



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

FITOPATOLOGÍA

**DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) EN CHIAPAS**

ELIZABETH HERNÁNDEZ GÓMEZ

TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada: **Diagnóstico fitosanitario de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Chiapas**, realizada por la alumna, **Elizabeth Hernández Gómez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

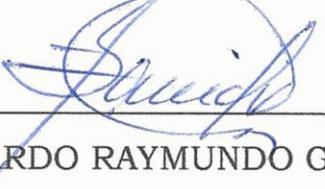
**MAESTRA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO 
DR. CRISTIAN NAVA DÍAZ

ASESOR 
DR. JAVIER HERNÁNDEZ MORALES

ASESOR 
DR. CARLOS HUGO AVENDAÑO ARRAZATE

ASESOR 
DR. EDUARDO RAYMUNDO GARRIDO RAMÍREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2014

DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN CHIAPAS

Elizabeth Hernández Gómez, MC.

Colegio de Postgraduados, 2014

RESUMEN

Para conocer la situación actual del cultivo de cacao, se aplicaron encuestas a productores de cacao en 45 localidades de ocho municipios y dos regiones del estado de Chiapas. El 14.7% de los entrevistados indicó tener cacao de almendra blanca. La edad promedio de los productores fue de 59 años y el 56% no completó su instrucción primaria. El 16.5% de los encuestados realiza otras actividades económicas complementarias a la producción de cacao y el 44% tiene otro cultivo para poder subsistir. La unidad de producción promedio fue de 2.6 hectáreas por productor. El 45.9% realiza las actividades de cultivo del cacao empleándose a sí mismo o con mano de obra familiar. El 19.3% de las unidades productivas está bajo la responsabilidad de mujeres. El 60.6% de los entrevistados manifestó pertenecer a una asociación agrícola. El 31.2% ha recibido apoyo económico por parte del gobierno y el 53.2% ha sido beneficiado con asesoría técnica. El 60.5% de los productores vende el cacao a intermediarios a \$30.00 por kilogramo de grano de cacao seco. El rendimiento promedio es de 118 kilogramos por hectárea. La moniliasis causada por *Moniliophthora roreri* (Cif y Par.) Evans *et al.* y la mancha negra (*Phytophthora capsici* Leonian) son las enfermedades más importantes en el cultivo. Los barrenadores *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius), *Xylosandrus morigerus* (Blandford) y el salivazo (*Clastoptera laenata* Fowler) resultaron ser los insectos plaga más frecuentes. Para corroborar las enfermedades en el cacao, se realizaron visitas a 44 sitios cultivados con cacao en nueve municipios y dos regiones del estado de Chiapas, México. Se realizó la identificación morfológica, molecular y pruebas de patogenicidad correspondientes. En campo se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades. Los resultados indicaron que la

principal enfermedad es la moniliasis (*Moniliophthora roreri* [Cif and Par.] Evans *et al.*], con una incidencia de 52.83% y severidad de 31.3%, seguida de mancha negra (*Phytophthora capsici* Leonian) con 7.34% y 2.44%; antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) en hojas con incidencia de 16.45% y 0.38% de severidad y en frutos con incidencia de 5.55% y 0.73% de severidad; agallas asociadas a *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. con 16.45% de incidencia y 1.25% de severidad; y manchas foliares pequeñas (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl) y (*Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. con incidencia de 1.91% y 0.06% de severidad.

Palabras clave: severidad, incidencia, enfermedades, plagas, moniliasis

PHYTOSANITARY DIAGNOSTICS OF COCOA (*Theobroma cacao* L.)

IN CHIAPAS

Elizabeth Hernández Gómez, MSc.

Colegio de Postgraduados, 2014

ABSTRACT

To know the current status of cocoa, surveys were applied to cocoa farmers in 45 villages of eight municipalities and two regions of the state of Chiapas. 14.7% of the respondents indicated having white almond cocoa. The average age of farmers was 59 years and 56% did not complete primary education. The 16.5% of the respondents makes complementary economic activities to the production of cocoa and 44% have another crop in order to survive. The production unit averaged 2.6 hectares per farmer. 45.9% makes cocoa farming activities being employed himself or using family manpower. The 19.3% of the production units is under the responsibility of women. 60.6% of respondents expressed belong to an agricultural association. 31.2% has received financial support from the government and 53.2% has benefited from technical advice. 60.5% of cocoa producers sold to intermediaries at \$ 30.00 per kilogram of dry cocoa beans. The average yield is 118 kg per hectare. Moniliasis caused by *Moniliophthora roreri* (Cif and Par.) Evans et al., and black spot (*Phytophthora capsici* Leonian) are the most important diseases in the crop. Borers *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius), *Xylosandrus morigerus* (Blandford) and spittlebugs (*Clastoptera laenata* Fowler) turned out to be the most common insect pests. To corroborate the diseases in the cultivation of cocoa, visits to 44 sites with cacao grown in nine municipalities and two regions of the state of Chiapas, Mexico were made. Morphological, molecular and pathogenicity tests corresponding identification was made. Field incidence and severity of disease was evaluated. The results indicated that the primary disease is moniliasis (*Moniliophthora*

roreri [Cif and Par.) Evans et al.], with an incidence of 52.83% and severity of 31.3%, followed by black spot (*Phytophthora capsici* Leonian) with an incidence of 7.34 % and severity of 2.44%, anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) sheets incidence of 16.45% and 0.38% severity in incidence fruits of 5.55% and 0.73% severity, *Fusarium solani* associated with galls (Mart .) Sacc. incidence of 16.45% and 1.25% severity, small leaf spot (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl) and (*Fusarium equiseti* (Corda .) incidence of 1.91% and 06% severity.

Key words: Severity, Occurrence, diseases, pests, moniliasis

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por mantenerme con vida para lograr un objetivo más.

A mi director de tesis, Ph. D. Cristian Nava Díaz por su valioso apoyo, confianza y comprensión brindados siempre.

Al Colegio de Postgraduados, en especial a la Postgrado de Fitosanidad, por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios académicos.

A mis asesores Dr. Javier Morales Hernández, Dr. Carlos Hugo Avendaño Arrazate, Dr. Eduardo Raymundo Garrido Ramírez por la dirección y apoyo en la elaboración de esta tesis.

Al SINAREFI por el apoyo otorgado en el presente trabajo.

A la comisión revisora, por su valiosa colaboración en la redacción de la tesis.

Al CONACYT por el financiamiento otorgado en el Postgrado.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas (INIFAP), CIRPAS-CERI-CECECH, por el apoyo brindado.

A los productores de cacao que hicieron posible este proyecto.

A mis profesores de las diferentes asignaturas cursadas durante mi formación profesional, por las enseñanzas.

A la Agencia de Gestión e Innovación de cacao en Región Soconusco.

A todos los que de una u otra forma participaron en esta tesis, deseando sea de utilidad.

DEDICATORIA

Para mis padres: Dionicia y Odón
por el amor y apoyo moral brindado
durante toda mi vida.

Para mis hermanos y sobrinos: Job, Moisés,
Xiadani y Arturo por su amistad, cariño y porque sé
que cuento con ellos en las buenas y malas.

A una persona especial y entrañable, quien
siempre me guió y enseñó con paciencia.

Para mis amig@s por todos los momentos
que compartimos juntos.

Para cada uno de los productores de
cacao que colaboró en este proyecto y que nos hacen
disfrutar de una “rica” taza de chocolate.

CONTENIDO

1.INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. LITERATURA CITADA.....	6

CAPÍTULO

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL ESTADO DE CHIAPAS

RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. OBJETIVOS PARTICULARES.....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Zona de estudio.....	16
3.2 Método de elección	16
3.3 Estructura de la encuesta	17
3.4 Análisis de datos	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Aspectos socioeconómicos de los productores.....	18
4.1.1 Edad	18
4.1.2 Sexo	18
4.1.3 Escolaridad	18
4.1.4 Tenencia de la tierra.....	19
4.1.5 Otras actividades económicas.....	19
4.1.6 Financiamiento y capacitación.....	19
4.1.7 Organización	20
4.1.8 Mano de obra	20
4.2 Aspectos agronómicos	21
4.2.1 Superficie	21
4.2.2 Tipo de cacao	21
4.2.3 Edad y marco de las plantaciones.....	22
4.2.4 Árboles de sombra.....	22
4.2.5 Control de maleza.....	24
4.2.6 Fertilización.....	24
4.2.7 Drenaje	24
4.3 Enfermedades	24

4.4	Insectos Plaga	26
4.5	Producción, beneficiado y comercialización	27
4.6	Situación actual	28
4.	CONCLUSIONES	30
5.	LITERATURA CITADA	31

CAPÍTULO 2

SITUACIÓN ACTUAL DE ENFERMEDADES

EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN CHIAPAS

RESUMEN

ABSTRACT

1.	INTRODUCCIÓN.....	38
2.	OBJETIVOS PARTICULARES.....	39
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
3.1	Sitios de muestreo y toma de muestras.....	40
3.2	Aislamiento y purificación, identificación morfológica, molecular y pruebas de patogenicidad de hongos y oomycetes asociados a cacao	41
3.3	Evaluación de incidencia y severidad en campo	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1	Sitios y toma de muestras	45
4.2	Identificación de hongos con base a identificación morfológica, pruebas de patogenicidad, e identificación molecular	45
4.2.1	Moniliasis [<i>Moniliophthora roreri</i> (Cif and Par.) Evans <i>et al.</i>].....	45
4.2.2	Mancha negra (<i>Phytophthora capsici</i> Leonian)	47
4.2.3	Antracnosis [<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Penz. & Sacc.]	48
4.2.4	Agallas asociadas a [<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.]	50
4.2.5	Manchas foliares por [<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl]	51
4.2.6	Manchas foliares [<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.]	52
4.2.7	Pudrición de frutos [<i>Pestalotiopsis microspora</i> (Speg.) Bat. & Peres]	53
4.3	Evaluación de incidencia y severidad de enfermedades	55
5.	CONCLUSIONES	58

6. LITERATURA CITADA.....	59
7. CONCLUSIONES GENERALES	64

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1. Escolaridad de productores de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) encuestados en la Región Soconusco y Región Norte de Chiapas, México.	19
Cuadro 2. Principales especies de árboles usados para sombra en el cultivo de cacao en el estado de Chiapas y su uso.	23
Cuadro 3. Tipos de beneficiado del cacao que realizan los productores en el estado de Chiapas	28
Cuadro 4. Sitios visitados de cultivo de cacao en la región Soconusco, en Chiapas, México.	40
Cuadro 5. Sitios visitados con cultivo de cacao en la región Norte del estado de Chiapas.....	41

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. *Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*], A. fruto de cacao con deformaciones, B. esporulación sobre la superficie del fruto, C. características del hongo en medio de cultivo V8 modificado, D. esporas formado cadenas. 46
- Figura 2. *Phytophthora capsici* Leonian. A. síntomas en frutos de cacao, B. características en medio de cultivo V8 modificado, C y D esporangio papilado. 48
- Figura 3. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. A. Síntomas de antracnosis en frutos, B. síntomas de antracnosis en hojas de cacao, C. características del hongo en medio de cultivo PDA, D. conidias unicelulares hialinas. 49
- Figura 4. *Fusarium* spp. A. síntomas en cojinetes florales, B. en ramas productivas, C. características en medio de cultivo, D. conidios multisegmentados. 51
- Figura 5. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. A. síntomas en hojas de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. conidios septados. D. cadenas de conidios. 52
- Figura 6. *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.]. A. síntomas en hojas de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. macroconidios. 53
- Figura 7. *Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres. A. síntomas en frutos de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. conidios. . 55
- Figura 8 Incidencia y severidad de enfermedades en cacao en el estado Chiapas..... 55
- Figura 9. Incidencia de Moniliasis (*M. roreri*) en el estado Chiapas. Las curvas y tonos indican la intensidad de la enfermedad en el estado. 57
- Figura 10. Severidad de Moniliasis (*M. roreri*) en el estado Chiapas. Las curvas y tonos indican la intensidad en el estado. 57

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La palabra cacao (*Theobroma cacao* L.) deriva del maya cacau; cac = rojo y cau = fuerza y fuego (Wood, 1975). La principal bebida derivada del cacao, el xocolatl (que en náhuatl significa “agua espumosa”) era apreciada por los aztecas por sus grandes beneficios energéticos. El cacao se empleaba como moneda y a su bebida se le consideraba con poderes divinos (Hardy, 1961). El cacao se ha caracterizado por ser un cultivo de importancia industrial, económica, social, cultural y ambiental (Motamayor, 2002). También es valorado por su contenido de endorfinas, polifenoles y flavonoides (Posada *et al.*, 2006). Por su parte Greenberg *et al.* (2007); Herve y Vidal (2007); Salgado *et al.* (2007) indican que los sistemas agroforestales de cacao constituyen sitios de conservación de la biodiversidad de fauna como aves, insectos benéficos y mamíferos. En México, y en particular en los estados de Chiapas y Tabasco, el cultivo de cacao representa una fuente importante de ingresos de la que dependen gran número de familias de bajos recursos (Avendaño *et al.*, 2011).

El cacao es una especie tropical de la familia Malvaceae, que se distribuye en forma natural en los estratos medios de la selvas cálidas húmedas del hemisferio occidental, entre los 18° LN (en los estados de Veracruz, Tabasco, y Chiapas, México) y 15° LS (Brasil y Bolivia) y desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de altura (Hardy, 1960; Cuatrecasas, 1964; Whitlock *et al.*, 2001). En nuestro país se producen 27,844.12 toneladas en 61,319.10 hectáreas. Los principales estados productores de cacao en nuestro país son: Chiapas, Tabasco y Oaxaca. Chiapas posee una superficie de 20,299.40 hectáreas, con una producción de 9,080.04 toneladas y un rendimiento por hectárea de 0.45 (SIAP, 2014).

Botánicamente se identifican tres tipos de cacao que se cultivan en nuestro país: criollos, forasteros y la cruce de ambos son los trinitarios. 1) El cacao criollo, tienen granos de calidad superior. Este tipo de cacao posee un cotiledón de color entre marfil pardusco y castaño muy claro. Según Martínez *et al.*

(2006), este cacao representa el 5 % de la producción total mundial, y tiene gran aceptación en el mercado Europeo, se cotiza al doble del precio internacional del cacao común. Sin embargo, debido al poco vigor del árbol, bajo rendimiento y el ser susceptible a *Phytophthora* spp. y *Ceratocystis* spp., los productores han optado por sembrar genotipos más resistentes. 2) Los cacaos forasteros tienen granos de menor calidad. Se caracterizan por ser de mayor tolerancia a las enfermedades, sus frutos son de cáscara dura y leñosa, de superficie relativamente tersa y de granos aplanados, pequeños de color morado y sabor amargo; dentro de este tipo se destacan distintas variedades como Cundeamor, Amelonado, Sambito, Calabacillo y Angoleta. 3) Los cacaos trinitarios son más resistentes y productivos que el cacao “Criollo” pero de menor calidad. Se cree que este grupo se originó cuando un genotipo criollo se cruzó naturalmente con un genotipo amelonado del Brasil. Ocupan del 10 al 15% de la producción mundial. Presentan granos de tamaño mediano a grande y cotiledones de color castaño (Arciniegas, 2005).

Las condiciones climáticas para el buen desarrollo del cacao son: temperaturas entre 23°C y 28°C, óptima de 25°C (Palencia, 2000; Paredes, 2003), precipitación anual entre 1500 y 2500 mm, también son importantes el viento, la luz, la radiación solar y la humedad relativa (Enríquez, 1987; Sánchez y Dubón, 1994). El cacao demanda suelos muy ricos en materia orgánica, profundos, franco arcillosos, con buen drenaje y topografía regular. Es importante mencionar que la sombra es necesaria para el cultivo del cacao, además de jugar un papel importante como amortiguador de condiciones climáticas adversas (Beer, 1998; Salgado *et al.*, 2007; Roa *et al.*, 2009).

Bowers *et al.* (2001), Rondón (2002) y Ploetz (2007), indican que las enfermedades y las plagas del cacao han constituido una de las principales limitantes del cultivo en todo el mundo, con estimados globales de pérdidas de 10 al 25% de la producción mundial. Las enfermedades causadas por hongos y oomycetos como *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp., así como los bajos

precios del mercado local, han dado como consecuencia el abandono de las plantaciones por parte de los productores y el cambio de cultivo o de uso de la tierra (Somarriba y Beer, 1999).

Las principales enfermedades en el cultivo de cacao son: Moniliasis causada por [*Moniliophthora roreri* (Cif and Par.) Evans et al.] (Evans, 1981; Phillips, *et al.*, 2007; Torres, 2010) que ocasiona pérdidas totales en la producción cuando no se ejerce ninguna medida de control. En México la moniliasis fue reportada en 2005 (Phillips *et al.*, 2006; Cuervo *et al.*, 2011). Esta enfermedad que afecta únicamente a frutos, se caracteriza por presentar síntomas en cualquier etapa de desarrollo (Arevalo *et al.*, 2004). Los frutos pequeños son más susceptibles y al crecer expresan cierto nivel de tolerancia. En frutos menores de dos meses, se presentan deformaciones y mueren mientras que los que alcanzan la madurez presentan coloración irregular o manchas aceitosas oscuras, que son cubiertas con esporas del hongo, que cambia a color amarillo tenue (Phillips, 2003). En la parte interna del fruto, la pulpa y los granos forman una masa compactada difícil de separar.

La mancha negra causada por *Phytophthora* spp. ataca a todas las partes de la planta: raíz, tallo, flores y fruto; pero el mayor daño lo sufren las mazorcas que pueden podrirse completamente el 100 %. La infección se inicia en la base o ápice del fruto con una mancha redonda de color café, la cual aumenta de 2 a 5 cm por día. En 15 días la mancha cubre todo el fruto y empieza a producir esporas las cuales pueden verse como un polvillo de color blanco, estas son fuente importante de inóculo para nuevas infecciones. Cuando el hongo infecta el tronco, la planta se marchita y se observa un amarillamiento en el follaje, en el lugar dañado se produce una secreción gomosa y cuando se quita la corteza se puede observar una coloración rojiza en el tronco (Phillips, 2003). De acuerdo con Stamps (1998), México se encuentra dentro de los países de distribución de *P. capsici*. Hebbar (2007), indicó que existen otras especies de

Phytophthora que causan la enfermedad de la mazorca negra, tales como *P. citrophthora* y *P. palmivora*.

Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.] en hojas jóvenes provoca defoliación, manchas alargadas sobre la nervadura principal y secundaria y si el ataque es severo el daño puede llegar hasta el peciolo. Los frutos, presentan manchas de color oscuro, superficiales y se caracterizan porque la corteza se hunde y se ahueca en el centro de la mancha con una ligera presión del dedo. Cuando el hongo madura aparece sobre las manchas una felpa rosada constituida por estructuras del hongo (Phillips, 2003). En raíces y corteza se presenta en forma de telaraña de color gris; en raíces en descomposición se pueden ver estrellas de color blanco (Rojas *et al.*, 2010).

Agallas del cacao (*Fusarium decemcellulare* Brick, Jahrb), se forman normalmente en los cojinetes florales con hiperplasia, hipertrofia y desorganización meristemática como flores en ramilletes o tumoraciones globosas, y sustituye los sitios de fructificación afectando la producción. Pueden presentarse en el tronco o ramas de las plantas de cacao. Las agallas varían de tamaño pudiendo alcanzar hasta 16 cm. En vivero pueden observarse como puntos verdes en la zona cotiledonar y en los verticilos foliares. Las agallas pueden presentarse durante todo el año, aunque Capriles *et al.* (1979) mencionan que puede observarse más frecuentemente en las épocas de secas del año. Las agallas tienen un tiempo de vida de cinco a seis meses.

Los insectos plagas más importantes en los estados de Chiapas y Tabasco según Equihua (1992), Cordova *et al.* (2001), Cueto y López (2005) y Pérez *et al.* (2009) son: pulgón *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe), que se alimentan de las partes terminales de los retoños y de las hojas más jóvenes lo que ocasiona que se deformen; trips (*Selenothrips rubrocintus* Giard) que raspan y succionan la savia lo que provoca la caída de hojas, flores y frutos pequeños, en algunos casos las plantas llegan a morir, también provocan manchas

oscuras en las mazorcas que dificulta determinar el grado de madurez; hormigas arrieras (*Atta* sp.) hacen galerías en el tronco y provocan alteraciones que afectan la emergencia de cojines florales, además de alimentarse de la corteza de los frutos y barrenador (*Xyleborus ferrugineus* (Fabricius) que barrenan ramas y tallos. Cordova *et al.* (2001) menciona al salivazo (*Clastoptera laenata* Fowler) que produce una espuma que impide el desarrollo normal de las flores que permanecen inactivas y pueden morir.

Por lo anterior y con la finalidad de contribuir al conocimiento del cacao y facilitar la toma de decisiones encaminadas a apoyar este cultivo, se llevó a cabo el presente estudio, cuyo objetivo fue conocer la situación del cacao en el estado de Chiapas, así como la identificación y determinación de incidencia y severidad de las principales enfermedades.

Hipótesis

- Las principales enfermedades del cacao son provocadas por patógenos.
- La ocurrencia de enfermedades en cacao y la magnitud del daño que provocan en la planta es diferencial en función de las condiciones agroambientales y manejo del cultivo.

Objetivos generales

- Conocer la situación actual del cultivo de cacao en Chiapas, México.
- Identificar morfológica y molecularmente los agentes causales de las enfermedades del cultivo de cacao en Chiapas y evaluar la incidencia y severidad de las principales enfermedades del cacao.

2. LITERATURA CITADA

- Arciniegas L., A.M. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 126 p.
- Arévalo, E., Zuñiga L., Adriazola C. 2004. Cacao. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonia peruana. Instituto de cultivos tropicales. Perú. 184 p.
- Avendaño A., C.H, J.M. Villareal F., E. Campos R., R.A. Gallardo M., A. Mendoza L., J.F. Aguirre M., A. Sandoval E., S. Espinosa Z. 2011. Diagnóstico de cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 80 pp.
- Beer J. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao. (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. Agroforestry Systems 7(2):103-104.
- Bowers J.H., Bailey A.B., Hebbbar P.K., Sanogo S., Lumsden R.D. 2001. The impact of plant diseases on world chocolate production. Plant Health Progress. Disponible en: <http://www.worldcocoafoundation.org/info-center/pdf/Bowers01.pdf>.
- Capriles R., L. 1979. Enfermedades del cacao en Venezuela. Fondo Nacional del Cacao. 79 p.
- Córdova A., V., M. Sánchez H., N.G. Estrella, C., E. Sandoval C., C.F. Ortiz G. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I. Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. Universidad y Ciencia 17(34): 93-100.

- Cuatrecasas J. 1964. Cacao and its halleis. A taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contrib. US Nat. Her.* 35:379-61.
- Cuervo J., A., Sánchez V., Ramírez M., Ramírez M. 2011. Morphological and Molecular Characterization of *Moniliophthora roreri* Causal Agent of Frosty Pod Rot of Cocoa Tree in Tabasco, Mexico. *Plant Pathology Journal* 10: 122-127.
- Cueto J., López, O. 2005. Cacao: Sesenta años de investigación en México. En: Aguirre, JF; Iracheta, L. (eds). Rosario Izapa: 60 años de Ciencia e Innovación Tecnológica en el Trópico. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa (CIRPAS-CERI). Libro técnico 1: 13-25.
- Equihua M., A. 1992. Coleópteros Scolytidae atraídos a trampas NTP-80 en el Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 84: 55-66.
- Evans H.C. 1981. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute. *Phytopathological Papers* 24, 44.
- Greenberg, R., Bichier P., Cruz A. 2007. The conservation value for birds of cacao plantations with diverse planted shade in Tabasco, México. *Animal Conservation* (3): 105-112.
- Hardy F. 1960. Cacao manual. English edition. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. pp. 229-308.
- Hardy F. 1961. Manual de cacao (Edición Español). Turrialba, Costa Rica: IICA. 439 p.

- Hebbar P.K. 2007. Cacao diseases: A global perspective from an Industry point of view. *Phytopathology* (97): 1658-1663.
- Herve B.D and Vidal B.S. 2007. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest Gardens in southern Cameroon under different management. *Biodivers Conserv* 17:1821-1835.
- Martínez G., J.B., V. Córdova A., J. Zaldívar C., C.F.Ortiz G., W. Camacho C., J.S. Mora F. 2006. Comercialización del cacao neocriollo (*Theobroma cacao* L.) de la hacienda La Joya, Cunduacán, Tabasco, México. 2006. Memoria de la Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Tabasco. INIFAP.
- Motamayor J.C., A.M. Risterucci, P.A López, C.F. Ortiz G.; A. Moreno, C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I. the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- Pérez M., A. Equihua M., J. Romero N., S. Sánchez, E. García, H. Bravo. 2009. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) Asociados al Agroecosistema Cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology* 38(5): 602-609.
- Palencia, G. 2000. Propagación del árbol de cacao. En: Tecnología para el Mejoramiento del Sistema de Producción de Cacao. Mejía L; Argüello, O. comps. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. Pp. 65-72.
- Paredes, M. 2003. Manual del Cultivo del Cacao. Lima, Perú. 100 p.
- Phillips M., W. A. Coutiño, C.F. Ortiz G., A. P López, J. Hernández, M.C. Aimé. 2006. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. *Plant Pathology* 55:584.

- Phillips M., W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Phillips M., W., M. Aimes., Wilkinson M. 2007. Biodiversity and biogeography of the Cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology* 56:911-922.
- Ploetz, R. 2007. Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 97: 1634-1639.
- Posada, M., V. Pineda., G. M. Agudelo. 2006. El chocolate-un placer saludable. 2ed. Marquillas. Medellín, Colombia. 89 p.
- Roa, H. A., M.S. Salgado., J. Álvarez. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Acta biológica Colombiana* 14 (3): 97–110.
- Rojas E.L., Rehner S.A., Samuels G.J., Van Bael S.A., Herre E.A., Cannon P., Chen R., Pang J., Wang R., Zhang Y., Peng Y.Q., Sha T. 2010. *Mycologia* 102 (6):1318-38.
- Rondón O.M. 2002. Caracterización del potencial para la producción de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en los municipios Cajigal y Arismendi del estado Sucre, Venezuela. [Characterization of the potential for the production of organic cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the municipalities Cajigal and Arismendi of the state Sucre, Venezuela.] Spanish with English summary. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 108 p.

- Salgado M., M.G, G. Ibarra N., J. E. Macías S., O. López, B. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia* 11(32):763-768.
- Sánchez P.A., Dubón A. 1994. Establecimiento y manejo de cacao con sombra. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, CR. Serie Técnica. Manual Técnico no 10. 82 p.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo. SAGARPA 2013. México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- Stamps J. 1998. *Phytophthora palmivora*. CMI Description of pathogenic fungi and Bacteria 831: 84.
- Somarrriba E., J. Beer. 1999 Sistemas agroforestales con cacao en Costa Rica y Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(22):7-11.
- Torres C., M. 2010. Progreso temporal y manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Evaluación del Azoxystrobin sobre el hongo *Moniliophthora roreri*, causa de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Doctoral. Posg. de Fitosanidad Fitopatología. Montecillos. México. Colegio de posgraduados. 86 p
- Whitlock B., Bayer C., Baum D. 2001. Phylogenetic relationships and floral evolution of the Byttnerioideae “Sterculiaceae” or Malvaceae s.l.) based on sequences of the chloroplast gene and *Systematic Botany* 26:240-437.
- Wood A.R. 1975. Cacao. Ed. C.E.C.S.A. México. 363 p.

CAPÍTULO I
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CACAO
(*Theobroma cacao* L.) EN EL ESTADO DE CHIAPAS

Colegio de Postgraduados
Fitosanidad – Fitopatología, 2014

Elizabeth Hernández Gómez

RESUMEN

Para conocer la situación actual del cultivo de cacao, se aplicaron encuestas a productores de cacao en 45 localidades de ocho municipios de dos regiones del estado de Chiapas. El 14.7% de los entrevistados indicó tener cacao de almendra blanca. La edad promedio de los productores fue de 59 años y el 56% no completó su instrucción primaria. El 16.5% de los encuestados realiza otras actividades económicas complementarias a la producción de cacao y el 44% tiene otro cultivo para poder subsistir. La unidad de producción promedio fue de 2.6 hectáreas por productor. El 45.9% realiza las actividades de cultivo del cacao empleándose a sí mismo o con mano de obra familiar. El 19.3% de las unidades productivas está bajo la responsabilidad de mujeres. El 60.6% de los entrevistados manifestó pertenecer a una asociación agrícola. El 31.2% ha recibido apoyo económico por parte del gobierno y el 53.2% ha sido beneficiado con asesoría técnica. El 60.5% de los productores vende el cacao a intermediarios a \$30.00 por kilogramo de grano de cacao seco. El rendimiento promedio es de 118 kilogramos por hectárea. La moniliasis causada por *Moniliophthora roreri* (Cif y Par.) Evans *et al.* y la mancha negra (*Phytophthora capsici* Leonian) son las enfermedades más importantes en el cultivo. Los barrenadores *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius), *Xylosandrus morigerus* (Blandford) y el salivazo (*Clastoptera laenata* Fowler) resultaron ser los insectos plaga más frecuentes. El cacao es parte de la cultura nacional y fuente de diversidad y resistencia de cultivo comercial. Sin embargo, de acuerdo a

nuestros resultados el cultivo de cacao está tendiendo a desaparecer en México, por lo que es urgente implementar estrategias para mitigar los problemas que limitan su producción y convertirlo nuevamente en una fuente económica viable de familias mexicanas y asegurar su preservación como parte de los agroecosistemas nacionales y fuente de biodiversidad.

Palabras clave. Cacao, sistema productivo, Chiapas.

**EVALUATION OF THE CURRENT STATE OF THE STATE OF COCOA
(*Theobroma cacao* L.) IN CHIAPAS, MEXICO**

**Colegio de Postgraduados
Fitosanidad – Fitopatología, 2014**

Elizabeth Hernández Gómez

ABSTRACT

To know the current status of cocoa, surveys were applied to cocoa farmers in 45 villages of eight municipalities of two regions of the state of Chiapas. 14.7% of the respondents indicated having white almond cocoa. The average age of farmers was 59 years and 56% did not complete elementary school education. The 16.5% of the respondents have complementary economic activities to the production of cocoa and 44% have another crop in order to survive. The production unit averaged 2.6 hectares per farmer. 45.9% makes cocoa farming activities being employed himself or using family members. The 19.3% of the production units is under the responsibility of women. 60.6% of respondents expressed belong to an agricultural association. 31.2% has received financial support from the government and 53.2% has benefited from technical advice. 60.5% of growers sold cocoa to intermediaries at \$ 30.00 per kilogram of dry cocoa beans. The average yield is 118 kg per hectare. Moniliasis caused by *Moniliophthora roreri* (Cif and Par.) Evans et al., and black spot (*Phytophthora capsici* Leonian) are the most important diseases in the crop. Borers *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius), *Xylosandrus morigerus* (Blandford) and spittlebugs (*Clastoptera laenata* Fowler) turned out to be the most common insect pests. Cocoa is part of the national culture and a source of diversity and resistance of commercial cultivation. However, according to our results the cultivation of cocoa is tending to moving in Mexico, so it is urgent to implement strategies to mitigate the problems that limit their production and convert it back into a

viable source of income for Mexican families, ensuring its preservation as a part of national agro-ecosystems and biodiversity source.

Key words: Cocoa, production system, Chiapas

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), originario de América del Sur, se ha caracterizado por ser un cultivo de importancia industrial, económico, social, cultural y ambiental (Motamayor, 2002). Sin embargo, en los últimos 10 años, en México, se ha observado una tendencia decreciente en la producción. En el 2003 se reporta una producción de 49,964.76 ton mientras que para 2013 la producción fue de sólo 27,844.12 ton, con una reducción en la superficie cultivada de 20,668.01 ha. Chiapas es uno de los estados productores más importantes de cacao, ocupa el segundo lugar en producción después de Tabasco con una superficie destinada a su cultivo de 20,299.40 ha que producen 9,080.04 ton a razón de 0.44 ton/ha (SIAP, 2014). Las principales zonas productoras de cacao en Chiapas son el Soconusco y Norte del estado (SIAP, 2014). En Chiapas, el cacao ha sido parte de la cultura por varias generaciones, por lo que además de su importancia económica, su cultivo tiene implícitos aspectos sociales, culturales y de historia (Nájera, 2012). Desafortunadamente, el cacao enfrenta una crisis debida a factores ambientales, tecnológicos, económicos y sociales, que se ven agravados por problemas fitosanitarios como las enfermedades que destruyen plantaciones enteras obligando a los productores a abandonar este cultivo ancestral (González, 2005).

Poco se sabe de lo que está ocurriendo en las plantaciones de cacao. Una iniciativa reciente mencionada por Avendaño *et al.* (2013) ha demostrado el valor económico, social, cultural y ambiental de las plantaciones de cacao. Esta iniciativa denominada “mejoramiento participativo” (Aguirre, 2009; Avendaño *et al.*, 2013; Díaz *et al.*, 2013) se enfoca a evaluar materiales de cacao como fuente de diversidad, resistencia, además de que algunas selecciones tienen propiedades organolépticas excepcionales con potencial comercial sobresaliente. Con la finalidad de contribuir al conocimiento del cacao y facilitar la toma de decisiones encaminadas a apoyar este tipo de cultivos, se

llevó a cabo el presente estudio, cuyo objetivo fue conocer la situación del cacao en el estado de Chiapas. Para ello se diseñó una encuesta que fue aplicada de manera presencial a los productores de cacao en los municipios con mayor importancia, en cuanto a superficie y producción de cacao en el estado de Chiapas. Córdova *et al.* (2001), Quispe (2013) y Díaz *et al.* (2013) han trabajado con un sistema similar, obteniendo buenos resultados en estudios de diagnóstico con productores de cacao.

2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer la situación del cacao en el estado de Chiapas
- Realizar un diagnóstico fitosanitario del cultivo de cacao en Chiapas

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

La investigación consistió en aplicar 109 encuestas y llevar a cabo visitas a productores durante 2013 en 45 localidades del estado de Chiapas distribuidas en ocho municipios de las dos principales zonas productoras de cacao: 1) Región Soconusco y 2) Región Norte. En la Región Soconusco se realizaron encuestas en 32 localidades ubicadas en los municipios de Cacahoatán, Huehuetán, Tapachula, Tuxtla Chico y Tuzantán. En la Región Norte se realizaron encuestas en 13 localidades en los municipios de Ostucán, Pichucalco e Ixtacomitán.

3.2 Método de elección

Se utilizó un método de elección aleatorio de un padrón de productores de cacao (SAGARPA, 2013).

3.3 Estructura de la encuesta

Durante la visita a las parcelas de cacao se aplicó una encuesta a los productores. La encuesta fue diseñada de acuerdo a Ghiglione y Matalón (1989) y Quispe (2013), y estuvo integrada por 62 preguntas que se organizaron en ocho apartados: 1) Ficha de identificación (nombre del productor, comunidad y fecha); 2) Datos generales (edad, sexo, escolaridad, tenencia de la tierra y actividades económicas, financiamiento, capacitación, organización, mano de obra); 3) Datos de la parcela (superficie, tipo de cacao, marco de plantación, árboles de sombra); 4) Manejo agronómico (control de maleza, fertilización, drenaje); 5) Plagas (plagas observadas, importancia, control); 6) Enfermedades (enfermedades observadas, importancia, control); 7) Producción y comercialización (beneficiado, precio, producción y comercialización) y 8) Expectativas (continuación en el cultivo).

3.4 Análisis de datos

Las respuestas de los entrevistados fueron capturadas, sistematizadas y analizadas mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 1993) Versión 20.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aspectos socioeconómicos de los productores

Las circunstancias sociales y económicas influyen en la situación actual que prevalece en las unidades de producción y en su manejo. En este capítulo se abordan los temas de: edad, sexo, escolaridad, tenencia de la tierra, actividades económicas sumadas al cultivo de cacao, financiamiento, capacitación, organización, y finalmente mano de obra.

4.1.1 Edad

La actividad cacaotera la realizan pequeños productores que viven en comunidades rurales. El promedio de edad de los entrevistados fue de 59.3 años.

4.1.2 Sexo

El 80.7% de los productores de cacao son del género masculino, solamente el 19.3% son del género femenino. Estas últimas, además de ser productoras, realizan las labores del hogar y el cuidado de los hijos, lo que significa que triplican sus jornadas (Suarez *et al.*, 2011). Además se detectó que las mujeres participan en actividades como la cosecha, fermentación y secado, pero no son consideradas como un apoyo significativo en el proceso de producción.

4.1.3 Escolaridad

De los productores entrevistados, el 56% no completó su instrucción primaria (Cuadro 1).

Cuadro 1. Escolaridad de productores de cacao (*Theobroma cacao* L.) encuestados en la Región Soconusco y Región Norte de Chiapas, México.

Escolaridad	Frecuencia relativa (%)
Ninguno	20.2
Primaria incompleta	35.8
Primaria completa	16.5
Secundaria	18.3
Bachillerato	4.6
Licenciatura	4.6
Total	100.0

4.1.4 Tenencia de la tierra

Respecto a la situación legal de las parcelas, el 67% de las unidades de producción son ejidales y el resto propiedad privada. En México, el ejido es la forma más importante de posesión colectiva de la tierra, el cual opera con un reglamento interno que contiene las bases para su organización económica y social (Anónimo, 2004). El 66.1% de las unidades de producción han sido heredadas y sólo el 34% han sido adquiridas.

4.1.5 Otras actividades económicas

Además del cultivo de cacao como fuente de ingresos, el 16.5% de los productores realiza otras actividades económicas, en particular las relacionadas con el comercio, servicios y otros cultivos, lo que indica que los productores diversifican sus actividades para cubrir sus necesidades de ingresos.

4.1.6 Financiamiento y capacitación

El 68.8% de los productores realiza sus actividades del cacao y utiliza únicamente recursos propios. Sólo el 31.2% ha recibido algún apoyo económico

para las actividades en el cacaotal. El 53.2% ha recibido algún tipo de capacitación técnica proveniente de AGI-cacao, organizaciones diversas y empresas donde comercializan su cosecha.

4.1.7 Organización

El 60.6% de los productores de cacao pertenece a una asociación. Las principales asociaciones son: Asociación Agrícola Local de Productores de Cacao de Tapachula, Asociación Agrícola Local de Productores de Cacao de Tuxtla Chico, Sociedad de Producción Rural Cuevas de Tigre de Pichucalco, Asociación Agrícola Local de Productores de Cacao de Tuzantán y la Cooperativa Alianza del Cacao de Tuxtla Chico. El 51.1% se encuentra en organizaciones agrícolas municipales, mientras que el 43.4% se encuentra distribuido en 11 diferentes figuras asociativas. Según comentarios de los entrevistados, la principal finalidad de pertenecer a una asociación es debido a que dentro de ella es más fácil acceder a los recursos financieros y de capacitación que ofrece el gobierno. Las asociaciones que fueron mencionadas por los productores de cacao no operan en el acopio y comercialización, con excepción de la Asociación de Productores de Cacao de Tuxtla Chico. Esto indica que es necesario fortalecer los procesos de organización en busca de obtener mayor producción, valor agregado al producto y mejores ingresos.

4.1.8 Mano de obra

El 54.1% de los productores indicó que requiere de jornales en al menos una actividad durante el ciclo agrícola de cacao. Las principales actividades para las que requiere mano de obra son: limpia, poda y regulación de sombra. La participación de la familia en las actividades del cacao es muy importante. El 45.9% de los productores realiza sus actividades solo o con mano de obra familiar debido a la baja producción y escasos recursos obtenidos, insuficientes

para el pago de jornales. Un 19.3% de las unidades productivas están bajo la responsabilidad de mujeres, que se quedan a cargo de la unidad de producción. El resto de las unidades de producción están a cargo de hombres, quienes además tienen otras fuentes de ingreso. El 64.2% de entrevistados señaló que las mujeres colaboran en otras actividades durante el proceso productivo del cacao como el secado, fermentado y lavado de los granos de cacao. Sin embargo, la mayoría de los entrevistados no consideró de impacto su colaboración, aspecto que ya había sido observado por Balarezo (1998), Maier (1998), Agarwal (1992), Cortez y Pizarro (2001).

4.2 Aspectos agronómicos

En este capítulo se abordan los temas relacionados con superficie, tipos de cacao, edad y marco de plantaciones, sombra y manejo agronómico.

4.2.1 Superficie

El 58.7% de los entrevistados tiene parcelas de cacao menores a dos hectáreas, mientras que el 41.3% de ellos manifestó tener parcelas de mayor superficie. Más del 50% de los productores tiene parcelas en planicie, las cuales pueden presentar ventajas, como la de hacer más fácil las actividades del cultivo, los suelos son más profundos y se erosionan menos; en tanto que los terrenos en ladera siempre se consideran marginales, menos productivos, el acceso a la tecnología y comunicación es más difícil, así como el acarreo de sus productos.

4.2.2 Tipo de cacao

En Chiapas se cultivan diferentes tipos de cacao conocidos comúnmente como Calabacillo, también llamado Ceylan o Costa Rica, Guayaquil, Injerto (RIM),

Lagarto, Tabasco, y los que se les denominan de almendra blanca (criollo). El 14.7% mencionó que tiene cacaos de almendra blanca; este bajo porcentaje indica que es debido a que presentan mayor susceptibilidad a enfermedades.

Córdova (2005) señala que una de las principales limitantes para la producción y conservación de cacao son las enfermedades. Sin embargo Ramírez (1997) menciona el incalculable valor de estos cacaos, pues son la base del mejoramiento genético de los cacaos ordinarios (forasteros).

4.2.3 Edad y marco de las plantaciones

Según los datos obtenidos, las plantaciones de cacao en Chiapas tienen un promedio de 36 años de edad, aunque Avendaño (2011), indica que las plantaciones tienen más de 25 años y sólo el 4% tiene plantaciones nuevas. De acuerdo con León (1987), se estima que una plantación de cacao puede mantenerse productiva de 25 a 30 años. De acuerdo a nuestros resultados la edad de las actuales plantaciones de cacao puede ser una de las razones para la baja producción; por lo que es recomendable renovar las plantaciones en un marco de plantación de 4x4 m.

4.2.4 Árboles de sombra

La sombra es necesaria para el cultivo del cacao, ésta puede variar de acuerdo con las especies y genotipos usados, así como de las características del ambiente. La sombra juega un papel importante como amortiguador de las condiciones climáticas adversas tal y como es indicado por Beer (1998), Salgado *et al.* (2007) y Roa *et al.* (2009). En el estado de Chiapas, árboles frutales, maderables, leguminosas e industriales se utilizan para proveer de sombra al cacao (Cuadro 2). Las especies usadas para dar sombra al cacao definen en parte el sistema de producción, ya que de ellas se obtienen productos de autoconsumo, comercio e incluso como sustituto del cacao. Algunos de los árboles utilizados como sombra tienen un papel importante en el ecosistema,

pues son un espacio para la conservación y manejo de la biodiversidad (Parrish *et al.*, 1999). El sistema cacao-árboles de sombra tiene un papel importante en la captura de carbono y filtración de agua, dos de los más importantes factores contra el cambio climático (Beer, 1998; Parrish *et al.*, 1999; Calderón, 2008).

El 38% de los entrevistados indicaron que realizan una regulación de la sombra en el cultivo del cacao; en este porcentaje se encuentran los productores que regulan la sombra sólo de árboles maderables y otros que tienen árboles específicos como el chalum (*Inga micheliana* Harms). El bajo porcentaje de productores que regulan la sombra se puede explicar debido a que consideran que esta actividad aporta pocos beneficios al cacao y no resulta redituable.

Cuadro 2. Principales especies de árboles usados para sombra en el cultivo de cacao en el estado de Chiapas y su uso.

Nombre científico	Nombre común	Uso
<i>Musa</i> sp.	Banano	Frutal
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E.Moore y Stearn	Sapote	Frutal
<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	Frutal
<i>Citrus sinensis</i> L.	Naranja	Frutal
<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Rambután	Frutal
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Frutal
<i>Garcinia mangostana</i> L.	Mangostán	Frutal
<i>Chrysophyllum caimito</i> L.	Caimito	Frutal y Mad.
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Oken (1833)	Laurel	Maderable
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Maderable
<i>Tabebuia pentaphylla</i> L.	Roble	Maderable
<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Primavera	Maderable
<i>Aspidosperma megalocarpum</i> L.	Chiche	Maderable
<i>Artocarpus communis</i> Forst	Pan De Palo	Maderable
<i>Inga micheliana</i> Harms	Chalum	Leguminosa
<i>Piper</i> sp.	Pimienta	Industrial
<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Hule	Industrial
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Palma de Aceite	Industrial

4.2.5 Control de malezas

La mayoría de los productores (97.2%) efectúa al menos un chapeo manual para eliminar malas hierbas en el cacaotal; esta actividad se realiza durante el periodo de lluvias debido a que las malas hierbas abundan en esta época.

4.2.6 Fertilización

32% de los entrevistados realiza fertilización química, principalmente con urea (46-00-00), y en algunos casos composta (4.6%), elaborada a base de desechos vegetales producto de las podas del cacao, de árboles de sombra y cáscara de los frutos cosechados.

4.2.7 Drenaje

El drenaje parcelario es una actividad que se circunscribe a las unidades productivas ubicadas en las planicies. Sólo el 15.6 % de los productores señaló que realizó esta práctica en sus parcelas con el fin de desalojar el agua excedente que se acumulaba durante el periodo de lluvias, y así evitar condiciones apropiadas para el desarrollo de enfermedades (Moore, 1996).

4.3 Enfermedades

Las enfermedades son el principal problema que limita la producción del grano de cacao, lo que puede ocasionar pérdidas hasta del 100% si no existe control alguno. De acuerdo a los entrevistados las enfermedades de mayor importancia que se presentaron en el cultivo fueron: con 100% moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif y Par.) Evans *et al.*; mancha negra de la mazorca 67%, ocasionada por el oomiceto *Phytophthora capsici* Leonian (Phillips, 2004; Phillips *et al.*, 2006), agallas de ramas 10.1%, las cuales están

asociadas a *Fusarium* sp., ésta es una enfermedad potencialmente importante en todo el mundo (Ploetz, 2007); antracnosis en hojas y frutos está asociada a *Colletotrichum gloeosporioides* Penz, 3.7% y el mal de machete causada por el hongo *Ceratocystis cacaofunesta* que estuvo asociada a insectos barrenadores 0.9%.

La moniliasis es el principal factor parasitológico que ha influido en la pérdida de producción y biodiversidad del cacao en Chiapas, ya que al destruir la producción facilita que el agricultor se desanime y abandone su campo de cultivo o lo reemplace con otro frutal. La moniliasis hace que cultivo de cacao sea poco rentable.

Los productores, por lo general, realizan actividades culturales y aplicaciones de agroquímicos con el fin de controlar las enfermedades que observan en las plantas de cacao. El control cultural lo realizó el 46.8% de productores y consistió en cortar los frutos enfermos, podas y regulación de sombra. El control químico lo hicieron con aplicaciones de productos a base de cobre; el bicarbonato, cloro, cal, ceniza o insecticidas fueron incorporados en la misma aplicación. También mencionaron aplicar caldo sulfocálcico elaborado a base de azufre y cal, el cual ha sido recomendado por técnicos agrícolas locales para combatir la moniliasis; sin embargo, los productores que realizaron esta actividad mencionaron que no observaron ningún control de la enfermedad, lo cual además se vio reflejado en la baja producción. Al respecto Murillo y González (1984) mencionaron que la selección de los fungicidas adecuados ofrece resultados favorables en el control de enfermedades. En coincidencia con nuestros resultados, Phillips (2004), indicó que el control de la moniliasis en cacao no cuenta con un método eficaz, por lo que es antieconómico. En México, Torres (2013) realizó un estudio para el control de esta enfermedad en cacao en el cual utilizó azoxystrobin (Amistar® 50% WG, Syngenta Crop Protection AG, Suiza); sin embargo, la opción más viable y económica de control de enfermedades en cacao es el mejoramiento genético (Avendaño *et al.*, 2013).

Sólo un productor mencionó usar el control genético, al seleccionar de manera empírica materiales con resistencia a *Phytophthora* sp. y utilizar estos materiales para injertar. En la actualidad el mismo productor selecciona y evalúa materiales con tolerancia a *Moniliophthora roreri* con la asesoría del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

4.4 Plagas

De acuerdo con la percepción de los productores, los insectos no constituyen una limitante para la producción de cacao. Los productores tienen identificados como plaga en sus plantaciones a las ardillas con 7.3%, pájaros carpinteros 4.6% y tuzas 3.7%, pues provocan daños considerables en los frutos y merma en el rendimiento de sus cacaotales. A juicio de los entrevistados, las hormigas (*Atta* sp.) con un 33.9% son los insectos con mayor presencia en las plantas de cacao y al hacer galerías en el tronco provocan alteraciones que afectan la emergencia de cojines florales, además de alimentarse de la corteza de los frutos. Sin embargo, Goitia *et al.* (1992) encontró que las hormigas pueden contribuir en la polinización del cacao y en el control biológico de trips. Pulgones *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe) con el 11 % de frecuencia que se alimentan de las partes terminales de los retoños y de las hojas más jóvenes lo que ocasiona que se deformen. Barrenadores de ramas y tallos con un 5.5%: *Xyleborus ferrugineus* (Fabricius), *Xylosandrus morigerus* (Blandford), *Hypothenemus birmanus* (Eichhoff), *Corthylus minutissimus* (Schedl), *Taurodermus sharpi lenis*, *Hypothenemus interstitialis* (Hopkins), *Vanduzea segmentata* (Fowler), los cuales han sido previamente reportados en cacao por Equihua (1992) y Pérez *et al.* (2009). Los trips (*Selenothrips rubrocinctus* Giard) con un porcentaje de 3.7 raspan y succionan la savia, provocan la caída de hojas, flores y frutos pequeños, en algunos casos las plantas llegan a morir, también provocan manchas oscuras en las mazorcas que dificulta determinar el

grado de madurez. Y por último, el salivazo (*Clastoptera laenata* Fowler) con 3.7%, produce una espuma que impide el desarrollo normal de las flores que permanecen inactivas y llegan a morir.

En general los productores no realizan ningún manejo para controlar los insectos plaga, con excepción de las hormigas, que son controladas con paratión metílico®, producto recomendado por los negocios de agroquímicos de los municipios. Los insectos plaga no han influido en el cambio de uso de variedades, ni la conversión a otros cultivos. Las actividades que realiza el productor para proteger el cacao de plagas tienen mucha relación con factores intrínsecos a la plantación, socioeconómicos y culturales.

Al parecer, la percepción que se tiene de los insectos plagas y las enfermedades, la capacidad financiera, el acercamiento que tiene a la tecnología adecuada, son elementos que definen el grado de manejo que hacen los cacaoteros para reducir su efecto.

4.5 Producción, beneficiado y comercialización

El rendimiento actual del cacao es de 118 kilogramos por hectárea y oscila de 0 kg/ha a 800 kg/ha. La cosecha de cacao se realiza durante todo el año, no obstante, la mayor producción de la plantación se acentúa en los meses de junio, octubre y noviembre. El beneficiado se realiza de diferentes formas (Cuadro 3). El proceso de fermentación se hace en cajones de madera. En condiciones controladas lo realiza únicamente el 3.7% de los productores. El beneficio es una parte esencial y determinante para obtener buena calidad de grano y acceder a una correcta comercialización en el mercado nacional e internacional; proporciona los principios básicos de sabor, aroma y calidad. Según Paredes *et al.* (2004), Arciniegas (2005), la fermentación para los cacaos criollos no debe ser mayor de tres días y ocho para los cacaos forasteros.

El 78.9% de los productores comercializó su cosecha como grano de cacao seco; mientras que el 20.2% lo hizo como cacao en fresco, la venta de cacao en esta etapa, representa una forma rápida de vender su producto a intermediarios sin tener que procesarlo. La comercialización del cacao puede realizarse a diferentes compradores, en general los productores vendieron su cacao a un intermediario (60.5%), pero también a las asociaciones (33%) y sólo el 2.8% vendió su cacao directamente al consumidor en forma de chocolate artesanal. Respecto al precio durante 2013-2014, el kilogramo de grano de cacao seco fue de \$30.00 pesos. La percepción del 55% de los productores es que este precio es menor al que les fue pagado en el ciclo anterior.

Cuadro 3. Tipos de beneficiado del cacao que realizan los productores en el estado de Chiapas

Beneficiado	Frecuencia Relativa (%)
Fermentación en cajones de madera	3.7
Lavado y secado	54.1
Fermentación en bolsas	12.8
Secado directo después de corte	5.5
En baba	20.2
No cosechó	3.7
Total	100.0

4.6 Situación actual

De acuerdo a nuestros resultados, la moniliasis que fue mencionada por el 100% de los entrevistados, es el principal factor que limita la producción de cacao en el estado de Chiapas. Esta enfermedad ocasiona un malestar y

frustración en el productor que al no poder controlarla abandona sus parcelas y busca nuevas opciones para ingresar recursos a su hogar. Esta es la principal razón por la que el cacao está siendo reemplazado por cultivos como maíz, mango, soya, café, palma de aceite y pastizales, cultivos que han aumentado en superficie en los últimos cinco años (SIAP, 2014). Los datos estadísticos permiten reforzar esta teoría, pues durante el periodo del 2003 al 2013, el rendimiento de cacao pasó de 0.82 a 0.44 toneladas por hectárea y la producción se redujo de 16,746.4 a 9,080.4 toneladas de grano seco, mientras que la superficie sembrada pasó de 21,351.1 a 20,299.4 hectáreas (SIAP, 2014). González (2005), Ramírez (2008), Díaz *et al.* (2013), ya habían mencionado el alto riesgo que representa esta enfermedad y sus repercusiones en México.

5. CONCLUSIONES

- Se confirma que la moniliasis es la enfermedad que está limitando la producción de cacao en las regiones cacaoteras de Chiapas.
- Las prácticas culturales de poda y saneamiento siguen siendo la única opción de manejo que tienen los productores para contrarrestar el patógeno.
- El mejoramiento genético del cacao es una alternativa viable que puede atenuar el problema del patógeno y aprovechar el germoplasma local.
- La moniliasis es la causa de que los productores estén abandonando el cultivo y se estimule el cambio de uso del suelo y dediquen su parcela a otras actividades productivas o reemplacen por cultivos como maíz, mango, soya, café, palma de aceite y pastizales.

6. LITERATURA CITADA

- Agarwal, B. 1992. The Gender and Environment Debate: Lessons From India, *Feminist Studies*, 18(1): 119-156.
- Aguirre M., J.F. 2009. Historia y situación actual del cacao. *In*: Báez, A.; Aguirre, JF (eds.). Manual de producción de cacao. INIFAP. Tuxtla Chico, Chiapas. 109 p.
- Anónimo. 2004. Legislación Agraria. DOF 09-04-2012.
- Arciniegas L., A.M. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) Seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 126 p.
- Avendaño A., C.H., A. Mendoza L., E. Hernández G., G. López, G., M. Martínez B., J.F. Caballero, P., S. Guillen D., S. Espinosa Z. S. 2013. Mejoramiento genético participativo en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroproductividad* 6(5):71-80.
- Balarezo S. 1998. Metodología para incorporar los contenidos de género en diagnósticos de proyectos forestales, en grupo interinstitucional de género y agricultura, cómo aplicar el enfoque de género en los programas de desarrollo rural. Recopilación bibliográfica, Managua, SIMAS. Pp. 233-258.
- Beer J., W. 1988. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao. (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems* 7(2):103-104.

- Calderón V. 2008. Captura de carbono en un sistema agroforestal cedro (*Cedrela odorata* L.) y banano (*Musa* sp. AAA) en Tabasco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. 115 p.
- Córdova A., V. 2005. Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a orgánico en Tabasco, México. *In:* A. Aragón García, J. F. López Olguín, A. M. Tapia Rojas. Manejo Agroecológico de Sistemas. Dirección de fomento editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Primera Edición. 180 p.
- Córdova A., V, H. Sánchez, Estrella, N; Sandoval, E; Ortiz, F. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I. Madero del Plan Chontalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 17(34): 93-100.
- Cortez R., A. Pizarro. 2001. Construyendo el desarrollo sostenible con equidad de género. En *La ineludible corriente. Políticas de equidad de género en el sector ambiental mesoamericano*. Comp. y ed. Lorena Aguilar. UICN, 1a. Ed. San José, Costa Rica. Pp. 25 -33.
- Desrosiers R., Suárez, C. 1974. Monilia Pod Rot of Cacao. *In:* Gregory P.H. (ed.) *Phytophthora Diseases of Cocoa*. Logman Group, London. Pp. 273-277.
- Díaz J., O., J. Aguilar A., R. Rendón M., V.H. Santoyo C. 2013. Situación actual y perspectivas de la producción de cacao en México. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(2):279-289.
- Equihua M., A. 1992. Coleópteros Scolytidae atraídos a trampas NTP-80 en el Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 84: 55-66.

- Ghiglione R., B. Matalón. 1989. Las encuestas sociológicas. Teoría y práctica. Editorial Trillas, México. 318 p.
- González L., V. W. 2005. Cacao en México: competitividad y medio ambiente con alianzas (Diagnóstico rápido de producción y mercadeo). United States Agency International Development. Chemonics International Inc. 93 p.
- León J. 1987. Botánica de los cultivos Tropicales. IICA. San José, Costa Rica. 337 p.
- Maier E. 2003. Construyendo la relación entre la mujer y el medio ambiente: Una exploración conceptual, en Tuñón Pablos, Esperanza (coord.), Género y medio ambiente. El Colegio de la Frontera Sur, SEMARNAT y Plaza y Valdés. México D.F. Pp. 27-44.
- Moore-Landecker, E. 1996. Fundamental of fungi. Prentice Hall. Nueva Jersey, EUA. Pp. 238- 367.
- Motamayor, J. C., A.M. Risterucci., P.A. López., C.F. Ortiz., A. Moreno., C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I. the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89: 380-386.
- Murillo, D., L.C. González. 1984. Evaluación en laboratorio y campo de fungicidas para el combate de la moniliasis del cacao. *Agronomía Costarricense* 8:83-89.
- Nájera C., M.L. 2012. El mono y el cacao: la búsqueda de un mito a través de los relieves del Grupo Serial Inicial Chichen Itza. *Estudios de cultura Maya* 39: 133-172.

- Paredes, J.L., E. Reyes., C. Canals, P.A. Domínguez, M. Juan, A. María.2004. Evaluación de la calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres métodos de fermentación. *In*: Instituto Dominicano de Investigaciones agropecuarias y Forestales. Santo Domingo, República Dominicana. Pp. 47-57.
- Parrish R., J., R. Reitsma., R. Greenberg., W. MacLarney., R. Mack., J. Lynch. 1999. Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 16-19.
- Pérez C., M., A. Equihua A., J. Romero N., S. Sánchez S., E. García L., M. Bravo H. 2009. Escolítidos (Coleoptera: Scolytidae) Asociados al Agroecosistema Cacao en Tabasco, México. *Neotropical Entomology* 38(5): 602-609.
- Phillips M., W., A. Coutiño., F. Ortiz C., A.P. López., J. Hernández., M.C. Aimé. 2006. First report of *Moniliophthora roreri* causing frosty pod rot (moniliasis disease) of cocoa in Mexico. *Plant Pathology* 55:584.
- Phillips M., W. 2004. La moniliasis del cacao: una seria amenaza para el cacao en México. Simposio Nacional sobre enfermedades tropicales. Resúmenes de ponencias. Tabasco, México. 91-99 pp.
- Ploetz R. 2007. Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 97: 1634-1639.
- Quispe L., N. 2013. El uso de la encuesta en las ciencias sociales. Ediciones D.D.S. México D.F. 105 p.
- Ramírez, F.J. 1997. Sistema agroindustrial del cacao en México y su comportamiento en el mercado. Primera edición Universidad Autónoma Chapingo. 161 p.

- Ramírez, S.I. 2008. La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. *Tecnología en Marcha* 21 (1) 97-110.
- Roa R., H.A., M.S. Salgado M., J. Álvarez. 2009. Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Acta biológica Colombiana*. 14(3): 97-110.
- Sagarpa. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx/index (consulta, julio 2013).
- Salgado M., M.G., G. Ibarra., J.E. Macías., O. López. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 11(32):763-768.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por cultivo Sagarpa 2013. México. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
- Statistical analysis in s-plus. 1993. S-plus versión 3.1 for Windows. User's Manual (Seattle: StatSci, a division of MathSoft, Inc). 35 pp.
- Suárez, B., E. Zapata., R. Ayala., N. Cárcamo., J. Manjarrez. 2011. ¿...y las mujeres rurales? Indesol. GRMTRAP A.C., México. 251 p.
- Torres C., M., C.F. Ortiz G., D. Téliz O., A. Mora A., C. Nava D. 2013. Efecto del Azoxystrobin sobre *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 31(1): 65-69.

CAPÍTULO 2
SITUACIÓN ACTUAL DE ENFERMEDADES
EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN CHIAPAS

Colegio de Postgraduados
Fitosanidad – Fitopatología, 2014

Elizabeth Hernández Gómez

RESUMEN

Para conocer las enfermedades en el cultivo de cacao, se realizaron visitas a 44 sitios cultivados con cacao en nueve municipios de dos regiones del estado de Chiapas, México. Se realizó la identificación morfológica, molecular y pruebas de patogenicidad correspondientes. En campo se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades. Los resultados indicaron que la principal enfermedad es moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*]), con una incidencia de 52.83% y severidad de 31.3%; seguida de mancha negra (*Phytophthora capsici* Leonian) con 7.34% de incidencia y 2.44% de severidad; antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) en hojas con una incidencia de 16.45% y 0.38% de severidad y en frutos con incidencia de 5.55% y 0.73% de severidad; agallas asociadas a *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. con 16.45% de incidencia y 1.25% de severidad; y manchas foliares pequeñas (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl) y (*Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. con 1.91% de incidencia y 0.06% de severidad con ambos patógenos.

Palabras clave: *Moniliophthora*, *Phytophthora*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, incidencia, severidad.

DISEASES IN COCOA (*Theobroma cacao* L.) IN CHIAPAS

Colegio de Postgraduados
Fitosanidad – Fitopatología, 2014

Elizabeth Hernández Gómez

ABSTRACT

To determine main of cocoa disease, 44 sites were visited in nine countries and off regions of the state of Chiapas, Mexico. Morphological, molecular and pathogenicity tests corresponding identification were made. Disease incidence and severity was evaluated at the sites. The results indicated that the main disease of cocoa is moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans et al.]), with an incidence of 52.83% and severity of 31.3%, followed by black spot (*Phytophthora capsici* Leonian) with 7.34 % and 2.44%, anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) shows incidence of 16.45% and 0.38% severity on leaves and incidence 5.55% and 0.73% severity, *Fusarium solani* associated with galls (Mart .) Sacc. 16.45% and 1.25% severity, small leaf spot (*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl) and (*Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. Show 1.91% incidence with 06% severity.

Key words: *Moniliophthora*, *Phytophthora*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, incidence, severity

1. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los cultivos tropicales de mayor importancia para la industria del chocolate, confitería, grasa para la industria de cosméticos y medicina. En el 2013 México produjo, 27 844.12 ton en 61 319.10 ha. Chiapas posee una superficie de 20 299.40 ha, con una producción de 9 080.04 ton y un rendimiento por ha de 0.45 (SIAP, 2014). Actualmente, el cultivo de cacao enfrenta una crisis por diversos factores como: inestabilidad de precios, mal manejo en las plantaciones, poca asistencia técnica, altos costos de insumos, bajos rendimientos y enfermedades causadas por hongos. Fultón (1989) y Leach *et al.* (2002) señalan que el cultivo del cacao es un ecosistema extremadamente favorable para el progreso de enfermedades fungosas que afectan la producción. Bowers *et al.* (2001) y Ploetz (2007), indican que las enfermedades son una de las principales limitantes del cultivo en todo el mundo, en Chiapas el cultivo se ve afectado principalmente por dos enfermedades: Moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*]) y mancha negra (*Phytophthora spp.*)(Cueto, 2005). En México Córdova, *et al.* (2005) y Avendaño, *et al.* (2011) hacen referencia a las enfermedades del cacao de forma general. Torres (2010) publica sobre epidemiología de moniliasis en Tabasco. Pocos de estos trabajos hablan de la intensidad (incidencia y severidad) distribución y pruebas de patogenicidad de los agentes causales. La identificación habitual de especies de hongos se basa esencialmente en el aislamiento en medios de cultivo y observación de las características morfológicas. En la actualidad se dispone de técnicas moleculares en las que se extraen ácidos nucleicos que se amplifican por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), para secuenciar los espacios internos transcritos del ADN ribosomal (Larena y Melgarejo, 2009).

2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Identificar los agentes causales de las enfermedades que afectan al cultivo del cacao en Chiapas, a través de la caracterización morfológica y molecular.
- Evaluar la incidencia y severidad de las enfermedades del cacao en Chiapas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitios de muestreo y toma de muestras

El muestreo se realizó en 44 sitios del estado de Chiapas situados en dos regiones: 1) Soconusco; 25 sitios en los municipios de Cacahoatan, Huehetán, Tapachula, Tuxtla Chico, y Tuzantán y 2) Norte con 19 sitios; Ostucán, Pichucalco e Ixtacomitán, Cuadros 4 y 5. Los municipios fueron seleccionados de acuerdo a la superficie y número de productores (SAGARPA, 2013).

Se colectaron muestras de hojas y frutos con signos y síntomas de enfermedad, dichas plantas se colocaron en bolsas de plástico y se transportaron al Laboratorio de Fitopatología del Colegio de Postgraduados para su procesamiento.

Cuadro 4. Sitios visitados de cultivo de cacao en la región Soconusco, en Chiapas, México.

Localidad	Municipio	Latitud	Longitud
2 Sección de Medio Monte	Tuxtla Chico	14.88999	-92.184
Tarral	Tuzantán	15.21286	-92.3873
Tarral	Tuzantán	15.21321	-92.3886
2 Sección de Izapa	Tuxtla Chico	14.91767	-92.1882
2 Sección de Izapa	Tuxtla Chico	14.92017	-92.1918
2 Sección de Izapa	Tuxtla Chico	14.92485	-92.1998
Amp. Sur de Guillen	Tuxtla Chico	14.8862	-92.1643
2 Sección de Izapa	Tuxtla Chico	14.92005	-92.2005
Llano De La Lima	Tapachula	14.86521	-92.2919
Rio Florido	Tapachula	14.8521	-92.3408
2 Sección de Izapa	Tuxtla Chico	14.91754	-92.1907
Tuzantán	Tuzantán	15.25695	-92.4369
Plan de Ayala	Huehuetan	15.18888	-92.6917
Francisco Sarabia 1 Secc.	Tuzantán	15.16067	-92.394
Francisco Sarabia 1 Secc.	Tuzantán	15.15952	-92.396
Silvano Gatica	Tuxtla Chico	14.95498	-92.2142

Hidalgo	Tapachula	14.87596	-92.3571
EL Vado	Tuzantán	15.08771	-92.3755
EL Vado	Tuzantán	15.08593	-92.3773
Francisco Sarabia 1 Secc.	Tuzantán	15.15942	-92.3902
Francisco Sarabia	Tuzantán	15.09917	-92.3837
Rosario Izapa	Tuxtla Chico	14.97513	-92.1558
Cantón Santa Elena	Tapachula	15.0133	-92.2257
El Vado	Tuzantán	15.09156	-92.3761
Manuel Lazos	Tuxtla Chico	14.9729	-92.196

Cuadro 5. Sitios visitados con cultivo de cacao en la región Norte del estado de Chiapas.

Localidad	Municipio	Latitud	Longitud
Catedral Abajo 1° Sección	Ostuacán	17.42173	-93.3385
Rivera Tanthichal	Ostuacán	17.40962	-93.3253
Catedral abajo 1° Sección	Ostuacán	14.97034	-92.1851
Ranchería Catedral 1° Sección	Ostuacán	17.41897	-93.3406
Catedral Abajo 1° Sección	Ostuacán	17.41638	-93.3386
Xochimilco viejo	Ostuacán	17.41638	-93.3386
Zapata	Ixtacomitán	17.45593	-93.0999
Zapata	Ixtacomitán	17.45597	-93.0998
La Nájera	Ixtacomitán	17.45455	-93.1014
Ranchería Central 1° Sección	Pichucalco	17.49272	-93.1392
Rancho Santa Rosa	Pichucalco	17.49594	-93.1287
Catedral Abajo 1° Sección	Ostuacán	17.41932	-93.3387
Catedral Abajo 1° Sección	Ostuacán	17.39796	-93.3314
Catedral Abajo 1° Sección	Ostuacán	17.3913	-93.3303
Rivera Tanthichal	Ostuacán	17.4098	-93.3252
Rivera Tanthichal	Ostuacán	17.40914	-93.3235
Rancheria Central	Pichucalco	17.49907	-93.1277
Rancheria Central	Pichucalco	17.50077	-93.1254
Rancheria Central	Pichucalco	17.49402	-93.1337

2=Región Norte

3.2 Aislamiento y purificación, identificación morfológica, molecular y pruebas de patogenicidad de hongos y oomycetes asociados a cacao

Aislamiento y purificación: Se cortó el material enfermo en secciones pequeñas (hojas y agallas) y se lavó con agua destilada estéril. A continuación

se desinfectó con hipoclorito de sodio al 1% durante dos minutos. Se lavó con agua destilada para eliminar el exceso de hipoclorito. Bajo condiciones asépticas, se colocaron de 4 a 5 secciones del tejido enfermo en cajas Petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Se dejó incubar hasta que se observó el desarrollo del micelio. Después se transfirió una pequeña porción del medio de cultivo con el micelio a otra caja Petri que contenía PDA. El aislamiento de microorganismos a partir de frutos, se realizó de la siguiente manera: se lavaron con jabón, posteriormente se asperjaron con alcohol al 70% y se flamearon para su desinfección, a continuación se cortaron secciones de 1 cm y se colocaron en cajas Petri con medio Agar-agua, en un periodo de tres a cuatro días se realizaron las transferencias a cajas Petri contenidas de V8 modificado (Phillips, 2006) y PDA. Finalmente se hicieron cultivos monospóricos.

Identificación morfológica: Se determinaron características de las colonias como color y morfología. Se hicieron montajes con glicerol, se tomó una pequeña porción de micelio aislado en el cultivo puro. Con base en 100 mediciones (Crous *et al.*, 2009) de estructuras vegetativas y reproductivas de los hongos y oomycetes, las características microscópicas se observaron al microscopio compuesto que tenía una cámara digital Motic Images Plus 2.0. La identificación se realizó mediante claves taxonómicas (Waterhouse, 1974; Barnett y Hunter, 1972; Booth, 1971; Simmons, 2007; Guba, 1961). Los resultados obtenidos se compararon con la base de datos del Centro de Biodiversidad Fúngica (CBS) de la Real Academia de Ciencias y Artes de Los Países Bajos.

Pruebas de patogenicidad: Se realizaron con base a los postulados de Koch, para confirmar la relación planta-patógeno. Las pruebas se realizaron en laboratorio. Cada hongo foliar fue inoculado en ocho hojas. *Fusarium solani* se inoculó en tres árboles de vivero. Todos los tratamientos incluyeron un testigo. El inóculo se preparó a partir de cultivo monospórico de los hongos y oomycetes

desarrollados en PDA. De cada aislamiento se preparó una suspensión de esporas a 1×10^5 conidios ml^{-1} . Las hojas y frutos se lavaron y desinfectaron con alcohol al 70%, y se asperjaron con 3 ml del inóculo. El testigo se roció con agua destilada estéril. Las hojas y frutos se colocaron en una bolsa de plástico y en el interior se colocó un algodón estéril humedecido con agua destilada. Se consideraron enfermas cuando se hicieron visibles los primeros síntomas de la enfermedad. De tejidos infectados que mostraron los síntomas típicos se reaislaron a los patógenos en cultivo puro y se compararon morfológicamente con los aislamientos originales.

Identificación molecular: Se partió de cultivos monospóricos, crecidos en PDA y V8 modificado, se realizó la extracción de ADN con DNeasy® Plant Mini kit, bajo las recomendaciones del proveedor (Qiagen-USA), estos fueron enviados a Macrogen y mediante la técnica de la reacción de cadena polimerasa (PCR) se extrajo el ADN utilizando los iniciadores ITS4 e ITS5 (White *et al.*, 1990). Posteriormente el fragmento amplificado de cada muestra fue secuenciado y se comparó con la base de datos del banco de genes del NCBI (National Center for Biotechnology Information).

3.3 Evaluación de incidencia y severidad en campo

Se calculó la incidencia y severidad de cada sitio en 25 árboles por sitio como tamaño de muestra en un patrón de cinco de oros. Los sitios fueron seleccionados de un total de 109 productores (40%), que fueron entrevistados previamente. La incidencia se determinó de manera nominal (sano o enfermo) y se usó la fórmula propuesta por Campbell y Madden (1990).

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número de plantas totales}} \times 100$$

La severidad se estimó visualmente calculando el porcentaje de área afectada respecto al total (hojas o mazorcas, según enfermedad).

Los datos georeferenciados, se procesaron en el programa Golden software SURFER, para obtener mapas territoriales de la incidencia y severidad de cada una de las enfermedades encontradas. El método de interpolación utilizado fue el denominado Kriging.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Sitios y toma de muestras

Las visitas para la determinación de incidencia, severidad y toma de muestras, se realizaron en dos regiones del estado de Chiapas, México (Región Soconusco y Norte).

4.2 Identificación de hongos con base a identificación morfológica, pruebas de patogenicidad, e identificación molecular

En este apartado se describen los resultados por cada enfermedad-patógeno en base a su identificación morfológica, pruebas de patogenicidad e identificación molecular.

4.2.1 Moniliasis [*Moniliophthora roreri* (Cif and Par.) Evans *et al.*]

Este patógeno provoca pudrición de frutos a los que ocasiona hipertrofia e hiperplasia (gibas) (Figura 1A), necrosis y compactación de tejidos, coloración irregular, madurez prematura, manchas aceitosas oscuras. Se observó que después de la aparición de manchas, en un periodo de tres a ocho días, el fruto se cubre con esporas del hongo (Figura 1B). En la parte interna del fruto, la pulpa y las semillas forman una masa compacta difícil de separar. Estos síntomas observados coinciden con los descritos por Torres (2010) y Phillips (2006), mismos que indican que es una de las enfermedades más destructivas en el cultivo de cacao.

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas, a los catorce días. Se realizó el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. Las características de crecimiento en medio de cultivo V8 modificado son: micelio de color blanquecino al inicio, después cambio a color crema y finalmente marrón oscuro debido a la esporulación (Figura 1C). En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron hifas hialinas y septadas, conidias globosas, subglobosas y elípticas, que forman cadenas de cuatro a diez esporas que miden 5.0 a 15.1 μm de largo y de 4.9 a 10.3 μm de ancho, las esporas viejas desarrollan paredes gruesas y se tornan oscuras, las cuales pueden marcar el inicio de la fase de dormancia (Figura 1D).



Figura 1. *Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*]), A. fruto de cacao con deformaciones, B. esporulación sobre la superficie del fruto, C. características del hongo en medio de cultivo V8 modificado, D. esporas formado cadenas.

Identificación molecular. La secuencia de la región del ITS 4 obtenida fue comparada con los datos del NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia GU108605.1, con un 99%.

Los síntomas, características morfológicas y moleculares así como pruebas de patogenicidad confirman que *Moniliophthora roreri* (Cif and Par.) Evans *et al.* es el agente causal de la moniliasis del cacao.

4.2.2 Mancha negra (*Phytophthora capsici* Leonian)

Los síntomas observados fueron: manchas de color café oscuro con bordes definidos, la infección inicia generalmente en la base o ápice del fruto (Figura 2A). En un lapso de 10 a 15 días las manchas pueden cubrir todo el fruto con micelio de color blanco poco compacto y superficial (Figura 2B), los frutos enfermos son blandos, los daños en estos pueden necrosar del 30% hasta el 100 % de su superficie. De acuerdo con Stamps (1998), México se encuentra dentro de los países de distribución de *P. capsici*. Hebbar (2007), indicó que existen otras especies de *Phytophthora* que causan la enfermedad de la mazorca negra, tales como *P. citriphthora* y *P. palmivora*. Montes (1989) demostró que *P. capsici* es causante de mancha negra en Chiapas y Tabasco, México, lo que concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas a los ocho días en frutos y en hojas a los cinco días. Se reaisló el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. Las características observadas en medio de cultivo V8 modificado son: micelio hialino, toruloso, cenocítico aéreo escaso, radiado o ligeramente estrellado, con ramificación simpodial. En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron esporangios esféricos, ovoides o alargados con una dimensión de 19.9 μm a 44.13 μm de largo y 16.89 μm a 30.63 μm de ancho, con papila grande 5.6 μm en promedio y pedicelo largo (Figura 2 C-D). Hifas gruesas de 5 a 8 μm .

Identificación molecular. La secuencia de la región del ITS 4 fue comparada con la base de datos del NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia (AM422703.1) en un 99%.

Los síntomas, características morfológicas y moleculares, y pruebas de patogenicidad confirman que *Phytophthora capsici* Leonian es el agente causal de mancha negra del cacao.

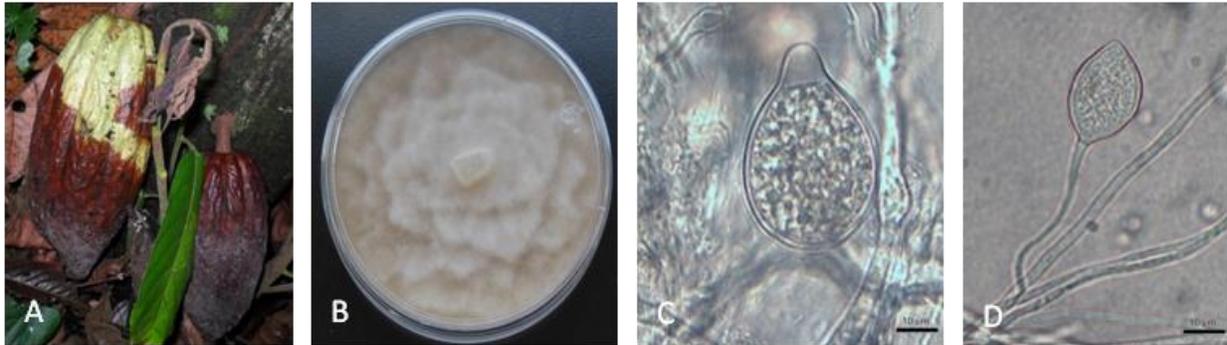


Figura 2. *Phytophthora capsici* Leonian. A. síntomas en frutos de cacao, B. características en medio de cultivo V8 modificado, C y D esporangio papilado.

4.2.3 Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.]

Se observaron síntomas de antracnosis en frutos y hojas, así como puntos café sobre la superficie del fruto, de apariencia hundida y halo amarillo, finalmente se forma un micelio de color rosado (Figura 3A), la necrosis avanza hacia el interior del fruto y llega a destruir las semillas, en el follaje causa lesiones secas con borde amarillo que avanzan hacia adentro de las hojas hasta dañarlas completamente y se caen (Figura 3B). Los resultados encontrados concuerdan con lo obtenido por Capriles (1979), y Rojas *et al.* (2010).

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas, en hojas a los tres días y en frutos a los nueve días. Se reisoló el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. Las características en medio de cultivo PDA son: Micelio de color, gris claro y gris oscuro, micelio aéreo variable, con pequeños puntos negros que corresponden a la esporulación del hongo (Figura 3C). Al microscopio compuesto se observaron conidióforos simples, cortos y erectos. Conidios incolores, hialinos, unicelulares y formas ovoides de 12 a 17 μm de largo y 3.5 a 6 μm de ancho (Figura 3D). A menudo se observan setas en acérvulos, que forman fascículos densos enteroblásticos apical y conidios. Células conidiógenas discretas, enteroblásticas, fialídicas, hialinas. Apresorios ovoides, globosos, de color marrón de 8 a 12 μm de largo y 6 a 9 μm de ancho.

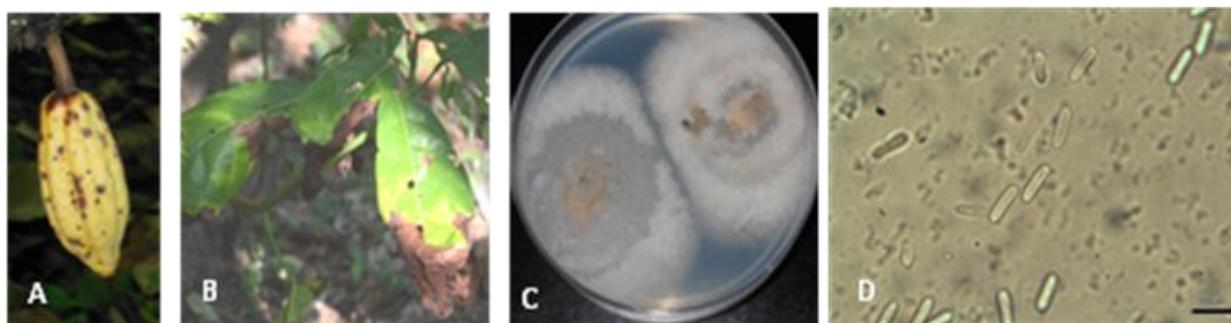


Figura 3. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. A. Síntomas de antracnosis en frutos, B. síntomas de antracnosis en hojas de cacao, C. características del hongo en medio de cultivo PDA, D. conidias unicelulares hialinas.

Identificación molecular. La secuencia de la región del ITS 4 fue comparada con el NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia HM989909.1 con 99%.

Los síntomas, características morfológicas y moleculares, así como pruebas de patogenicidad confirman que *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc es el agente causal de antracnosis del cacao.

4.2.4 Agallas asociadas a [*Fusarium solani* (Mart.) Sacc.]

Se observaron agrupaciones de numerosas yemas que no llegan a desarrollarse, generalmente se encuentran en los cojinetes florales, el tamaño de estas puede ser de 02 a 20 cm, nacen en el tronco y ramas (Figura 4A-B). Se infiere que este hongo está asociado a las agallas o bubas, debido a que en las pruebas de patogenicidad no fue posible reproducir los síntomas detectados en campo, sin embargo *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. fue frecuente en el aislamiento de muestras. Hansen (1963) identificó a *Fusarium roseum* como agente etiológico de las agallas del cacao en Nicaragua y a las especies *F. moniliforme* (ahora *F. Verticillioides*), *F. oxysporum* y *F. solani* asociados a estas malformaciones. Hutchins y Siller (1960) sugirieron que podría haber más de un agente causal de las agallas; Hansen y Capriles (1963) desecharon a las bacterias como agente. Sin embargo, quedó abierta la posibilidad de la influencia de otros hongos.

Identificación morfológica. En PDA se observó: micelio de color rosa que se torna en color rosa oscuro, pegado al PDA, poco algodonoso (Figura 4C). En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron monofialides con un collarete en lugar distinto. Macroconidios moderadamente curvos, células algunas veces con pedicelos basales, en su mayoría de 3 septos, ramificadas de 28 a 42 μm y de 4 a 6 μm de ancho, de vez en cuando 5 septos. Microconidios abundantes (Figura 4D). Las clamidosporas de 6 a 10 μm de diámetro que pueden estar solas o en parejas, terminales o intercalados, lisas o rugosas.

Identificación molecular: La secuencia de la región del ITS 4 obtenida fue comparada con los datos del NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia (JQ723750.1) con 99%.

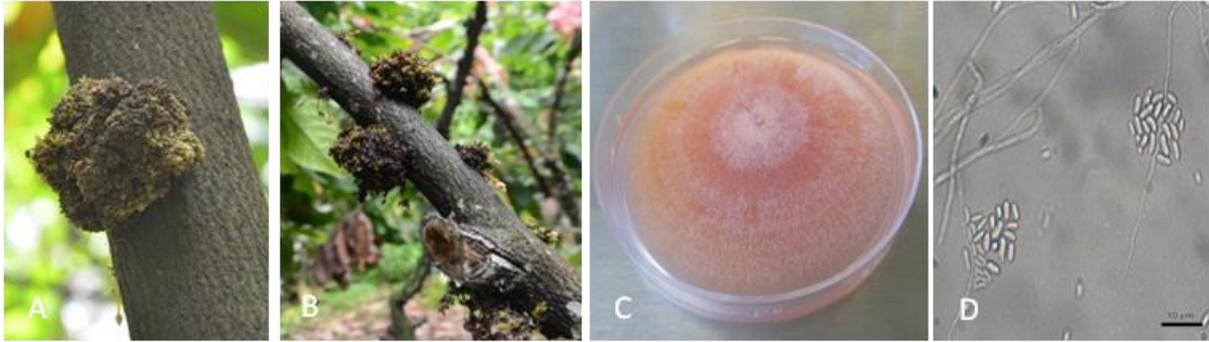


Figura 4. *Fusarium* spp. A. síntomas en cojinetes florales, B. en ramas productivas, C. características en medio de cultivo, D. conidios multisegmentados.

4.2.5 Manchas foliares por [*Alternaria alternata* (Fr.) Keissl]

Se observaron pequeñas manchas de color café oscuro con halos cloróticos que al agrandarse pueden cubrir toda la hoja (Figura 5A). Urdaneta (2007) mencionó a *A. alternata* asociada a manchas foliares en cacao en Venezuela, Ploetz *et al.* (1994) señaló que *Alternaria* sp. causa necrosis, lo cual coincide con lo obtenido porque también Urdaneta (2007) alude que *A. alternata* es un hongo cosmopolita presente en las regiones tropicales y causa daños foliares en diversos cultivos.

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas, a los ocho días. Se reaisló el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. En medio de cultivo PDA el micelio presenta una coloración de color café oscuro, poco algodonoso, septado (Figura 5B) conidióforos rectos o curvados, con uno o varios poros apicales. En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron conidios

elípticos iniciales de 25 a 30 μm de largo y 5 a 9 μm de ancho, de 4 a 7 septos transversales (Figura 5C). Forman cadenas de conidios (6 a 10 conidios por cadena) oscuras que son separadas por conidióforos secundarios o cortos (Figura 5D). Crecimiento acropétalo.

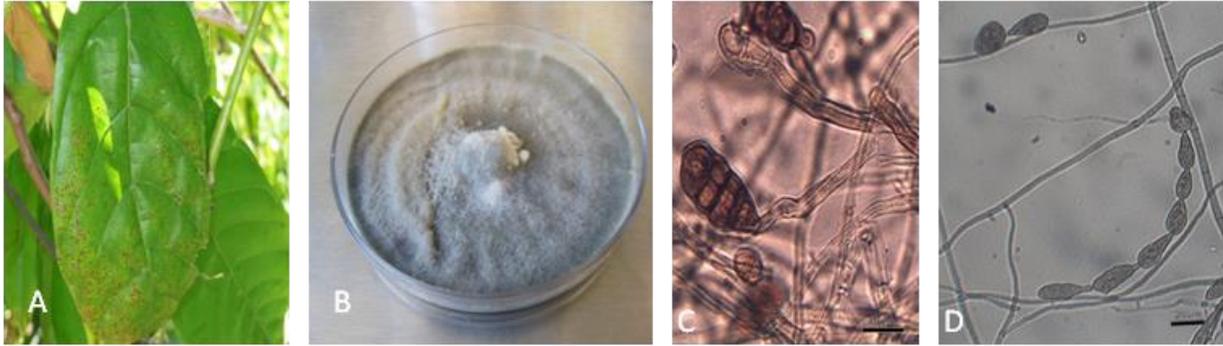


Figura 5. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. A. síntomas en hojas de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. conidios septados. D. cadenas de conidios.

Identificación molecular. La secuencia de la región del ITS 4 obtenida fue comparada con la base de datos del NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia (AY433814.1) con un 99%.

Los síntomas, características morfológicas y moleculares, así como pruebas de patogenicidad confirman que *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl] está asociado a manchas foliares.

4.2.6 Manchas foliares [*Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.]

Asociado a pequeñas manchas de color café oscuro con halos cloróticos que al agrandarse pueden cubrir toda la hoja y dañar su capacidad fotosintética (Figura 6A).

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas, al tercer día. Se reaisló el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. En medio de cultivo PDA presenta un crecimiento de color rosa claro, poco algodonoso (Figura 6B). En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron macroconidios falcados, de 5 a 7 septos de 45 a 75 μm de largo y de 4 a 5 μm , subhialinos, en la última célula se observó la forma de un pie con la curva hacia adentro. No se observaron microconidios. Las clamidosporas son intercalares, solitarias globosas en cadenas que miden de 7 a 9 μm de diámetro (Figura 6C).

Identificación molecular: La secuencia de la región del ITS 4 obtenida fue comparada con la base de datos del NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia (JN038465.1) con un 100%.

La características morfológicas, síntomas y pruebas de patogenicidad confirman que *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.] es otro de los agentes causales de las manchas foliares del cacao.



Figura 6. *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc.]. A. síntomas en hojas de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. macroconidios.

4.2.7 Pudrición de frutos [*Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres]

Se aisló de frutos con pudrición, las manchas eran de color café oscuras, las cuales necrosaban el tejido (Figura 7A). Urdaneta (2007), encontró que *Pestalotiopsis* sp., causa daños foliares en cacao lo cual no concuerda porque se encontró asociada a pudrición de frutos de cacao como parásito facultativo y Capriles (1979) encontró que *Pestalotiopsis* causa daños foliares en vivero.

Pruebas de patogenicidad. Se reprodujeron los mismos síntomas observados en campo en un 100% de las muestras inoculadas, a los cinco días. Se reaisló el patógeno que se desarrolló en los frutos inoculados.

Identificación morfológica. En medio de cultivo PDA: pústulas globosas oscuras raramente gregarias de 75 a 250 μm de diámetro (Figura 7B). En las observaciones mediante microscopio compuesto se observaron conidios de cinco células, que se estrechan en la base, rectos o ligeramente curvados de 19 a 24 μm de largo y 5 a 7 μm de ancho (Figura 7C). Las células de en medio son oliváceas con dos células superiores hialinas de 3 a 16 μm . Células apicales cortas, o cilíndricas. Cresta generalmente de 3 a 15 μm de largo. Pedicelos de 4 a 5 μm .

Identificación molecular. La secuencia de la región del ITS 4 obtenida fue comparada con el NCBI y mostró máxima identidad con la secuencia (AF377292.1) con un 99%.

Las características morfológicas, síntomas y pruebas de patogenicidad confirman que [*Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres] es el agente causal de pudrición de frutos de cacao.

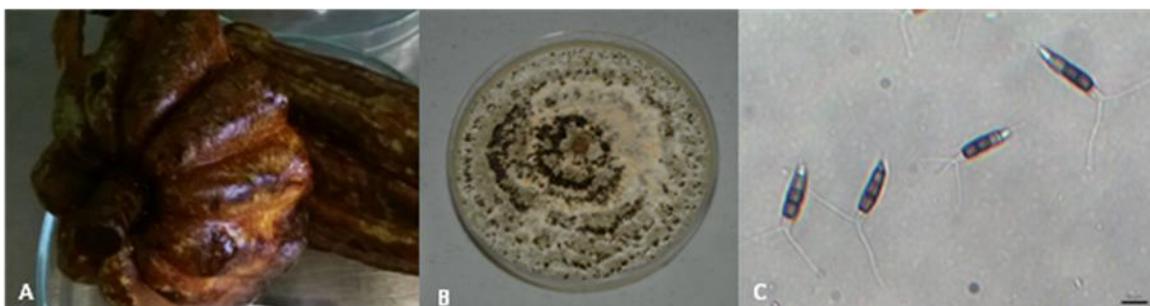


Figura 7. *Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres. A. síntomas en frutos de cacao, B. características del hongo en medio de cultivo PDA, C. conidios.

5. Evaluación de incidencia y severidad de enfermedades

La Figura 8 muestra la incidencia de las enfermedades; como se observa, la moniliasis causada por *Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.* es la enfermedad con mayor incidencia en las dos regiones de estudio y las manchas foliares por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc y agallas asociadas a *Fusarium solani* son mayores en la región Norte. Al comparar los resultados en las dos zonas se observó en general que la Región Norte tuvo una mayor incidencia total de enfermedades tales como moniliasis, mancha foliar y agallas. Lo anterior, puede estar relacionado con que los productores tienen otras fuentes de ingreso lo que significa que no solo tienen ingresos del cultivo del cacao, y han recibido menos asesoría técnica, además la Región Norte cuenta con un periodo más amplio de lluvias (cálido húmedo con lluvias todo el año y abundantes lluvias en verano), que la Región Soconusco (cálido subhúmedo con lluvias en verano, y cálido húmedo con lluvias abundantes en verano) (INEGI, 2014). Según Phillips (2003) *M. roreri* prospera con precipitación anual de 780 a 5,500 mm y temperatura promedio anual de 18.6 a 28 °C. La distribución espacial en las dos regiones de Chiapas de la incidencia y de la severidad de *M. roreri* se presenta en la figura 9 y 10.

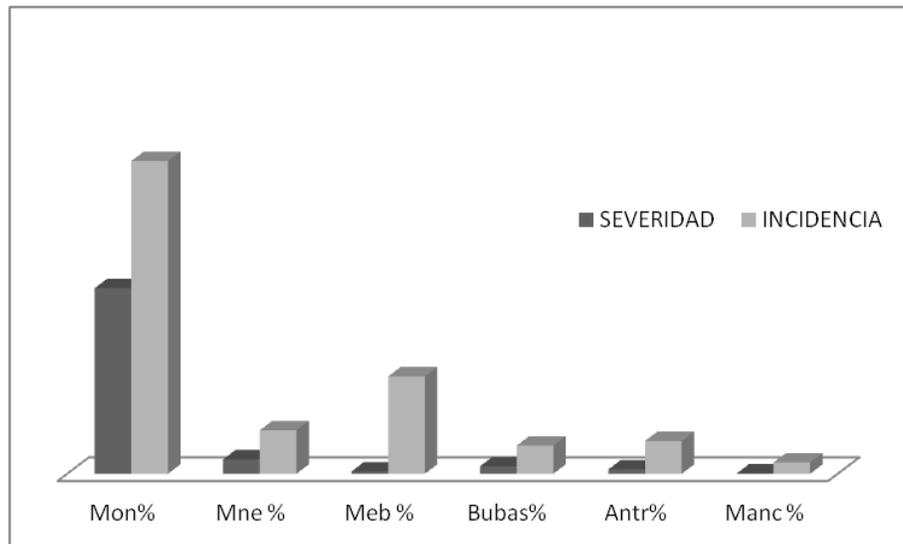


Figura 8. Incidencia y severidad de enfermedades en cacao en el estado Chiapas. Promedio de incidencia de la enfermedad en 25 muestras en la región Soconusco y en 19 muestras en la región Norte. Moniliasis (Mon) (*M. rozeri*), mancha negra (Mne) (*P. capsici*), mancha foliar en borde de hojas (Meb) y antracnosis en frutos (Antr) (*C. gloeosporioides*), agallas (Bubas) asociado a (*F. solani*), mancha foliar (Manc) (*A. alternata*).

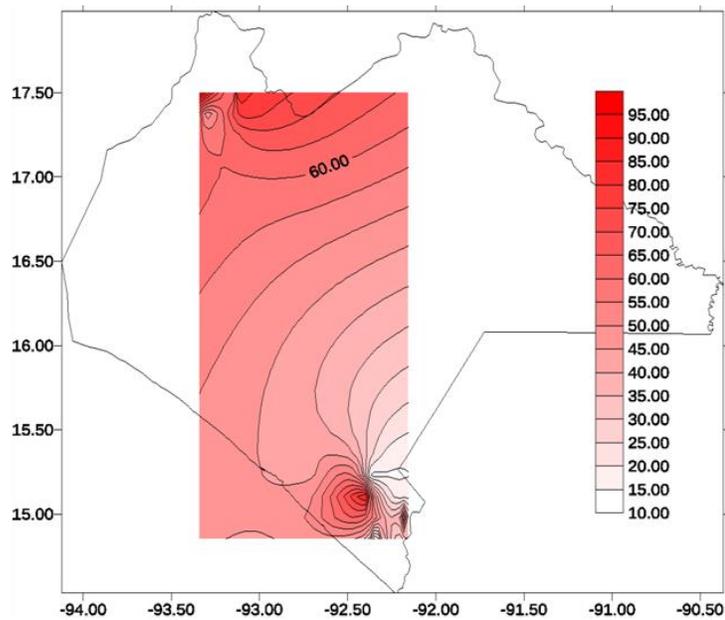


Figura 9. Incidencia de Moniliasis (*M. rozeri*) en el estado Chiapas. Las curvas y tonos indican la intensidad de la enfermedad en el estado.

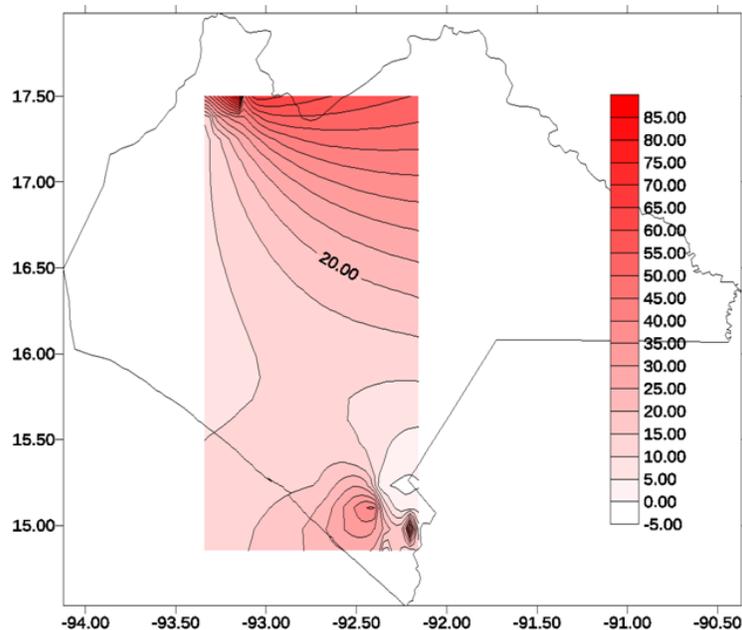


Figura 10. Severidad de Moniliasis (*M. rozeri*) en el estado Chiapas. Las curvas y tonos indican la intensidad en el estado.

6. CONCLUSIONES

- Se detectó la presencia de las siguientes enfermedades del cacao en Chiapas: pudrición de frutos por Moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*]), mancha negra por (*Phytophthora capsici* Leonian), antracnosis por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. Agallas asociadas a *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl y *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. en machas foliares y *Pestalotia Pestalotiopsis microspora* (Speg.) Bat. & Peres] en frutos con pudrición.
- La moniliasis es la enfermedad con mayor incidencia en las dos regiones de estudio.
- La mancha negra fue la segunda enfermedad más importante.
- Las manchas foliares en borde fueron la tercera enfermedad más importante sobre todo en la región Norte junto con agallas.

7. LITERATURA CITADA

- Avendaño A., C.H., A. Mendoza L., E. Hernández G., G. López, G., M. Martínez B., J.F. Caballero, P., S. Guillen D., S. Espinosa Z. S. 2013. Mejoramiento genético participativo en cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agroproductividad* 6(5):71-80.
- Avendaño A., C.H., J.M. Villareal F., E. Campos R., R.A. Gallardo M., A. Mendoza L., J.F. Aguirre M., A. Sandoval E., and S. Espinosa Z. 2011. Diagnóstico de cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 80 pp
- Barnet L.H. and Hunter B.B. 1972. *Illustrated General of Imperfect Fungi*. Third Edition. American Phytopathological Society. 241p.
- Booth C. 1971 *The genus Fusarium*. Ed. Commonwealth Micological Institute. England. 213 p.
- Bowers J.H., Bailey A.B., Hebbard P.K., Sanogo S., Lumsden R.D. 2001. The impact of plant diseases on world chocolate production. *Plant Health Progress*. Disponible en: <http://www.worldcocoafoundation.org/info-center/pdf/Bowers01.pdf>.
- Campbell, C.L. and Madden, L.V. 1990. *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley and Son. New York, USA. 532 pp.
- Capriles R., L. 1974. *Enfermedades del cacao en Venezuela*. Caracas, Venezuela. Fondo Nacional del Cacao. PP. 59- 65.

Capriles R.,L. 1979. Enfermedades del cacao en Venezuela. Fondo Nacional del Cacao. 79 p.

CBS-KNAW. 2014. Biodiversidad de hongos. Central de la Real Academia de Ciencias y artes de Los Países Bajos. <http://www.cbs.knaw.nl/Collections/DefaultInfo.aspx?Page=Home>

Córdova A., V. 2005. Organización campesina en la reconversión del cacao tradicional a orgánico en Tabasco, México. In: A. Aragón García, J. F. López Olguín, A. M. Tapia Rojas. Manejo Agroecológico de Sistemas. Dirección de fomento editorial, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Primera Edición. 180 p.

Crous, P.W., Verkley, G.J.M., Groenewald, J.Z. and Samson R.A. 2009. Fungal Biodiversity.

CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands. 269 pp.

Cueto L., J. 2005. Cacao: Sesenta años de investigación en México. En: Aguirre, JF; Iracheta, L. (eds). Rosario Izapa: 60 años de Ciencia e Innovación Tecnológica en el Trópico. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur-Campo Experimental Rosario Izapa (CIRPAS-CERI). Libro técnico 1: 13-25.

Guba E.F. 1961. Monograph of Monochaetia and Pestalotia. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 342 p.

Fulton R.H. 1989. The cacao disease trilogy: Black pod, Monilia pod rot, and Witches' Broom. Plant Disease 73:601-603.

- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2014. (Consulta 15 de agosto de 2014) <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/clima/>
- Hansen A.J, R. Capriles L. 1963. Agallas de puntos verdes en el cacao de Venezuela y Costa Rica. *Revista Turrialba* 13(2): 128-130.
- Hansen A.J. 1963. The role of *Fusarium decemcellulare* and *Fusarium roseum* in the green point cushion gall complex of cacao. *Revista Turrialba* 13(2): 80-87.
- Hebbar P.K. 2007. Cacao diseases: A global perspective from an Industry point of view. *Phytopathology* 97: 1658-1663.
- Hutchins L.M., L. Siller. 1960. Cushion gall types in cocoa. 8th Interamerican Cocoa Conference, Port of Spain, Trinidad y Tobago. Trinidad. 14 p.
- Leach A.W., Mumford J.D., Krauss U. 2002. Modelling *Moniliophthora roreri* in Costa Rica. *Crop Protection* 21:317-326.
- Larena I., P. Melgarejo. 2009. Development of a method for detection of the biocontrol agent *Penicillium oxalicum* strain 212 by combining PCR and a selective medium. *Plant Disease* 93:919-928.
- Montes B., R., L. 1989. Santos. Especies de *Phytophthora* aisladas de cacao en México y su distribución geográfica. *Turrialba (IICA)* 39 (4): 473-476.
- Phillips M.,W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.

- Phillips M.,W. 2006. La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En: Taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quevedo, Ecuador. Pp 21-25.
- Phillips M., W., F. Ortiz C., C. Aime M. 2006a. Fifty years of frosty pod rot in Central America: Chronology of its spread and impact from Panamá to Mexico. In Proceedings 15th International Cocoa Research Conference [San José, Costa Rica]. Cocoa Producers' Alliance (COPAL)/ CATIE. 11 p.
- Phillips M., W., J. Cawich, W. Garnett, M.C. Aime. 2006b. First report of frosty pod rot (moniliasis disease) caused by *Moniliophthora roreri* on cacao in Belize. Plant Pathology 55: 584
- Ploetz R.C. 2007. Cacao Diseases: Important Threats to Chocolate Production Worldwide. Phytopathology 97:1634-1639.
- Ploetz R.C., Zentmyer G., Nishijima W., Rohrbach K., Ohr H. 1994. Compendium of tropical fruit diseases. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. 88 p.
- Rojas E.L., Rehner S.A., Samuels G.J., Van Bael S.A., Herre E.A, Cannon P., Chen R., Pang J., Wang R., Zhang Y., Peng Y.Q., Sha T. 2010. Mycologia 102(6):1318-38.
- Simmons E.G. 2007. *Alternaria*. An identification manual. CBS Biodiversity Series 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht, The Netherlands.
- Stamps J. 1998. *Phytophthora palmivora*. CMI Description of pathogenic fungi and Bacteria 831: (84).

Sagarpa. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. www.siap.gob.mx/index (consulta, julio 2014).

Torres de la C., M. 2010. Progreso temporal y manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al del cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco, México. Evaluación del Azoxystrobin sobre el hongo *Moniliophthora roreri*, causa de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao*). Tesis Doctoral. Posg. De Fitosanidad Fitopatología. Montecillos. México. Colegio de posgraduados. 86 p

Urdaneta G., L.M., A.E. Delgado A. 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: 47-68.

Waterhouse G.M. 1974. *Phytophthora palmivora* and some related species. *Phytophthora* Disease of Cocoa. P. H. Gregory, ed. Longman, London. Pp. 51-70.

White T.J., T. Bruns S.L., and J.W. Taylor. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, eds. Innis, MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, and White TJ. Academic Press, Inc., New York. Pp. 315-322.

8. CONCLUSIONES GENERALES

- Se confirma que la moniliasis es la enfermedad que limita la producción de cacao en las regiones cacaoteras de Chiapas.
- Las prácticas culturales de poda y saneamiento siguen siendo la única opción de manejo que tienen los productores para contrarrestar el patógeno.
- Se constató que los agroquímicos que usan no son eficientes para controlar las enfermedades y que el mejoramiento genético es una alternativa viable que puede atenuar el problema del patógeno y consideran que es necesario aprovechar el germoplasma local.
- La moniliasis es la causa de que los productores estén abandonando el cultivo y se estimule el cambio de uso del suelo y dediquen su parcela a otras actividades productivas o reemplacen por cultivos como maíz, mango, soya, café, palma de aceite y pastizales.
- El diagnóstico de acuerdo con la identificación morfológica y molecular indica la presencia de las siguientes enfermedades y patógenos: Pudrición de frutos por Moniliasis (*Moniliophthora roreri* [(Cif and Par.) Evans *et al.*]), mancha negra por (*Phytophthora capsici* Leonian), antracnosis por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. Agallas asociadas a *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl y *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. asociados a manchas foliares y *Pestalotia* sp. causando pudrición de frutos. La identificación molecular de los patógenos concuerda con lo realizado morfológicamente.
- La moniliasis es la enfermedad con mayor incidencia en las dos regiones de estudio, las manchas foliares por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc, mientras que la incidencia de agallas asociadas a *Fusarium solani* es mayor en la región Norte.