UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA
EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
DESARROLLO RURAL
P R E S E N T A:

M. en C. MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO

DIRECTOR DE TESIS:
DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

CO-DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos. diciembre de 2026

CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO.

Tesis realizada por **M. C. Miriam Villanueva Caballero** bajo la dirección del Comité Revisor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL

COMITÉ REVISOR

Director de tesis: _____
Dr. Edgar Martínez Fernández

Co-Directora de tesis: _____
Dra. Mairel Valle De la Paz

Asesor: _____
Dr. Irán Alía Tejacal

Asesor: _____
Dr. Antonio Castillo Gutiérrez

Asesor: _____
Dr. José Antonio Chávez García

Asesor: _____
Dr. Porfirio Juárez López

Asesor: _____
Dr. Daniel Perales Rosas

Asesor: _____
Dr. Oscar Villegas Torres

Cuernavaca Mor., diciembre de 2026.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por la beca proporcionada para el desarrollo del programa doctoral.

A la **Facultad de Ciencias Agropecuarias** y a todo el **Personal administrativo** por brindarme todas las facilidades necesarias para realizar la presente investigación.

Al **Dr. Dagoberto Guillén Sánchez†**, por la motivación para ingresar al doctorado.

Al **Dr. Edgar Martínez Fernández,** por la dirección de la investigación, por sus conocimientos, experiencia, paciencia y apoyo durante todo el desarrollo del trabajo en campo y laboratorio.

A la **Dra. Mairel Valle de la Paz,** por motivarme a estudiar el doctorado, por ser parte de mi familia, por toda la asesoría, por enseñarme las metodologías, por la experiencia compartida y apoyo incondicional en campo, laboratorio y revisión de tesis.

Al **Dr. Irán Alía Tejacal,** por ser un gran docente, por compartir su conocimiento, por guiar mi aprendizaje, por su asesoría y orientación a deshoras para el desarrollo del trabajo de investigación en campo y laboratorio.

A mi comité revisor, Dr. Antonio Castillo Gutiérrez, Dr. José Antonio Chávez García, Dr. Porfirio Juárez López, Dr. Daniel Perales Rosas y Dr. Oscar Villegas Torres por todas sus asesorías y valiosos comentarios durante el desarrollo de este trabajo.

Al **Dr. Otto Raúl Leyva Ovalle** y al **Dr. Juan Manuel Villarreal Fuentes** por todo el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Al **M. C. Dante Vladimir Galindo García**, por dirigir atinadamente la Coordinación de Posgrado y por siempre brindar la ayuda para todo trámite.

Al **M. A. Vicente Pineda,** por su amabilidad para la orientación en cada proceso del doctorado y por la buena disponibilidad y por atender con su sencillez y carisma.

A los **productores de Cacao y Cuapataiste de las localidades de Tonalá, Tepango y el Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero**, por permitir desarrollar parte de la investigación en sus parcelas, por su tiempo, por su paciencia y por su amistad. Marcelino Calixto Lozano, Sergia Villanueva, Jacoba y Cuper Calixto, Rubén Ramos, Noel Villanueva, Juan Jacinto, Gilberto Gabino Vidal, Fernando Gabino Vidal, Tomas Liborio, Patricio Garibay, Ciriaco Alejandro, Cecilia Cruz Mayo, Emiliano Calixto, Emma Luis Chona, Juan Lozano, Genaro, Francisco y Eric de la localidad de Tepango.

A **Alyn Mariana Palacios Sosa**, por su asesoría en el laboratorio, por su paciencia en explicarme las metodologías, por las charlas y por su amistad.

A la **Mtra. Patricia Martínez**, por su asesoría y apoyo durante la etapa de laboratorio.

Al **Lic. Marco Antonio Vélez García** por todo el apoyo brindado para realizar el doctorado ¡Gracias infinitas!.

A todos mis seres queridos que estuvieron presentes en el proceso de mis estudios de posgrado: Clarissa Sánchez Lázaro, Cristina Roque Caballero, Carmen Rojas, Yuridia Padilla, Alma y Sadi Valle de la Paz, Martha Alfaro Navarrete, Leticia Caballero Alfaro y aquellos que no haya mencionado ¡Gracias inconmensurables!.

A mis compañeros por el apoyo brindado en el laboratorio, por todos los momentos compartidos y porque su amistad hizo más fascinante esta etapa de la vida: Azucena Lucena Cuevas, Lizzete Suastegui Baylón, Gloria Arantxza Sotelo Alcántara, Mariela Espinoza, Orlando Gómez Berruecos, María Goretti Tránsito Dámaso, Alexis Martínez, Yonger Tamayo Aguilar, Denis Castro Bustos, Ángeles García Chávez, Adriana Pérez Ramírez, Nelson, Maru Rodríguez Luqueño, Susana Solorzano, Abby Sánchez Ledesma.

DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial, quien en su infinita sabiduría traza con propósito el destino de nuestras vidas**.**

A mis amores:
a mi Mamá, Glory y Pablo

a Dulce María Valle de la Paz†
Héctor Giovanni Morales Caballero†
Arístides Caballero Villalobos†

ÍNDICE GENERAL

Pág.

ÍNDICE DE FIGURAS v

ÍNDICE DE CUADROS viii

INTRODUCCIÓN GENERAL..... 1

CAPÍTULO I.....7

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao*) y CUAPATAISTE (*T. bicolor* Bonpl.) (Magnoliopsida: Malvaceae), EN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO 7

Resumen 7

DIAGNOSIS OF COCOA (*Theobroma cacao*) AND CUAPATAISTE (*T. bicolor* Bonpl.) (Magnoliopsida: Malvaceae) IN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO 8

Abstract 8

1.1. Introducción..... ..9

1.2. Materiales y métodos 11

1.2.1. Área de estudio 11

1.2.2. Diseño de muestreo..... 12

1.2.3. Población y muestra 12

1.2.4. Identificación de categorías de análisis 12

1.2.5. Técnicas o instrumentos 13

1.2.6. Talleres participativos 14

1.2.7. Análisis de la información 14

1.3. Resultados y discusión 15

1.4. Conclusiones.....25

1.5. Literatura citada 26

CAPITULO II..... .29

HONGOS ASOCIADOS A ENFERMEDADES DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), CULTIVADAS EN LAS LOCALIDADES DE EL TAMARINDO, TEPANGO Y TONALÁ PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO. 29

Resumen ..... .29

FUNGI ASSOCIATED WITH DISEASES OF CACAO (*Theobroma cacao*) AND CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), GROWN IN THE TOWNS OF EL TAMARINDO, TEPANGO, AND TONALÁ, WHICH ARE PART OF THE MUNICIPALITY OF AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO 30
Abstract 30
2.1. Introducción 31
2.2. Materiales y métodos 34
2.2.1. Zona de estudio 34
2.2.2. Aislamiento de los patógenos 35
2.2.3. Aislamiento en hojas 36
2.2.4. Aislamiento en ramas 36
2.2.5. Aislamiento en mazorcas 36
2.2.6. Identificación de los aislamientos 37
2.2.7. Pruebas de patogenicidad 37
2.2.8. Identificación molecular 40
2.3. Resultados y discusiones 41
2.3.1. *Colletotrichum* 41
2.3.1.1. Clasificación taxonómica 41
2.3.1.2. Características macroscópicas 41
2.3.1.3. Características microscópicas 41
2.3.1.4. Síntomas 41
2.3.1.5. Identificación molecular 42
2.3.2. *Fusarium* 44
2.3.2.1. Clasificación taxonómica 44
2.3.2.2. Características macroscópicas 44
2.3.2.3. Características microscópicas 44
2.3.2.4. Síntomas 44
2.3.2.5. Identificación molecular 45
2.3.3. *Curvularia* 47
2.3.3.1. Clasificación taxonómica 47
2.3.3.2. Características macroscópicas 47
2.3.3.3. Características microscópicas 47

2.3.3.4. Síntomas 47
2.3.3.5. Identificación molecular 48
2.3.4. *Pestalotiopsis*..... 50
2.3.4.1. Clasificación taxonómica 50
2.3.4.2. Características macroscópicas 50
2.3.4.3. Características microscópicas 50
2.3.4.4. Síntomas 51
2.3.4.5. Identificación molecular 51
2.3.5. *Lasiodiplodia*..... 53
2.3.5.1. Clasificación taxonómica 53
2.3.5.2. Características macroscópicas 53
2.3.5.3. Características microscópicas 53
2.3.5.4. Síntomas 53
2.3.5.5. Identificación molecular 54
2.4. Conclusiones.....56
2.5. Literatura citada 57
CAPITULO III..... .62
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, CALIDAD, PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES EN CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), EN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO 62
Resumen .....…62
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION, QUALITY, AND PHYSICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF CACAO (*Theobroma cacao*) AND CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*) CROPS IN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO63
Abstract 64
3.1. Introducción.....66
3.2. Materiales y métodos 74
3.2.1. Análisis de datos.....68
3.3. Resultados y Discusión 69
3.3.1. Estadística descriptiva 69
3.3.2. Análisis de agrupamiento y canónico 75
3.3.3. Características cualitativas 83

3.4. Conclusiones.....92
3.5. Literatura citada 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1.1. Ubicación geográfica de las tres localidades de estudio: Tonalá, Tepango y El Tamarindo, Ayutla de los Libres, Guerrero (INEGI, 2010……..……..…… 11

Figura 1.2. Dendograma de los productores de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) ……..…… 15

Figura 2.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio. Ayutla de los Libres, Gro. 2024……..... 34

Figura 2.2. Pruebas de patogenicidad. A y B) Selección de plantas sanas C) Incisión en la corteza del tallo de aproximadamente 7 mm. D) Inoculación con segmento de agar con el micelio del patógeno, E) Cubrimiento del inóculo con algodón humedecido con agua estéril y Parafilm…..…..……..…… 39

Figura 2.3. Inoculación de las mazorcas A). Lavado B). Preparación del inóculo del patógeno, C) Inoculación, D) Cámara húmeda, E) Desarrollo del patógeno sobre la mazorca**……** 39

Figura 2.4. Observación de desarrollo de síntomas en las plantas inoculadas……. 40

Figura 2.5. Reaislamiento de cepas a partir de plantas de *Theobroma* que fueron inoculadas: A) *Colletotrichum,* B). *Fusarium,* C). *Curvularia,* D). *Lasiodiplodia* y E). *Pestalotiopsis*……..... 40

Figura 2.6. *Colletotrichum tropicale*. A) Árbol de cacao criollo se aprecia la mazorca con pequeñas manchas negras. B) Mazorca en cámara húmeda con manchas color café a negras, se observa crecimiento blanquecino. C) Hoja con manchas café en periferia se puede apreciar área clorótica y amarillenta. D) Colonia en etapa inicial se observa micelio blanquecino con puntos negros y naranjas. E) Conidiomas gregarios o solitarios color negro y naranjas. F) Se observa acérvulo con formación de conidios en corte de hoja de cacao criollo. 40X. G) Conidios hialinos cilíndricos……..... 43

Figura 2.7. *Fusarium oxysporum*. A) Árbol de cacao criollo con hojas que presentan síntomas (manchas foliares). B) Hoja de cacao criollo con manchas foliares de color café a bronceado con un halo amarillento. C) Cepa monósporica con tono rojizo en etapa madura. D) Apreciación de macroconidios (HCA) y microconidios (SNA) E) Clamidosporas..... 46

Figura 2.8. *Curvularia akaiiensis.* A) Árbol de cacao criollo con síntomas de mancha foliar en las hojas. B) Hojas de cacao criollo con manchas cloróticas que se tornan café claro hasta invadir completamente la hoja y secarla. C) Colonia fungosa: En un inicio el micelio es de color amarillo D) Cultivo Monospórico. micelio color café obscuro algodonoso. E) Colonia madura de color café obscuro y algodonosa con apariencia brillante en la superficie de la colonia. F) *Curvularia* sp. a) Conidióforo; b) Conidios. 26 µm de largo y 10.6 µm de ancho. 100x 49

Figura 2.9. *Pestalotiopsis sp*. A) Árbol de cuapataiste con síntomas. B) Hoja con síntomas, se puede apreciar manchas foliares color amarillentas a café. C) Cultivo monospórico, se aprecia un crecimiento circular del micelio color blanquecino a color miel pálido. D) Conidiomas globosos solitarios o agregados, semisumergidos. E) Conidios con tres células medias pigmentadas. El tamaño del largo del conidio es de 21.3 µm y 6.6 µm en 40X. Se distinguen apéndices a) apicales y b) basales..... 52

Figura 2.10. *Lasiodiplodia theobromae*. A) Árbol de cacao variedad tabasco con síntomas en hojas y mazorca. En el árbol se puede apreciar muerte descendente. B) Mazorca de cacao variedad tabasco con síntoma, se aprecian manchas necróticas. C) Tallo de cacao con lesiones y orificios. No se aprecia gomosis. D) La colonia muestra una rápida extensión micelial (superficie completamente cubierta) E y F) Conidios hialinos inmaduros, unicelulares, elipsoidales y de pared gruesa. En estado maduro los conidios son septados con estrías

longitudinales de color marrón oscuro..... 55

Figura 3.1. Dendograma de 36 árboles de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de Los Libres, Guerrero construido por el método de Ward a partir de 30 variables del fruto…..... 76

Figura 3.2. Representación gráfica de las tres raíces canónicas de los 36 genotipos de árboles de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de Los Libres, Guerrero…..... 79

Figura 3.3. Partes de una mazorca de cacao del grupo morfológico trinitario denominada variedad Tabasco colectada en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. …..... 85

Figura 3.4. Partes de una mazorca de cacao criollo (*Theobroma cacao*), semilla y mucilago donde se caracterizan los descriptores morfológicos del grupo criollo colectadas en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero..... 88

Figura 3.5. Partes de una mazorca del cacao *Theobroma bicolor* conocido en la región como cuapataiste colectada en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero**…..** 91

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1.1. Productores de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*T. bicolor*) por localidad en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero……..... 12

Cuadro 1.2. Variables determinadas en las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.…… 13

Cuadro 1.3. Servicios con los que cuentan las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero…….. 18

Cuadro 2.1. Coordenadas geográficas de lugares de colecta de cacao y cuapataiste en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero …… 34

Cuadro 3.1. Estadística descriptiva de las características fisicoquímicas de genotipos de cacao...…….. 74

Cuadro 3.2. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los componentes principales, con base a la matriz de correlación aplicada a características físicas, morfológicas y químicas de 30 genotipos de selecciones de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero……..…… 77

Cuadro 3.3. Vectores propios de 30 variables en las tres primeras raíces canónicas de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero…….…… 78

Cuadro 3.4. Distancia de Mahalanobis entre los grupos obtenidos del análisis clúster de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero…… 80

Cuadro 3.5. Prueba HSD de Tukey de las dos primeras raíces canónicas de los cuatro grupos de cacao obtenidos en el análisis clúster…… 80

Cuadro 3.6. Promedios de 30 variables de los grupos formados en el análisis clúster de 30 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero……..... 82

INTRODUCCIÓN GENERAL

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) y del cuapataiste o pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.**)** pertenecen a la familia Malvaceae, especies que constituyen la base de la identidad culinaria de diversas regiones del sur del país. El estado de Guerrero es el tercer productor nacional de cacao (SIAP, 2024),

Estas especies son la materia prima fundamental para la elaboración del chilate**,** una bebida tradicional en la región de la Costa Chica**.** Más allá de su valor simbólico, el grano de estas plantas destaca en la industria alimentaria actual por sus reconocidas propiedades nutricionales, bromatológicas y compuestos funcionales (como fenoles y flavonoides), los cuales aportan notables beneficios a la salud humana debido a su actividad antioxidante y nutracéutica (Valenzuela, 2007).

La producción de cacao y cuapataiste en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, enfrenta serias limitaciones que ponen en riesgo su sostenibilidad, en las localidades como El Tamarindo, Tepango y Tonalá**,** la actividad agrícola se desarrolla bajo un esquema de subsistencia donde predominan técnicas de manejo tradicionales poco tecnificadas (Rendón-Aguilar *et al*., 2001). De acuerdo con Córdova-Ávalos *et al*. (2008) dicha situación se agrava debido a un vacío estructural de asistencia técnica y apoyo gubernamental, lo que deriva en la ausencia de prácticas de manejo agronómico adecuado y la carencia de procesos estandarizados de poscosecha. Phillips-Mora y Cerda (2009) señalan que las plantaciones muestran una alta vulnerabilidad ante factores bióticos, convirtiéndose en focos propicios para el establecimiento y dispersión de enfermedades que reducen drásticamente el rendimiento y la calidad comercial del grano.

El principal factor de deterioro fitosanitario en la región es la presencia de enfermedades fungosas, las cuales atacan tejidos foliares, ramas, tallos y mazorcas, manifestándose a través de manchas cloróticas, chancros y necrosis.

El desconocimiento de los agentes causales específicos de estas enfermedades ha impedido el diseño de estrategias de control eficaces, consolidando pérdidas severas tanto en la etapa precosecha como en el almacenamiento (de Brito *et al*., 2023;

Torres-de la Cruz *et al*., 2025). Por otra parte, para lograr una verdadera valoración comercial y un aprovechamiento óptimo de estas especies, es indispensable determinar con rigor científico su calidad e inocuidad. De ahí que, se requiere un enfoque integral que no solo estudie el contexto social del productor o las amenazas fitosanitarias que sufre, sino que también evalúe el potencial morfológico y las propiedades bioquímicas del grano como ventajas competitivas esenciales.

El objetivo general de este trabajo fue realizar un diagnóstico socioeconómico de los productores, identificar los agentes causales de las enfermedades fungosas presentes en las plantaciones y evaluar las propiedades químicas, bromatológicas y morfológicas del fruto y la semilla de ambas especies**.** Con esto, se busca generar una base de conocimiento científico y técnico que sirva de plataforma para diseñar estrategias de manejo integrado del cultivo, optimizar la cadena de valor postcosecha y promover el desarrollo rural sustentable en la Costa Chica guerrerense.

La información de esta tesis se estructuró en tres capítulos. El primer capítulo consistió en el aspecto social mediante la realización de seis talleres participativos, a través de los cuales se construyó una matriz de análisis FODA para registrar la realidad socioeconómica y productiva de los productores cooperantes (Wilde, 2001). El segundo capítulo, de carácter fitopatológico, incluyó el aislamiento en laboratorio de los tejidos vegetales enfermos recolectados en El Tamarindo, Tepango y Tonalá; se realizó una detallada caracterización morfológica macroscópica y microscópica de los aislados, cuyos resultados revelaron la presencia de los géneros *Colletotrichum*, *Pestalotiopsis*, *Fusarium*, *Curvularia* y *Lasiodiplodia* coincidiendo con Phillips-Mora y Cerda (2011). Posteriormente, el análisis molecular confirmó con precisión las especies *Colletotrichum tropicale* (Rodriguez-Velázquez *et al.,* 2025)**,** *Fusarium oxysporum* (Leslie y Summerell, 2006)**,** *Pestalotiopsis vismiae* (Raya-Pérez, 2016)**,** *Lasiodiplodia theobromae* (Hendra *et al*., 2019 en Moreira-Morrillo *et al*., 2021) y *Curvularia akaiiensis* (Sari *et al*., 2023). corroborando la patogenicidad mediante los postulados de Koch**.** Finalmente, en el tercer capítulo se evaluaron variables morfológicas cualitativas y cuantitativas de frutos y semillas (Arvelo *et al*., 2017),

de acuerdo a esta caracterización se pudo observar la diversidad morfológica en la forma de los frutos existentes en las parcelas de los productores cooperantes de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero; de ahí que los frutos muestreados se pueden clasificar en los grupos morfológicos criollo y trinitario esta última es llamada en la región como variedad Tabasco y la otra especie que se distinguió fue *Theobroma bicolor* (pataxte) mejor conocido en la zona de estudio como cuapataiste (Cuatrecasas 1964 citado en Bhattacharjee y Akoroda (2018). A la par se realizaron análisis bromatológicos y químicos destructivos (cenizas, proteínas, sólidos solubles totales, acidez titulable, fenoles y flavonoides totales). Adicionalmente, mediante variables destructivas de laboratorio, se determinaron los sólidos solubles totales, la acidez titulable y la concentración de fenoles y flavonoides totales en postcosecha. Esta caracterización química se complementó con el registro minucioso de descriptores morfológicos específicos. En las mazorcas se evaluó con base en las directrices de examen de la UPOV (TG/270/1) el color, la forma del fruto, los ápices, la constricción basal, la rugosidad, la profundidad del surco, la longitud y el diámetro; mientras que en las semillas se analizó la forma de su parte superior, su corte transversal inferior, la longitud, la anchura y el color tanto del grano como del mucílago.

Literatura citada

Arvelo-Sánchez, M. A., Delgado, T., González-León, D., Marotom S., & Montoya-Rodríguez, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/BVE17089191e_1. pdf

Bhattacharjee, R., y Akoroda, M. (2018). Taxonomy and classification of cacao. En P. Umaharan (Ed.), Achieving sustainable cultivation of cocoa (pp. 1-16). Burleigh Dodds Science Publishing. http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0021.01

Córdova-Avalos, V., Mendoza-Palacios, J. D., Vargas Villamil, L., Izquierdo-Reyes, F., & 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.

de Brito, N. M., Duarte, H. S. S., Auer, C. G., y Santos, Á. F. dos. (2023). Uncovering a complex virome associated with the cacao pathogens *Ceratocystis cacaofunesta* and *Ceratocystis fimbriata.* Phytopathology / Viruses, 15(2), 342.

Moreira-Morrillo, AA., Cedeño-Moreira, AV., Canchignia-Martínez, F., & Garcés-Fiallos, FR. (2021). *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maul [(sin.) *Botryodiplodia theobromae* Pat] en el cultivo de cacao: síntomas, ciclo biológico y estrategias de manejo. Scientia Agropecuaria, 12(4), 653-662.

Phillips-Mora W., Cerda Bustillos R. (2011). Catálogo Enfermedades del cacao en Centroamérica. Serie técnica. Manual técnico no. 93. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Serie Técnica. Manual técnico no. 93 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/702/Catalogo_enfermedad es_del_cacao_en_centroamerica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Phillips-Mora, W., y Cerda Bustillos, R. (2009). Catálogo de enfermedades del cacao en Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Raya-Pérez, M. (2016). Aislamiento, caracterización y patogenicidad de hongos causantes de la muerte descendente del nogal. [Tesis de Doctorado o Reporte Técnico de Investigación, Universidad de Guanajuato / Instituto Tecnológico de Roque]. DOI:10.1007/s13225-011-0125-x

Rendón Aguilar, B., Rebollar Domínguez, S., Caballero Nieto, J., y Martínez Alfaro, M. A. (Eds.). (2001). Plantas, cultura y sociedad: estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa; Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Rodríguez-Velázquez, N. D., Gómez-de la Cruz, I., López-Guillen, G., Chávez-Ramírez, B., & Estrada-de los Santos, P. (2025). Isolation and biological control of *Colletotrichum* sp. causing anthracnosis in *Theobroma cacao* L. in Chiapas, Mexico. *Journal of Fungi*, *11*(4), 312.

https://doi.org/10.3390/jof11040312

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Acciones y programas. Producción mensual agrícola. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ Smith, H., & Liburd, E. (2018). Cultivos en asocio, diversidad de cultivos y manejo integrado de plagas. Universidad de la Florida. https://doi.org/10.32473/edis-in932-2012

Torres-de la Cruz, M., Guillén-González, C. A., Luna-Rodríguez, M., Ortiz-García, C. F., de la Cruz-Pérez, A., Arias-Rodríguez, L., y Cappello-García, S. (2025). Diversidad fúngica asociada a patologías de *Theobroma cacao* en Tabasco, México. Biotecnia, 27, Artículo e2219. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2219

Torres-de la Cruz, M., Guillén-González, C. A., Luna-Rodríguez, M., Ortiz-García, C. F., de la Cruz-Pérez, A., Arias-Rodríguez, L., & Cappello-García, S. (2025). Diversidad fúngica asociada a patologías *de Theobroma cacao* en Tabasco, México. Biotecnia, 27, e2219. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2219. https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/2219/1406

Valenzuela B., A. (2007). El chocolate, un placer saludable. Revista Chilena de Nutrición, 34(3), 1-20. https://doi. org/10.4067/S0717-75182007000300001

Wilde, V. (2001). Manual para el nivel de campo del Programa de Análisis Socioeconómico y de Género (ASEG). Servicio de Género y Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) y CUAPATAISTE (*T. bicolor* Bonpl.) (Magnoliopsida: Malvaceae), EN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao* L.) y el cuapataiste o pataxte (*T. bicolor* Bonpl.) son especies vegetales utilizadas como materia prima en la elaboración del chilate, una bebida tradicional en el estado de Guerrero, México, reconocida por sus propiedades nutricionales y nutracéuticas. El objetivo de esta investigación fue realizar un diagnóstico socioeconómico de los productores de ambas especies en Ayutla de los Libres, Guerrero. Entre mayo y junio del 2022, se llevaron a cabo seis talleres participativos, mediante los cuales se elaboró un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) que permitió conocer la situación actual de los productores. Los resultados muestran que los productores carecen de apoyo para la producción y no realizan un manejo adecuado de plagas ni enfermedades, lo cual afecta negativamente el rendimiento del cultivo. Asimismo, se identificó la ausencia de manejo poscosecha tanto para el cacao como para el cuapataiste. Finalmente, se determinó que el 90 % de la producción se destina al autoconsumo.

Palabras claves: Chilate, cultivo de traspatio, producción, policultivos.

DIAGNOSIS OF COCOA (*Theobroma cacao* L.) AND CUAPATAISTE (*T. bicolor* Bonpl.) (Magnoliopsida: Malvaceae) IN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO

Abstract

Cacao (*Theobroma cacao* L.) and cuapataiste or pataxte (*T. bicolor* Bonpl.) are plant species used as raw materials in the preparation of chilate, a traditional beverage from the state of Guerrero, Mexico, recognized for its nutritional and nutraceutical properties. The objective of this study was to conduct a socioeconomic assessment of producers of both species in Ayutla de los Libres, Guerrero. Between May and June 2022, six participatory workshops were carried out, through which a swot analysis (strengths, opportunities, weaknesses, and threats) was developed to better understand the current situation of the producers. The results show that producers lack production support and do not implement adequate pest and disease management, which negatively affects crop yield. Likewise, the absence of postharvest management practices was identified for both cacao and cuapataiste. Finally, it was determined that 90 % of the production is destined for self-consumption.

Key words: Chilate, backyard crop, yield, polycrops.

1.1. Introducción

En la región de la Costa Chica de Guerrero, México, se cultivan cacao (*Theobroma cacao* L.) y el cuapataiste o pataxte (*T. bicolor* Bonpl.), especies que desempeñan un papel importante en la economía local, ya que representan una fuente de ingresos para los pueblos indígenas mixtecos y Me´phaa, así como para otros productores del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. En las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá, pertenecientes al municipio antes mencionado, el cuapataiste se cultiva de manera asociada con el cacao, aunque su presencia es limitada: generalmente se siembran hasta cinco árboles por unidad de producción en esta región. Esta densidad baja se debe a que el cuapataiste comienza a producir hasta los siete años, mientras que el cacao inicia su producción a los cuatro (Gálvez-Marroquín *et al*., 2016). La importancia del cacao reside en los beneficios que aporta a la salud humana (Andújar *et al*., 2012; De Araujo *et al*., 2016). El consumo de chocolate negro influye positivamente en el metabolismo de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), comúnmente conocidas como “colesterol bueno”, al aumentar su concentración en sangre. Las HDL participan en el transporte reverso del colesterol, y su incremento se considera actualmente un factor protector frente al riesgo cardiovascular. El consumo moderado de chocolate, particularmente el chocolate negro por su alto contenido en flavonoides, se asocia con efectos beneficiosos como la disminución de la presión arterial, del riesgo de trombosis y de ateromatosis en el ser humano (Valenzuela, 2007). Por tal motivo, resulta pertinente resaltar las cualidades del cacao y del cuapataiste producidos en la región, ya que los productores no cultivan estas especies de manera intensiva, sino que mantienen un manejo tradicional de los huertos. Ambas especies constituyen la materia prima para la elaboración de chilate, mientras que el cacao se emplea en la prepa ración de chocolate. Sin embargo, el destino principal de la producción es el autoconsumo y la venta local, además que se ha identificado un manejo poscosecha deficiente (Rendón-Aguilar *et al*., 2001). De acuerdo con Córdova-Ávalos *et al*. (2008), los principales factores que limitan la comercialización del cacao por parte de las asociaciones de productores incluyen: la falta de asesores técnicos en los procesos de acopio, beneficio y venta; la escasa capacitación en estrategias de comercialización; y la ausencia de innovación en procesos de acopio, fermentado y

secado del cacao. A pesar de la importancia histórica y cultural del cacao, en la actualidad, la producción y los canales de comercialización reciben poco apoyo institucional. En la región de estudio no se cuenta con un paquete tecnológico adaptado al manejo del cultivo de cacao y cuapataiste, por lo que las familias que comercializan sus mazorcas lo hacen de manera informal, al menudeo y en mercados locales. La venta a través de intermediarios resulta poco atractiva para los pequeños agricultores, ya que estos actores suelen adquirir el producto a precios bajos y lo revenden a exportadores con un margen de ganancia considerable. Intermediarios, acopiadores, mayoristas y comisionistas se encuentran organizados estratégicamente en diferentes regiones, lo que les permite negociar precios más bajos que los ofrecidos directamente por los exportadores (Parada-Gutiérrez y Veloz-Cordero, 2021). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue realizar un diagnóstico socioeconómico de los productores de cacao y cuapataiste en las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá, pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, México.

1.2. Materiales y métodos

1.2.1. Área de estudio

El presente estudio se desarrolló con productores de plantaciones de cacao y cuapataiste de las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá, pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. El municipio se localiza en la porción sur-sureste de la entidad, a una altitud de 378 msnm y en las coordenadas geo gráficas 16°57’5’’ N y 99°05’3’’ O. El municipio se encuentra comunicado a través de la carretera libre a Tierra Colorada-Cruz Grande, vía de 113 km que conecta a la región Centro con la de Costa Chica; Ayutla de los Libres se encuentra a la mitad de este trayecto (Instituto Nacional de estadística y Geografía [INEGI], 2010) (Fig. 1.1).

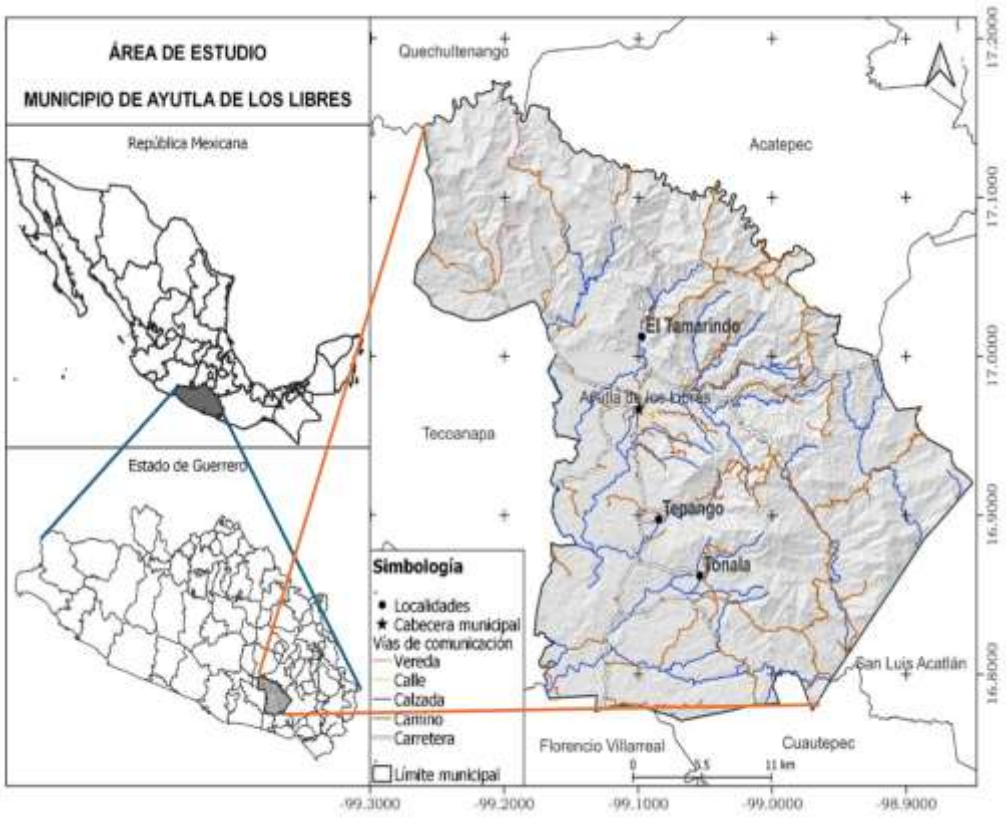


Figura 1.1. Ubicación geográfica de las tres localidades de estudio: Tonalá, Tepango y El Tamarindo, Ayutla de los Libres, Guerrero (INEGI, 2010).

1.2.2. Diseño de muestreo

Se solicitó apoyo a las autoridades de las localidades bajo estudio para convocar a los productores y pre sentar el proyecto de investigación en una asamblea, en donde se invitó a participar de manera voluntaria a los productores de cacao y cuapataiste.

1.2.3. Población y muestra

De acuerdo con datos del censo de productores proporcionados por los delegados municipales se obtuvieron los siguientes registros: en El Tamarindo, 12 productores de cacao y de cuapataiste; en Tepango, 20 productores, y en Tonalá, 19 (51 en total). De los cuales se determinó como tamaño de la muestra a 41 productores (Cuadro 1.1) mediante la fórmula de Torres *et al*. (2006):

$$n = \frac{N \times Z_a^{\,2} \times p \times q}{d^2 \times (N-1) + Z_a^{\,2} \times p \times q} = 40.9$$

En donde: a n = tamaño de muestra; N = tamaño de la población; Z = nivel de confianza; p = probabilidad de éxito o proporción esperada; q = probabilidad de fracaso; d = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Cuadro 1.1. Productores de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*T. bicolor*) por localidad en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Localidad	Productores agrícolas	Productores de cacao y cuapataiste
El Tamarindo	120	12
Tepango	220	20
Tonalá	398	19
Total	738	51

Fuente: Datos proporcionados por los comisarios de las localidades de estudio.

1.2.4. Identificación de categorías de análisis

El proceso de investigación analizó las características sociales, económicas, sistema de producción y ser vicios de la comunidad a través de un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), por lo que se plantearon variables para la comprensión de las características (Cuadro 1.2).

Cuadro 1.2. Variables determinadas en las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Características	Indicador
Características sociales	Nivel de escolaridad Actividad económica principal Número de integrantes de la familia
Características económicas	Rendimiento Destino de la producción Canal de comercialización Precio de venta
Sistema de producción	Hectáreas dedicadas a la producción de cacao y cuapataiste Cultivos intercalados Tipo de agricultura practicada Manejo del cultivo y control de plagas y enfermedades
Servicios de la comunidad	Infraestructura educativa Electricidad Agua potable Otros

Fuente: Elaboración propia

1.2.5. Técnicas o instrumentos

La elaboración del autodiagnóstico socioeconómico tuvo como propósito reconocer el contacto en el que viven los actores sociales involucrados en la zona de estudio. Para ello, se desarrollaron tres fases participativas: 1. técnicas de dinámica de grupos (mediante actividades lúdicas de trabajo en equipo); 2. técnicas de visualización (a través de la observación directa del contexto por parte del investigador), y 3. técnicas de observación de campo (Herrera y Van de Velde, 2004). Se realizó el análisis FODA mediante el desarrollo e implementación de los talleres participativos en las tres localidades de estudio, el cual permitió planificar estrategias, tomar decisiones informadas y aprovechar las fortalezas, abordar las debilidades, capitalizar las oportunidades y mitigar las amenazas que tienen que ver con la producción del cacao y cuapataiste en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

1.2.6. Talleres participativos

Se utilizó un análisis de estadística descriptiva, cualitativa y cuantitativa. El trabajo se fundamentó en la caracterización de los productores cooperantes mediante la realización de seis talleres participativos: dos en cada una de las localidades seleccionadas. El objetivo de estos talleres fue elaborar un diagnóstico socioeconómico participativo. Durante las sesiones, se recuperó información a través de herramientas como mapas, dibujos y líneas de tiempo elaboradas por los propios productores. Asimismo, se aplicó una encuesta estructurada en tres secciones, compuesta por 34 reactivos, dirigida exclusivamente a 41 productores voluntarios. La primera sección abordó características sociales y económicas de los participantes; la segunda se enfocó en el padrón de los productores, así como en la superficie y producción de cacao y cuapataiste. La tercera sección incluyó aspectos generales de infraestructura local, como servicios educativos, suministro de electricidad, agua potable y otros servicios básicos disponibles en las localidades.

1.2.7. Análisis de la información

Para el análisis de los resultados obtenidos en los talleres y en las encuestas realizadas a los productores cooperantes, se utilizó la estadística descriptiva, cualitativa y cuantitativa. Los datos obtenidos en las encuestas fueron exa minados mediante clúster, utilizando un análisis de correspondencias simples, la cual es una técnica descriptiva que sirve para resumir una gran cantidad de datos en un menor número de variables, con la finalidad de no perder información y presentar la relación entre dos variables nominales u ordinales. Para lo anterior, se recurrió al software R Studio que funciona con R versión 3.6.0.

1.3. Resultados y discusión

Los datos obtenidos después de ser analizados muestran que el dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento permitió identificar cinco grupos, de los cuales destaca el Grupo I (línea de color rojo), conformado por 14 productores cuyas respuestas muestran un grado de similitud alto. Este grupo se caracteriza por un rango de edad entre los 50 y 65 años, y por presentar un nivel educativo predominantemente de primaria. De acuerdo con Pabón *et al*. (2016), en 2005 en Colombia, el 72.4 % de los productores de cacao contaba únicamente con educación primaria, 19 % con bachillerato, el 5.7 % había cursado estudios técnicos, y solo el 2.9 % había concluido estudios universitarios. Por lo que podemos afirmar que en México y Colombia la mayoría de los productores de cacao únicamente han alcanzado el nivel básico de escolaridad (Fig. 1.2). Esta condición representa una posible limitante en términos de adquisición de conocimientos técnicos relacionados con el manejo agronómico del cultivo, la aplicación de estrategias de control de plagas y enfermedades, la mejora de canales de comercialización, así como el acceso a los diferentes programas de apoyo gubernamental.

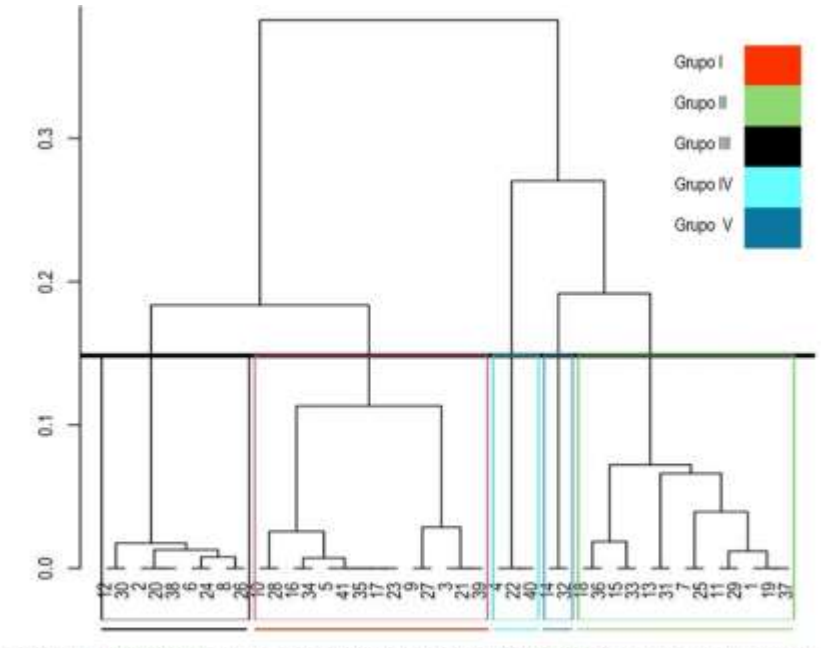


Figura 1.2. Dendograma de los productores de cacao (*Theobromae cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) a partir de reactivos de la encuesta.

En cuanto a la tenencia de la tierra, los productores del Grupo I presentaron una antigüedad de entre 21 y más de 41 años. Este grupo se distingue por utilizar sistemas de producción tanto de riego como de temporal, y por cultivar principalmente cacao criollo. El destino de la producción es el autoconsumo y, de manera relevante, no se reportan prácticas de control fitosanitario. Por su parte, el Grupo II (línea de color verde) (Fig. 1.2) está compuesto por 13 productores, con un rango de tenencia de la parcela entre 11 y 40 años. En este caso, se cultivan cacao criollo y cuapataiste. El des tino de la producción es mixto: autoconsumo y venta. El precio de la mazorca oscila entre $8.00 a $10.00 MXN, sin embargo, los intermediarios la comercializan a precios que van de $15.00 a $20.00 MXN por unidad. En cuanto al cacao seco, su valor en el mercado local se encuentra entre $70.00 y $80.00 MXN/kg, mientras que el consumidor final llega a pagar entre $250.00 y $300.00 MXN/kg. El Grupo III (línea color negro) (Fig. 1.2) está con formado por nueve productores, cuyas familias son integradas de uno a tres miembros. Esta situación contrasta con la observada en el estado de Tabasco, donde, según De la Cruz-Landero *et al*. (2015), la mayoría de los productores de cacao pertenecen a familias numerosas, lo cual representa una ventaja en la ejecución de las labores culturales del cultivo. No obstante, una familia numerosa implica mayores gastos en diferentes ámbitos del hogar. Los productores cooperantes consideran ventajoso contar con el apoyo de sus familiares en las labores agrícolas. Generalmente, los hombres participan directamente en las actividades del campo, mientras que las mujeres contribuyen mediante la preparación de alimentos durante las jornadas de trabajo y en la elaboración de productos derivados del cacao, como la pasta de chilate, el chilate y el chocolate. La tenencia de la tierra de este grupo es de propiedad privada, con una superficie promedio de 0.5 ha. El tiempo de posesión de las parcelas oscila entre 1 a 10 años. Los productores cultivan principalmente cacao criollo, bajo un sistema de uso de la tierra que combina riego y temporal, y practican la asociación de cultivos. El destino de la producción es de autoconsumo. Este grupo no recibe apoyo por parte de programas gubernamentales, lo cual repercute negativamente en la implementación de prácticas adecuadas de manejo agronómico. Es relevante señalar que la participación de la mujer se limita a la elaboración de alimentos, sin embargo, se destaca que en estas familias existe un

consumo cotidiano de productos derivados del cacao, como el chilate y el chocolate. El Grupo IV (línea de color azul claro) está conformado por tres productores de 65 años de edad, con un nivel máximo de escolaridad correspondiente a estudios de secundaria. Es preciso mencionar que en este grupo el número de integrantes por familia oscila entre 4 y 6. Los productores poseen dos parcelas propias, con un rango de tenencia de entre 11 y 20 años. Este grupo realiza una asociación de cultivos de cacao criollo y cuapataiste, tanto bajo riego como en condiciones de temporal. La producción se destina a la venta en el mercado local, con un rendimiento total de entre 401 y 500 kg. Por su parte, el grupo V (línea de color azul turquesa) agrupa únicamente a dos productores de 70 años de edad, con nivel escolar correspondiente a primaria terminada. El número de integrantes por familia varía de 1 a 3. Estos productores poseen tres parcelas bajo riego y temporal, donde practican el policultivo. Este agrupamiento representa a productores donde se cultiva cuapataiste junto con cacao criollo; no se realizan control de plagas ni enfermedades, y su cosecha se destina a la venta mediante intermediario. Cabe mencionar que, en este grupo, las mujeres no participan en las labores agrícolas.

Servicios de la comunidad

Las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá cuentan con los servicios de electricidad, teléfono, agua potable, infraestructura pública y educativa (Cuadro 1.3). La localidad de Tonalá tiene un total de 2,297 habitantes (INEGI, 2020), quienes disponen de todos los servicios mencionados. Según autoridades locales, Tepango no cuenta con un censo poblacional formal; sin embargo, se destaca la presencia de un productor por familia. Las viviendas disponen de electricidad y agua potable, y la localidad ofrece infraestructura educativa y pública, entre ellas un jardín de niños, una escuela primaria, una comisaría, una cancha y un panteón. En el Tamarindo, las viviendas también cuentan con servicios de electricidad y agua potable. Asimismo, existe infraestructura educativa conformada por un jardín de niños y una primaria, además de infraestructura pública como una comisaría, una cancha y un panteón. Conocer los servicios con los que cuentan los productores permite obtener un panorama contextual de sus comunidades y de las posibilidades que tienen para adquirir conocimientos e información sobre el cultivo, su manejo poscosecha y sus

canales de comercialización.

Cuadro 1.3. Servicios con los que cuentan las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Servicios	Tepango	El Tamarindo	Tonalá
Electricidad	1	1	1
Agua potable	1	1	1
Drenaje	0	0	1
Servicio telefónico	0	0	1
Jardín de niños	1	1	1
Primaria	1	1	1
Secundaria Técnica	0	0	1
Telesecundaria	0	0	1
Comisaria	1	1	1
Cancha	1	1	1
Auditorio	0	0	1
Panteón	1	1	1

Fuente: Información proporcionada por los productores cooperantes de las localidades en los talleres participativos. 0, para servicio inexistente y 1, para servicio que existe en la localidad.

Características de producción

Las parcelas de los productores cooperantes son de superficie pequeña y productividad baja, por lo que su impacto económico resulta limitado tanto para el productor como para su familia. Esto se debe al bajo porcentaje de producción destinado a la venta; en consecuencia, el cultivo de cacao y de cuapataiste no representa una fuente de ingreso primordial en las familias, ya que la mayor parte se destina al autoconsumo. Por otro lado, los productores complementan sus ingresos mediante actividades no agrícolas, desempeñándose como conductores de transporte público, albañiles, carpinteros o herreros, aunque en menor proporción. Esto coincide con lo reportado por De la Cruz-Landero *et al*. (2015), quienes señalan que el ingreso de la mayoría de los productores proviene de la suma de diversas actividades agrícolas, lo cual les permite aumentar sus ingresos mediante otros cultivos presentes en sus plantaciones.

Rendimiento

La producción de cacao y cuapataiste en la zona de estudio se realiza bajo condiciones de temporal y riego. En las tres localidades, los productores cuentan con sistemas de riego rodado abastecidos con agua del río Cotzalzin, lo que permite dos cosechas anuales de cacao: la primera de marzo a mayo y, la segunda, junto con la de cuapataiste, de noviembre a enero. A nivel municipal, los intermediarios acaparan el grano de cacao y de cuapataiste, lo que ocasiona que los productores reciban menores ingresos por la venta. Ambos productos se comercializan como materia prima sin valor agregado: el cacao se vende en mazorca fresca o en semilla seca. Los productores prefieren vender a intermediarios para evitar invertir tiempo en la comercialización directa, lo cual impide que el producto llegue al consumidor final. La superficie total cultivada con cacao y cuapataiste entre los productores entrevistados es de 45 ha, con un rango de tamaño de la parcela de 0.5 ha a 3 ha. El número de árboles por hectárea varía de 20 a 80 para cacao y de 1 a 5 para cuapataiste. En 2024, la producción nacional de cacao en México fue de 28,446.98 t, siendo Tabasco el principal estado productor con 17,732.21 t, seguido de Chiapas con 10,447.31 t, y de Guerrero con 267.46 t (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2024). A nivel municipal, se registraron 66 ha sembradas, 65 ha cosechadas y una producción total de 75 t, con un rendimiento promedio de 1.16 t/ha (SIAP, 2024). El rendimiento de la producción de Cacao y Cuapataiste en el ciclo de producción 2022 se presentó de la siguiente forma: del total de los productores de Tonalá, el 14.3 % (2 productores) obtuvo de 1 a 100 kg de cacao; mientras que el 14.3 % de los productores cosecharon de 101 a 150 kg, otro 35.7 % (5 productores) alcanzó una cantidad de 151 a 250 kg de cacao. Finalmente, un 35.7 % obtuvo una cosecha de 401 a 500 kg de cacao. Mientras que para cuapataiste solo 1 productor obtuvo un rendimiento de 251 a 350 kg por temporada. En el Tamarindo, 2 productores (16.7 %) obtuvieron un rendimiento de 1 a 100 kg; en tanto que otro 16.7 % recabó de 101 a 150 kg de cacao; asimismo, se tiene registrado que 2 productores (16.7 %) cosecharon 251 a 350 kg de cacao, mientras que un 16. 7% obtuvo un rendimiento de 351 a 400 kg anuales. Finalmente, el 33.3 % (4 productores) cosechó de 401 a 500 kg. En la localidad de Tepango, 1 productor (6.7 %) obtuvo un rendimiento por temporada de 101 a

150 kg; mientras que 2 productores (13.3 %) obtuvieron de 151 a 250 kg. Otro 40.0 % (6 productores) logró una producción de 151 a 250 kg; el 20.0 % (3 productores) cosecharon de 251 a 350 kg, y el resto (20.0%) obtuvo de 351 a 400 kg. Para el caso de cuapataiste, en las localidades de Tonalá y El Tamarindo, existe solo 1 productor en cada una que obtuvo una producción de 251 a 350 kg; finalmente, en Tepango un 50.0 % (1 productor) cosechó de 1 a 100 kg y el otro (50.0 %) obtuvo de 101 a 150 kg de cuapataiste. Estos resultados coinciden con lo reportado por Liendo y Marín (2006), quienes destacan que un porcentaje alto de los productores de Miranda (Venezuela), en la región de Barlovento, presentan rendimientos bajos de cacao seco (200 a 500 kg anuales). Es preciso señalar que los productores de Tonalá y El Tamarindo registran rendimientos relativamente altos (401 a 500 kg) en comparación con los de Tepango, lo cual puede atribuirse a que poseen una mayor superficie cultivada.

Precio de venta

Un factor que influye en el precio del cacao y del cuapataiste es la falta de acceso a compradores que otorguen precios justos, ya que los productores dependen de intermediarios que compran el kilogramo de cacao seco y lavado a precios bajos (Roma Ardón *et al*., 2022). Otro aspecto que incide en el precio es el manejo poscosecha, el cual resulta ineficiente, pues después de la cosecha únicamente se realiza el secado de las semillas sin medidas de higiene ni cuidados en la calidad e inocuidad. Generalmente, las semillas se secan al aire libre sobre charolas o plásticos colocados en los tejados de las viviendas

Sistema de producción

La superficie destinada por los productores al cultivo de cacao y cuapataiste es pequeña, debido a que en su mayoría se produce para el autoconsumo. Los pequeños productores comparten terrenos agrícolas con medianos y grandes productores de cacao; sin embargo, predomina una agricultura de subsistencia en la fase de comercialización (Parada-Gutiérrez y Veloz-Cordero 2021).

Cultivos intercalados

El cacao y cuapataiste se cultivan asociados a otras especies como maíz (*Zea mays* L.), arroz morado y arroz blanco (*Oryza sativa* L.), calabaza (*Cucurbita* spp.), ajonjolí (*Sesamun indicum* L.), jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), jícama (*Pachyrhizus erosus* L.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y piña (*Ananas comosus* L.), además de relacionados con árboles frutales como mango (*Mangifera indica* L.), tamarindo (*Tamarindus indica* L.), nanche (*Byrsonima crassifolia* L.), guanábana (*Annona muricata* L.), palma de coco (*Cocos nucifera* L.), limón (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle), plátano (*Musa paradisiaca* L.), mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn] y café (*Coffea arabica* L.). Esta diversificación busca aprovechar el espacio disponible en las huertas y ampliar los ingresos familiares mediante la venta de productos agrícolas. Los productores cuentan con experiencia en el manejo de sistemas policultivo, donde los cacaotales se asocian con especies maderables y frutales, considerando los requerimientos de sombra para su adecuado crecimiento (Roma Ardón *et al*., 2022). La asociación de cultivos constituye una estrategia relevante para el manejo integrado de plagas, ya que contribuye a reducir sus poblaciones y la incidencia de enfermedades, además de favorecer la diversidad de hábitats para enemigos naturales y mejorar la salud del suelo, entre otros beneficios (Navarro, 2010; Smith y Liburd, 2012).

Plagas y enfermedades

Los productores de El Tamarindo, Tepango y Tonalá identifican de manera empírica la presencia de plagas en el cultivo de cacao, como hormigas, gusano barrenador y gallina ciega. Asimismo, mencionan daños causados por mamíferos, como tuzas y ardillas, y por aves como pico real y pájaro carpintero. No obstante, los productores carecen de conocimientos técnicos para identificar enfermedades del cultivo, por lo que el con trol fitosanitario es nulo o inadecuado, en parte por la falta de asesoría técnica. Además, la productividad se ve afectada por la edad avanzada de las plantaciones, lo cual genera rendimientos bajos. Esto coincide con lo señalado por Córdova-Avalos *et al*. (2001), quienes mencionan que la deficiencia en el control de plagas, enfermedades, sombra y drenaje, así como la falta de capacitación y asistencia

técnica, limitan la productividad del cultivo.

Análisis de Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

El análisis FODA, aplicado mediante el desarrollo de los talleres participativos realizados en las tres localidades de estudio, nos muestra lo siguiente. Entre las fortalezas, los productores destacan la producción familiar que reduce los costos, así como la posibilidad de cultivar en temporal como bajo riego. Como oportunidades, se identificó la necesidad de fortalecer la gestión de asesoría técnica para un manejo más eficiente del cultivo, lo cual podría favorecer una mayor articulación institucional tanto a nivel local como nacional. Tal como señalan Satama-Bermeo *et al*. (2025), los servicios de extensión técnica son fundamentales para mejorar la productividad y sostenibilidad del cacao; sin embargo, requieren ser reforzados mediante compromisos gubernamentales sólidos, sustentados en criterios económicos, sociales y ambientales que sean declarados, practicados y rigurosamente respetados. El acceso a asistencia técnica también facilitaría la diversificación de productos con valor agregado y el fortalecimiento de los canales de comercialización, lo que permitiría alcanzar precios más competitivos. Asimismo, la identificación de los hongos patógenos que afectan al cacao y cuapataiste constituye un paso clave para establecer estrategias de control efectivas, garantizando así la continuidad y estabilidad de la producción. En las localidades estudiadas, la producción de cacao se caracteriza por ser familiar y orientada al auto consumo, debido a que las áreas cultivadas no superan las tres hectáreas. Esto coincide con lo expuesto por Arvelo-Sánchez *et al*. (2017), quienes destacan que alrededor del 95 % de la producción mundial de cacao proviene de la agricultura familiar, un sistema caracterizado por predios pequeños, baja inversión e infraestructura limitada, además de ser una fuerte dependencia del trabajo familiar. Entre las debilidades detectadas se encuentra la ausencia de apoyo gubernamental, un manejo poscosecha ineficiente y la baja calidad de la materia prima que suele presentar impurezas. La venta se realiza como materia prima sin valor agregado, lo que limita la elaboración de productos semielaborados (como pasta de chilate) o elaborados (chocolate). Aproximadamente el 90 % de la producción se destina al autoconsumo, mientras que el resto es acaparado por intermediarios a precios bajos, insuficientes para generar rentabilidad. Además, no se abastece el

mercado local. Los productores presentan escaso conocimiento en el manejo agroforestal y control de plagas y enfermedades, lo que provoca la presencia de árboles enfermos y envejecidos. La falta de infraestructura para acopio, fermentado y secado impide un manejo poscosecha adecuado, limitando el desarrollo local del cultivo. Este aspecto resulta crucial, ya que el manejo poscosecha determina la calidad del producto final. En cuanto a las amenazas, se identificaron la incidencia de plagas y enfermedades, para las cuales no existen medidas preventivas ni de control. Asimismo, la dependencia de la venta de mazorca fresca y grano seco representa una amenaza tangible al impedir una integración económica que abarque todo el proceso productivo y comercial. Durante los talleres participativos, los productores señalaron que la falta de manejo agronómico incrementa la incidencia de plagas y enfermedades, además de reducir la productividad. En este sentido, un manejo adecuado permitiría disminuir los daños, como lo destacan Phillips-Mora y Cerda (2009), quienes señalan que, en cacaotales bien manejados con podas adecuadas, se favorece la entrada de luz, se reduce la humedad y, por ende, la incidencia de plagas y enfermedades, además de incrementarse la floración y la producción de frutos. Tal como mencionan Attiogbé *et al*. (2024), las prácticas de gestión agrícola, también conocidas como buenas prácticas agrícolas, mejoran significativamente el rendimiento. Estos autores recomiendan paquetes bien diseñados e innovadores de gestión sostenible basados en las características de la explotación y del propietario. Estos incluyen esquemas de riego, monitoreo y suministro oportuno de fertilizantes para el suelo, y la provisión de variedades resistentes a la sequía junto con itinerarios técnicos.

La aplicación de talleres participativos también permitió comprender el contexto social, económico y cultural de los productores, coincidiendo con Wilde (2001), quien señala que el análisis socioeconómico y de género contribuye a identificar las necesidades y prioridades de las personas, considerando variables como clase social, edad, raza, pertenencia étnica y religión, lo cual proporciona una visión integral de la comunidad. Finalmente, Gálvez-Marroquín *et al*. (2016) mencionan que *T. bicolor* se encuentra en riesgo debido a la escasa cantidad de árboles de cuapataiste asociados al cultivo de cacao (de uno a cinco por parcela). Esto coincide con Avendaño-Arrazate *et al*. (2011), quienes informan que el cuapataiste es una especie en peligro de extinción,

lo que sugiere la necesidad de establecer estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* para su rescate, conservación y utilización en México.

1.4. Conclusiones

La producción de cacao y cuapataiste en las localidades estudiadas es de carácter familiar, destinándose un alto porcentaje al autoconsumo. Debido a ello, los productores recurren a otras actividades para complementar sus ingresos. La comercialización de ambos cultivos, tanto en mazorca como en cacao seco, se realiza principalmente en el mercado local de la cabecera municipal. Los hombres constituyen los principales actores productivos, con edades que oscilan entre los 35 y 76 años, y en su mayoría cuentan únicamente con educación primaria. En la zona de estudio no se observa un aprovechamiento integral del cultivo de cacao y cuapataiste. El manejo poscosecha es limitado y, por ello, la comercialización de productos semielaborados se restringe al mercado local sin valor agregado. Asimismo, los productores carecen de apoyo gubernamental y no implementan prácticas preventivas ni de control de plagas ni enfermedades, lo que repercute negativamente en el rendimiento y la calidad de la producción.

1.5. Literatura citada

Andújar, I., Recio, M. C., Giner, R. M., & Ríos, J. L. (2012). Cocoa polyphenols and their potential benefits for hu man health. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2012(1), 906252. https://doi.org/10.1155/2012/906252

Arvelo-Sánchez, M. A., Delgado, T., González-León, D., Marotom S., & Montoya-Rodríguez, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Attiogbé, A. A. C., Nehren, U., Quansah, E., Bessah, E., Salack, S., Sogbedji, J. M., & Agodzo, S. K. (2024). Cocoa farmers' perceptions of drought and adaptive strategies in the Ghana–Togo transboundary cocoa belt. Land, 13(11), 1737. https://doi.org/10.3390/land13111737

Avendaño-Arrazate, C. H., Villarreal-Fuentes, J. M., Campos-Rojas, E., Gallardo-Méndez, R. A., López Mendoza, A., Aguirre-Medina, J. F., Sandoval-Esquivez, A., & Espinoza-Zaragoza, S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo.

Córdova-Avalos, V., Mendoza-Palacios, J. D., Vargas Villamil, L., Izquierdo-Reyes, F., & 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.

De Araujo, Q. R., Gattward, J. N., Almoosawi, S., Silva, M. das G. C. P. C., Dantas, P. A. de S. D., & De Araujo Júnior, Q. R. (2016). Cocoa and human health: from head to foot—a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56(1), 1-12. https://doi.org/10.1080/10408 398.2012.657921

De La Cruz-Landero, E., Córdova-Avalos, V., García López, E., Bucio-Galindo, A., & Jaramillo-Villanueva, J. L. (2015). Manejo agronómico y caracterización

Socioeconómica del cacao en Comalcalco, Tabasco. Foresta Veracruzana, 17(1), 33-40.

Gálvez-Marroquín, L. A., Reyes-Reyes, A. L., Avendaño Arrazate, C. H., Hernández-Gómez, E., Mendoza López, A., & Díaz-Fuentes, V. H. (2016). Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): especie subutiliza da en México. Agro Productividad, 9(1), 41-47.

Herrera, H. E., & Van de Velde, H. (2006). Programa de especialización en gestión del desarrollo comunitario. Auto-diagnóstico. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Instituto Nacional de estadística y Geografía. (2010). Censo de población y vivienda. Unidad de microrregiones. https:// www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/ Instituto Nacional de estadística y Geografía. (2020). Censo de población y vivienda. Proyectos estadísticos.https://www.inegi.org.mx/app/cpv/2020/resultadosrapidos/default.html?text o=

Guerrero Liendo, R. J., & Marín, R. C. (2006). Prácticas poscosecha y de almacenamiento del cacao (*Theobroma cacao*) en el estado Miranda Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, 23(3), 349-363.

Navarro, M. D. A. (2010). Manejo integrado de plagas. University of Kentucky. Pabón, M. G., Herrera-Roa, L. I., & Sepúlveda, W. S. (2016). Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia). Revista Mexicana de Agronegocios, 38, 283-294.

Parada-Gutiérrez, O., & Veloz-Cordero, R. L. (2021). Análisis socioeconómico de productores de cacao, lo calidad Guabito, provincia Los Ríos, Ecuador. Ciencias Holguín, 27(1), 1-11.

Phillips-Mora, W., & Cerda, B. R. (2009). Catálogo. Enfermedades del cacao en Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (CATIE).

Rendón-Aguilar, B., González Soto, G., Oble-Delgadillo, M. I., Ojeda-Cornejo, V., Parra-Padilla, R. E., Pérez González, E., & Ramírez Hernández, L. (1998). Theobroma bicolor Humb. & Bonpl. (Sterculiaceae, “Cuapataxtle”) en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. Composición florística de los huertos y aspectos etnobotánicos. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 63, 75-84. https://doi.org/10.17129/botsci.1569

Roma Ardón, R. W., Damon, A. A., & Sánchez Ortiz, W. (2022). El policultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) y la cultura Qato’ok de Tuzantán, Chiapas, México. Una aproximación etnoecológica. Ethnoscientia, 7(4), 14-32.

Satama-Bermeo, M., García-Espigares, L., Lamotte, L., Ramírez, K., Santos, A., Zambrano, G., Olschewski, R. (2025). Sustainable cocoa production: a question of taste or survival? Eliciting farmers’ preferences with a two-step choice experiment. Journal of Agriculture and Food Research, 22, 102051.https://doi.org/10.1016/j. jafr.2025.102051

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). Acciones y programas. Producción mensual agrícola. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

Smith, H., & Liburd, E. (2018). Cultivos en asocio, diversidad de cultivos y manejo integrado de plagas. Universidad de la Florida. https://doi.org/10.32473/edis-in932-2012

Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. G. (2006). Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. Boletín Electrónico: Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, (2), 1-13.

Valenzuela B., A. (2007). El chocolate, un placer saludable. Revista Chilena de Nutrición, 34(3), 1-20. https://doi. org/10.4067/S0717-75182007000300001

Wilde, V. (2001). Manual para el nivel de campo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

CAPITULO II

HONGOS ASOCIADOS A ENFERMEDADES DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), CULTIVADAS EN LAS LOCALIDADES DE EL TAMARINDO, TEPANGO Y TONALÁ PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO.

Resumen

La importancia del cacao se difunde histórica y culturalmente por los beneficios que aporta a la salud humana. En la región de la Costa Chica de Guerrero, se cultiva cacao (*Theobroma cacao*) y pataxte (*Theobroma bicolor*) mejor conocido como cuapataiste. Dicho estado ocupa el tercer lugar de producción a nivel nacional. El objetivo de este trabajo fue identificar las enfermedades fungosas presentes en los árboles de cacao y de cuapataiste en las parcelas de productores cooperantes de las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Gro. En estas localidades durante el año 2023 se recolectaron muestras de hojas, ramas, troncos y mazorcas con síntomas de manchas cloróticas, manchas negras pequeñas rodeadas por un halo amarillo y cancros negros. La caracterización morfológica de los aislados consideró rasgos macroscópicos y microscópicos, y en base a literatura especializada se identificaron los géneros: *Colletotrichum*, *Pestalotiopsis, Fusarium*, *Curvularia* y *Lasiodiplodia.* El análisis molecular confirmó *Colletotrichum tropicale, Fusarium oxysporum, Pestalotiopsis vismiae, Lasiodiplodia theobromae y Curvularia akaiiensis*. Finalmente, mediante las pruebas de patogenicidad de las especies señaladas anteriormente desarrollaron los síntomas en cacao y cuapataiste. El conocimiento de los patógenos y la sintomatología que ocasionan en los árboles de cacao y cuapataiste constituye una base fundamental para que los productores de la región establezcan las medidas de manejo de estas enfermedades para disminuir los daños en la producción.

Palabras clave: Cacao, cuapataiste, hongos, enfermedades.

FUNGI ASSOCIATED WITH DISEASES OF CACAO (*Theobroma cacao*) AND CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), GROWN IN THE TOWNS OF EL TAMARINDO, TEPANGO, AND TONALÁ, WHICH ARE PART OF THE MUNICIPALITY OF AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO

Abstract

The importance of cacao is rooted in history and culture through its benefits to human health. In the Costa Chica region of Guerrero, cacao (Theobroma cacao) and pataxte (Theobroma bicolor)—better known as cuapataiste—are cultivated. This state ranks third in national production. The objective of this study was to identify fungal diseases present in cacao and cuapataiste trees on the plots of cooperating producers in the towns of El Tamarindo, Tepango, and Tonala, which are part of the municipality of Ayutla de los Libres, Gro. In 2023, samples of leaves, branches, trunks, and ears showing symptoms of chlorotic spots, small black spots surrounded by a yellow halo, and black cankers were collected from these locations. The morphological characterization of the isolates considered macroscopic and microscopic traits, and based on specialized literature, the following genera were identified: *Colletotrichum, Pestalotiopsis, Fusarium, Curvularia,* and *Lasiodiplodia*. Molecular analysis confirmed *Colletotrichum tropicale, Fusarium oxysporum, Pestalotiopsis vismiae, Lasiodiplodia theobromae*, and *Curvularia akaiiensis.* Finally, pathogenicity tests on the species mentioned above revealed that they caused symptoms in cacao and cuapataiste. Knowledge of these pathogens and the symptoms they cause in cacao and cuapataiste trees provides a fundamental basis for producers in the region to establish disease management measures aimed at reducing production losses.

Keywords: Cacao, cuapataiste, fungi, diseases.

2.1. Introducción

Las enfermedades constituyen uno de los principales factores bióticos que limitan la producción mundial del cacao, ocasionando pérdidas que pueden representar aproximadamente entre el 30 y 40% de la producción potencial y comprometiendo tanto el rendimiento como la calidad del grano de cacao (Hebbar, 2007; Ploetz, 2007; Marelli *et al*., 2019; Oliveira-Santos *et al*., 2025). Entre los principales agentes fitopatógenos se encuentran especies de hongos que representan uno de los grupos de mayor importancia, debido a que reducen tanto el rendimiento como la calidad del producto final. Esta problemática puede intensificarse por prácticas de manejo fitosanitario inadecuadas y por las condiciones ambientales asociadas al cambio climático, las cuales pueden incrementar la susceptibilidad de las plantas, favoreciendo la dispersión y establecimiento de los patógenos, así como la disminución de la eficacia de las estrategias convencionales (Correa- Álvarez *et al*., 2014; Phillips-Mora, 2017).

Entre los principales problemas fitosanitarios del cacao (*Theobroma cacao* L.) destacan las enfermedades ocasionadas por los hongos verdaderos y oomicetos, capaces de afectar diferentes órganos de la planta y provocar reducciones importantes en el rendimiento y la calidad de la producción. Entre los agentes de mayor importancia se encuentran *Moniliophthora roreri*, causante de la moniliasis, *Moniliophthora perniciosa*, agente de la escoba de bruja, y diversas especies de *Phytophthora*, responsables de la pudrición negra de la mazorca y otras pudriciones y lesiones en raíces, tallos, hojas y frutos (Jaimes-Suárez y Aranzazu-Hernández, 2010). Estas enfermedades pueden ocasionar alteraciones fisiológicas y anatómicas importantes, incluyendo hiperplasia, hipertrofia, necrosis, marchitez, muerte regresiva y momificación de frutos, comprometiendo el desarrollo de la planta y su capacidad productiva. De manera conjunta, las enfermedades causadas por *Phytophthora* spp. y *Moniliophthora* spp., representan algunas de las mayores amenazas fitopatológicas para el cacao a escala mundial (Ploetz, 2007; Evans, 2007; Marelli *et al*., 2019; Díaz-Valderrama *et al*., 2020).

Además de estos patógenos de mayor impacto, el cacao puede albergar una diversidad de hongos asociados con enfermedades vasculares, radiculares, foliares y de frutos, entre los que se han descrito especies de *Ceratocystis* (Colonia- Coral, 2012) *Lasiodiplodia* (Moreira-Morrillo *et al*., 2021), *Colletotrichum* (Phillips-Mora y Cerda, 2011), *Fusarium* (Torres-de la Cruz *et al*., 2025), *Pestalotiopsis* (Maharachchikumbura *et al*., 2014) y otros géneros. Estos microorganismos pueden ocasionar síntomas como cancros, marchitez, pudriciones, manchas foliares, muerte regresiva de ramas y daños en frutos, cuya importancia puede variar de acuerdo con la región, las condiciones ambientales y el sistema de producción. Una revisión sistemática reciente de los principales patógenos eucarióticos del cacao evidenció que *Moniliophthora*, *Phytophthora* y *Ceratocystis* concentran una parte importante de la investigación fitopatológica del cultivo, mientras que estudios recientes en México han demostrado la presencia de múltiples especies fúngicas asociadas con patologías de cacao, evidenciando una diversidad de agentes que puede pasar inadvertida cuando el diagnóstico se basa únicamente en síntomas (de Novais *et al*., 2023; Torres-de la Cruz *et al*., 2025). Por ello, la identificación precisa de los agentes asociados a las enfermedades constituye un elemento fundamental para comprender su distribución, importancia epidemiológica y potencial de daño, así como para establecer estrategias de manejo integrado específicas para cada región.

En México, la problemática fitosanitaria del cacao adquiere particular importancia por la presencia y distribución de *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis, enfermedad reportada por primera vez en el país en 2005 y que posteriormente se estableció en importantes regiones productoras del sureste mexicano (Phillips-Mora *et al*., 2006; Torres-de la Cruz *et al.*, 2020). En esta región se han documentado pérdidas superiores al 75 % asociadas con la enfermedad, cuya dinámica epidémica está estrechamente relacionada con los flujos de fructificación y las condiciones ambientales (Torres-de la Cruz *et al.,* 2020). Asimismo, estudios recientes realizados en plantaciones mexicanas han demostrado la presencia de una diversidad considerable de hongos asociados con patologías del cacao, incluyendo *Lasiodiplodia theobromae*, *M. roreri*, *Ceratocystis cacaofunesta*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium decemcellulare*, *Cophinforma atrovirens* y *Phytophthora*

capsici, lo que evidencia la complejidad del componente fitopatológico del agroecosistema cacaotero mexicano (Torres-de la Cruz *et al*., 2025).

En Guerrero, el cultivo de cacao representa una actividad de importancia regional; sin embargo, la información científica sobre los problemas fitosanitarios asociados al cultivo es aún limitada en comparación con otras regiones productoras de México. En particular, estudios realizados en Ayutla de los Libres han documentado la presencia de hongos fitopatógenos asociados con *Theobroma cacao* y *Theobroma bicolor*, lo que evidencia la existencia de una problemática fitosanitaria que requiere mayor caracterización. Entre los agentes observados se encuentra *Curvularia* sp., identificado mediante características morfológicas de sus colonias y estructuras reproductivas (Villanueva-Caballero *et al*., 2025). Asimismo, estudios recientes sobre la producción de cacao en Ayutla señalan que los productores presentan limitaciones en el manejo de plagas y enfermedades, situación que puede contribuir al deterioro del rendimiento y constituye una de las principales amenazas para la producción regional (Villanueva-Caballero *et al*., 2025).

En conjunto, la presencia y distribución de estos fitopatógenos constituyen un desafío para la sostenibilidad del cultivo y resaltan la necesidad de fortalecer las estrategias de prevención, diagnóstico y manejo integrado de enfermedades. Por lo que el objetivo de este trabajo fue identificar las enfermedades fungosas presentes en plantaciones de cacao y de cuapataiste.

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Zona de estudio

El presente trabajo se realizó en las localidades de Tonalá, El Tamarindo y Tepango del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero (Cuadro 2.1) (Fig. 2.1).

Cuadro 2.1. Coordenadas geográficas de lugares de colecta de cacao y cuapataiste en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Localidad	Coordenadas Lat. Long.
El tamarindo	*99.09°75'00*'' N- *17.01°19' 44*'' O
Tonalá	16.8° 16' 67'' N -99.05° 44'44'' O
Tepango	16° 53' 51'' N 99° 05' 05'' O

Fuente: (INEGI, 2010).

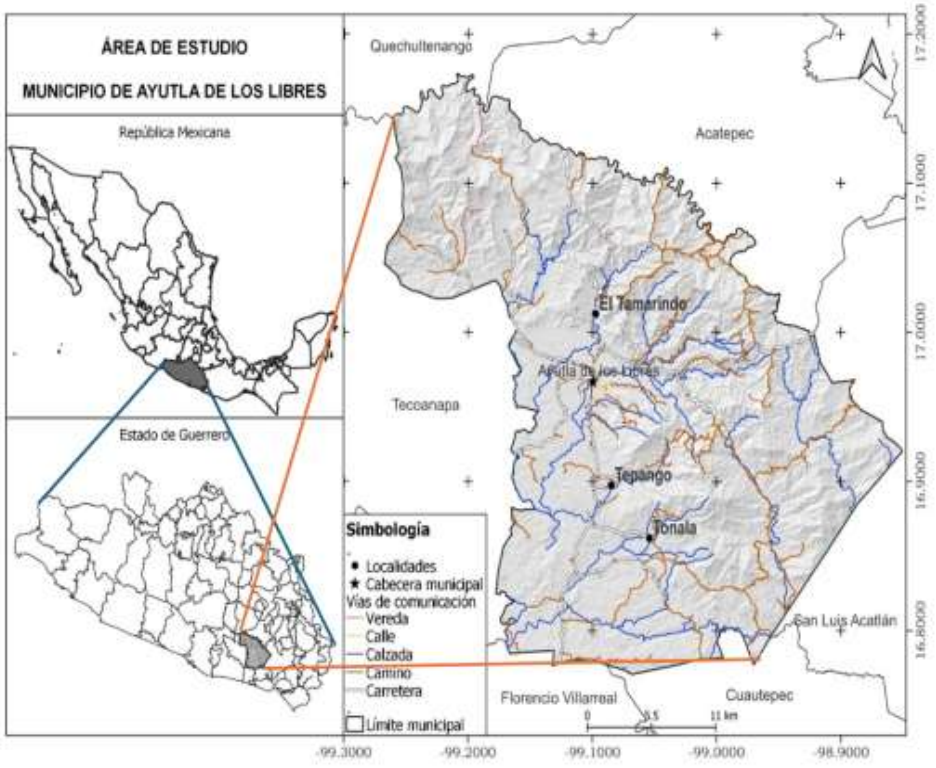


Figura 2.1. Ubicación geográfica de la zona de estudio, Ayutla de los Libres, Guerrero. 2024. (INEGI, 2010).

En las localidades mencionadas se seleccionaron visualmente árboles de cacao y cuapataiste con evidencias de deterioro. De estos árboles se tomaron muestras de ramas, hojas y frutos con síntomas y/o signos inducidos por hongos fitopatógenos. El material biológico se colocó en bolsas de polietileno transparente estériles con cierre hermético y colocadas a temperatura ambiente (25 °C) en hieleras de poliestireno expandido y se trasladó al Laboratorio de Entomología y Fitopatología del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM y al Laboratorio de Investigación Manejo y Producción Integral de Sistemas Producto de la Facultad de Ciencias Naturales de la UAGRO.

2.2.2. Aislamiento de los patógenos

Los aislamientos de los agentes fitopatógenos se realizaron bajo condiciones de asepsia en los laboratorios de la UAEM y de la UAGRO. Para el caso de esta investigación se realizaron los aislamientos de las partes vegetales enfermas con dos técnicas diferentes (French y Hebert, 1980): a) Inducción del crecimiento micelial. De las muestras colectadas se tomaron secciones de tejidos que presentaban síntomas o signos de infecciones por hongos, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3%, enseguida se enjuagaron con agua destilada estéril, posteriormente se secaron en papel absorbente estéril y se colocaron en cajas Petri con medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Estas cajas Petri con los tejidos se incubaron a 24 °C y se revisaron diariamente hasta observar el desarrollo de estructuras de los patógenos, b) Inducción de la esporulación. Se usó la cámara húmeda cuando las partes vegetales afectadas presentaron micelio sin fructificaciones. Se tomó una porción del tejido enfermo y se desinfectó en una solución de hipoclorito de sodio (NaOCl) al 3%. Se enjuagó con agua destilada estéril y se colocó en cajas Petri con un papel filtro en su interior, previamente esterilizadas. Se humedeció con agua destilada estéril y se tapó la caja, se incubó a 24 ºC y se observaron resultados después de cuatro a cinco días.

2.2.3. Aislamiento en hojas

Se obtuvieron segmentos de aproximadamente 0.5 cm² de la zona de avance de la necrosis en hoja, considerándose la zona de avance de la enfermedad. Los fragmentos se desinfestaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 3% por 2 minutos y se realizaron dos lavados con agua destilada estéril, se secaron en papel estéril para eliminar el exceso de agua. Posteriormente se colocaron seis fragmentos de tejido en cada caja Petri con PDA, previamente elaborado. Las cajas se incubaron bajo luz blanca continua y a 24±1 °C durante el día. Una vez que se obtuvo el crecimiento del patógeno se procedió a su purificación. Se realizaron cultivos monospóricos y se transfirieron a cajas Petri nuevas con PDA. Los cultivos puros se obtuvieron sembrando puntas de hifas en PDA con agujas de disección esterilizadas.

2.2.4. Aislamiento en ramas

De las muestras de rama con daños se tomaron fracciones de 0.5 cm², presentando la zona de avance de la enfermedad. Los fragmentos se desinfestaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 3% por 2 minutos y se realizaron dos lavados con agua destilada estéril, se secaron en papel estéril para eliminar el exceso de agua. Posteriormente se colocaron seis fragmentos de tejido por caja Petri, que contenían medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Después de sembradas las cajas Petri con las fracciones de tejido enfermo se incubaron bajo luz blanca a 24±1° C durante el día. Una vez que se obtuvo el crecimiento del patógeno se procedió a su purificación por punta de hifa. Los cultivos puros se obtuvieron sembrando puntas de hifas en PDA con agujas de disección esterilizadas.

2.2.5. Aislamiento en mazorcas

Las mazorcas de cacao se lavaron con agua y jabón usando un cepillo, se sumergieron en una solución de hipoclorito de sodio al 3% durante 2 min, se enjuagaron con agua destilada estéril y se secaron con papel absorbente estéril. De las manchas necróticas de la superficie de las mazorcas se tomaron fragmentos de tejido de 0.5 cm y se colocaron en cámaras húmedas. Estas cámaras húmedas se

revisaron diariamente para observar la aparición de hifas o esporas de los hongos fitopatógenos. Las estructuras desarrolladas en estos tejidos se pasaron a cajas Petri conteniendo PDA con ayuda de una aguja de disección previamente flameada. Alternativamente se colocaron mazorcas completas de cacao en cámaras húmedas. A estas mazorcas se les dio el tratamiento mencionado anteriormente y se colocaron en papel estéril húmedo en platos rectangulares. Estos platos con las mazorcas se colocaron dentro de bolsas de plástico. Estas cámaras húmedas se incubaron en condiciones de laboratorio y se revisaron diariamente para observar el desarrollo de estructuras de los hongos patógenos. Cuando se observó el desarrollo de estructuras fúngicas se separaron del tejido vegetal con ayuda de una aguja previamente flameada y se sembraron en cajas Petri con medio de cultivo PDA (Fig. 2.3).

2.2.6. Identificación de los aislamientos

Para realizar la identificación de los hongos aislados se tomaron en consideración las características macroscópicas de las colonias, tales como el tipo de crecimiento micelial y el color. Para la determinación de las características microscópicas de los aislamientos se hicieron preparaciones temporales a partir de las estructuras de las colonias en el medio de cultivo y de los crecimientos en cámaras húmedas. Para el montaje de las estructuras se utilizó lactofenol con azul de algodón. Las observaciones se hicieron con el microscopio Nikon Eclipse Ni y se tomaron microfotografías con la cámara Lumenera Infiniti 1.

2.2.7. Pruebas de patogenicidad

Se realizaron los postulados de Koch para evaluar la patogenicidad (Fig. 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5) de los aislamientos siguiendo la metodología de Agrios (2005).

Los tallos se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1.5 % y lavados con agua destilada estéril (Fig. 2.2 A). A la altura de 15 cm (Fig. 2.2 B), se realizó una incisión con un bisturí en la corteza del tallo de aproximadamente 7 mm (Fig. 2.2 C). Después se cortaron discos de 0.5 cm de medio de cultivo con crecimiento micelial, con una aguja de disección de cada una de las cepas con edad de 7 días. La inoculación se

realizó mediante la colocación de micelio con medio de cultivo en las aberturas de los tallos, el testigo solo recibió medio de cultivo sin crecimiento micelial (Fig. 2.2 D). Para favorecer la infección, el área de inoculación se cubrió con algodón humedecido con agua destilada estéril y se resguardó con Parafilm® (Fig. 2.2 E). Las mazorcas inoculadas se colocaron en condiciones de cámara húmeda (Fig. 2.3) y las plantas inoculadas se colocaron en condiciones de invernadero para su observación (Fig 2.4). De las plantas y mazorcas que desarrollaron síntomas se procedió a realizar los reaislamientos y se procedió a su identificación (Fig. 2.5) para comprobar si correspondían con el patógeno inoculado.

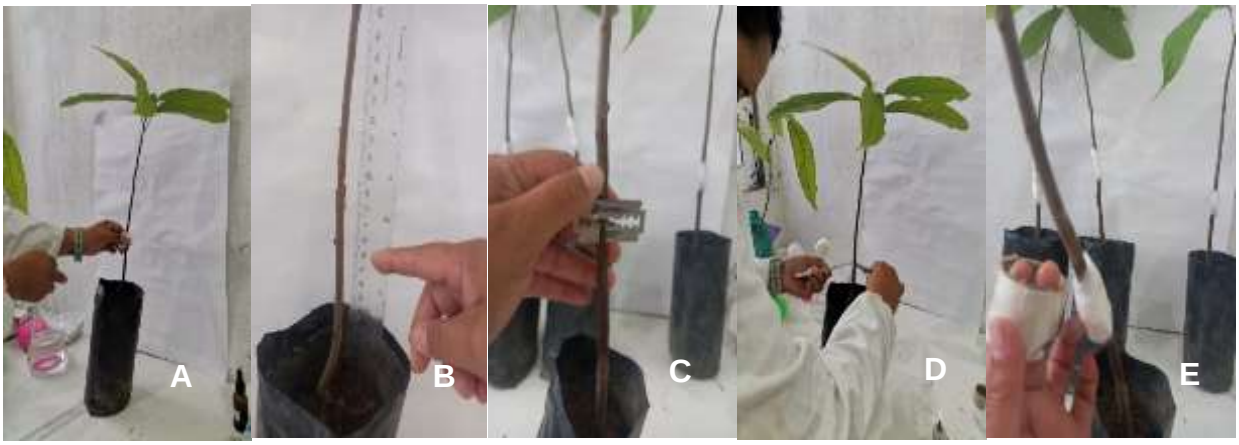


Figura 2.2. Pruebas de patogenicidad. A y B) Selección de plantas sanas C) Incisión en la corteza del tallo de aproximadamente 7 mm. D) Inoculación con segmento de agar con el micelio del patógeno, E) Cubrimiento del inóculo con algodón humedecido con agua estéril y Parafilm.



Figura 2.3. Inoculación de las mazorcas A). Lavado B) Preparación del inóculo del patógeno, C) Inoculación, D) Cámara húmeda y E) Desarrollo del patógeno sobre la mazorca.

Para la inoculación de las hojas se desinfestaron con detergente y se enjuagaron con agua destilada estéril.



Figura 2.4. Observación de desarrollo de síntomas en las plantas inoculadas.

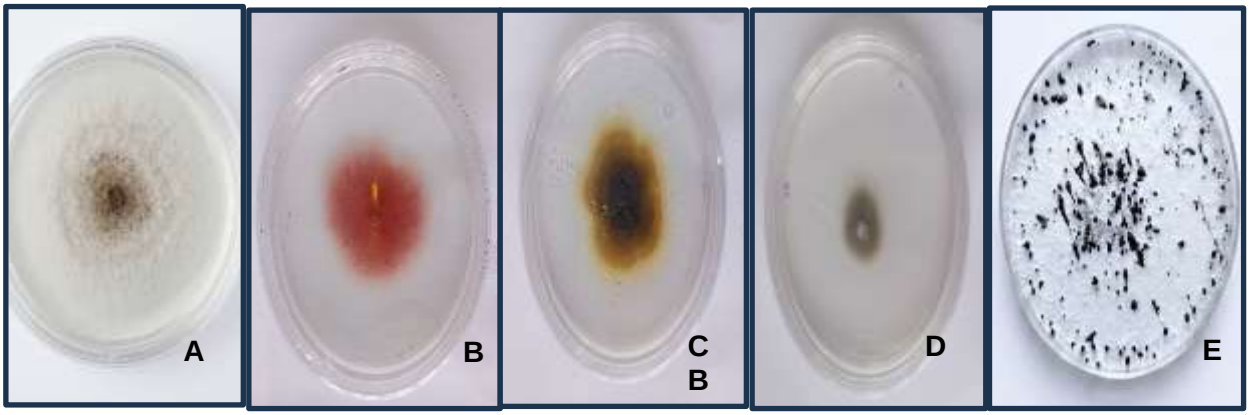


Figura 2.5. Reaislamiento de cepas a partir de plantas de *Theobroma* que fueron inoculas. A) *Colletotrichum*, B) *Fusarium*, C) *Curvularia*, D) *Lasiodiplodia* y E). *Pestalotiopsis*.

2.2.8. Identificación molecular

Las cepas aisladas de las especies de cacao se enviaron para su identificación molecular al Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal (LANISAF) y al laboratorio de Patología de Insectos del Instituto de Fitosanidad del Colegio de Postgraduados. Posteriormente, el producto de la PCR purificado fue enviado a secuenciar a Macrogen Inc. (Seúl, Korea, Sur), por último, el análisis de las secuencias se realizó utilizando la herramienta BLASTn (Basic Local Alignment Search Tool) del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), para comparar las secuencias nucleotídicas depositadas en la base de datos del GenBank, considerando el porcentaje de identidad.

2.3. Resultados y discusión

A continuación, se presenta la identificación de los aislamientos fúngicos de los tejidos enfermos de los árboles de cacao y cuapataiste cultivados en Ayutla de los Libres, Gro.

2.3.1. *Colletotrichum*

2.3.1.1. *Clasificación taxonómica*

Reino Fungi

Phylum Ascomycota

Clase Hypocreomycetidae

Orden Glomerellales

Familia Glomeraceae

Género *Colletotrichum*

2.3.1.2. Características macroscópicas

Colonias con micelio blanco, algodonoso, de crecimiento circular, que se torna de color gris con el paso de los días (Fig. 2.6. D). Se observa la formación de conidiomas de color negro con esporulación naranja (Fig. 2.6. E).

2.3.1.3. Características microscópicas

Presenta un micelio septado, hialino y ramificado (Fig. 2.6. D). Los acérvulos son de color negro en cuyo interior se forman los conidios. Los conidios son hialinos, en masa de color salmón, de forma cilíndrica o ligeramente curvados Fig. 2.6. G).

2.3.1.4. Síntomas

En las hojas se desarrollan manchas necróticas rodeadas por un halo clorótico que aumentan de tamaño de acuerdo con el avance de la enfermedad (Fig. 2.6. A y C). En las mazorcas de cacao se observa el desarrollo de manchas de color café oscuro que con el transcurso del tiempo invaden todos los tejidos provocando la pudrición

de las semillas (Fig. 2.6. B), estos daños coinciden con lo reportado por Philips-Mora y Cerda (2011).

2.3.1.5. Identificación molecular

La identificación molecular del aislamiento fúngico mediante la amplificación y secuenciación parcial del gen GAPDH (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase) permitió identificarlo como *Colletotrichum tropicale*. El análisis de la secuencia nucleotídica mediante BLASTn mostró un 99 % de identidad con secuencias de referencia correspondientes a esta especie depositadas en la base de datos GenBank. Estos resultados respaldan la identificación molecular del aislamiento como *C. tropicale*. El número de acceso de la secuencia de referencia se encuentra pendiente de tramitar.

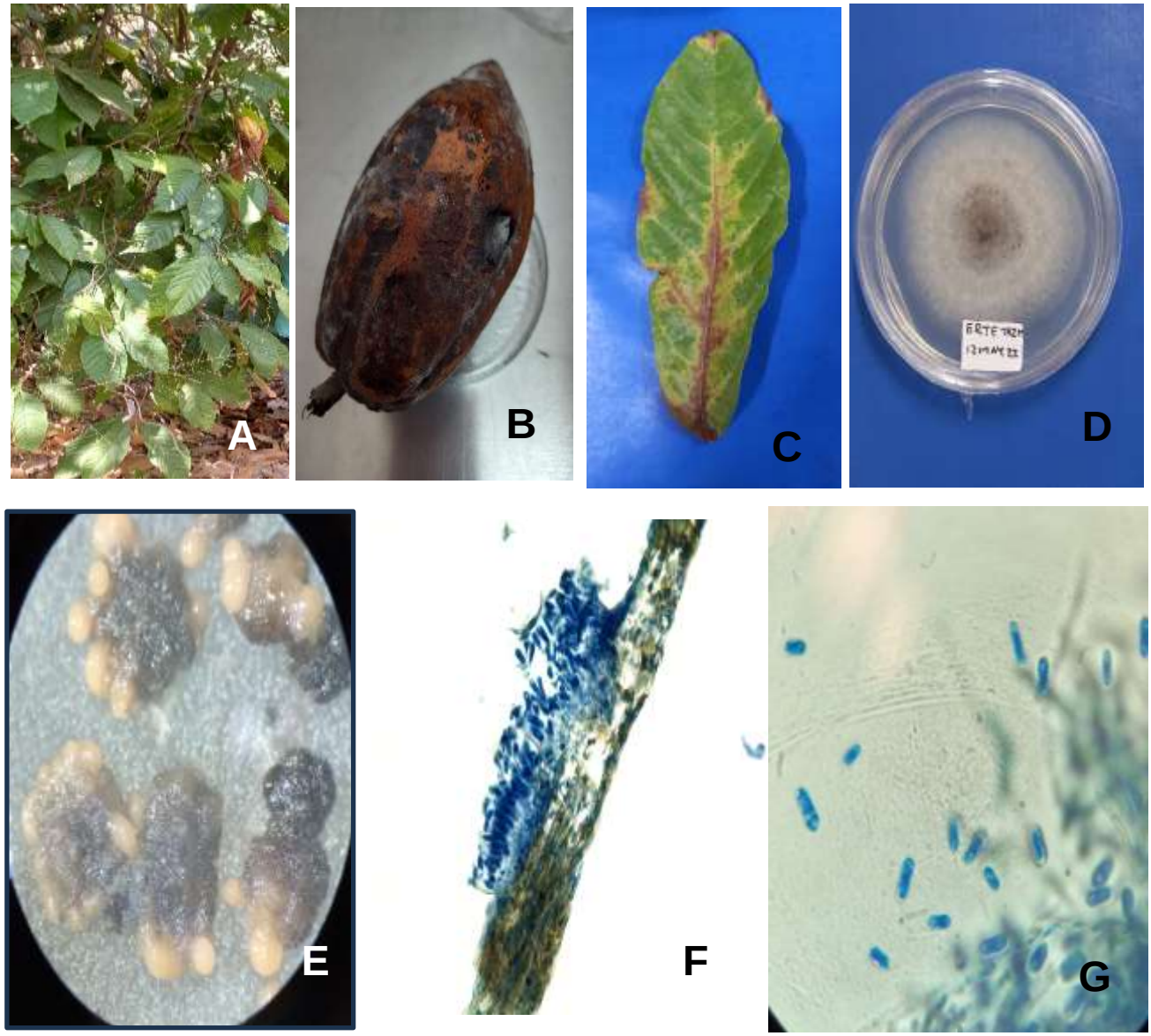


Figura 2.6. *Colletotrichum tropicale.* A) Árbol de cacao criollo se aprecia la mazorca con pequeñas manchas negras. B) Mazorca en cámara húmeda con manchas color café a negras, se observa crecimiento blanquecino. C) Hoja con manchas café en periferia se puede apreciar área clorótica y amarillenta. D) Colonia en etapa inicial se observa micelio blanquecino con puntos negros y naranjas. E) Conidiomas gregarios o solitarios color negro y naranjas. F) Se observa acérvulo con formación de conidios en corte de hoja de cacao criollo. 40X. G) Conidios hialinos cilíndricos 40X.

2.3.2. *Fusarium*

2.3.2.1. Clasificación taxonómica

Reino Fungi

Phylum Ascomycota

Clase Sordariomycetes

Orden Hypocreales

Familia Nectriaceae

Género *Fusarium*

2.3.2.2. Características macroscópicas

Las colonias de esta especie presentan diferencias de acuerdo en el medio de cultivo en que se desarrolla. En el medio de cultivo PDA presenta un micelio inicialmente blanco que cambia a un color rojizo cuando completa su desarrollo en la caja de Petri. En el medio de cultivo SNA forma micelio escaso, de color blanco, no cambia de color. En el medio de cultivo hojas de clavel agar se forma un micelio algodonoso, blanco y se desarrollan esporodoquios de color crema (Fig. 2.7. C).

2.3.2.3. Características microscópicas

Presenta micelio abundante, blanco, con hifas septadas. A partir de fiálides se desarrollan macroconidios son en forma curvada, de medialuna o de canoa, con tres o cinco septos. Su forma más típica se observa en los esporodoquios. Los microconidios son ovalados, unicelulares formados en monofiálides cortas (Fig. 2.7. D). Las clamidosporas son ornamentadas, intercalares o terminales (Fig. 2.7. E). Estas características coinciden con la descripción proporcionada por Leslie y Summerell (2006).

2.3.2.4. Síntomas

Por la infección de esta especie en las hojas de estos árboles se desarrollan manchas cafés en toda la superficie de las hojas, principalmente en los bordes (Fig.2.7. A). Estas manchas coalescen y forman áreas necróticas rodeadas por un halo clorótico

(Fig. 2.7. B). Esta sintomatología coincide con la descripción proporcionada por SENASICA (2018).

2.3.2.5. Identificación molecular

La identificación molecular del aislamiento fúngico se realizó mediante la amplificación parcial del gen TEF1-α (translation elongation factor 1-alpha) mediante PCR convencional, seguida de la secuenciación del producto amplificado. La secuencia nucleotídica obtenida se comparó con las secuencias depositadas en la base de datos GenBank mediante la herramienta BLASTn del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI). El análisis mostró un 99 % de identidad con secuencias de referencia correspondientes a *Fusarium oxysporum*, lo que respalda la identificación molecular del aislamiento como esta especie. El número de acceso de la secuencia de referencia se encuentra pendiente de tramitar.

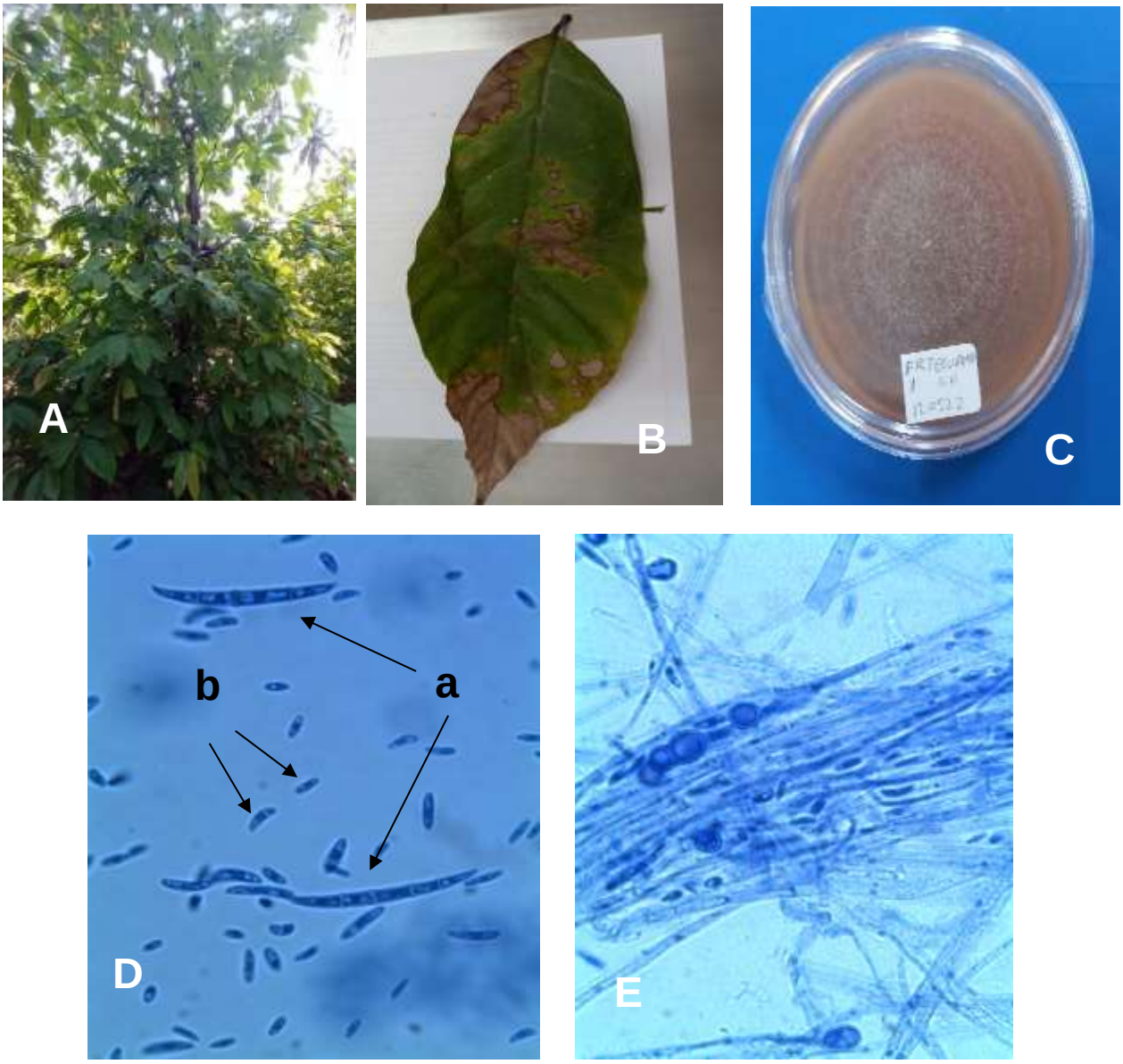


Figura 2.7. *Fusarium oxysporum*. A) Árbol de cacao criollo con hojas que presentan síntomas (manchas foliares). B) Hoja de cacao criollo con manchas foliares de color café a bronceado con un halo amarillento. C) Cepa monósporica con tono rojizo en etapa madura. D) Observación de macroconidios y microconidios y E) Clamidosporas.

2.3.3. *Curvularia*

2.3.3.1. Clasificación taxonómica

Reino Fungi

Phylum Ascomycota

Clase Dothideomycetes

Orden Pleosporales

Familia Pleosporaceae

Género *Curvularia*

2.3.3.2. Características macroscópicas

Las colonias de esta especie creciendo en medio de cultivo PDA son de color blanco en su inicio, con el paso de los días cambia aun tono amarillo y posteriormente a un color marrón oliva a café obscuro, con el micelio aterciopelado, brillante y algodonoso (Fig. 2.8. C y D).

2.3.3.3. Características microscópicas

Las hifas son septadas, ramificadas, con conidióforos simples, cilíndricos, rectos o flexuosos, de color marrón obscuro. Los conidios son curvados con tres septos, la tercera célula a partir de la base es más ancha y de un color obscuro y las células de los extremos son subhialinas o café pálido de 26.4 µm de largo y 10.6 µm de ancho (Fig. 2.8. E). Estas características coinciden con las señaladas por Ellis (1971).

2.3.3.4. Síntomas

En hojas de cacao criollo se desarrollan manchas pequeñas cloróticas que se tornan de color café con el avance la infección. Estas manchas necróticas aumentan su tamaño y se desprenden del árbol, ocasionando su defoliación (Fig. 2.8. A y B). Una sintomatología similar ha sido reportada por Urdaneta y Delgado (2007).

2.3.3.5. Identificación molecular

La identificación molecular del aislamiento fúngico se realizó mediante la amplificación parcial del gen GAPDH (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase) mediante PCR convencional, seguida de la secuenciación del producto amplificado. La secuencia nucleotídica obtenida se analizó mediante la herramienta BLASTn del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI), comparándola con secuencias de referencia disponibles en la base de datos GenBank. El análisis mostró un 99 % de identidad y cobertura con secuencias correspondientes a *Curvularia akaiiensis*, lo que respalda la identificación molecular del aislamiento. El número de acceso de la secuencia de referencia se encuentra pendiente de tramitar.

Esta especie ha sido reportada como causante de manchas foliares en una hierba perenne (*Vetiveria zizanoides*) (Sari *et al*., 2023).

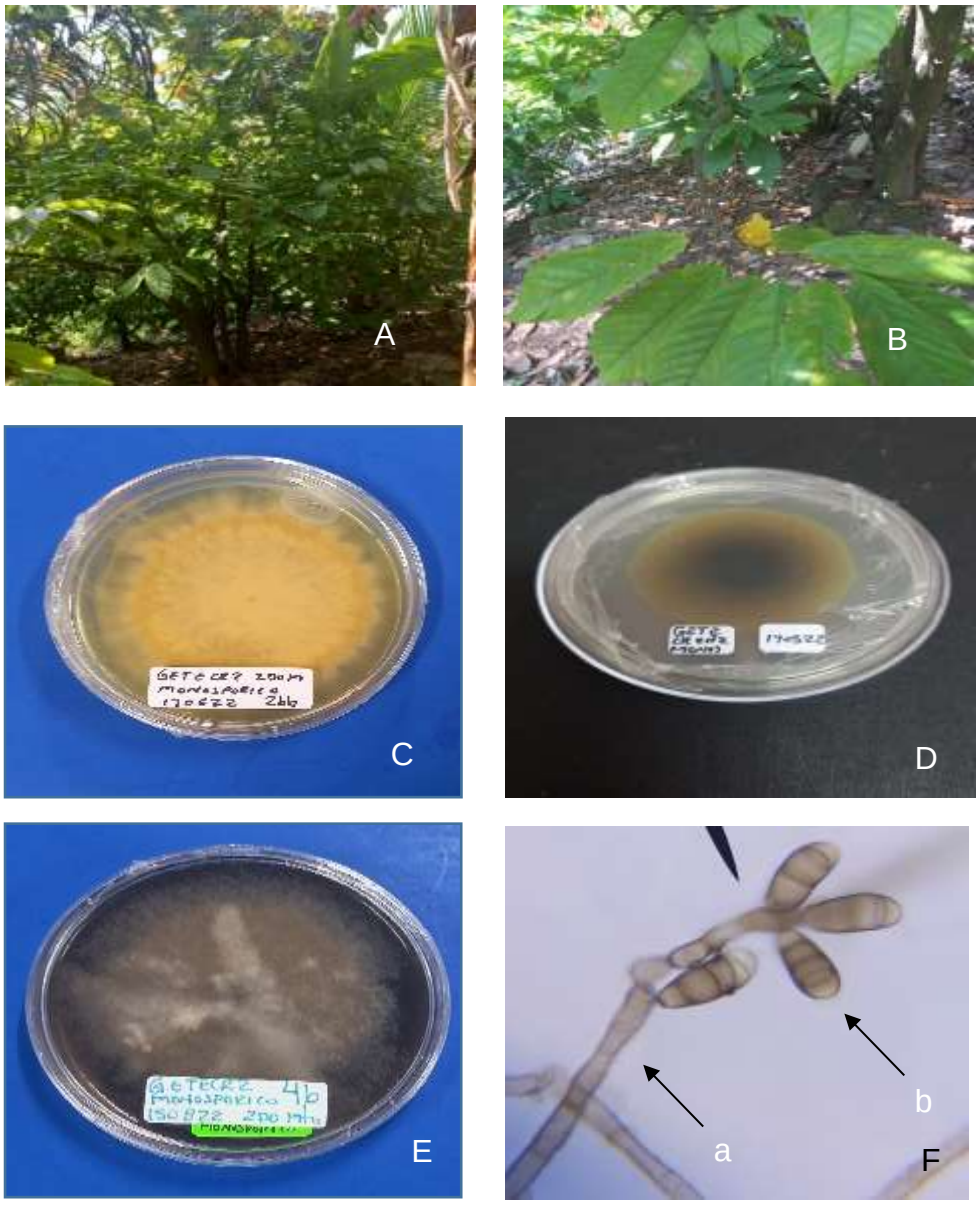


Figura 2.8. *Curvularia akaiiensis*. A) Árbol de cacao criollo con síntomas de mancha foliar en las hojas. B) Hojas de cacao criollo con manchas cloróticas que se tornan café claro hasta invadir completamente la hoja y secarla. C) Colonia fungosa en un inicio el micelio es de color amarillo D) Cultivo Monospórico. micelio color café obscuro algodonoso. E) Colonia madura de color café obscuro y algodonosa con apariencia brillante en la superficie de la colonia. F) *Curvularia* sp. a) Conidióforo; b) Conidios curvados con tres septos.

2.3.4. *Pestalotiopsis*

2.3.4.1. Clasificación taxonómica

Reino Fungi

Phylum Ascomycota

Clase Sordariomycetes

Orden Amphisphaeriales

Familia Sporocadaceae

Género *Pestalotiopsis*

2.3.4.2. Características macroscópicas

Las colonias desarrolladas en medio de cultivo PDA alcanzan un diámetro de 30-40 mm después de 7 días a 25 °C. El crecimiento de las colonias es circular arrosetado con bordes de micelio blanquecino. En el micelio se desarrollan conidiomas tipo acérvulo, globosos, solitarios o en grupos (Fig. 2.9. C y D).

2.3.4.3. Características microscópicas

Las hifas son hialinas, septadas. En el interior de los acérvulos se forman conidios con septos, fusiformes o subcilíndricos, generalmente con 5 células, las 3 de la parte media son de color café y las 2 de los extremos son hialinas. Una de estas células presenta un apéndice y la otra presenta tres apéndices (Fig. 2.9. E). Se midieron 30 conidios obteniendo un promedio de 21.3 µm de largo y 6.6 µm de ancho. Mientras que el apéndice 1 (izquierdo) tuvo una longitud de 19.9 µm, el apéndice 2 (medio) midió un promedio de 19.7 µm y finalmente el apéndice 3 (derecho) tuvo una longitud de 19.8 µm. Asimismo, se promedió la longitud de la ornamentación apical siendo de 3.7 µm. (Fig. 2.9 E). Estas características coinciden con las mencionadas por Holliday (1998).

2.3.4.4. Síntomas

En el inicio de la infección en las hojas se desarrollan manchas pequeñas cloróticas que con los días cambian a un color café. Estas manchas crecen e inducen la flacidez de las hojas. En etapas avanzadas de la enfermedad ocurre la defoliación de las ramas (Fig. 2.9. A y B).

2.3.4.5. Identificación molecular

La identificación molecular del aislamiento fúngico se realizó mediante la amplificación de la región espaciadora transcrita interna (ITS) del ADN ribosomal mediante PCR convencional, utilizando los cebadores ITS1 (5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′) e ITS4 (5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′). Posteriormente, el producto amplificado se sometió a secuenciación y la secuencia nucleotídica obtenida se comparó con las secuencias disponibles en la base de datos GenBank mediante la herramienta BLASTn del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI). El análisis mostró un 99 % de identidad y cobertura con secuencias de referencia correspondientes a *Pestalotiopsis vismiae*, lo que respalda la identificación molecular del aislamiento. El número de acceso de la secuencia de referencia se encuentra pendiente de confirmación.

Se ha reportado que esta especie causa daños en los troncos del nogal chino (*Carya cathayensis*) (Liu *et al*., 2014).

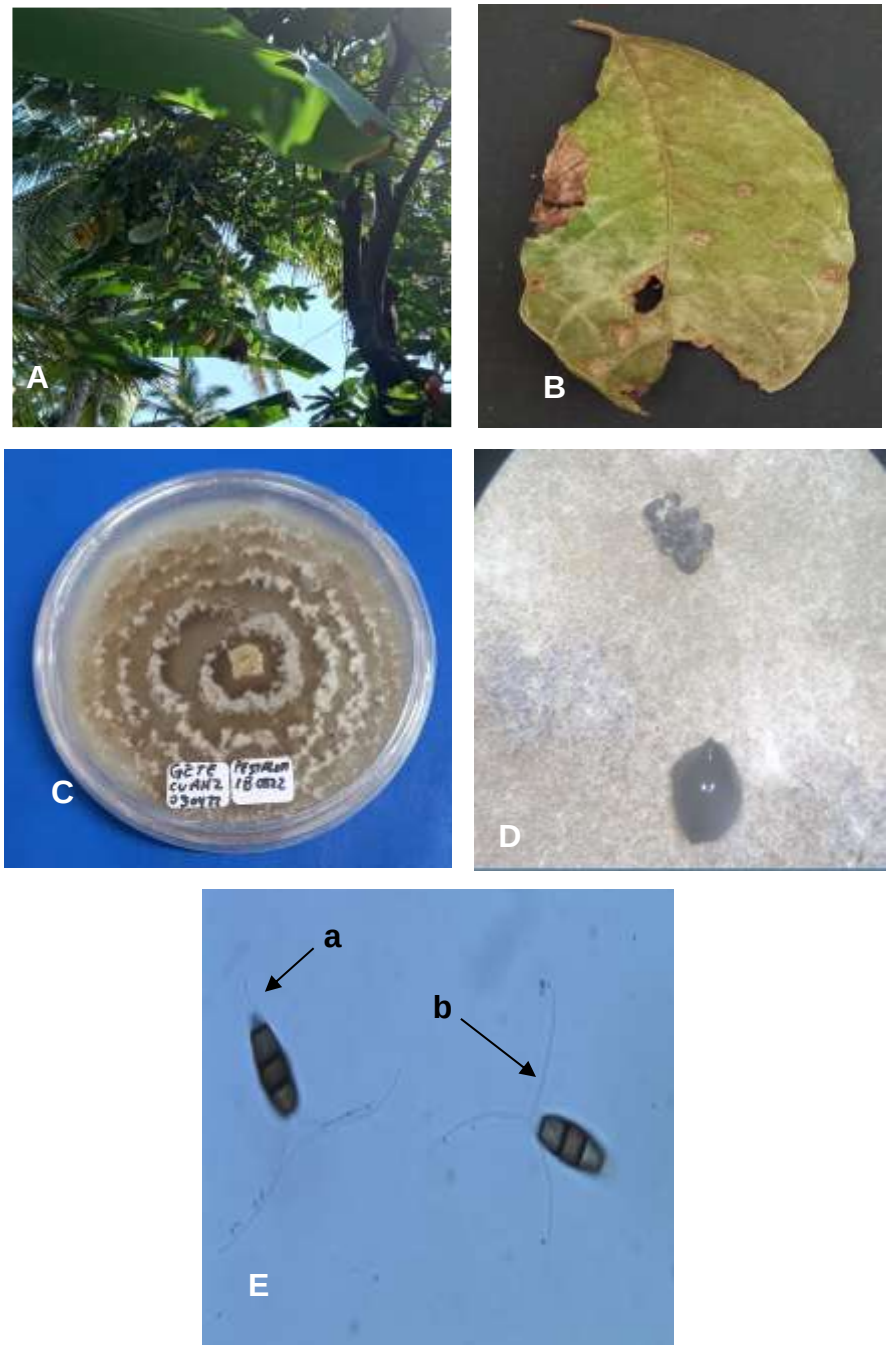


Figura 2.9. *Pestalotiopsis* sp. A) Árbol de cuapataiste con síntomas. B) Hoja con síntomas, se puede apreciar manchas foliares color amarillentas a café. C) Cultivo monospórico, se aprecia un crecimiento circular del micelio color blanquecino a color miel pálido. D) Conidiomas globosos solitarios o agregados, semisumergidos. E) Conidios con tres células medias pigmentadas. Se distinguen apéndices a) apicales y b) basales.

2.3.5. *Lasiodiplodia*

2.3.5.1. Clasificación taxonómica

Reino Fungi
Phylum Ascomycota
Clase Dothideomycetes
Orden Botryosphaeriales
Familia Botryosphaeriaceae
Género *Lasiodiplodia*

2.3.5.2. Características macroscópicas

Las colonias de esta especie inicialmente presentan un micelio aéreo abundante de color blanco, gradualmente adquiere un tono grisáceo; en etapa madura el micelio se torna gris oscuro a negro (Fig. 2.10 D).

2.3.5.3. Características microscópicas

Las hifas septadas son de color marrón oscuro (Moreira-Morrillo *et al*., 2021). Los conidios son unicelulares (amerosporas) son hialinos en el estado inmaduro, elipsoidales, de pared gruesa Fig. 2.10 E y F, de 19.9 µm de largo y 13.5 µm de ancho mientras que en estado maduro (didimospora) las esporas son septadas con estrías longitudinales de color marrón oscuro Fig. 2.10 E y F, 21.1 µm de largo y 14.0 µm de ancho. Estas características coinciden con las proporcionadas por Moreira-Morrillo *et al*., 2021).

2.3.5.4. Síntomas

En las hojas se forman manchas que se desarrollan hasta cubrir toda la superficie. Estas hojas necrosadas son flácidas y se desprenden de las ramas. Se aprecia que algunas ramas defoliadas del árbol se tornan flácidas y se necrosan de los ápices hacia la base. De acuerdo con el desarrollo de la enfermedad otras ramas también mueren hasta abarcar completamente la copa; en esta etapa se desarrollan lesiones en el tronco induciendo la enfermedad de “muerte descendente” (Fig. 2.10 A y C). En

la superficie de la mazorca se desarrollan manchas obscuras, gomosas, que cuando se desarrollan hacia el interior ocasionan la pudrición de las semillas. Cuando la infección cubre completamente la mazorca se da la apariencia de una mazorca de carbón (Fig. 2.10 B).

2.3.5.5. Identificación molecular

La identificación molecular del aislamiento fúngico se realizó mediante la amplificación de la región espaciadora transcrita interna (ITS) del ADN ribosomal mediante PCR convencional, utilizando los cebadores ITS1 (5′-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3′) e ITS4 (5′-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3′). Posteriormente, el producto amplificado se sometió a secuenciación y la secuencia nucleotídica obtenida se comparó con las secuencias depositadas en la base de datos GenBank mediante la herramienta BLASTn del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI). El análisis reveló un 99 % de identidad y cobertura con secuencias de referencia correspondientes a *Lasiodiplodia theobromae*, lo que respalda la identificación molecular del aislamiento. El número de acceso de la secuencia de referencia se encuentra pendiente de tramitar.

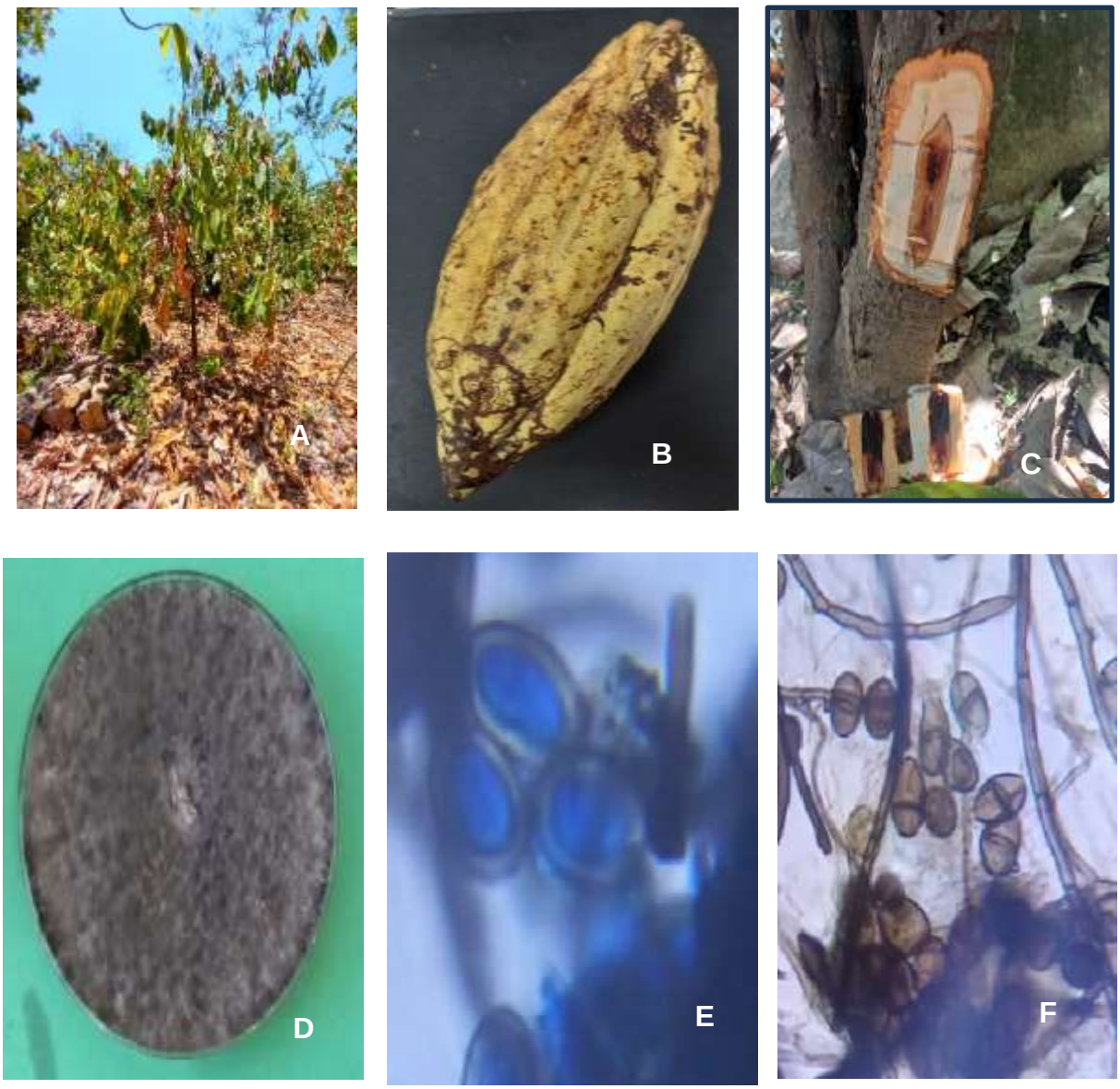


Figura 2.10. *Lasiodiplodia theobromae*. A) Árbol de cacao variedad tabasco con síntomas en hojas y mazorca. En el árbol se puede apreciar muerte descendente. B) Mazorca de cacao variedad tabasco con síntoma, se aprecian manchas necróticas. C) Tallo de cacao con lesiones y orificios. No se aprecia gomosis. D) La colonia muestra una rápida extensión micelial (superficie completamente cubierta), E) Conidios inmaduros, unicelulares, elipsoidales y de pared gruesa y F) Conidios maduros de color marrón oscuro, septados con estrías longitudinales.

2.4. Conclusiones

La caracterización macroscópica y microscópica, complementada con la identificación molecular, permitió determinar la identidad taxonómica de cinco especies de hongos fitopatógenos asociados enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*): *Colletotrichum tropicale, Fusarium oxysporum, Pestalotiopsis vismiae, Lasiodiplodia theobromae* y *Curvularia akaiiensis*. Estos hallazgos aportan información relevante para comprender los problemas fitosanitarios asociados con la disminución de la producción agrícola en las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá, en el municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. Esta problemática podría estar relacionada, además, con la falta de estrategias preventivas y de control de enfermedades, así como el envejecimiento y deterioro sanitario de los árboles presentes en las parcelas. En este contexto, la identificación precisa de estos agentes causales constituye una base científica para el diseño e implementación de un programa de manejo integrado de enfermedades, orientado a reducir los daños fitosanitarios como las enfermedades por hongos fitopatógenos, mejorar la sanidad vegetal y contribuir a la recuperación de la productividad y la sostenibilidad a estos cultivos en la región.

2.5. Literatura citada

Agrios, G. N. (2005). Plant pathology. 5th ed. Elsevier academic Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.1992.

Ahrens, U., and E. Seemüller. 1992. Detection de DNA of plant pathogenic mycoplasmalike organisms by polymerase chain reaction that amplifies a sequence of the 16S rRNA gene. Phytopathology 82: 828–832. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Document s/1992Articles/Phyto82n08_828.pdf

Colonia-Coral. LM., (2012). Guía Técnica: Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de cacao. Agrobanco. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social. Pichari–La Convención–Cusco. Perú. https://fdocumentos.com/document/manejo-integrado-de-plagas-y-3-ing-luis-miguel-colonia-coral-asesor-en-fruticultura.html?page=1

Correa- Álvarez, J., Castro-Martínez, S., & Coy, Jairo. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por Moniliophthora roreri en Colombia. Acta Agronómica, 63(4), 388-399. https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747

De Novais, D. P. S., Batista, T. M., Costa, E. A., & Pirovani, C. P. (2023). Genomic and pathogenicity mechanisms of the main Theobroma cacao L. eukaryotic pathogens: A systematic review. microorganisms, 11(6), 1567.https://doi.org/10.3390/microorganisms11061567. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10304304/

Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). The history of cacao and its diseases in the Americas. Phytopathology, 110(10),

1604–1619.

https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW

Ellis, M. B. (1971). Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England.

Evans, H. C. (2007). Cacao diseases—the trilogy revisited. Phytopathology, 97(12), 1640–1643. https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PHYTO-97-12-1640

French, E. R. y Hebert T: T. 1980. Métodos de Investigación Fitopatológica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San Juan, Costa Rica.

Hebbar, P. K. (2007). Cacao diseases: A global perspective from an industry point of view. Phytopathology, 97(12), 1658–1663.

Holliday P. (1998). A Dictionary of Plant Pathology. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

INEGI (Instituto Nacional de estadística y Geografía). (2010). Elaboración propia a partir de INEGI. Censo de Población y Vivienda. Unidad de Microrregiones. Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional. México. 2013. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/

Jaimes-Suárez, & Aranzazu-Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*). Corpoica. Fedecacao. Colombia. 90 p.
Disponible en
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12699/816%2028

Leslie JF & Summerell BA. (2006). The Fusarium laboratory manual. Blackwell Publishing.

Liu, T. J. Huang B. Wu Z. H. 2014. First report of *Pestalotiopsis vismiae* causing tree disease of Chinese Hickory (*Carya cathayensis*) in China. Plant Disease 98(11). https://doi.org/10.1094/PDIS-07-14-0688-PDN

Maharachchikumbura, S. S., Hyde, K. D., Groenewald, J. Z., Xu, J., & Crous, P. W. (2014). *Pestalotiopsis* revisited. Studies in mycology, 79: 121–186. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005. https://n9.cl/bro4lg

Manamgoda, DS., Cai, L. & McKenzie, EHC. (2012). Una reevaluación filogenética y taxonómica del complejo *Bipolaris -Cochliobolus-Curvularia*. Diversidad fúngica 56,131–144. https://doi.org/10.1007/s13225-012-0189-2

Marelli, J.-P., Guest, D. I., Bailey, B. A., Evans, H. C., Brown, J. K., Junaid, M., Barreto, R. W., Lisboa, D. O., & Puig, A. S. (2019). Chocolate under threat from old and new cacao diseases. Phytopathology, 109(8), 1331–1343. https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-18-0477-RVW

Moreira-Morrillo, AA., Cedeño-Moreira, AV., Canchignia-Martínez, F., & Garcés-Fiallos, FR. (2021). *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maul [(sin.) *Botryodiplodia theobroma*e Pat] en el cultivo de cacao: síntomas, ciclo biológico y estrategias de manejo. Scientia Agropecuaria, 12(4), 653-662.

Oliveira-Santos, M. A., Araújo Tavares da Silva, FL, Araújo Dionízio da Silva, D. y Efraim, P. (2025). Exploring the research evolution of cacao diseases over the past two decades: A review. Plant Pathology, 74(6), 1470–1494. https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ppa.14121

Phillips-Mora, W., Coutiño, A., Ortiz, C. F., López, A. P., Hernández, J., & Aime, M. C. (2006). First report of Moniliophthora roreri causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. Plant Pathology, 55(4), 584. https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3059.2006.01418.x

Phillips- Mora W., Cerda Bustillos R. (2011). Catálogo Enfermedades del cacao en Centroamérica. Serie técnica. Manual técnico no. 93. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Serie Técnica. Manual técnico no. 93 Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/702/Catalogoenfermedades_del_cacao_en_centroamerica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Phillips-Mora W. (2017). Biología de la moniliasis del cacao y desarrollo de genotipos resistentes. Simposio: Situación Actual de las Enfermedades del Cacao Programa de Mejoramiento Genético de Cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Suplemento de la Revista Mexicana de FITOPATOLOGÍA. Volumen 35, Suplemento. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20183368919

Ploetz, R. C. (2007). Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. Phytopathology, 97 (12), 1634–1639. Pp https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1634

Sari, M.P., Wahyuno, D., Hardiyanti, S. (2023). First report of Curvularia akaiiensis as a causal agent of leaf spot disease on Vetiver. Australasian Plant Dis. Notes 18, 30. https://doi.org/10.1007/s13314-023-00516-z

Torres-de la Cruz, M., Guillén-González, C. A., Luna-Rodríguez, M., Ortiz-García, C. F., de la Cruz-Pérez, A., Arias-Rodríguez, L., & Cappello-García, S. (2025). Diversidad fúngica asociada a patologías de *Theobroma cacao* en Tabasco, México. Biotecnia, 27, e2219. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v27.2219.

Torres-de la Cruz, M., Mora-Aguilera, G., Ortiz-García, C. F., de la Cruz-Pérez, A., & Gaspar-Génico, J. Á. (2020). Flujos productivos determinan la estructura epidémica de la moniliasis del cacao en el sureste de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 43(4), 421–430. https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4.431. https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/817/777

Urdaneta G., L.M., & Delgado A, A.E. (2007). "Identificación de la micobiota del filoplano del cacaotero (*Theobroma cacao* L.), en el municipio Carraciolo Parra Olmedo, estado Mérida, Venezuela". Revista de la Facultad de Agronomía, 24(1), 47-68. Recuperado en 16 de enero de 2025 de:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100004&lng=es&tlng=es.

Villanueva-Caballero, M., Martínez-Fernández, E., Valle-de la Paz, M., Alia-Tejacal, I., Castillo-Gutiérrez, J. A., & Villegas-Torres, O. (2025). Hongos fitopatógenos de cacao (*Theobroma cacao*) y pataxte (*Theobroma bicolor*), cultivadas en Ayutla, Guerrero, México. Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología.

CAPITULO III

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, CALIDAD, PROPIEDADES FÍSICAS Y FUNCIONALES EN CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*), EN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MÉXICO

Resumen

El cacao (*Theobroma cacao*) y el cuapataiste (*Theobroma bicolor),* pertenecen a la familia Malvaceae y poseen relevancia cultural y culinaria. Por ello, es importante caracterizar sus propiedades morfológicas y químicas para evaluar su calidad y composición, así como los posibles beneficios de su consumo. En la industria alimentaria el cacao recibe varios procesos para conocer el sabor, olor y la calidad del grano; por ello se realizaron metodologías para identificar y evaluar la inocuidad del cacao y se pueda garantizar su consumo sin ningún riesgo. Para esta investigación se analizaron los componentes del cacao y del cuapataiste, con la finalidad de conocer cuál de las dos especies posee mayor calidad. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las propiedades químicas y el contenido de metabolitos funcionales, así como caracterizar la variación morfológica de los frutos de cacao y cuapataiste en plantaciones del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero. Dentro de los análisis contemplados en el presente proyecto de investigación fueron la medición de la semilla de cacao realizando análisis bromatológicos como: contenido de cenizas y contenido de proteínas. Las variables destructivas fueron: sólidos solubles totales, acidez titulable, fenoles totales, flavonoides totales, que nos determinarán la calidad del grano de cacao en poscosecha, así como los beneficios a la salud humana. Asimismo, se evaluaron descriptores morfológicos cualitativos específicos, en las mazorcas se determinó el color, la forma del fruto, de los ápices, de la constricción basal, la rugosidad, la profundidad del surco, longitud y diámetro mientras que en las semillas se analizaron el color (del grano y del mucílago), así como la forma de su parte superior y de su corte transversal inferior, su longitud y su anchura.

Palabras clave: Cacao, cuapataiste, calidad, salud humana

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION, QUALITY, AND PHYSICAL AND FUNCTIONAL PROPERTIES OF CACAO (*Theobroma cacao*) AND CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor*) CROPS IN AYUTLA DE LOS LIBRES, GUERRERO, MEXICO

Abstract

Cacao (*Theobroma cacao*) and cuapataiste (*Theobroma bicolor*) belong to the Malvaceae family and are culturally and culinarily significant. Therefore, it is important to characterize their morphological and chemical properties to evaluate their quality and composition, as well as the potential benefits of consuming them. In the food industry, cocoa undergoes various processes to assess the bean´s flavor, aroma, and quality; consequently, methodologies have been developed to identify and evaluate cocoa safety, ensuring it can be consumed without risk. This study analyzed the components of cocoa and cuapataiste to determine which of the two species is of higher quality. Therefore, the objective of this study was to evaluate the chemical properties and content of functional metabolites, as well as to characterize the morphological variation of cacao and cuapataiste fruits in plantations in the municipality of Ayutla de los Libres, Guerrero. The analyses included in this research project involved the assessment of cocoa beans through proximate analyses, such as ash and protein content. The destructive variables measured were total soluble solids, titratable acidity, total phenols, total flavonoids, total sugars, and antioxidant activity (determined via DPPH, ABTS, and FRAP methods); these parameters serve to evaluate the post – harvest quality of the cocoa beans as well as their potential benefits for human health. In addition, specific qualitative morphological descriptors were evaluated: for the cobs, the color, fruit shape, apex shape, basal constriction, surface roughness, furrow depth, length and diameter were determined; for the seeds, the color (of both the grain and the mucilage) was analized, as well as the shape of the upper portion and the lower cross-section, along with their length and width.

Key words: Cacao, cuapataiste, quality, human health

3.1. Introducción

El cacao y el cuapataiste o pataxte son dos especies del género *Theobroma*, actualmente se conocen 22 especies de dicho género y existen tres grupos morfológicos: criollo, forastero y trinitario (Arvelo *et al*., 2017). El consumo del cacao y sus derivados tiene un aporte favorable a la salud debido a sus propiedades funcionales como antioxidantes, anticancerígenos, antiinflamatorios, antitrombóticos, antimutagénicos, antibacteriales y analgésicos (Perea *et al*., 2009).

En México, se cultivan aproximadamente 52, 331.40 ha de cacao, con una producción nacional de 27, 874.55 t; Tabasco ocupa el primer lugar con 18,751.06 t en una superficie de 34, 245.50 ha; mientras que Chiapas obtiene un rendimiento de 8,860.63 t en 17,834.40 ha ocupado el segundo lugar, mientras que Guerrero produce 262.86 t cultivadas en 251.5 ha (SIAP, 2025).

En Guerrero, recientemente se realizó la caracterización de la producción del cacao y el cuapataiste, indicando que son muy apreciados y utilizados en el municipio de Ayutla de los Libres, donde se cultiva para el consumo de chocolate, el cual es un alimento que además de tener una amplia aceptación den la comunidades de la región, también aportan importante beneficios al consumirlos; y aunque no son de cultivo extensivo, sí son cultivados en traspatio y aunque no hay apoyos para la producción, existe escaso manejo conocimiento del manejo agronómico, y manejo postcosecha se reconoce que es de autoconsumo e importante en la dieta de la población de la región (Villanueva-Caballero *et al*., 2025).

A nivel mundial, se reconocen tres tipos de cacao: Forastero, Trinitario y Criollo; en Chiapas y Tabasco, se cultivan estos tipos, sin embargo, en Guerrero se carece de una estadística para conocer los tipos de cacao que se producen (Acévez-Mares *et al*., 2024). Sin embargo, en Guerrero, México no se han realizado estudios de caracterización física, química y de metabolitos funcionales de los materiales de la región, esto sería importante ya que ayudaría a conocer el material genético con el que se cuenta y los aportes que hacen a la dieta alimenticia, a nivel de algunos elementos de nutrición y nutraceútico.

La caracterización de los materiales de cacao en México se ha centrado a Chiapas y Tabasco, debido a que son los estados de mayor superficie de cultivo, y por lo tanto se tiene probablemente mayor diversidad para su aprovechamiento (Galvéz-Marroquín *et al*., 2016; Avendaño-Arrazate *et al*., 2024). Sin embargo, en Guerrero, existe una región donde se utiliza y es altamente valorado como alimento y para fomentar esta especie nativa de Mesoamérica es necesario conocer, estudiar, utilizar y preservar este material genético. El cuapataiste (*T*. *bicolor*) está asociado en parcelas con cacao, sin embargo, su existencia es limitada, puesto que se siembran hasta cinco árboles por unidad de producción. El cuapataiste tarda siete años en producir, por lo que los productores no lo siembran con frecuencia; se destaca por su sabor, aroma y olor lo que lo hace distintivo del cacao. Está considerado en países como el Salvador como una especie en peligro de extinción (Parada *et al*., 2019),

En el presente trabajo se realizaron colectas de *Theobroma cacao* y *T. bicolor*, en huertos familiares de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, México; con la finalidad de evaluar las propiedades químicas y de metabolitos funcionales del grano de cacao y cuapataiste así como realizar una caracterización de la mazorca y de la semilla de ambas especies mediante descriptores morfológicos del fruto y de la semilla para realizar una comparación morfológica y determinar la variabilidad existente de acuerdo a las características de rendimiento, como número y peso de granos secos por fruto en las diferentes parcelas (Ramírez *et al*., 2020).

3.2. Materiales y métodos

Durante 2022 y 2023 se realizaron colectas de 36 árboles de cacao y cuapataiste en parcelas de productores de las localidades de El Tamarindo, Tepango y Tonalá pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero; se tomaron 6 frutos de cada árbol en madurez fisiológica y se evaluaron algunas características físicas y químicas. El índice de cosecha que se consideró fue el proporcionado por los productores, quienes cosechan la mazorca en un color verde amarillento y al final predomina el color amarillo.

Los frutos fueron transportados vía terrestre al Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, donde se ambientaron y posteriormente se realizaron la evaluación de algunas variables físicas y químicas en fresco. Los frutos dañados o con síntomas de patógenos fueron desechados. Las evaluaciones se realizaron a temperatura ambiente.

En todos los frutos se evaluó el largo determinando del ápice del fruto hasta la cicatriz del pedúnculo y el ancho del fruto en la parte media del mismo con ayuda de un vernier (Traceable®, EUA). Además, se evaluaron los surcos y los caballetes del fruto. Los surcos se definieron como los canales longitudinales que recorren la superficie de la mazorca desde la base hasta el ápice, mientras que los caballetes correspondieron a las secciones elevadas o prominentes ubicadas entre los surcos. Asimismo, se determinó el grosor de la mazorca. Todas las mediciones se realizaron con un calibrador Vernier (Traceable®, EUA). Posteriormente, se evalúo el peso del fruto con una balanza digital (OHAUS, EUA) y los parámetros de color luminosidad (L*), cromaticidad (C*), y matiz (h) con un espectrofotómetro de esfera (Xrite®, EUA).

El fruto fue seccionado y se obtuvo el número de semillas y semillas vanas, el peso seco y fresco de seis semillas, el peso seco de las semillas totales, con y sin mucilago, el peso seco total de semilla, las dimensiones (largo y ancho) de la semilla con y sin mucílago y los parámetros de color de la semilla y del mucilago (L*, C* y h) con los

equipos antes mencionados. La semilla se secó en un horno a 70 °C (Luzeren, EUA) y para posteriormente se molió en una licuadora con un vaso de policarbonato (Ozter®, EUA). El polvo fue utilizado para determinar el pH, sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de compuestos fenólicos flavonoides totales.

Para determinar el pH se hizo un extracto con 1 g del polvo de la semilla de cacao que se homogenizo en 10-15 mL de agua desionizada con ayuda de un homogenizador Ultraturrax (IKA®, EUA). Posteriormente se centrifugo en una Centrifuga a 2200 g por 5 min a temperatura ambiente. Con el sobrenadante se determinó el pH se leyó con un potenciómetro PH-ATAGO (ATAGO®, Japón). Con 5 mL del sobrenadante se determinó la acidez titulable (%), utilizando el método reportado por la AOAC (AOAC, 1984), para esto se realizó una titulación con NaOH 1 N, usando fenolftaleína como indicador, los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico. El contenido de sólidos solubles totales (%) se determinó a partir de dos gotas de extracto de polvo de semilla de cacao y de cuapataiste colocados en un refractómetro (ATAGO PAL-1®, Japón).

El contenido de compuestos fenólicos se determinó mediante el método de Folin-Ciocialteu (Singleton *et al*., 1999), a partir de 1 g del polvo de la semilla de cacao o cuapataiste se homogenizo con 10-15 mL de agua deionizada y homogenizaron con 10-15 mL de agua desionizada con ayuda de un homogenizador Ultraturrax (IKA®, EUA). Posteriormente se centrifugo en una centrifuga (Olso, España) a 2200 g por 5 min a temperatura ambiente. Posteriormente, se tomaron 10-500 µL de extracto y 490 mL de agua desionizada, para posteriormente realizar la reacción agregando 2.5 mL de Folin más 2 mL de $NaCO_3$ y se dejó reposar por dos horas con luz difusa, transcurrido el tiempo de la reacción se leyó la absorbancia a 760 nm las muestras se leyeron a 415 nm en un espectrofotómetro (HACH DR 5000®, EUA). La cuantificación se realizó con una curva de calibración de ácido gálico.

Los flavonoides totales se determinaron con la metodología de Arvouet-Grand *et al*. (1994). Para esta variable se tomó 0.1-0.5 g de polvo de semilla de cacao o cuapataiste y las muestras se leyeron a 415 nm en un espectrofotómetro (HACH DR 5000®, EUA). Los resultados se expresaron como mg equivalentes de Quercetina

(EQ) 100 g^{-1} de peso seco. Para la determinación de cenizas se realizó a través de la incineración o calcinación de la muestra en una mufla a 550° C por un periodo de 50 min para quemar el material orgánico quedando sólo las cenizas (Salinas *et al*., 2013).

Para realizar la caracterización cualitativa de las mazorcas y semillas de cacao y de cuapataiste se consideraron diferentes descriptores morfológicos de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2011) como: color de la mazorca, forma de los ápices de la mazorca, forma de la constricción basal de la mazorca, forma de los frutos (mazorca) rugosidad, color de la semilla, color del mucilago de la semilla, forma de la semilla (parte superior), forma del corte transversal de la semilla (parte inferior) con la finalidad de obtener una caracterización morfológica de la mazorca y de las semillas de las dos especies de cacao y de cuapataiste.

Se utilizó la Royal Horticultural Society Colour Chart para identificar y registrar la colorimetría de la mazorca, de la semilla y del mucilago de una manera cualitativa.

3.2.1. Análisis de datos

Inicialmente se realizó un análisis de estadística descriptiva para cada una de las variables evaluadas. Posteriormente los datos se analizaron mediante un análisis clúster utilizando distancias euclidianas y el método de mínimas varianza de Ward (Ward, 1963) de acuerdo con Núñez-Colín y Escobedo-López (2014) donde los grupos resultante se sometieron a un análisis discriminante canónico, un análisis de varianza multivariado (MANOVA) de raíces canónicas y prueba de distancia de Mahalanobis (Johnson, 1998; Núñez-Colín y Escobedo-López 2014). Todas estas pruebas fueron calculadas con el programa SAS® Ver. 9.0.

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Estadística descriptiva

Los compuestos fenólicos mostraron alta variabilidad (50.7 %) en las semillas de cacao y cuapataiste donde los valores mínimos se cuantificaron en un material de cuapataiste (árbol 35) con 48991.1 mg EAG $100g^{-1}$ y el máximo contenido fue en un material criollo (árbol 25) con 6834.3 mg EAG $100g^{-1}$ (Cuadro 3.1). Tigrero-Vaca *et al*. (2026) reportan que el contenido de compuestos fenólicos depende del material genético y las condiciones climáticas donde se cultiva, adicional al manejo agronómico, así puede variar desde 230 hasta 9541 mg EAG $100g^{-1}$ en Colombia, Indonesia, Ecuador, Perú; y en caso excepcional en Brasil se reportan 27746 mg EAG $100g^{-1}$. Esto indica que en los materiales de Guerrero aportan del promedio hacia el valor superior de compuestos fenólicos en otros países. El contenido de polifenoles del cacao lo hace especialmente interesante desde un punto de vista nutricional y saludable, además que se le han atribuido propiedades prebióticas (Gibson *et al*., 2017; Chacón *et al* 2021).

Los flavonoides totales tuvieron menor variación (CV= 38.8%) al comparar con los compuestos fenólicos y la concentración promedio fue de 132.3 mg EQ 100 g^{-1}, teniendo un valor mínimo de 59.65 mg EQ $100g^{-1}$ en el árbol 5 y 243.2 mg EQ $100g^{-1}$ de valor máximo en el árbol 28 (Cuadro 3.1). Niemenak *et al*. (2006) indican que la catequina y epicatequina son los flavonoides de mayor contenido en las semillas frescas de cacao de algunas colectas de Nigeria, Camerún e Indonesia, representando entre 2 y 4 % en peso seco. En particular los flavonoides provenientes del cacao se han reportado que poseen propiedades neuroprotectoras y aumentan la cognición, dado que estas moléculas pueden cruzar la barrera de sangre del cerebro, además de que han demostrado actividad antiobesidad y antidiabética (Tigrero-Vaca *et al*., 2026). Los materiales evaluados proveen flavonoides en la semilla, que pueden tener un efecto benéfico a quien los consuma los sólidos solubles totales tuvieron valores mínimos y máximos de 3.6 % (árbol 25) y 23.1 % (árbol 30) y en promedio 9.7 % con un CV= 39.4 % (Cuadro 3.1). Coyago-Cruz *et al*. (2025) reportan 6.0 % en *T*. *bicolor* como contenido de SST. En el caso de *T. cacao* se reporta bajo contenido de sólidos solubles totales, entre 3.6 y 10 %, en dependencia del proceso de

fermentación, además que el contenido de sólidos solubles totales se considera relativamente bajo ya que la matriz se compone en su mayoría de moléculas lipídicas (Kammon *et al*., 2026). En nuestro experimento los valores mayores de sólidos solubles totales, sugieren materiales con proporciones importantes de azucares, que favorecen el sabor de los subproductos obtenidos, por lo que se deben de estudiarlos a mayor detalle.

La acidez titulable tuvo una alta variabilidad CV= 49.3 %, con valores mínimos y máximos de 0.29 (árbol 28) y 1.8 % (árbol 2), respectivamente, y en promedio se tuvo 0.7 % (Cuadro 1). Kammon *et al*. (2026) reportan valores de acidez titulable entre 0.1 % y 0.35 % en *Theobroma cacao* expuesta a previa fermentación a temperatura entre 15 y 45 °C en tanto que Coyago-Cruz *et al*. (2025) reportan 0.4 % para *T*. *bicolor*, lo anterior sugiere que este parámetro pude ser importante para separar estas especies de *Theobroma*.

El pH, mostro poca variabilidad CV= 3.1% con frutos que presentaron valores mínimos de 6.7 (árbol 25) y valores máximos de 5.9 (árbol 32) y en promedio de 6.3, estos valores están dentro del rango que proporciona la Norma Mexicana NMX-FF-118-SCFI-2014 que estipula que el grano de cacao en cualquiera de sus especificaciones debe cumplir con los valores de entre 5.8 a 6.2 para cacao lavado y secado. Kammon et al. (2026) reportan valores de pH entre 4.7 y 5.2 en Theobroma cacao, en tanto que Coyago-Cruz et al. (2025) reportan 6.7 para T. bicolor, lo anterior sugiere que este parámetro es similar entre las especies de Theobroma evaluadas.

Las cenizas nos indica el contenido de minerales que se encuentran en una muestra, el cacao y el cuapataiste de la región tuvieron una concentración promedio de 4.2 % y un valor mínimo de 1.5 % y un máximo de 8.5 %, estos datos entran en el rango obtenido por Gálvez Marroquín *et al* (2016) que obtuvo 3.5%; dicha variable nos ayuda a definir la calidad del cacao al detectar la presencia de impurezas y con esto se puede determinar si el cacao ha sido contaminado.

En relación con las dimensiones del fruto, la longitud o largo del fruto mostró entre 110 (árbol 20) y 180.9 mm (árbol 14) y entre 68.8 (árbol 17) y 160.1 mm (árbol 9), con

promedio de 152.1 y 93.7 mm, respectivamente (Cuadro 3.1). Ramírez-Guillermo *et al*. (2017) al evaluar el cacao proveniente de semilla en plantaciones comerciales y provenientes de bancos de germoplasma en Tabasco, México, reportan entre 162 y 170 mm de longitud del fruto y entre 77 y 91 de diámetro del fruto en más de 170 colectas, lo que es ligeramente mayor en longitud, pero menor en diámetro comparado con los frutos evaluados en Guerrero.

El caballete y el surco definen el espesor del exocarpo y mesocarpo del fruto en el cacao, en este trabajo se cuantificó valores de 8 mm como mínimo (árbol 1) y máximo de 16.2 mm (árbol 3), con promedio de 12 mm (Cuadro 3.1) para el caballete. Por otra parte, el surco mostró valores mínimos de 5.6 mm (árbol 28 y 30) y máximos de 13.8 mm (árbol 18), con promedio de 9.4 mm (Cuadro 3.1). Ramírez-Guillermo *et al*. (2018) reportan en colecta de Tabasco, México en plantaciones comerciales y de bancos de germoplasma, entre 13.3-18.2 mm de espesor del caballete y entre 9 y 11.7 mm de profundidad de surco, estos valores son similares a los encontrado en Guerrero.

El mesocarpo de la mazorca de los frutos en los materiales evaluados estuvo entre 2.9 mm (árbol 4, 13) como valor mínimo y 10.2 mm (árbol 18) como valor máximo, y con un promedio de 4.9 mm (Cuadro 3.1).

El número de semillas y semillas vanas, fue de entre 21.1 (árbol 35) y 0.16 (árbol 9) como valor mínimo y como valor máximo entre 42.2 (árbol 2, 19) y 5.5 (árbol 36) y con un promedio de 34 y 2.2, respectivamente (Cuadro 3.1). Recientemente, Penagos-Jiménez *et al*. (2025) al caracterizar seis accesiones de cacao en Tabasco, México reportaron entre 35 y 48 semillas en promedio lo cual es superior a lo encontrado en Guerrero en el presente trabajo, aunque está dentro de los valores mínimos y máximos reportados de todos los frutos evaluados (Cuadro 3.1).

El peso de la semilla con mucílago fue mayor que el peso de semilla sin mucilago (Cuadro 1). El valor mínimo fue de 51.3 g (árbol 17) y 336.3 g (árbol 31) de peso máximo, con promedio de 133 g cuando la semilla tenía mucilago, pero sin mucílago el mínimo fue de 21.6 g (árbol 31) y el máximo de 69.2 g (árbol 1) con peso promedio de 45 g (Cuadro 3.1).

El color de los frutos de cacao evaluado tuvo un color variable desde tendiente al rojo (h=46.3; árbol 4)) hasta amarillo verdoso (h=93.1; árbol 32), con un color promedio tendiente al amarillo (h=80.5), con luminosidad variable (L*= 20 (árbol 4) – 70(árbol 21, 23)) y cromaticidad del color de opaco hasta medianamente opaco (C*= 11.8 (árbol 34) -60.9 (20)) (Cuadro 1). Rivera-Torres *et al*. (2022) reportan que el color del fruto en accesiones de Tabasco fue de color amarillo, amarillo/verde, amarillo/naranja y naranja/purpura, con mayor porcentaje de dominancia el amarillo/verde (44.44 %). Esto coincide con los colores encontrados en la región.

El color del mucílago fue entre naranja y amarillo ((h= 70.2 (árbol 11) – h = 86 (árbol 22, 26), con luminosidad media cercana al blanco (L*= 56.8 (árbol 19) y L*= 82.3 (árbol 35) y desde opacos hasta con pureza alta (C*= 12.1 (árbol 9) y C*= (árbol 29)).

Finalmente, el color de la semilla mostró amplia variabilidad CV= 47.4 -79.6; donde se determinó como tendiente al rojo purpura hasta el amarillo (h= 13.2 (árbol 27) y h= 87.86 (árbol 1), con gran variación en el brillo desde L*= 22.27 (árbol 19) hasta L*= 82.3 (árbol 35) y muy opaco (C*= 2.17 (árbol 2) y C*= 35.2 (árbol 29) (Cuadro 1). Avendaño-Arrazate *et al*. (2024) indican que el color de la semilla participa en forma importante en la separación de grupos de cacao durante la caracterización.

Las dimensiones de la semilla estuvieron entre 16.1 (árbol 17) y 8.7 (árbol 36) mm como valores mínimos de longitud y diámetro, y como valores máximos entre 34.7 (árbol 17) y 28.5 mm (árbol 36), con promedio entre 21.8 y 13.4 mm, respectivamente (Cuadro 3.1). Penagos-Jiménez *et al*. (2025) reportan que el largo y diámetro de semillas de cacao en cinco accesiones cultivadas en Tabasco, México tuvieron 19.9-22.7 mm de largo y 11.5 y 12.5 mm de diámetro de la semilla.

El peso fresco de seis semillas con y sin mucilago, mostraron valores mínimos de 0.7 (árbol 32) y 1 g (árbol 17) y de valores máximos entre 2.7 g (árbol 32) y 8.4 g (árbol 28, 30) con promedio entre 1.65 y 3.45 g (Cuadro 3.4).

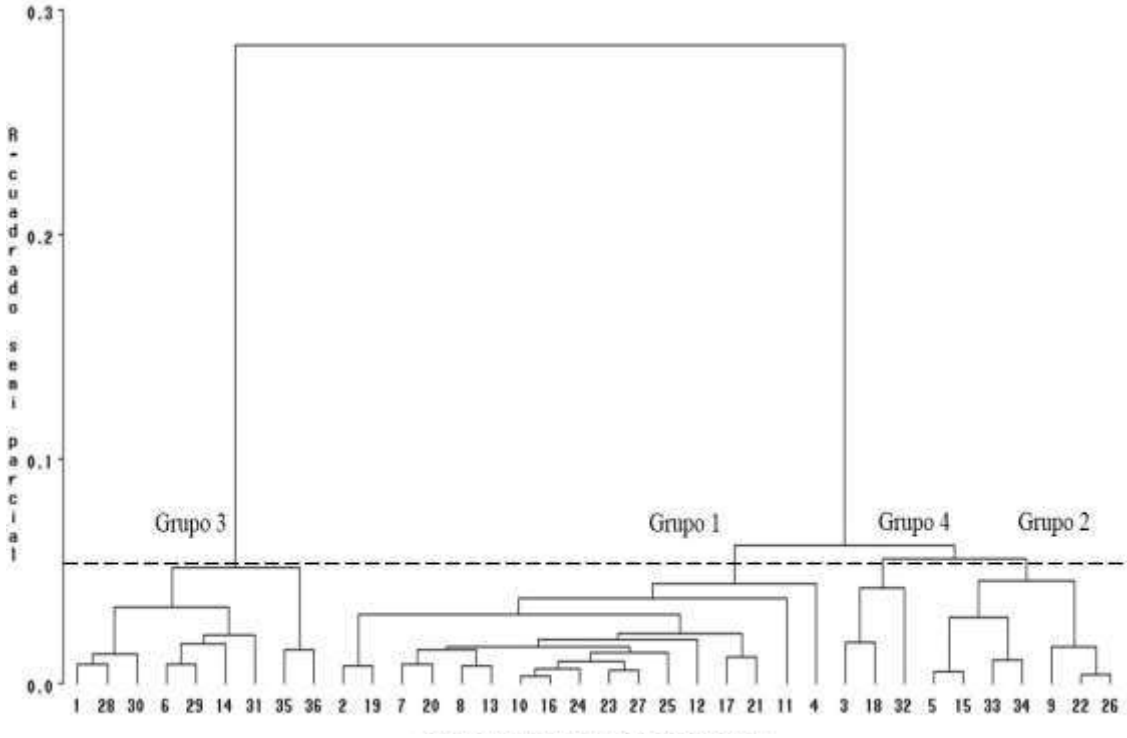
El peso seco total y de seis semillas mostro valores mínimos de 0.45 g (árbol 26) y 12.8 (árbol 17) y valores máximos entre 2.24 (árbol 11) y 51.2 g (árbol 31), con promedio de 1.12 y 26.8 g (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Estadística descriptiva de las características fisicoquímicas de genotipos de cacao.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Rango	s^2	C.V. (%)
Compuestos fenólicos (mg EAG $100g^{-1}$)	6834.3	48991.1	18888	42157	91864597	50.7
Flavonoides (mg EQ 100 g^{-1})	59.65	243.2	132.3	183.5	0..5	38.8
Sólidos solubles totales (%)	3.6	23.1	9.7	19.4	14.6	39.4
pH	6.7	5.9	6.3	0.8	0.04	3.1
Acidez titulable (%)	0.29	1.8	0.69	1.6	0.11	49.3
Cenizas (%)	1.5	8.5	4.2	7.0	3.8	45.8
Largo de fruto (mm)	110.2	180.9	152.1	70.6	268.8	10.7
Diámetro de fruto (mm)	68.8	160.1	93.7	91.3	426.2	22.0
Caballete (mm)	8.0	16.2	12.0	8.2	3.6	15.8
Surco (mm)	5.6	13.8	9.4	8.1	2.6	17.2
Mesocarpo (mm)	2.9	10.2	4.9	7.2	2.9	34.4
Semillas (Núm.)	21.1	42.2	34.6	21.1	17.3	12.0
Semillas vanas (Núm.)	0.16	5.50	2.20	5.3	1.78	60.6
Peso de semilla con mucilago (g)	51.3	336.3	133.0	284.9	8327.7	68.5
Peso de semilla sin mucilago (g)	21.6	69.2	45.0	47.6	115.6	23.8
Luminosidad fruto	20.0	70.2	56.8	50.2	82.5	15.9
Cromaticidad fruto	11.8	60.8	44.0	48.9	121.2	24.9
Matiz fruto	46.3	93.1	80.5	46.7	68.1	10.2
Luminosidad mucílago	56.8	84.2	24.0	36.2	149.7	50.7
Cromaticidad mucílago	12.1	81.3	24.0	316.2	149.7	50.7
Matiz mucílago	70.2	86.0	79.5	15.8	18.4	5.4
Luminosidad semilla	22.2	82.3	45.8	60.0	473.4	47.4
Cromaticidad semilla	2.1	35.1	14.3	33.0	130.7	79.6
Matiz semilla	13.2	87.8	47.2	74.6	798.6	59.7
Largo de semilla (mm)	16.1	34.7	21.8	18.6	9.2	13.9
Diámetro semilla (mm)	8.7	28.5	13.4	19.8	14.9	28.7
Peso seco total de semilla (g)	12.8	51.2	26.8	38.4	106.4	38.5
Peso seco de seis semillas (g)	0.45	2.24	1.12	1.78	0.13	11.6
Peso fresco de seis semillas (g)	1.0	2.7	1.65	1.76	0.17	10.3
Peso fresco de seis semillas con mucílago (g)	0.72	8.37	3.45	7.65	5.95	70.5

3.3.2. Análisis de agrupamiento y canónico

El dendograma del análisis de agrupamientos formó cuatro grupos de acuerdo con la prueba de partición con el pseudoestadistico t^2 de Hottelling que fue el primer punto de baja variabilidad (Fig. 3.1). El dendograma se dividió en un valor de R^2 semiparcial de 0.05 (Fig. 3.1). El grupo 1 fue el más abundante en genotipos, estuvo confirmado por 17 genotipos de cacao. El grupo 2 se conformó por siete genotipos. El grupo 3 estuvo integrado por 9 genotipos y el grupo cuatro se integró por 3 genotipos (Fig. 3.1). El grupo I, II y IV están conformado por árboles de cacao criollo y una variedad denominada Tabasco, mientras que el grupo III está constituido por árboles de Cuapataiste.



Árboles de cacao y cuapataiste

Figura 3.1. Dendograma de 36 árboles de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero, construido por el método de Ward a partir de 30 variables del fruto.

La varianza total quedo expresada en las tres primeras raíces canónicas (Cuadro 1). La primera raíz canónica (can1) ayudó a explicar el 84% de la varianza, la segunda raíz canónica (can2) explicó el 0.13 % y la tercera raíz canónica (can3) explicó el 0.01 %, esto indica que en algunos de los caracteres de la primera raíz fueron suficientes para la separación de los grupos (Cuadro 3.2).

Cuadro 3.2. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los componentes principales, con base a la matriz de correlación aplicada a 30 características físicas, morfológicas y químicas de 30 genotipos de selecciones de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Autovalor	Proporción de la varianza	Varianza acumulada	Valor de F aproximado	Valor de *P*
1976.92	0.84	0.84	29.26	<0.0001
321.61	0.13	0.98	13.18	0.0003
27.89	0.01	1.00	4.98	0.04

La can1 o raíz canónica primera estuvo relacionada con los compuestos fenólicos, flavonoides, sólidos solubles totales, peso de semilla con y sin mucilago, cromaticidad del mucilago, luminosidad y cromaticidad de la semilla, diámetro de la semilla y peso fresco de seis semillas con mucilago (Cuadro 3.3). La can2 se relacionó con caballete surco y mesocarpo y la can3 con cenizas, diámetro y matiz de la mazorca, luminosidad y matiz del mucilago (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Vectores propios de 30 variables en las tres primeras raíces canónicas de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Variable	can1	can2	can3
Compuestos fenólicos (mg EAG $100g^{-1}$)	**0.417401**	0.043771	0.103478
Flavonoides (mg EQ 100 g^{-1})	**0.134574**	0.128612	-0.27064
Sólidos solubles totales (%)	**0.365553**	0.173944	0.151448
pH	-0.126361	-0.316675	-0.011613
Acidez titulable (%)	-0.404194	-0.053372	-0.239118
Cenizas (%)	0.143300	0.096929	**0.010037**
Largo de mazorca (mm)	**0.492271**	-0.102181	0.065738
diámetro de mazorca (mm)	0.32361	-0.043273	**0.557334**
Caballete (mm)	-0.127922	**0.527723**	-0.100675
Surco (mm)	-0.508573	**0.582786**	-0.209681
Mesocarpo (mm)	0.165565	**0.72916**	0.088573
Semillas (Núm.)	-0.317321	-0.041996	-0.415029
Semillas vanas (Núm.)	**0.289426**	0.021741	0.149341
Peso de semilla con mucilago (g)	**0.951903**	-0.20119	0.096549
Peso de semilla sin mucilago (g)	**0.354237**	-0.079106	0.204043
Luminosidad mazorca	-0.20772	0.159597	0.176857
Cromaticidad mazorca	-0.34509	-0.005787	-0.310354
Matiz mazorca	0.244223	0.289481	**0.311984**
Luminosidad mucílago	-0.32527	-0.031894	**0.538796**
Cromaticidad mucílago	**0.930326**	-0.183979	-0.091961
Matiz mucílago	0.258451	0.067979	**0.637463**
Luminosidad semilla	**0.826063**	-0.147361	0.302945
Cromaticidad semilla	**0.885654**	-0.198833	0.142845
Matiz semilla	0.747118	-0.191577	0.285978
Largo de semilla (mm)	0.477705	-0.154011	0.359922
diámetro semilla (mm)	**0.84901**	-0.159621	0.088342
Peso seco total de semilla (g)	0.677002	-0.186365	-0.012616
Peso seco de seis semillas (g)	-0.052123	-0.113133	-0.081791
Peso fresco de seis semillas	0.076304	0.49752	-0.207456
Peso fresco de seis semillas con mucílago	**0.940234**	-0.237995	0.146828

La proyección de los genotipos en las tres raíces canónicas muestra la separación de los cuatro grupos de genotipos formados (Fig. 3.2).

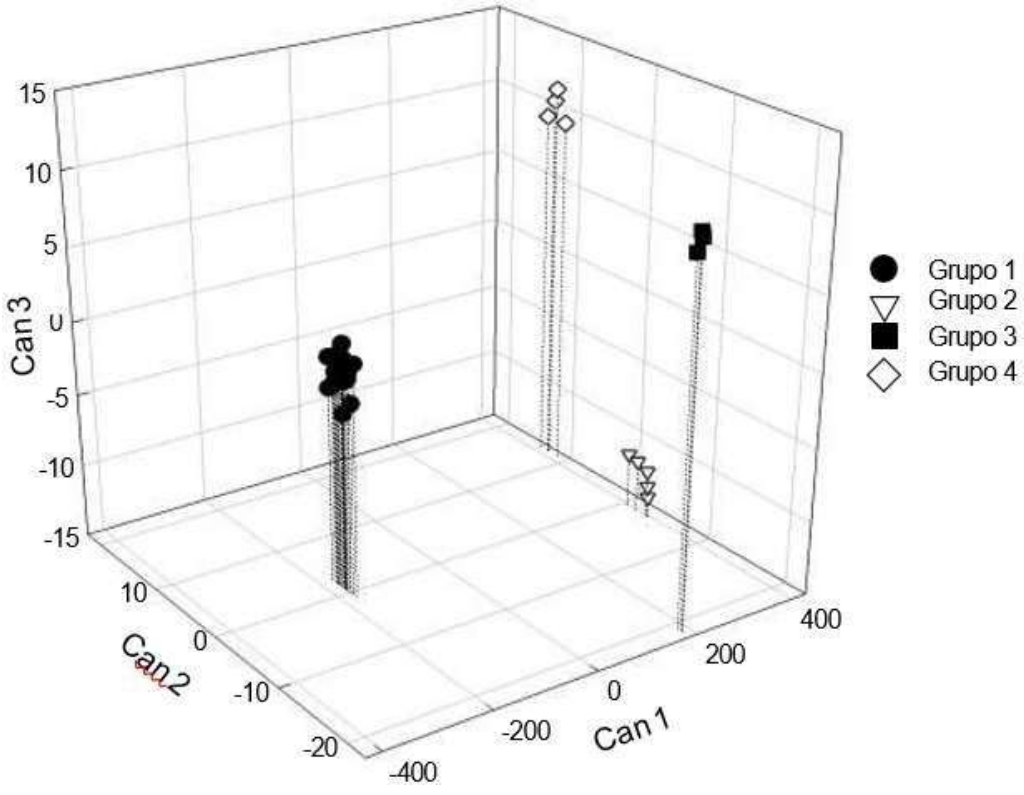


Figura 3.2. Representación gráfica de las tres raíces canónicas de los 36 genotipos de árboles de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Los grupos fueron estadísticamente diferentes con base a la prueba de distancia de Mahalanobis fueron significativos ($P<0.05$; Cuadro 3.4). En el can 1, can2 y can 3 los cuatro grupos fueron diferentes entre sí (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.4. Distancia de Mahalanobis entre los grupos obtenidos del análisis clúster de 36 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero.

Clúster	1	2	3	4
1	0.0000			
2	7.00ns	0.0000		
3	178.66**	120.41**	0.0000	
4	39.42**	21.71*	52.44**	0.0000

Cuadro 3.5. Prueba HSD de Tukey de las dos primeras raíces canónicas de los cuatro grupos de cacao obtenidos en el análisis clúster.

Grupo	Can 1	Can 2	Can 3
1	-27.69 c	-9.19 d	-3.09 c
2	-26.76 c	8.04 b	9.32 a
3	70.75 a	-6.17 c	0.66 b
4	7.13 b	51.83	-6.24 d
HSD	6.19	6.19	6.19

[§]Letras diferentes en la misma columna significa diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los grupos

Se formaron grupos de genotipos de cacao con diferencias en sus características de calidad, químicas, funcionales y físicas (Cuadro 3.5). En el Grupo I se tuvo la menor cantidad de cenizas y el mayor número de semillas. (Cuadro 3.5). El grupo 2 mostró el mayor diámetro de la mazorca y mayor luminosidad y matiz en la

mazorca, así como en el matiz del mucilago (Cuadro 3.5). El Grupo III fue el que obtuvo mayor cantidad de compuestos fenólicos y fue el grupo más dulce por su contenido de sólidos solubles totales, así también tuvieron el mayor largo de las mazorcas y el mayor peso de la semilla con y sin mucilago. A su vez, el grupo III destaca por obtener mayor cantidad en la luminosidad, matiz y cromaticidad de la semilla. También resalta por el largo, diámetro y peso total de la semilla de la mazorca y peso fresco de las seis semillas muestra con mucilago (cuadro 5). Finalmente, el Grupo IV mostró el mayor contenido de flavonoides, mayor medida de surco, caballete y mesocarpo y mayor peso fresco con mucilago de las seis semillas muestra (Cuadro 3.5).

Cuadro 3.6. Promedios de 30 variables de los grupos formados en el análisis clúster de 30 genotipos de cacao (*Theobroma cacao*) y cuapataiste (*Theobroma bicolor*) de Ayutla de los Libres, Guerrero.

I	G1	G2	G3	G4
Compuestos fenólicos (mg EAG $100g^{-1}$)	15274.3	18366.7	25522.2	19619.9
Flavonoides (mg EQ100 g^{-1})	129.157	105.827	139.627	170.292
Sólidos solubles totales (%)	8.330	10.188	11.869	11.244
pH	6.443	6.365	6.364	6.189
Acidez titulable (%)	0.829	0.620	0.457	0.711
Cenizas (%)	4.031	4.214	4.667	4.861
Largo mazorca (mm)	147.946	148.199	166.278	147.096
Diámetro mazorca (mm)	82.846	109.990	106.663	78.172
Caballete (mm)	11.707	12.286	11.221	15.228
Surco (mm)	9.644	9.786	7.674	12.583
Mesocarpo (mm)	4.043	5.655	5.016	8.606
Número de semillas	36.288	32.262	32.289	36.000
Número de semillas vanas	1.885	2.333	2.860	2.111
Peso semilla c/mucilago	80.152	85.783	285.332	81.517
Peso semilla s/mucilago	41.057	46.231	51.973	40.450
Mazorca luminosidad	55.953	61.636	53.404	58.961
Mazorca cromaticidad	48.351	40.257	37.354	47.420
Mazorca matiz	76.153	85.094	83.399	84.990
Mucilago luminosidad	68.690	74.438	67.133	65.580
Mucilago cromaticidad	18.812	13.836	43.705	20.581
Mucilago matiz	76.750	83.906	81.600	77.248
Semilla luminosidad	32.510	45.014	77.778	31.193
Semilla cromaticidad	8.354	9.878	32.230	7.205
Semilla matiz	31.184	46.127	85.407	24.664
Semilla largo	20.429	22.688	24.568	19.326
Semilla diámetro	11.358	11.699	19.155	11.707
Peso seco total semilla mazorca	22.360	21.268	39.097	22.328
Peso seco semilla de 1 a 6	2.274	1.082	1.482	0.789
Peso fresco semilla de 1 a 6 sin mucilago	1.471	1.515	1.983	9.646
Peso fresco semilla de 1 a 6 con mucilago	2.105	2.391	7.530	1.654

EAG= Equivalentes de ácido gálico, EQ= Equivalentes de quercetina.

3.3.3. Características cualitativas

Los tres grupos morfológicos del género *Theobroma* son: criollo, forastero y trinitario (Arvelo *et al*., 2017), de acuerdo a esta caracterización se pudo observar la diversidad morfológica en la forma de los frutos existentes en las parcelas de los productores cooperantes de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero; de ahí que las mazorcas colectadas de *Theobroma cacao* que predominaron se pueden clasificar en los grupos morfológicos criollo y trinitario esta última es llamada en la región como variedad Tabasco y la otra especie que se distinguió fue la *Theobroma bicolor* (Cuapataiste) mejor conocido en la zona de estudio como cuapataiste.

De acuerdo a la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2011) la variedad denominada como Tabasco en la región de estudio pertenece al grupo morfológico trinitario, se caracteriza por poseer una forma del fruto elíptica, su constricción basal ausente, el ápice es obtuso, mientras que la rugosidad de la superficie es ligera, la profundidad del surco se observa poco profunda, el grosor del epicarpio se considera como medio. Tanto la longitud como el diámetro del fruto se consideran como media, de acuerdo con el número de semillas se considera como alto. El color del fruto maduro es amarillo, mientras que en su etapa juvenil es de verde violeta. La semilla tiene una forma elíptica, su longitud y su anchura es media, la pulpa de la semilla o mucilago envuelve de forma apretada la semilla y su color es crema claro y la tonalidad del cotiledón es púrpura oscura, característica que clasifica debidamente este fruto dentro de los cacaos forasteros. El análisis comparativo de los descriptores morfológicos del fruto y la semilla de la variedad conocida como Tabasco (Fig. 3.3) en las localidades de estudio se homologa directamente con el clon olmeca de acuerdo a las directrices de examen de la UPOV, el clon olmeca es un híbrido intervarietal (una mezcla de criollo y forastero/trinitario) que coincide con las características morfológicas descritas por Azpeitia-Morales (2020) quien menciona “los frutos del clon olmeca tienen una longitud de hasta 20 cms y de forma elíptica, con una constricción basal débil, ápice obtuso y con una tonalidad de cotiledones púrpura oscura. Se considera que el cacao que se caracteriza como Tabasco en las

parcelas muestreadas corresponde al grupo morfológico trinitario puesto que surge de la cruza de criollo y forastero, en donde se atribuye que el cacao criollo es un cacao antiguo lo cual se fundamenta con lo que afirma Avendaño – Arrazate *et al*. (2020) que los cacaos criollos fueron domesticados por los mayas, de ahí que se clasifiquen en dos grupos geográficos: criollos de América Central y criollos de América Central. Mientras que el forastero es considerado como un cacao extranjero, nativo de la región Amazónica y se cultiva predominantemente en África occidental y sudeste asiático (Bhattacharjee y Akoroda, 2018).

La caracterización colorimétrica del cacao denominado en la región como "Tabasco" se determinó mediante la tabla de color de la Royal Horticultural Society (RHS Colour Chart); los resultados revelaron que la epidermis de la mazorca exhiba una variabilidad cromática que abarca los grupos yellow- orange (naranja amarillento) (grupos 10, 15, 16, 17, 21) brilliant orange yellow (naranja amarillento brillante), light yellow (amarillo claro) (códigos C y D). Respecto al mucilago de la semilla se clasificó dentro de las gamas white group (grupo blanco) 115, yellowish white (blanco amarillento) (códigos A, B, C) (NN155) y greenish white (blanco verdoso) (C). Finalmente, los cotiledones de las semillas mostraron una coloración característica correspondiente al grupo violet blue (azul violeta) 92, violet group 86, strong violet (violeta intenso) B, greyish violet (violeta grisáceo) (D), dark greyish purple (púrpura grisáceo oscuro) A alcanzando tonalidades clasificadas como dark purple (violeta oscuro) A.

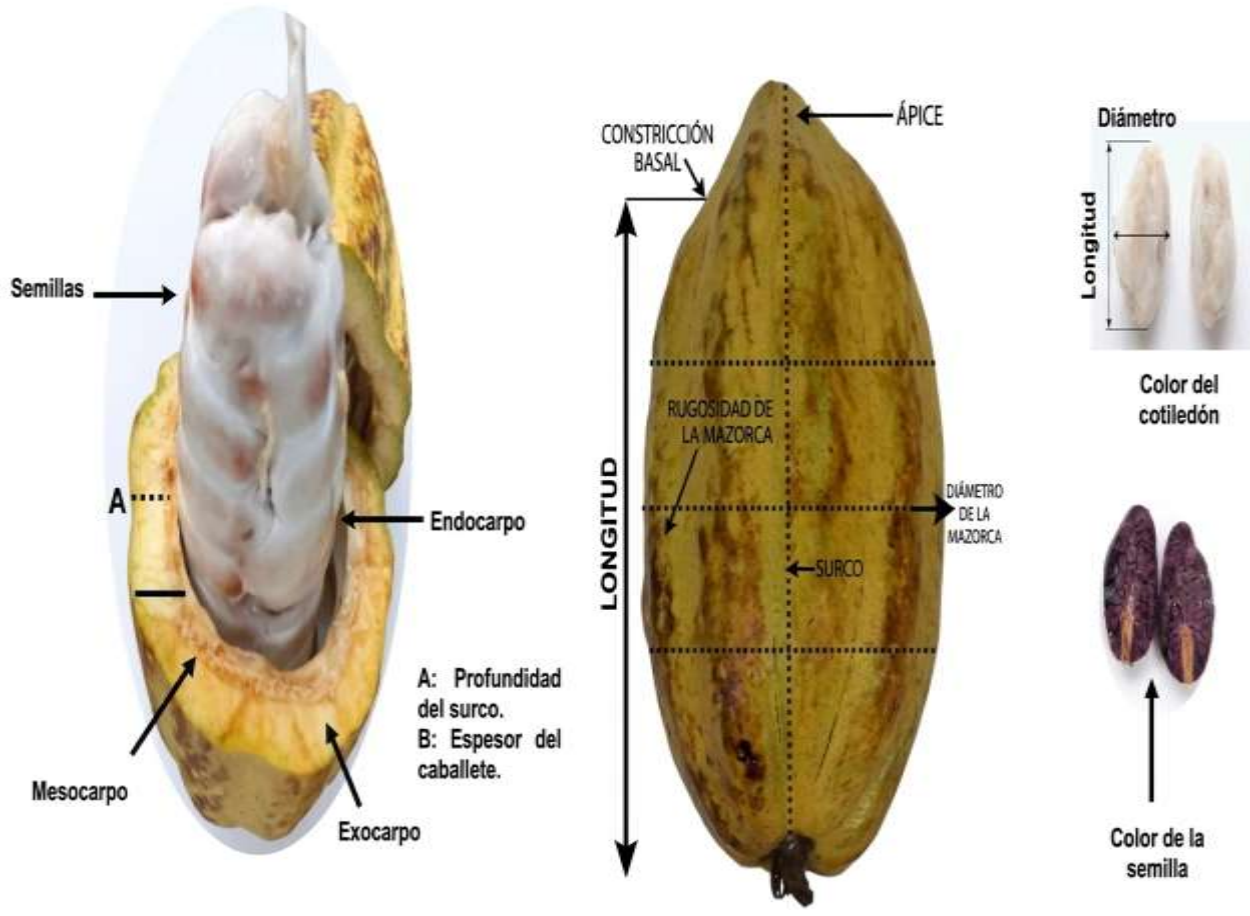


Figura 3.3. Partes de una mazorca de cacao del grupo morfológico trinitario denominada variedad Tabasco colectada en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

La caracterización morfológica del material vegetal de cacao (*Theobroma cacao*) recolectado en algunas de las parcelas de los productores cooperantes de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo se realizó con base en las directrices de examen de la UPOV (TG/270/1), los cuales mostraron una homogeneidad con los caracteres del cacao criollo (Fig. 3.4). El fruto se caracteriza por presentar una forma oblonga con una longitud larga y un diámetro medio. La superficie de la mazorca es moderadamente rugosa delimitada por

surcos de profundidad marcada (profundos) y culmina en un ápice de forma aguda. En cuanto a sus propiedades anatómicas, el epicarpio se clasifica como grueso, la coloración del fruto manifiesta una transición de color de rojo medio hasta rojo oscuro. Las semillas se encuentran inmersas en una pulpa o mucílago de color blanco. El componente de rendimiento por fruto se define como alto debido al elevado número de semillas presentes por mazorca. En una sección longitudinal, la semilla exhibe una forma elíptica, caracterizada por poseer una longitud larga, acompañada de una anchura y grosor categorizados como medios.

Las muestras de semillas colectadas (Figura 3.4) en las localidades de Ayutla de los Libres, Gro; mostraron correspondencia con las características típicas del cacao criollo cultivado en México reportado por Acévez-Mares et al. (2024)**,** el cacao criollo presenta tonalidades que pueden llegar a ser roja de acuerdo a Acévez-Mares et al. (2024); el cacao criollo de alta calidad se identifica principalmente por la morfología de su fruto, se trata de mazorcas alargadas con presencia o ausencia de constricción basal, un ápice pronunciado y agudo además de poseer una corteza rugosa y de color rojizo (Díaz - José et al., 2013).

Según Bhattacharjee y Akoroda (2018) inicialmente, se asumía que el cacao fue domesticado en América del Sur y posteriormente introducido en Centroamérica y el sur de México a través de los movimientos migratorios indígenas. De acuerdo a Cuatrecasas 1964 citado en Bhattacharjee y Akoroda (2018), existe una probabilidad de que los cacaos silvestres cultivados en la selva lacandona mexicana representen los ancestros genéticos del cacao cultivado. Tomando como referencia este antecedente bibliográfico que sustenta la antigüedad del cacao criollo en México y contrastando con la evidencia oral recopilada de los productores que indican que las parcelas bajo estudio tienen más de 70 años permiten respaldar que el material vegetativo cultivado corresponde a la variedad criolla.

La caracterización colorimétrica del cacao criollo se determinó mediante la tabla de color de la Royal Horticultural Society (RHS Colour Chart); los resultados revelaron que la epidermis de la mazorca exhiba una variabilidad cromática que

abarca los grupos yellow- green (verde amarillento) (D), yellow – orange (naranja amarillento) (códigos 14, 15, 16, 17, 23), orange red (rojo anaranjado) grupo (N34 moderate red (rojo moderado) C, red group (grupo rojo) (códigos 39, 48) y red purple (rojo púrpura) (60). Respecto a las estructuras internas, el mucilago de la semilla se clasificó dentro de las gamas white (blanco) (NN155), yellowish white (blanco amarillento) (A) y greenish white (blanco verdoso) (C). Finalmente, los cotiledones de las semillas mostraron una coloración característica correspondiente al grupo purple (púrpura) (79), alcanzando tonalidades clasificadas como dark purple (púrpura oscura).

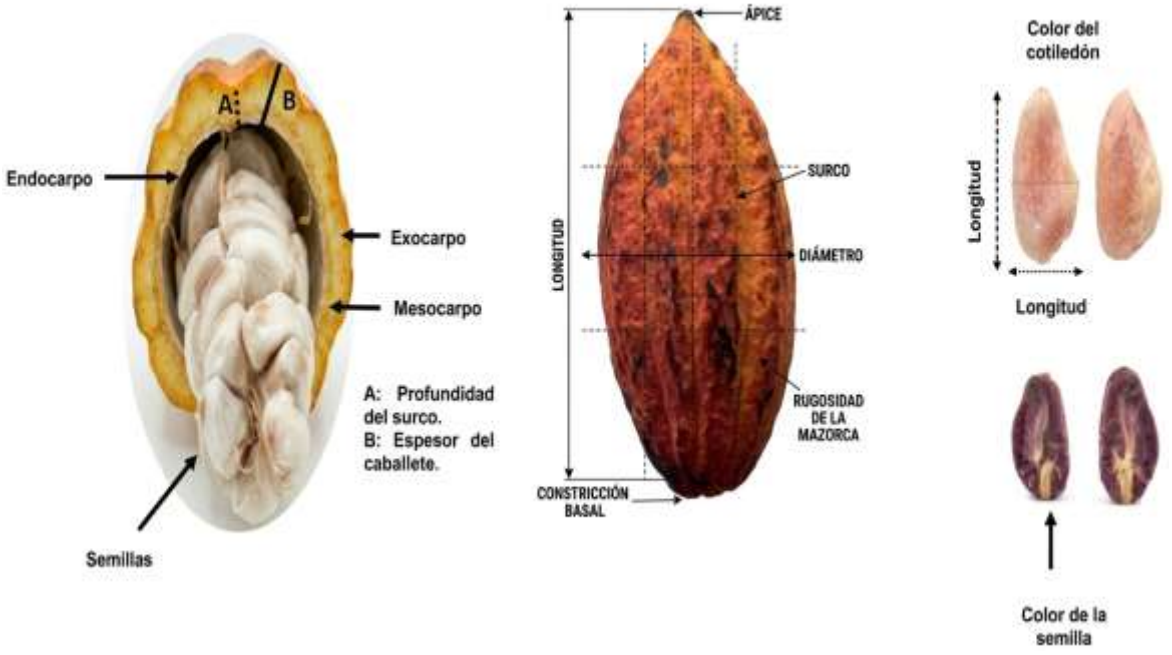


Figura 3.4. Partes de una mazorca de cacao criollo (*Theobroma cacao*), semilla y mucilago donde se caracterizan los descriptores morfológicos del grupo criollo colectadas en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

El cuapataiste (*Theobroma bicolor)* es una especie silvestre y cultivada con características botánicas y rasgos morfológicos particulares que facilitan su identificación. En las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero; se ha observado que este árbol crece comúnmente de forma asociada con el cultivo de *Theobroma cacao*. A pesar de esta convivencia agroforestal, la especie enfrenta fuertes limitaciones para su propagación comercial debido a factores agronómicos; principalmente, su prolongado ciclo de producción, el cual inicia aproximadamente a los 7 años de edad (Villanueva–Caballero et al, 2025). Esta tardanza provoca un desinterés económico, por lo que una gran parte de los productores decide no sembrarlo intencionalmente. Como consecuencia, en las parcelas donde aún se conserva, se registra una densidad baja con un máximo de 5 árboles por parcela, existiendo

también numerosos productores que definitivamente han optado por no cultivarlo; en concordancia con esta problemática socio-productiva, Gálvez-Marroquín et al. (2016) (como se citó en Villanueva-Caballero et al., 2025) mencionan que *T. bicolor* se encuentra en una situación de riesgo en el país debido a la escasa cantidad de árboles de cuapataiste asociados al cultivo de cacao, registrándose densidades críticas de apenas uno a cinco ejemplares por parcela. Este escenario de vulnerabilidad coincide con lo reportado por Avendaño-Arrazate et al. (2011)**,** quienes informan que el cuapataiste es una especie en peligro de extinción en México y en El Salvador (por esta situación del cuapataiste es urgente establecer estrategias de conservación *in situ* y *ex situ* enfocadas en su rescate, preservación y utilización en México.

Actualmente no se tiene información de registro de poblaciones silvestres de cuapataiste (*Theobroma bicolor*) en territorio mexicano. En su lugar, la literatura lo reporta estrictamente como una especie semidomesticada que se desarrolla de forma asociada a los sistemas agroforestales tradicionales de cacao (Gálvez-Marroquín et al., 2016). Aunque las principales regiones cacaoteras de México se distribuyen en Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Guerrero (Acévez-Mares et al., 2024; Avendaño-Arrazate et al., 2011); adicionalmente según Pérez -Pérez et al. (2025), señalan que las principales regiones productoras de cacao en México se encuentran en los estados de Chiapas (tres regiones: Soconusco, Norte y Selva Norte), Oaxaca (una región: Cuenca del Papaloapan), Tabasco (tres regiones: Chontalpa, Centro y Sierra) y Guerrero (dos regiones: Costa Chica y Costa Grande). Esta distribución coincide con lo planteado por Villanueva-Caballero et al (2026), quienes reportan el hallazgo de cuapataiste en las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo del municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero, perteneciente a la Región de la Costa Chica.

Durante los recorridos y colectas del fruto de cuapataiste realizados en las parcelas de los productores cooperantes, se constató que la especie se encuentra en una situación de riesgo latente. A pesar de su baja densidad, los ejemplares evaluados y recolectados durante el muestreo permitieron tipificar rasgos

morfológicos muy distintivos que facilitan su diferenciación fenotípica frente a *Theobroma cacao*: se observaron árboles de porte medio a alto con fustes rectos y cilíndricos. Su copa presenta una ramificación verticilada en grupos trifurcados, confiriéndole una estructura geométrica abierta y estratificada que contrasta con la copa densa e irregular del cacao común.

Morfológicamente, los muestreos de campo de los frutos evaluados y recolectados de cuapataiste exhibieron rasgos fenotípicos muy particulares que ratifican las descripciones botánicas clásicas de la especie. En su hábito de crecimiento, se identificaron árboles perennifolios de porte medio a alto con fustes rectos y cilíndricos con una altura de 25 a 30 metros con una ramificación verticilada en grupos trifurcados que confieren una copa abierta y geométricamente estratificada (Marroquín-Reyes et al., 2016, Vera – Chang et al., 2024). Las estructuras foliares colectadas mostraron láminas simples, alternas, de gran tamaño y consistencia marcadamente coriácea, distinguiéndose por una base cordada, un ápice acuminado y un envés de tonalidad cenicienta debido a una densa pubescencia (Fig. 3.5).

Finalmente, las mazorcas obtenidas en las colectas consistieron en bayas oblongas o elipsoidales caracterizadas por un exocarpio (cáscara) sumamente leñoso, rígido y rígido al tacto, cuya superficie externa está fuertemente ornamentada por costillas longitudinales y marcados surcos reticulados en forma de red (Marroquín-Reyes et al., 2016). En su interior, el corte transversal expone un arreglo radial e imbricado de semillas ovoides y aplanadas, envueltas en un mucílago denso, fibroso, aromático y de coloración blanco-amarillenta; el cuapataiste se le denomina chocolate blanco y destaca notablemente frente al *Theobroma cacao* debido a su distintivo y peculiar aroma, su cascara es de consistencia leñosa y los frutos maduros tienden a desprenderse de forma natural del árbol una vez que alcanzan su etapa de madurez Esta denominación popular y sus características coinciden con lo expuesto por Vera-Chang et al. (2024)**,** quienes afirman que en el Ecuador el *T. bicolor* es conocido precisamente bajo el nombre de "cacao blanco" (Fig. 3.5).

La caracterización colorimétrica del cacao pataxte o cuapataiste (*Theobroma bicolor*) se determinó mediante la tabla de color de la Royal Horticultural Society (RHS Colour Chart); los resultados revelaron que la epidermis de la mazorca exhibe una variabilidad cromática que abarca el grupo yellow (amarillo) (grupo 2, 10 y 12) light yellow (amarillo claro) (A y C), vivid yellow (amarillo vivo) (A), brilliant yellow (amarillo brillante) (B) y brilliant greenish yellow (amarillo verdoso brillante) (B). Respecto al mucilago de la semilla se clasificó dentro de las gamas yellow (amarillo) (grupo 15 y 16) light orange (naranja claro) (A y B) y vivid yellow (amarillo vivo) (A). Finalmente, los cotiledones mostraron una coloración característica correspondiente white (blanco) (group 155 y 158) greenish white (blanco verdoso) (C), pale yellow (amarillo pálido) (A), yellow white (blanco amarillento) 158 y yellowish white (blanco amarillento) C.

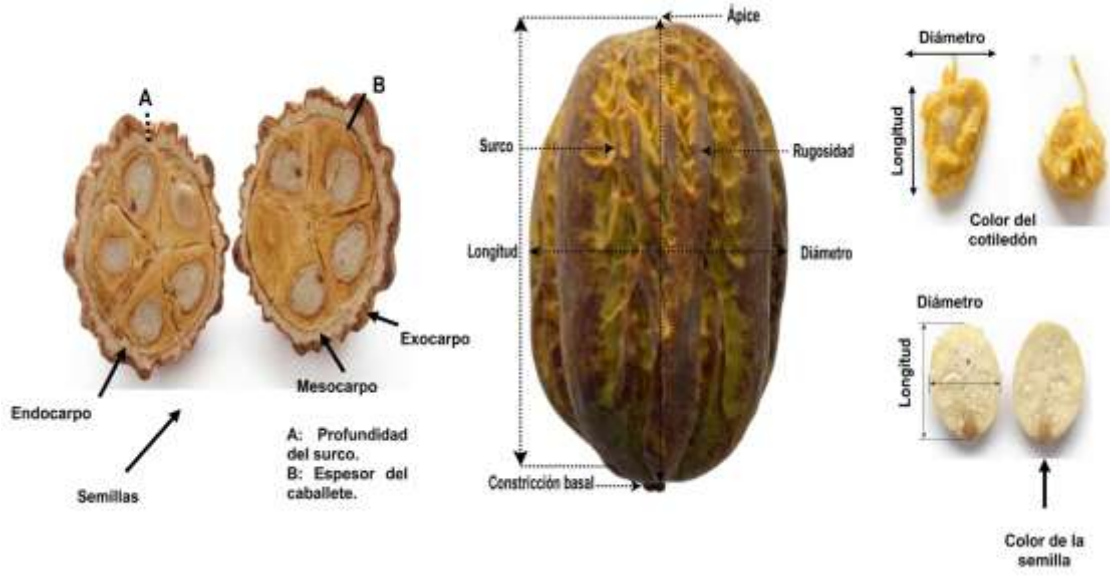


Figura 3.5. Partes de una mazorca del cacao *Theobroma bicolor* conocido en la región como cuapataiste colectada en parcelas de las localidades de Tonalá, Tepango y El Tamarindo pertenecientes al municipio de Ayutla de los Libres, Guerrero.

3.4. Conclusiones

Los análisis de conglomerados y canónico permitieron la separación de cuatro grupos de genotipos de cacao; con base en sus parámetros de calidad física, sensorial y microbiológica (aspecto, apariencia, sabor, aroma, humedad, pureza, índice de fermentación y contenido de grasa) los cuatro grupos presentan condiciones aptas para la elaboración de chilate y chocolate. Asimismo, al evaluar las propiedades químicas-funcionales del cacao y del cuapataiste los grupos III y IV destacan por su alta cantidad en compuestos fenólicos y flavonoides, metabolitos asociados con actividad antioxidante y efectos favorables sobre la salud cardiovascular, metabólica y neurológica. En consecuencia, estos genotipos representan una materia prima de alto potencial para el desarrollo de alimentos funcionales dentro de la industria agroalimentaria.

A partir del análisis comparativo y la caracterización morfo-organoléptica de los frutos evaluados en esta investigación, se desprenden las siguientes conclusiones fundamentales: En primer lugar, se determinó que los frutos del cacao criollo (*Theobroma cacao*) mantienen su estatus de alta calidad fitogenética debido a sus atributos físicos y sensoriales distintivos. Estos frutos se caracterizan morfológicamente por presentar formas cilíndricas u oblongas, con ápices pronunciados o agudos y una superficie marcadamente rugosa o verrugosa delimitada por 10 surcos longitudinales profundos. Desde la perspectiva agroindustrial, el cacao criollo destaca por una menor presencia de sólidos totales solubles por mazorca y semillas de cotiledones blancos o ligeramente rosáceos. Estas particularidades químicas se traducen en un perfil sensorial de baja astringencia y amargor mitigado, potenciando notas florales y frutales idóneas para la chocolatería fina de aroma.

En segundo lugar, la caracterización de la variedad Tabasco (identificada taxonómica y técnicamente en la literatura como el clon 'Olmeca') denota una evolución orientada hacia el rendimiento agroindustrial y la resiliencia fitosanitaria. A diferencia de los criollos regionales convencionales, los frutos

de este clon exhiben una morfología elíptica de hasta 20 cm de longitud, con un ápice obtuso y una constricción basal débil. Internamente, destaca por su alta productividad, registrando un promedio óptimo de 40 semillas por fruto y cotiledones de tonalidad púrpura oscura. El clon 'Olmeca' representa una alta tolerancia genética a patógenos limitantes como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y la mancha negra (*Phytophthora* spp.) superan los estándares locales, posicionándolo como un material de alto valor agronómico.

Finalmente, el cuapataiste o cacao blanco (*Theobroma bicolor*) manifiesta divergencias drásticas en comparación con el *Theobroma cacao*. El fruto maduro de *T. bicolor* se distingue por poseer un pericarpio marcadamente leñoso y un exocarpo rígido que actúa como una barrera mecánica protectora. Asimismo, presenta un mecanismo de abscisión natural donde los frutos se desprenden del árbol al alcanzar la madurez fisiológica completa. En términos organolépticos, el cuapataiste sobresale frente al cacao tradicional por un perfil aromático marcadamente peculiar, persistente y distintivo, cualidades que, sumadas a la coloración clara de sus almendras, sustentan su aprovechamiento artesanal e industrial bajo la denominación de "chocolate blanco".

Es imperativo destacar la trascendencia ecológica y de conservación del cuapataiste, dado que actualmente se categoriza como un cultivo en peligro de extinción. Por consiguiente, la caracterización detallada de sus frutos en este estudio no solo aporta información científica sobre sus propiedades aromáticas, físicas, funcionales y de calidad exclusivas dentro del género *Theobroma*, sino que también se justifica su rescate, conservación *in situ* y revalorización agroalimentaria como un recurso fitogenético estratégico y de patrimonio biocultural.

En suma, mientras que el cacao criollo resguarda los atributos de fineza organoléptica clásica y el clon 'Olmeca' (variedad Tabasco) maximiza la eficiencia y sanidad productiva de la especie, el cuapataiste (*T. bicolor*) se

consolida como un recurso fitogenético de alto valor diferenciado cuya preservación es prioritaria para evitar la extinción de dicha especie.

3.5. Literatura citada

Acévez-Mares, L., Velásquez-Reyes, D., Alcázar-Valle, M., Mojica, L., & Lugo-Cervantes, E. (2024). Cacao criollo cultivado en México: características fisicoquímicas, aromáticas y bioactivas. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 2(1), 113-127. https://www.researchgate.net/publication/380317404_Cacao_criollo_cultivado_en_Mexico_caracteristicas_fisicoquimicas_aromaticas_y_bioactivas

Arvelo-Sánchez, M. A., Delgado, T., González-León, D., Marotom S., & Montoya-Rodríguez, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas latinoamericanas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/BVE17089191e_1. pdf

Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., & Legret, P. (1994) Standarisation d´un extrait de propolis et identification des principaux constituants. *Journal de Phamacie de Belgique*, 49(6), 462-468.

Association of Official Analytical Chemists (1984) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC.

Avendaño-Arrazate, C.H., Porog-López, K.M., Martínez-Bolaños, M., Reyes-Reyes, A.L., Guerra-Medina, C.E., Martínez-Bolaños, L., Gómez-Godínez, L.J., & García-Alamilla, P. (2024). Morphological characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo type in Mexico. *Agro Productividad*, 17(10): 187-197. DOI: 10.32854/agrop.v17i10.3079

Azpeitia-Morales, A. (2020). Olmeca: híbrido de cacao para alto rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *11*(8), 1935-1941.https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2054

Bhattacharjee, R., y Akoroda, M. (2018). Taxonomy and classification of cacao. En P. Umaharan (Ed.), *Achieving sustainable cultivation of cocoa* (pp. 1-16).

Burleigh Dodds Science Publishing. http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0021.01

Coyago-Cruz, E., Salazar, I., Alomoto, M., Cerna, M., Méndez, G., Heredia-Moya, J., Vera, E. (2025). Bioactive compounds, antioxidant, and antimicrobial activity of seeds and mucilage of non-traditional cocoas. *Antioxidants*, 14, 299.

Chacón-Ortiz, C. Y., Mori Culqui, P. L., & Chávez Quintana, S. G. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 266-273.

Díaz José, Ó., Porras Umaña, V. H., & Aguilar Ávila, J. (2013). *El cacao (Theobroma cacao L.): avances y retos en la gestión de la innovación*. Universidad Autónoma Chapingo; Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/553d893c-a421-4359-98fe-c353b11d0472/content

Gálvez-Marroquín, L.A., Reyes-Reyes, A.L., Avendaño-Arrazate, C.H., Hernández-Gómez, E., Mendoza-López, A., & Díaz-Fuentes, V.H. (2016). Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): species underutilized in Mexico. *Agro Productividad*, 9(1), 41-47.

https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/7_06

Gibson, G.R., Hutkins, R., Sanders, M.E., Prescott, S.L., Reimer, R., A. *et al*., (2017). Expert consensus document: The international Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. In *Nature Reviews Grastroenterology and Hepatology*, 14(8), 491-502.

Hotelling, H. A. (1951). Generalized t test and measure of multivariate dispersion. In: Proceedings of the 2nd Berkeley Symposium of Mathematical Statistic and Probability (pp. 23- 41). Berkeley, USA: University of California Press.

Johnson, D. E. (1998). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. Ciudad de México, México: International Thomson Editores.

Kammoon, T., Boonkum, S., Pattanagul, P., Tipduangta, P., & Maniyom, S. (2026). Temperature-Dependent Changes in Physicochemical Properties and Selected Bioactive Compounds During Controlled Fermentation of Cocoa Beans (*Theobroma cacao*). *Foods*, 15(19), 3473.

Niemak, N., Rohsius, C., Elwers, S., Omokolo, N.D., & Lieberei, R. (2006). Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in terms of their phenolics and anthocyanins contents. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 612-619.

Núñez-Colín, C. A., & Escobedo-López, D. (2014). Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1(1), 1-6. Retrieved from http://aap.uaem.mx/index.php/agricolaypecuaria/article/view/45

Penagos-Jiménez, M.H., Cordova-Ávalos, V., Santiago-Adame, R., De la Torre-Escareño, J.R., Rodríguez-Castillejos, G.C., Ruiz-Salazar, R. (2025). Characterization of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seeds and paste through physicochemical and functional analysis. *Agro Productividad*, 18(10): 3-16.

Perea-Villamil, J. A., Cadena-Cala, T., & Herrera-Ardila, J. (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud, 41(2),128-134. [fecha de Consulta 30 de abril de 2026]. ISSN: 0121-0807. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343835695003

Pérez-Pérez, M. A., Sánchez-Chino, X. M., García-Bautista, M., González-Díaz, A. Á., Ruíz-Montoya, L., & Castellanos-Morales, G. (2025). Phenotypic

and genetic variation in pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) from cacao growing regions from southeastern Mexico. *Botanical Sciences*, *103*(4), 858–875.

Ramírez-Guillermo, M.A., Lagunes-Espinoza, L.C., Ortiz-García, C.F., Gutiérrez, O.A., & Rosa-Santamaría, R. (2018). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 41(2): 117-125.

Rivera-Torrez, D.L., Lagunes-Gálvez, L.M., Azpeitia-Morales, A., & García-Alamilla, P. (2022) Reproductive and morphological phenology of eight Mexican cacao clones (*Theobroma cacao* L.). *Agro Productividad*, 15(8): 157-167.

Tigrero-Vaca, J., Cevallos-Cevallos, J. & Ruales-Najera, J. (2026). Polyphenols and theobromine un cacao (*Theobroma cacao*): compositional changes across variety, growing region, fermentation, drying and roasting. *Scientia Agropecuari*a, 17(1), 21-37.

Salinas-Moreno, Y., Juárez-López, A. S., Hernández-Sotomayor, S. M. T., y Cuenca-Verde, C. (2013). Actividad antioxidante de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) finos y aromáticos cultivados en el estado de Chiapas-México. *Perspectivas en Nutrición Humana*, *15*(1), 27–40. https://revistas.udea.edu.co/index.php/nutricion/article/view/337488

SIAP, Servicio de Información Agrícola y Pesquera (2025). Cierre de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agrícola y Pesquera. Ciudad de México. https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

Singleton, V. L., Orthofer, R. & Lamuel, R. M. R (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Unión Internacional para la protección de las obtenciones vegetales. (UPOV). 2011. Cacao. *Theobroma cacao*. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad (Documento TG/270/1). Consultado el 11 de octubre de 2026.

https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc/47/tg_cacao_proj_4.pdf

Vera-Chang, J. F., Vásquez-Cortez, L. H., Zapata-Quevedo, K. L., y Rodríguez-Cevallos, S. L. (2024). Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica del cacao Macambo (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) en Ecuador. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, *4*(2), Artículo e657.

https://doi.org/10.51252/raa.v4i2.657

Villanueva-Caballero, M., Martínez-Fernández, E., Valle-de la Paz, M., Alia-Tejacal, I., Castillo-Gutiérrez, A., Villegas-Torres, O.G., Perales-Rosas, D., Chávez-García, J.A., & Juárez, L.P. (2025). Diagnóstico de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) y cuapataiste (*T. bicolor* Bonpl.) (Magnoliopsida: Malvaceae), en Ayutla de los Libres, Guerrero, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 11: e0111027. https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/867

Ward, J. H. (1963). Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of American Statistics Association*, 58(301), 236-244. Retrieved from https://www.tandfonline.com/
doi/abs/10.1080/01621459.1963.10500845

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

EDGAR MARTINEZ FERNANDEZ | Fecha:2026-11-23 21:53:47 | FIRMANTE

Ce4P/o3XnKQc2Z0OjiyB1H5rUyYXiTv/lU7FNOqSyUqrUqf8PPPbTTLXomU+MijFQmkxcU3sCfU4VLn9FHBh79C1MHmTiAdfpk90IL7z62gGPX+Nxm3vvoboNXVmn4xVDEhsGJxE2v5n3RBcQEbboTsmoQywn7paTLUjFYQ2qlyssIn0Kqx60B5AZ5gR61aVzWpqTaA8p/CMeOWTkrhGwroEtajyzujPvpjmdxWrECW1QQoXe5UxmOJMkhNhDtgYfZ/aeCNiL83KX8U1aVtl7Lu7Ys8uwO+IMdBjsFAw1K2RKTP6nH9rJY3BnhAxIDaxNfLdC07lGXvqVXN64Vw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

UAaNSuHtG

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/oOQtmxGTVqRcugsuHaFAE1XL8znfBp6

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. DANTE VLADIMIR GALINDO GARCÍA
Jefe de Programas Educativos de Posgrado
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

PORFIRIO JUAREZ LOPEZ | Fecha:2026-11-24 07:31:24 | FIRMANTE

T/P3nVHMoBQR8gZWSdkqWcsmBaQZS6pHiGsNTjaDw1zpAcUv4mTofWJTPnHfwEiojMxQcIm+HPKlw+ploWPvmgWTFvWY6RalPa4odb4oZxBuLYOoNxNWv3Mxk4RBq443
WTsyn6yTcsAPNM0dv71rcXkVWOb/kDt9dAgToD58YXgXHqF4dZmqXYW5RsoVaPhrTiQwEIw0wJhE0hpS6hGUGEZoLQS60TwPf8Gs4JE9xwOzzIxfunpKwUmEs5LfRrNmGUJ
sS8wIJWgM64xtSRAjPhQ5LaB2NLBYDcNcOQR6HNrqWKuLKlpmnKOpOcK7sYL4aSrwmOGX9LjgKr+6WA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

35QVJN6Ue

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/TtXSvFpA4QWHdFUb42GyNsUwUPE0pxoR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ** y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

OSCAR GABRIEL VILLEGAS TORRES | Fecha:2026-11-23 21:43:31 | FIRMANTE

IFDQYfeT/hrRadzqmLpJrEiC3tycrE+XyXgkq9aVBSKPfwaqIC2AoyZD8Fbg5r/zp9oRovlSu2AopdV7ERMn6FlSuSEaaClowq1WhyrVbBVaRv87529dfnjPVfj9rACrolB4A23cNTGX4GDoy4JniH1HKdaiAFkMtJ03yUKFH40/0eQCv6vjyo32VM469N1qFxNsm8/YnQ8nn3DjEAymvhThyJaLc2oTGj4ok3TJgc3sWtzS2LDdA0r2ygV6MyI2sWPqKMWNRjGI4tQNaMZhfMfMz5Rjn9mQvlq1VGPaariq598/EjOip5oKGy3f5Bw9Bua+vg0CssAO31OaKg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

SrBoydmLJ

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/7pHmlKKIDwy8tJlkZA31vfUmSdgHowXo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ** y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. JOSÉ ANTONIO CHÁVEZ GARCÍA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

JOSE ANTONIO CHAVEZ GARCIA | Fecha:2026-11-23 21:37:30 | FIRMANTE

BLn9qlxteM4jceOg9QnKYZbvtRbmGN3pZHehjCx271xPdpZVrxqN6Yo1LhZiJrrIGNE2ot+ctmnlwWv8GYLzBZY7G1Tsc9UcED72799R9ZJUKhDPrZuvCgHhUAno4LJxgwSz8HE
GfxPO/YQWIyeU1bFEhp9FIHUcNsXHiZZvSDdkgQRifZa93Uv+Ue2rhkBMJH95rJLlaDCxczfFi7mnfiKYXEAu4Se4g3wf6YF5zHfNn/p2+o7E44NpXX3M4LhQkBXjkqaWoQA5fVdK
9PnZi/5EomC9Gc/mC0EtpI+4KYI1D3WPzXVwUHKPbhZhdQHp1Q+I8gwpk/f1Xj39Njpbiw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

s4g5dWLDc

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/fWx4EJ6RWFfn5unGpEIpVPtkPNJnMrfE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ** y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. IRAN ALIA TEJACAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

IRAN ALIA TEJACAL | Fecha:2026-11-23 22:15:30 | FIRMANTE

j+HxCl4GzHp4j8K+O0RPTmO44ZMb6qjLTQjvXYRpzQe8tMcfwUHwP4v6DR2t1a/dhoctWgoFinob5AHcpOE6+ouJJD6CpYOvd47AWWdBEJmdvP3gFR5IvgjTmZ5svCaf6hycD6DAmQb8OUggX5QIgfwzV7d8sCUkTnaKfrR4ZBSzx85Ghjtyxfm8U3oG5wZS/PHnzhYs4MNJLL51SuHHmuWio1R61chJ4P+IngP174jLNUT62OHgV+r7BMPHTCB68JtxtruCY4FPAuCuL0X+u3uz0k5q38i97RNQ9/tiaOCqJ+JGfOgUmThHMelStpN6aDDFlWV8sREMNIlNuKw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

loyfbekU8

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/V0XGoYBAzWR6CGbMB6j1OCOugcz9xO6

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ** y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. DANIEL PERALES ROSAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

DANIEL PERALES ROSAS | Fecha:2026-11-24 09:12:39 | FIRMANTE

gm2f329FrUOLz7/UoOUhrU8T4dku54PFG8a95+Ls8wbqRtxw6CGFcJ5qwPr66T2j7sycxbSYOvylufGMfLtg9SHMf4nGtpiyhn8bvJ7nMaV1X1GjUbLhm3SF/4YRLiypkq59hDnlQKN
c4DGIRTSkLLDVyaAFTjXJxpzCLF6scAXUZntZDlg4/3wcKtX/+9kA/DpX7yQbzMFABJUstc3eBS36OrJiZyPoqSul7z8IoofbWPQKylp6QlzLsAUl3e7j+VYWY0olfVyCjC1wogTJ8o3d
bRtLfKYUcmPBX4SFrnhlmwb9Aglo/1sgqoqoFPpPvj9PQVmkcDClgfwv5FO8w==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

rhFetcDXV

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/EXc4dQZOAkyojBH1LXbGwdHdLaE3EaUa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Dirección
Jefatura de Programas Educativos de Posgrado

Cuernavaca, Morelos, 18 de noviembre de 2026
Asunto: Voto aprobación tesis

DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Encargado de Despacho de la Dirección
de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
PRESENTE.

Por medio del presente le informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado **CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) Y CUAPATAISTE (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA, CALIDAD Y FITOSANIDAD EN AYUTLA, GUERRERO, MÉXICO** que presenta la alumna **MIRIAM VILLANUEVA CABALLERO**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ** y la codirección de la **DRA. MAIREL VALLE DE LA PAZ** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que la alumna continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta

DR. ANTONIO CASTILLO GUTIÉRREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento con firma electrónica UAEM, soportada por el certificado vigente a la fecha de su elaboración y con efectos plenos de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS PUBLICADOS en el ÓRGANO INFORMATIVO UNIVERSITARIO "ADOLFO MENÉNDEZ SAMARÁ" número 117 de fecha 20 de abril de 2021.

Sello electrónico

ANTONIO CASTILLO GUTIERREZ | Fecha:2026-11-24 10:23:40 | FIRMANTE

tCE9EaXHzl2e2G/HTx26E0bdNXYSoaTbpkcp3b8GTML9Wko9H8mAn+LHBDVm2YZFKfQMTZt61C1912vzW0Ay3i/9t5/2Qfxs/cvgCPDqnEMFZ1Y9kgIQ56Aw0VbLi4YT4rthTOg
G1ZieL9b+pBZnFwnTYe6BGWB4csbCBGrTNQMHnFjdDcI4EWFH2K+ZazmYpN3SxxRVLUmWRx2Ui2jXf8FBpIFpu9fGlVFAVQ4LEx/BpUtzNhLznTlwO7fWmVrmmc1sw/dtHRN0
zJqtGGQ8ZxFkY9NJ1SnWmEs982x9g+dJCViQEq+0ygAGWnhF6vfJZ0lJ8VcYtdcNoC1QKcOBQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

9wiFxhN1E

https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Lhp7cjbkqFjOZlB6cLCJOmvFt2sjs977