

Cacao criollo cultivado en México: características fisicoquímicas, aromáticas y bioactivas

Acévez-Mares, Lilia¹, Velásquez-Reyes, Dulce¹, Alcázar-Valle, Montserrat¹, Mojica, Luis¹ y Lugo-Cervantes, Eugenia^{1*}

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), Unidad de Tecnología Alimentaria, Zapopan, Mexico.

*Autor de correspondencia: elugo@ciatej.mx

Resumen

Palabras clave:
características
fisicoquímicas,
compuestos fenólicos,
compuestos volátiles,
criollo, *Theobroma
cacao* L.

En la producción mundial del cacao se han identificado tres tipos u orígenes genéticos (Forastero, Criollo y Trinitario). El cacao Criollo se ha clasificado como cacao fino de aroma debido a su perfil aromático y sensorial. Los granos presentan menor astringencia y amargor comparado con el cacao Forastero, por lo que su uso se ha delimitado a la chocolatería fina, alcanzando un mayor valor en el mercado. El cacao Criollo se produce principalmente en Centro América y Sudamérica. En México, el cacao Criollo es cultivado en los estados de Tabasco y Chiapas principalmente. Hoy en día este cacao ha tomado especial relevancia debido a que, además de presentar un perfil sensorial con notas florales, dulces, frutales y menos amargas, ha demostrado que puede llegar a ser una buena fuente de compuestos fenólicos y péptidos bioactivos que pueden proveer beneficios a la salud.

Introducción

El cacao ha tenido gran importancia desde tiempos prehispánicos, fue empleado como moneda de cambio y como elemento importante dentro de las ceremonias espirituales (Avendaño Arrazate *et al.*, 2011). Con el paso del tiempo, el cacao producido alrededor del mundo se ha clasificado en tres tipos: Forastero,



Trinitario y Criollo, pertenecientes a la familia Malvaceae, del género *Theobroma* y de la especie cacao (Arvelo-Sánchez *et al.*, 2017). La clasificación del cacao en estos tres tipos surge gracias a los términos que eran empleados por los productores de Centroamérica (Arvelo *et al.*, 2016). En un principio se había establecido que el origen de la domesticación del cacao Criollo se originó en Mesoamérica; sin embargo, Motamayor *et al.* (2002) demostraron que es originario de Sudamérica y posteriormente introducido a Mesoamérica, en donde la cultura Olmeca lo domesticó y lo incluyó en su dieta, posteriormente otras culturas mesoamericanas lo cultivaron. Con la evolución de la comercialización del cacao surgió una clasificación comercial basada en el perfil aromático de cada cultivar, esta se divide en dos: El cacao a granel u ordinario (Forastero) y cacao fino de aroma (Criollo y Trinitario). En general, el cacao fino de aroma presenta notas frutales, herbales, amaderadas, florales, notas de nueces y dulces y son menos amargos que el cacao ordinario. Estas notas características están asociadas al contenido de compuestos volátiles, y comprenden ésteres, aldehídos, pirazinas, alcoholes, algunos ácidos y furanos (Utrilla-Vázquez *et al.*, 2017; Vázquez-Ovando *et al.*, 2015). El cacao Criollo es considerado de alta calidad debido a que es más aromático, de bajo amargor, de pulpa dulce y con sabores que evocan al caramelo y nueces. Por otra parte, el cacao Trinitario se considera como calidad media debido a que es menos aromático al ser una hibridación espontánea entre el cacao Criollo y el Forastero (Arvelo-Sánchez *et al.*, 2017; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020). Debido a su perfil aromático, el cacao Criollo ha sido empleado en la elaboración de chocolatería fina (Arvelo *et al.*, 2016).

Actualmente, el cacao Forastero es el tipo de cacao mayormente producido a nivel mundial, representando un 95-97% de la producción mundial, mientras que el cacao Criollo y Trinitario representan sólo el 5-6% (Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020). Sin embargo, el precio de venta del cacao fino de aroma puede llegar a ser entre 2 a 3 veces mayor que el cacao Forastero (López Ganem, 2022). Además, la importancia del cacao ha seguido en aumento debido a que se han realizado diversas investigaciones que han demostrado que el cacao contiene fitoquímicos con propiedades bioactivas específicamente con potencial antioxidante, por lo que podría proporcionar diversos beneficios a la salud (Allgrove & Davison, 2013; Kim *et al.*, 2014). La composición y características de los granos del cacao son influenciadas por diversos factores como el genotipo, origen, condiciones climáticas, condiciones de cultivo y las condiciones de los procesos de postcosecha (Vázquez-Ovando *et al.*, 2015). En este trabajo se realizó un análisis general de los estudios que se han llevado a cabo en los genotipos de cacao tipo Criollo que se producen en México, específicamente el perfil aromático y fitoquímico. A pesar de que el cacao es un cultivo muy importante a nivel mundial,

en México existen pocos trabajos sobre el estudio de los genotipos que crecen en el país, específicamente del cacao Criollo. Además, se valoró el potencial bioactivo del cacao Criollo mexicano y sus beneficios para la salud.

Situación actual de la producción de cacao

El cultivo de cacao requiere condiciones climáticas específicas. Su cultivo se ve favorecido en climas cálidos y húmedos, con una precipitación promedio de 1150mm a 2500mm y temperaturas entre 18 y 32 °C en altitudes menores a 1300 metros sobre nivel del mar. Por tal motivo, la producción de cacao se ve distribuida en regiones tropicales localizadas en la línea ecuatorial como Centroamérica, Sudamérica, África, el Caribe, Asia y Oceanía (Arvelo Sánchez *et al.*, 2017). México contribuye con el 0.5% de la producción mundial de granos de cacao y 3.1% de la producción de Latinoamérica, posicionándolo en el decimocuarto lugar a nivel mundial y el quinto en Latinoamérica (SIAP, 2021). En 2022 se reportó una producción de 28,119 toneladas de cacao a nivel nacional, equivalentes a un valor de producción de \$1,158,661.68 MXN (SIAP, 2022). Como se muestra en la Figura 1, la producción de cacao en México se distribuye principalmente en tres estados: Tabasco (61.59%), Chiapas (37.42%) y Guerrero (0.99%) (SIAP, 2022).



Figura 1. Regiones productoras de Cacao en México.

Fuente: Adaptado de Avendaño Arrazate *et al.*, 2011; Hernandez *et al.*, 2021; SIAP, 2022; Tadeo-Sánchez & Tolentino-Martínez, 2020

El cultivo de cacao ha reportado una disminución del 12.35% en los últimos cinco años (SIAP, 2022). Algunos autores han evaluado diferentes causas de este fenómeno, por ejemplo, Oporto-Peregrino *et al.* (2020) reportan que entre 2003 y



2016 la superficie de cultivo de cacao en la región Chontalpa, Tabasco, disminuyó 46.4% a causa del cambio de uso de suelo, principalmente a propiedad privada. Adicionalmente, entre 2006 y 2007 Avendaño Arrazate *et al.* (2011) reportan una disminución de la producción de cacao a causa de la infección por Moniliasis. Sin embargo, de acuerdo con estimaciones realizadas por la Coordinación de Asesores de la Subsecretaría de Agricultura, calculadas en base a la población estimada por el CONAPO y preferencias de los consumidores de acuerdo a la elasticidad de ingreso en México reportada por el USDA, la producción de cacao puede incrementarse un 76.97% para el año 2030 (SAGARPA, 2017).

Genotipos de cacao criollo reportadas en Latinoamérica

La producción de cacao Criollo se distribuye en Centroamérica, Nueva Guinea y el Caribe. La reducción de su producción pudo haber sido influenciada por su alta susceptibilidad a enfermedades y bajos rendimientos (Albores-Flores *et al.*, 2018; Arvelo *et al.*, 2016). Dentro de Latinoamérica, la diversidad de grupos genéticos de cacao fue descrita por Motamayor *et al.* (2008); el cacao de tipo Criollo se encuentra principalmente distribuido en Centroamérica, desde México hasta Panamá. Sin embargo, el cultivo de cacao Criollo ha sido desplazado por otros genotipos más productivos, por ello se han desarrollado nuevas estrategias de mejoramiento y han surgido nuevos genotipos de cacao Criollo. Algunos estudios reportan los genotipos CAS5, CHA13, CHA18, CHA20, CHA5, LAN21, LAN22, LAN23, LAN26, LAN27, LAN28, LAN29, LAN30, RANCHITO1, SAUCITO1, STA MARIA2 y THCA que fueron clasificados como cacao Criollo antiguo, con orígenes en México (Avendaño-Arrazate & Cueto-Moreno, 2018; Lachenaud & Motamayor, 2017). Como se muestra en la Figura 1, dentro del estado de Chiapas se ha reportado el cultivo de los tres tipos de cacao (Forastero, Criollo y Trinitario) (Avendaño Arrazate *et al.*, 2021). En el estado de Tabasco, Hernández *et al.* (2021) identificaron principalmente dos tipos de cacao producidos: el Forastero presente en el 62% de las plantaciones y el Criollo presente en el 38% (n=76). Tadeo-Sánchez y Tolentino-Martínez (2020) indicaron que la mayoría de las poblaciones de cacao en la región Grijalva dentro del estado de Tabasco pertenecen al tipo Trinitario. En el estado de Guerrero no se cuenta con una estadística establecida para conocer qué tipos de cacao se producen. En 2011 se reportó que el 5.3% de los productores del estado de Chiapas cultivan cacao Criollo como monocultivo y 13.33% de los productores cultivan cacao Criollo junto con otros genotipos (Avendaño Arrazate *et al.*, 2011). Se han identificado genotipos como los cultivares Lacandón, Carmelo, Rojo Samuel y Lagarto de tipo Criollo (Avendaño-Arrazate & Cueto-Moreno,



2018; López-Hernández *et al.*, 2018; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020). En el estado de Tabasco se ha identificado el cultivo del genotipo Carmelo en Comalcalco (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012) y de otros genotipos de cacao tipo Criollo provenientes de la plantación de “La Joya” en Cunduacán (García-Alamilla *et al.*, 2012) y de los municipios de Teapa y Tacotalpa (Hernández, C., Ramírez-Guillermo, M., & Barrón-Freyre, S., 2021).

Características morfológicas, fisicoquímicas y aromáticas del cacao Criollo mexicano

Como se muestra en la Figura 2, las mazorcas del fruto del cacao Criollo, de origen mexicano, presentan tonalidades entre verdes y amarillas, o incluso pueden llegar a ser rojas, como los genotipos producidos en Colombia (Delgado-Ospina *et al.*, 2021). Las mazorcas pueden llegar a presentar formas de angoleta, pentagonal o amelonada y de ápice obtuso, atenuado o caudado (Ramírez-Guillermo *et al.*, 2018). De acuerdo con la bibliografía, las mazorcas de cacao Criollo cultivado en México llegan a presentar un peso entre 405.96 y 787.86 g (García-Alamilla *et al.*, 2012; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020) y llegan a medir entre 15 y 27 cm de largo (Avendaño-Arrazate & Cueto-Moreno, 2018; García-Alamilla *et al.*, 2012; López-Hernández *et al.*, 2018; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2017). García-Alamilla *et al.* 2012 reportaron un número promedio de 37.17 granos por mazorca, en una muestra de 1,078 cacaos criollos provenientes de Tabasco, esta cifra concuerda con lo reportado por Avendaño-Arrazate y Cueto-Moreno (2018) para el genotipo Lacandón. Los reportes de Rangel-Fajardo *et al.* (2012) y Avendaño-Arrazate y Cueto-Moreno (2018) concuerdan con que los granos de los genotipos de cacao tipo Criollo presentan una forma ovoide, miden generalmente 2.25-2.4 cm de largo por 1.32-1.48 cm de ancho, dichas dimensiones son similares a las reportadas para granos de cacao Criollo provenientes de Venezuela (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). El cotiledón de la semilla es predominantemente beige con 10-15% de tonos violeta claro, como se reporta en el cacao criollo de Venezuela (Rangel-Fajardo *et al.*, 2012).

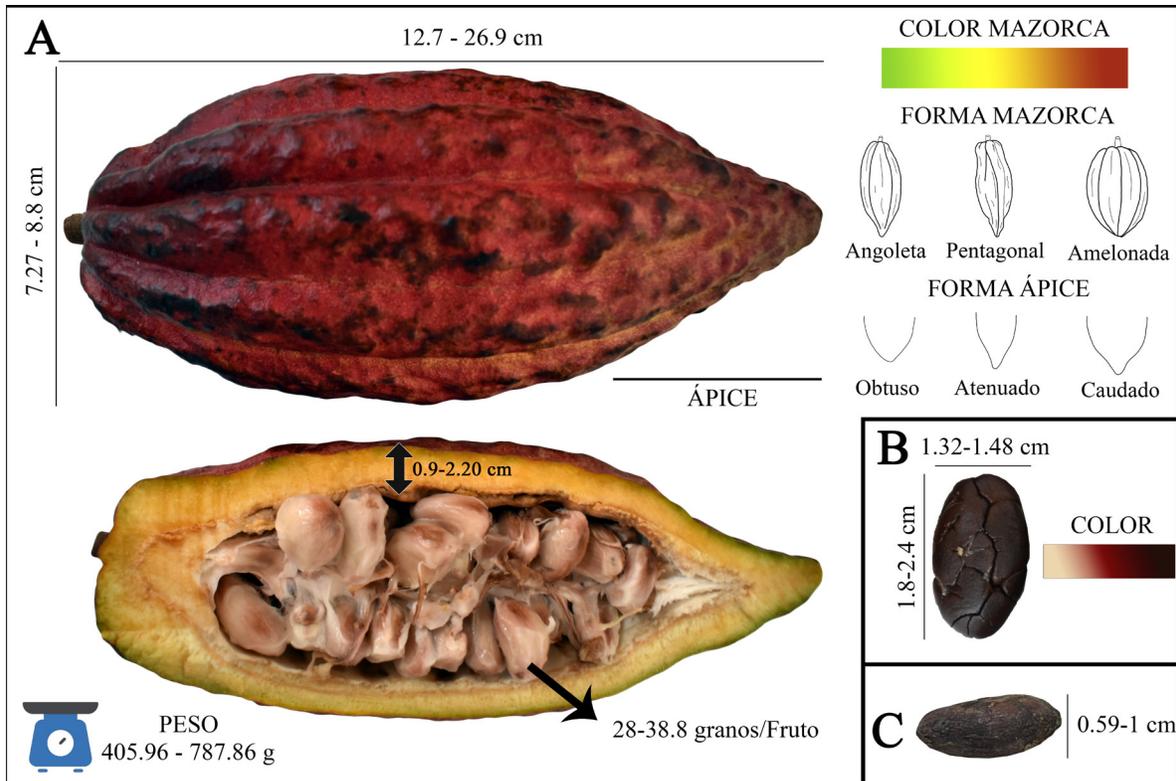


Figura 2. Características morfológicas del fruto y semillas del cacao Criollo producido en México. **A)** Características físicas de la mazorca del cacao. **B)** Vista frontal de grano de cacao Criollo. **C)** Vista lateral de grano de cacao Criollo. **Fuente:** Adaptado de Avendaño-Arrazate & Cueto-Moreno, 2018; García-Alamilla *et al.*, 2012; Lopez-Hernandez *et al.*, 2018; Ramírez-Guillermo *et al.*, 2018; Rangel-Fajardo *et al.*, 2012; Urtrilla-Vazquez *et al.*, 2017

En cuanto a sus características fisicoquímicas, Vázquez-Ovando *et al.* (2015) clasificaron al cacao Criollo proveniente de la región del Soconusco, Chiapas, en siete grupos basado en un análisis multivariado de parámetros químicos de los granos. Como se observa en la Tabla 1, en los granos de cacao Criollo ($n=45$ variedades diferentes) se puede llegar a presentar una humedad entre 1.2 y 7.06%, un contenido de cenizas entre 2.94 y 7.48g/100g base seca (b.s.). Así como también se ha reportado que los granos de cacao Criollo pueden tener un contenido graso entre 35.53 y 59.02g/100g b.s. y un contenido proteico entre 10.27 y 18.54 g/100g b.s. (Vázquez-Ovando *et al.*, 2015). Además de presentar aproximadamente el 10.5% de carbohidratos (Vázquez-Ovando *et al.*, 2016), los azúcares que se encuentran en mayor proporción son la fructosa y la glucosa (Velásquez Reyes *et al.*, 2023).



Tabla 1. Composición de granos de cacao Criollo mexicano

Parámetro	Rango
Humedad (%)	1.24-7.06
Cenizas (g/100g b.s.)	2.94-7.48
Grasa (g/100g b.s.)	35.53 – 59.02
Proteína (g/100g b.s.)	10.27 – 18.54
Carbohidratos (g/100g b.h.)	10.5
Fructosa (g/ Kg)	7.7
Glucosa (g/Kg)	5.2

Fuente: Adaptado de Vázquez-Ovando *et al.*, 2015,2016; Velásquez Reyes *et al.*, 2023

Características aromáticas del cacao Criollo mexicano

La calidad de los granos de cacao está altamente relacionada con su composición química y perfil volátil que se relaciona con el olor y sabor. Se ha relacionado el amargor y astringencia con los compuestos fenólicos, alcaloides y taninos que están presentes en los granos de cacao y estos pueden variar dependiendo de factores tanto geográficos, edafoclimáticos y de genotipo u origen genético de cacao (Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020; Vázquez-Ovando *et al.*, 2015; Velásquez Reyes *et al.*, 2023). El cacao Criollo proveniente de la región del Soconusco, Chiapas, ha sido descrito por tener un sabor amargo y ácido más que dulce. Esto podría estar relacionado con la composición de alcaloides, L-aminoácidos libres, taninos y polifenoles totales de los granos (Vázquez-Ovando *et al.*, 2015); se ha reportado que el contenido de catequinas totales del cacao Forastero puede ser alrededor de 1.3 veces más que el contenido del cacao Criollo (Quiroz-Reyes & Fogliano, 2018).

Por otro lado, el aroma y sabor del cacao se ha relacionado estrechamente con los compuestos volátiles. En los productos de cacao como los granos y el licor de cacao se han identificado alrededor de 600 componentes que pertenecen principalmente a las familias de aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, ácidos y pirazinas (Castañeda-Sedano, J., Rodríguez-Campos, J., & Lugo-Cervantes, E. del C., 2016; Utrilla-Vázquez *et al.*, 2020; Velásquez Reyes *et al.*, 2023). Castañeda-Sedano *et al.* (2016) identificaron 63 compuestos volátiles presentes en cacao Criollo proveniente de Cunduacán, Tabasco. Estos compuestos presentan un incremento en número de forma gradual durante el proceso de fermentación y secado. Se reporta una participación mayor de aldehídos y cetonas durante el proceso de fermentación del cacao (75% en fermentación y 65% en secado), dichos componentes se reportan como los responsables de notas a almendra, mantequilla o florales. Al igual de que se reporta un mayor contenido de pirazinas



en el cacao Criollo (3.8% de los compuestos totales) que en el cacao Forastero (0.6% del total de compuestos volátiles), estas confieren notas de chocolate, café y horneado. De igual forma, Velásquez Reyes *et al.* (2023) analizaron el cacao Criollo de genotipo Carmelo proveniente del estado de Tabasco. Dentro del perfil aromático del cacao fermentado se resalta la presencia de ácido isobutírico, 2-metil-1-propanol, 2,3-butanediol, nonanal, 2-heptanona y 2-nonanona, que se asocian a notas como vino, mantequilla, florales y frutales. De la misma manera, se identificó el compuesto volátil 3-metil-butanal asociado al descriptor aromático de chocolate. Además, se reporta menor presencia de ácido acético en el cacao Criollo que el cacao Forastero. Por otra parte, el cacao Criollo de genotipo Porcelana blanca, proveniente de la región Soconusco, Chiapas, presentó compuestos como feniletil alcohol y fenilacetaldehído asociados a notas de miel, 3-metil-butanal asociado a notas de chocolate, y octanoato de etilo asociado a notas florales (Velásquez Reyes *et al.*, 2021). El olor de estos granos se describe como dulce y a nuez, este resultado podría estar asociado con moléculas como alcoholes, cetonas, aldehídos, ésteres y pirazinas que contribuyen a la creación de chocolates de alta calidad (Vázquez-Ovando *et al.*, 2015).

Componentes bioactivos identificados en cacao Criollo mexicano

Composición fitoquímica

Se ha demostrado que el cacao puede ser una buena fuente de fitoquímicos. El grupo mayoritario son los compuestos fenólicos que representan alrededor del 13.5% de los granos secos sin fermentar (Kim *et al.*, 2011). Estos compuestos pertenecen al grupo de flavanoles, flavonoles, antocianinas, flavonas, flavanonas y ácidos fenólicos. Incluyendo procianidinas como catequina, epicatequina y dímeros de procianidinas; algunas flavonas como quercetina, quercetina-glucósido, quercetina-rutinósido, dihidroquercetina, kampferol, naringenina, luteolina y apigenina, entre otros (Febrianto & Zhu, 2022; Martín & Ramos, 2021; Ortega *et al.*, 2008). Algunos estudios reportan que el cacao Criollo presenta menor contenido de compuestos fenólicos que los granos de cacao Forastero, por lo cual, algunos autores sugieren que esto es el motivo por lo que presenta menor astringencia y amargor (Elwers, S., Zambrano, A., Rohsius, C., & Lieberei, R., 2009).

Vázquez-Ovando *et al.* (2015) analizaron 45 genotipos de cacao Criollo provenientes de siete municipios de la región del Soconusco en Chiapas (Suchiate, Frontera Hidalgo, Cacahoatán, Tapachula, Mazatán, Huehuetán, Tuzantán y Tuxtla Chico). Los valores reportados de fenoles totales oscilan en un rango de

670 a 6,850 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/100g b.s., encontrándose en menor concentración en un genotipo de tipo Criollo del municipio de Mazatán y en mayor concentración en un genotipo proveniente de Frontera Hidalgo. De igual manera, evaluaron la actividad antioxidante de todos los genotipos por medio de la prueba de ABTS, reportando una mayor actividad antioxidante en un genotipo de Huehuetán (15.38 mmol Equivalentes de Trolox (TE)/g b.s.) y en menor concentración en un genotipo de Tapachula (7.86 mmolTE/g b.s.).

Por otro lado, se ha evaluado el tejido del pericarpio de cacao Criollo del estado de Chiapas. Albores-Flores *et al.*, (2018) reportaron una concentración de fenoles totales de 1.13 ± 0.05 mg EAG/g b.s. en frutos de 12 semanas de edad. Tello-Alonso, S. *et al* (2020) evaluaron diferentes genotipos de cacao provenientes de los municipios de Izapa, Tuzantán y Cacahoatán (región del Soconusco). Dentro de su material de estudio consideraron tres genotipos de tipo Criollo: Carmelo, Rojo Samuel y Lagarto. Se realizó la determinación de fenoles totales en granos frescos, secos y fermentados. En el caso de granos frescos, se reporta una concentración entre 11.29 y 24.84 mg EAG/g b.s. para el genotipo Carmelo, 35.13 a 8.56 mg EAG/g b.s. para el genotipo Rojo Samuel y 2.38 mg EAG/g b.s. en el genotipo Lagarto. En granos fermentados y secos se reporta una concentración entre 0.75 y 7.92 mg EAG/g b.s. en el genotipo Carmelo, entre 2.78 y 3.99 mg EAG/g b.s. en el genotipo Rojo Samuel y 0.80 mg EAG/g b.s. en el genotipo Lagarto. Dichos valores fueron inferiores a los reportados por Vázquez-Ovando *et al.* (2015), esto podría deberse a diversos factores como el proceso de fermentación, origen y condiciones de procesamiento.

Avendaño Arrazate *et al.* (2021) evaluaron un total de 53 genotipos de los tres tipos de cacao, entre Forastero (n=14), Criollo (n=22), Trinitario (n=14) y otras (3) provenientes del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP de México. Los resultados fueron reportados por tipo de cacao. El cacao Criollo presenta un contenido promedio de 37.06 mg EAG/g b.s., que es estadísticamente mayor a lo reportado en cacao Forastero (33.18mg EAG/g b.s.) y estadísticamente similar a lo reportado en cacao Trinitario (38.78mg EAG/g b.s.); sin embargo, se reportan resultados que van desde los 7.5 a los 85.2 mg EAG/g b.s., esta variación es atribuida a las condiciones ambientales de los cultivos. De igual forma, dichos autores reportan una concentración de flavonoides media de 33.20 mg EAG/g b.s. y una concentración de antocianinas media de 0.74 mg/g. Con relación a los flavonoides, no se reporta una tendencia entre muestras de cacao Forastero, Criollo y Trinitario. En el caso de las antocianinas, sí se obtuvo diferencia contra los otros tipos de cacao, siendo una concentración menor a los de tipo Forastero (1.11 mg/g), pero ligeramente mayor a los de tipo Trinitario (0.61 mg/g). Se



evaluó la actividad antioxidante por medio de las pruebas de ABTS y DPPH. En la prueba de ABTS se obtuvo 68.98 mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)/100 g peso fresco, y no se reporta diferencia estadística entre los otros tipos de cacao. Para la inhibición del radical libre DPPH se obtuvo un resultado de 51.5 mg EAA/100 g, siendo mayor a los resultados del cacao Forastero (49.23 mg EAA/100g) y Trinitario (49.8 mg EAA/100g).

Quiroz-Reyes & Fogliano (2018) reportan que los granos de cacao Criollo contienen compuestos fenólicos como la catequina (0.2 ± 0.02 mg/g b.s.), epicatequina (1.3 ± 0.08 mg/g b.s.), procianidina B1 (0.3 ± 0.01 mg/g b.s.) y procianidina B2 (0.8 ± 0.04 mg/g b.s.), sin embargo, estas son mayores a las presentadas en cacao Forastero. De Taeye, C. *et al.* (2017) reportaron que el grano seco de cacao Criollo cultivado en México contiene cantidades similares de epicatequina, procianidina B2 y procianidina C1 a las reportadas en el grano seco de cacao Criollo de Cuba, y mayores a las reportadas en granos secos de cacao Criollo proveniente de Madagascar. De igual forma, los autores reportan una concentración mayor de procianidina B5 en los granos secos de cacao mexicano comparados con los granos de cacao provenientes de Cuba y Madagascar.

Fracciones proteicas

Se ha explorado el potencial bioactivo de fracciones proteicas de albúmina, globulina, prolamina y glutelina en granos de cacao Criollo cultivado en Chiapas. Se ha demostrado tener un efecto antiobesidad y de reducción de la presión arterial (Coronado-Cáceres *et al.*, 2019, 2020, 2021). En modelo animal de ratas Wistar se observó una disminución del peso corporal a lo largo de la experimentación y una disminución de la ganancia de peso corporal al final de la experimentación, así como también se reportó una disminución de la expresión genética en algunos biomarcadores de inflamación asociados a la obesidad, tales como la IL-4, TNF- α y MCP-1. De igual forma, se reporta que revierte el incremento de triglicéridos causado por una dieta rica en grasa. Sin embargo, no se reportó una disminución significativa en los niveles de colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (LDL o colesterol malo) en suero (Coronado-Cáceres *et al.*, 2019). Coronado-Cáceres *et al.* (2020) exploraron el potencial antiobesidad a través de la inhibición de la lipasa pancreática aplicando diferentes modelos in vitro e in vivo. En los análisis in vitro se obtuvo una actividad de inhibición de lipasa pancreática (IC50) de 1.4 mg proteína/mL. En cuanto a los modelos animales, se observó un incremento significativo en el contenido de lípidos totales (15%) y triglicéridos (11%) en heces de ratas Wistar. Al igual que se observó



una disminución del 0.19% en la tasa de absorción de grasa (en comparación con los animales de dieta alta en grasa). De la misma manera, Coronado-Cáceres *et al.* (2021) evaluaron el posible efecto reductor de presión sanguínea por medio de análisis *in vitro* e *in vivo* empleando extractos proteicos de cacao Criollo proveniente del estado de Chiapas. Se reporta una actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina (IC50) de 0.49 mg/mL y una reducción significativa en la presión sistólica (5%) y diastólica (7%) en modelos animales de ratas Wistar con obesidad inducida después de ocho semanas de tratamiento.

Como se reportó por Coronado Cáceres *et al.* (2021), las fracciones con el mayor contenido de proteínas en el cacao Criollo de la región del Soconusco fueron glutelinas>albúminas>globulinas. Estos resultados son similares a los reportados por Preza *et al.* (2010) en granos de cacao Forastero de la misma región. Preza *et al.* (2010) reporta actividad antitumoral en modelos murinos linfoma L5178Y, especialmente en las fracciones proteicas de albúmina; reporta una disminución significativa de la masa tumoral, acumulación peritoneal de líquido y recuento de células tumorales viables.

Conclusión

Dentro de la producción de cacao en México se pueden encontrar diferentes genotipos de cacao Criollo que se consideran como cacao de alta calidad debido a su perfil aromático y sensorial, por lo que son principalmente empleadas para la elaboración de productos de mayor calidad. Este tipo de cacao ha demostrado tener ventajas competitivas contra otros tipos de cacao, por lo que diversos autores han resaltado que se requieren diversas acciones para fomentar su cultivo e incrementar su producción a nivel nacional. Aunque aún existen algunos obstáculos como la susceptibilidad a plagas y producción limitada que se ha reportado. Los genotipos de cacao Criollo cultivadas en el estado de Tabasco y Chiapas presentan una composición aromática que incluye notas frutales, herbales y de chocolate que son más deseables para los consumidores, además de menor amargor y astringencia comparado con el cacao Forastero. En cuanto a la composición fitoquímica, aunque existen pocos reportes sobre la composición de estos genotipos de cacao, se ha demostrado que pueden ser buena fuente de compuestos antioxidantes. Sin embargo, es necesario seguir explorando su composición fitoquímica para lograr una caracterización más detallada de los componentes con potencial bioactivo. Los efectos a la salud como antiobesidad, antiinflamatorios y de reducción de presión sanguínea probados han sido relacionados con fracciones proteicas del cacao Criollo proveniente de la región



de Chiapas; sin embargo, estudios con la fracción de compuestos fenólicos son necesarios para validar su potencial benéfico a la salud.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Referencias

- Albores-Flores, V. J., García-Guzmán, G., Espinosa-García, F. J., & Salvador-Figueroa, M. (2018). Degree of domestication influences susceptibility of *Theobroma cacao* to frosty pod rot: A severe disease devastating Mexican cacao. *Botanical Sciences*, *96*(1), 84-94. <https://doi.org/10.17129/botsci.1793>
- Allgrove, J., & Davison, G. (2013). Dark Chocolate/Cocoa Polyphenols and Oxidative Stress. En R. Ross Watson, V. R. Preedy & S. Zibadi (eds.), *Polyphenols in Human Health and Disease* (Vol. 1, pp. 241-251). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398456-2.00019-0>
- Arvelo, M. A., Delgado, T., Maroto, S., Rivera, J., Higuera, I., & Navarro, A. (2016). *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. IICA: CIATEJ. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2793>
- Arvelo Sánchez, M. Á., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya Rodríguez, P. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Cacao Prácticas Latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). www.iica.int.
- Avendaño Arrazate, C. H. A., Campos Rojas, E., López Palestina, C. U., Martínez Bolaños, M., Caballero Pérez, J. F., Báez Alonso, M., Ariza Flores, R., & Cadena Iñiguez, J. (2021). Antioxidant activity in genotypes of *Theobroma* spp. (Malvaceae) in México. *Revista de Biología Tropical*, *69*(2), 507-523. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.41626>
- Avendaño Arrazate, C. H., Villarreal Fuentes, J. M., Campos Rojas, E., Gallardo Méndez, R. A., Mendoza López, A., Aguirre Medina, J. F., Sandoval Esquivel, A., & Espinosa Zaragoza, S. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Avendaño-Arrazate, C. H., & Cueto-Moreno, J. (2018). Lacandón: New clone of Mexican Creole cacao. *Agroproductividad*, *11*, 169-171.
- Castañeda-Sedano, J., Rodríguez-Campos, J., & Lugo-Cervantes, E. del C. (2016, mayo). Análisis del perfil de compuestos volátiles de cacao Criollo (*Theobro-*



- ma cacao* L.) durante el proceso de fermentación y secado por componentes principales. *Memorias del XXXXVII Encuentro Nacional de la AMIDIQ*.
- Coronado-Cáceres, L. J., Hernández-Ledesma, B., Mojica, L., Quevedo-Corona, L., Rabadán-Chávez, G., Castillo-Herrera, G. A., & Cervantes, E. L. (2021). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) seed-derived peptides reduce blood pressure by interacting with the catalytic site of the angiotensin-converting enzyme. *Foods*, *10*(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102340>
- Coronado-Cáceres, L. J., Rabadán-Chávez, G., Mojica, L., Hernández-Ledesma, B., Quevedo-Corona, L., & Cervantes, E. L. (2020). Cocoa seed proteins' (*Theobroma cacao* L.) anti-obesity potential through lipase inhibition using *in silico*, *in vitro* and *in vivo* models. *Foods*, *9*(10). <https://doi.org/10.3390/foods9101359>
- Coronado-Cáceres, L. J., Rabadán-Chávez, G., Quevedo-Corona, L., Hernández-Ledesma, B., Garcia, A. M., Mojica, L., & Lugo-Cervantes, E. (2019). Anti-obesity effect of cocoa proteins (*Theobroma cacao* L.) variety "Criollo" and the expression of genes related to the dysfunction of white adipose tissue in high-fat diet-induced obese rats. *Journal of Functional Foods*, *62*. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103519>
- De Taeye, C., Bodart, M., Caullet, G., & Collin, S. (2017). Roasting conditions for preserving cocoa flavan-3-ol monomers and oligomers: Interesting behaviour of Criollo clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *97*(12), 4001-4008. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8265>
- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. Á., Martuscelli, M., & Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agro-industrial chain. *Heliyon*, *7*(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06799>
- Elwers, S., Zambrano, A., Rohsius, C., & Lieberei, R. (2009). Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). *European Food Research and Technology*, *229*(6), 937-948. <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1132-y>
- García-Alamilla, P., González-Lauck, V. W., De la Cruz-Lázaro, E., Lagunes-Gálvez, L. M., & García-Alamilla, R. (2012). Description and physical properties of mexican criollo cacao during post-harvest processing. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *13*(1), 58-65.
- Hernández, C., Ramírez-Guillermo, M., & Barrón-Freyre, S. (2021). Diagnosis of the Family Production Units of the Cacao Agri-Food Chain in Two Municipalities of La Region de la Sierra, in Tabasco, Mexico. *Modern Environ-*



- mental Science and Engineering*, 7(6), 629-631. [http://dx.doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/02.07.2021/014](http://dx.doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/02.07.2021/014)
- Kim, J., Kim, J., Shim, J., Lee, C. Y., Lee, K. W., & Lee, H. J. (2014). Cocoa Phytochemicals: Recent Advances in Molecular Mechanisms on Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(11), 1458-1472. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.641041>
- Lachenaud, P., & Motamayor, J. C. (2017). The Criollo cacao tree (*Theobroma cacao* L.): A review. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64(8), 1807-1820. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0563-8>
- López Ganem, J. (2022). *Diagnóstico del Mercado del Cacao en México 2022*. Fine Cacao and Chocolate Institute (FCCI).
- López-Hernández, J. G., López-Hernández, L. E., Avendaño-Arrazate, C. H., Aguirre-Medina, J. F., Espinosa-Zaragoza, S., Moreno-Martínez, J. L., Mendoza-López, A., & Suárez-Venero, G. M. (2018). Floral biology of creole, trinitario and forastero cacao (*Theobroma cacao* L.) in Mexico. *Agroproductividad*, 11(9), 129-135.
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., López, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lachenaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380-386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>
- Oporto-Peregrino, S., Hidalgo-Mihart, M. G., Collado-Torres, R. A., Castro-Luna, A. A., Gama-Campillo, L. M., & Arriaga-Weiss, S. L. (2020). Effects of land tenure and urbanization on the change of land use of cacao (*Theobroma cacao*) agroforestry systems in southeast Mexico. *Agroforestry Systems*, 94(3), 881-891. <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00453-w>
- Ortega, N., Romero, M. P., MacIà, A., Reguant, J., Anglès, N., Morelló, J. R., & Motilva, M. J. (2008). Obtention and characterization of phenolic extracts from different cocoa sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(20), 9621-9627. <https://doi.org/10.1021/jf8014415>
- Preza, A. M., Jaramillo, M. E., Puebla, A. M., Mateos, J. C., Hernández, R., & Lugo, E. (2010). Antitumor activity against murine lymphoma L5178Y model of proteins from cacao (*Theobroma cacao* L.) seeds in relation with *in vitro* antioxidant activity. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 10. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-10-61>



- Quiroz-Reyes, C. N., & Fogliano, V. (2018). Design cocoa processing towards healthy cocoa products: The role of phenolics and melanoidins. *Journal of Functional Foods*, 45, 480-490. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.031>
- Ramírez-Guillermo, M., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F., Gutiérrez, O. A., & de la Rosa-Santamaría, R. (2018). Morphological variation of cacao (*Theobroma cacao* L.) fruits and seeds from plantations in Tabasco, Mexico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2), 117-125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>
- Rangel-Fajardo, M. A., Zavaleta-Mancera, H. A., Córdova-Téllez, L., López-Andrade, A. P., Delgado-Alvarado, A., Vidales-Fernández, I., & Villegas-Monter, Á. (2012). CRIOLLO MEXICANO ANATOMY AND HISTOCHEMISTRY OF THE MEXICAN CACAO (*Theobroma cacao* L.) SEED. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3), 189-197.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). *CACAO mexicano planeación agrícola nacional*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2021). *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022). Sistema de Información Agroalimentaria de consulta [dataset]. *Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*. <http://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Tadeo-Sánchez, J. M., & Tolentino-Martínez, J. M. (2020). El cacao Grijalva de Tabasco: Dinámicas socio territoriales en torno a su producción Tabasco. Estudios Sociales. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 30(56). <https://doi.org/10.24836/es.v30i56.1002>
- Tello-Alonso, S., Avendaño-Arrazate, C. H., Vásquez-Murrieta, M. S., & López-Cortéz, M. S. (2020). Contenido de compuestos bioactivos en *Theobroma cacao* L. (Seco y fermentado) de la región del Soconusco, Chiapas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 584-589.
- Utrilla-Vázquez, M., Kirchmayr, M., Lugo-Cervantes, E. C., Rodríguez-Campos, J., Avendaño-Arrazate, C., & Gschaedler-Mathis, A. (2017). Identificación de microorganismos presentes en la fermentación de cacao criollo y trinitario de Chiapas, México. *Poster presentado al XI Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y el Caribe, Guadalajara, México*.
- Utrilla-Vázquez, M., Rodríguez-Campos, J., Avendaño-Arazate, C. H., Gschaedler, A., & Lugo-Cervantes, E. (2020). Analysis of volatile compounds of five varieties of Maya cocoa during fermentation and drying processes by



- Venn diagram and PCA. *Food Research International*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108834>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2415-0>
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 66(3), 239-254.
- Velásquez Reyes, D., Gschaedler, A., Kirchmayr, M., Avendaño Arrazate, C., Rodríguez Campos, J., Calva Estrada, S. de J. & Lugo Cervantes, E. (2021). Cocoa bean turning as a method for redirecting the aroma compound profile in artisanal cocoa fermentation. *Heliyon*, 7(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07694>
- Velásquez Reyes, D., Rodríguez-Campos, J., Avendaño-Arrazate, C. H., Gschaedler, A., Alcazar, M., & Lugo, E. (2023). Forastero and Criollo cocoa beans, differences on the profile of volatile and non-volatile compounds in the process from fermentation to liquor. *Heliyon*, 9, e15129. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15129>