–87.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International. Gaithersburgh, Maryland, USA.
- Arriaga, C. . (2007). *Contenido de ácidos grasos de la manteca proveniente de mezclas en distintas fracciones de semillas de Theobroma cacao y Theobroma bicolor y su uso en la manufactura de chocolate*. Facultad de ciencias químicas y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Avendaño, A. C. H., Villarreal, J. M., Campos, E., Gallardo, R. A., Mendoza, A., Aguirre, J. F., Espinoza, Z. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. México.
- Blanco, L. (2020). Cacao: historia, características, hábitat, variedades, propiedades. Retrieved February 5, 2021, from https://www.lifeder.com/#_Registros_de_su_origen
- Caballero-Pérez, J. F., Hernández-Hernández, C., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2014). *La fermentación y el secado al sol de granos de cacao*. INIFAP, Folleto Técnico. Tapachula, Chiapas, México.

- Cáceres, J. (2015). El secreto prehispánico de la espuma del Pataxte. Retrieved February 5, 2021, from <https://deliciasprehispasicas.com/2015/12/01/balam-te-el-secreto-prehispánico-de-la-espuma-del-chocolate/>
- Calkosiński, A., Kostrzewska, P., Majewski, M., Mandera, A., Pawlikowska, A., & Szuster, E. M. (2019). Impact of cocoa on the human health. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(5), 145–154. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.2718725>
- Cervantes-Martinez, C., Brown, J. S., Schnell, R. J., Phillips-Mora, W., Takrama, J. F., & Motamayor, J. C. (2006). Combining ability for disease resistance, yield, and horticultural traits of cacao (*Theobroma cacao* L.) clones. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. <https://doi.org/10.21273/jashs.131.2.231>
- Chafla, A. L., Rodríguez, Z., Boucourt, R., & Torres, V. (2016). Caracterización bromatológica de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), procedente de siete cantones de la Amazonía, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(2), 245–252.
- Chappell, A., Scott, K. P., Griffiths, I. A., Cowan, A. A., Hawes, C., Wishart, J., & Martin, P. (2017). The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions. *Journal of Cereal Science*, 74, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.01.005>
- Dong, Y., Chen, L., Gutin, B., & Zhu, H. (2019). Total, insoluble, and soluble dietary fiber intake and insulin resistance and blood pressure in adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(8), 1172–1178. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0372-y>
- Ferreyra, R., Defilippi, B., Saavedra, J., Selles, G., Robledo, P., Arpaia, M. L., ... Gil, P. (2012). *Predictores del comportamiento en postcosecha de la palta, proveniente de diferentes condiciones de clima, suelo y manejo*. Chile.
- Gálvez-Marroquín, L., Reyes-Reyes, A., Avendaño-Arrazate, C., Hernández-Gómez, E., Mendoza-Lopez, A., & Díaz-Fuentes, V. (2016). Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): Especie subutilizada en México. *Agroproductividad*, 9(1), 41–47.
- González-Coral, A., & Torres-Reyna, G. M. (2010). *Manual de cultivo del Macambo (Theobroma bicolor Humb & Bonpl.)*. IIAP. Iquitos, Perú.
- González, A. A., Moncada, J., Idarraga, A., Rosenberg, M., & Cardona, C. A. (2016). Potential of the amazonian exotic fruit for biorefineries: The *Theobroma bicolor* (Makambo) case. *Industrial Crops and Products*, 86, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.015>
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Liendo, R., Padilla, F. C., & Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Research International*, 30(9), 727–731. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00025-8)
- Machado, L., Ordoñez, C. M., Ángel, Y. K., Guaca, L., & Suárez, J. C. (2018). Organoleptic quality assessment of *Theobroma cacao* L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Acta Agronomica*, 67(1), 46–52. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.66572>
- Martini, M. H., Lenci, C. G., Figueira, A., & Tavares, D. Q. (2008). Localization of the cotyledon reserves of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., T. subincanum Mart., T. bicolor Bonpl. and their analogies with *T. cacao* L. *Revista Brasileira de Botanica*, 31(1), 147–154. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042008000100013>
- Nájera, M. I. (2011). *El mono y el cacao: la búsqueda de un mito a través de los relieves del grupo de la serie inicial de Chichén Itzá*. CEMIIF, UNAM. CDMX, México: Estudios de Cultura Maya, UNAM.
- Ozung, P. O., Kennedy, O. O., & Agiang, E. A. (2016). Chemical Composition of Differently Treated Forms of Cocoa POD Husk Meal (CPHM). *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 5–9. <https://doi.org/10.19026/ajas.8.2912>
- Pérez, E., Alvarez, C., & Lares, M. (2002). Caracterización física y química de granos de cacao fermentados, secos y tostados de la región de Chuao. *Agronomía Tropical*, 52(2), 161–172.

Recibido:
6/febrero/2021

Aceptado:
5/julio/2021

- Pires, T. C., Melo, T. S., Miranda, L. C., & Bispo, E. S. (2016). Exploratory analysis for cocoa bean variety identification using colorimetric and anthocyanin variables. In *XXV Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnología de Alimentos* (p. 6). São Paulo, Brasil: CIGR.
- Quinteros, V., Quinteros, A., Chumacero, J., & Castro, P. (2018). Effect of temperature and toasting time on the acceptability of macambo food paste (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.). *Agroindustrial Science*, 8(1), 27–31. <https://doi.org/10.17268/agoind.science.2018.01.04>
- Rojas, A. F., & Aristizábal, I. D. (2012). Efecto del contenido de humedad sobre propiedades físicas de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1), 5961–5971.
- Rojas, R., Rodríguez, C., Ruiz, C., Portales, R., Neyra, E., Patel, K., ... Hurtado, J. (2017). *Cacao chuncho del Cusco*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n3p157-174>
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Zeppa, G., & Stévigny, C. (2020). Cocoa bean shell: a by-product with nutritional properties and biofunctional potential. *Nutrients*, 12, 1123–1152. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>
- Sánchez Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador Olan, J. ., Sol Sánchez, Á., & Ruiz-Rosado, O. (2017). Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2695–2709. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.439>
- SAS, I. (2017). *Sas® 9.4. SAS Institute Inc*. Cary, NC, US. Cary, NC, USA: SAS Institute.
- Schnell, R. J., Olano, C. T., Brown, J. S., Meerow, A. W., Cervantes-Martinez, C., Nagai, C., & Motamayor, J. C. (2005). Retrospective determination of the parental population of superior cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings and association of microsatellite alleles with productivity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. <https://doi.org/10.21273/jashs.130.2.181>
- Sifuentes, S. M. A. (2017). *Evaluación físico-química de la pulpa y semilla de dos morfotipo del fruto de Macambo “Theobroma bicolor (Humb. & Bonpl.)” de la región Loreto*. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Sol-Sánchez, Á., Naranjo-González, J. A., Córdova-Avalos, V., Ávalos-de la Cruz, D. A., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2017). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2817–2830. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.453>
- Sotelo, A., & Alvarez, R. G. (1991). Chemical Composition of Wild *Theobroma* Species and Their Comparison to the Cacao Bean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(11), 1940–1943. <https://doi.org/10.1021/jf00011a009>
- Systat. (2006). Sigma Plot. San José, California: Systat Software.
- Tigrero, J. B., & Sanclemente, A. B. (2018). *Sustitución de Theobroma cacao por Theobroma (Pataxte) y su Aplicación en repostería*. Universidad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil.
- Vela, E. (2020). El cacao... un fruto asombroso... y el chocolate, el sabor mexicano del mundo.
- Vera-Chang, J. F., Vallejo-Torres, C., Párraga-Morán, D. E., Macías-Véliz, J., Ramos-Remache, R., & Morales-Rodríguez, W. (2015). Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>
- Vera-Zambrano, M., Dutta, B., Mercer, D. G., MacLean, H. L., & Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>