

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Evaluación de *Moniliophthora roreri* en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) en Mapastepec, Chiapas, México

Por:

Leobardo Alexander Talarico Castro

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de *Moniliophthora roreri* en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) en Mapastepec, Chiapas, México

Por:

Leobardo Alexander Talarico Castro

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por:

Dr. Antonio Castillo Martínez
Presidente

Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Vocal

M.E. Javier López Hernández
Vocal

Dr. Alfredo Ogaz
Vocal suplente

Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Evaluación de *Moniliophthora roreri* en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*) en Mapastepec, Chiapas, México

Por:

Leobardo Alexander Talarico Castro

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el comité de asesoría:

Dr. Antonio Castillo Martínez
Asesor principal

Dr. José Abraham Obrador Sánchez
Coasesor

M.E. Javier López Hernández
Coasesor

Dr. Alfredo Ogaz
Coasesor

Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas.



Torreón, Coahuila, México
Mayo 2024

DEDICATORIA

Primordialmente a mis amados padres **Angel Leobardo Talarico López** y **María Elena Castro Martínez**, a los cuales dedico este gran logro; ya que ellos han sido la base fundamental de todo lo que hoy he logrado. No tengo palabras para agradecerles y no habrá dinero en el mundo con que yo les pueda pagar esta bellísima herencia que me pudieron obsequiar. Debido a que todo se los debo a ellos, quiero que este logro sea de ustedes.

A mi hermana: **Alondra Talarico Castro** por pertenecer a esta bellísima familia y estar en las buenas y en las malas. Doy gracias por todos sus consejos y aportaciones durante mi carrera, y lo que falta de navegar en esta bellísimo mar, al cual llamamos vida.

A mis abuelos: **Abelardo Castro**, **Yolanda Martínez** y **Candelaria López** por darme todo su amor y apoyo incondicional.

A mi tío: **Raúl Castro** por ser un gran amigo y otorgarme sus valiosos consejos y su hermosa amistad.

A mi tío **David** que en paz descanse, por quererme reflejar a su semejanza y desde donde esté me brinde su bendición.

Al **Sr. José Sereno** por pertenecer a una de las mejores amistades del núcleo familiar.

A algunos de mis demás familiares que me apoyaron durante este proceso y me brindaron sus consejos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por darme la vida y las fuerzas para lograr todo lo que algún día en mi niñez parecía un sueño demasiado imposible y hoy lo estoy cumpliendo; por darme salud, bienestar y todo lo que hasta hoy en día he logrado.

A mis padres: por el apoyo incondicional que ellos me han brindado desde que tengo memoria y hasta el día de hoy, por estar cumpliendo un sueño más en mi vida.

A mi hermana: al gran apoyo que me brinda día con día, dándome ánimo para forjar un futuro exitoso.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: por haberme abierto sus puertas y poder llegar ser un profesionista con conocimiento de calidad.

Al Dr. Antonio Castillo Martínez: por haberme compartido todo su conocimiento y concluir la carrera con lo mejor de lo mejor, por los valiosos consejos aportados, además de una grandiosa amistad que será para siempre.

Al M. E. Javier López Hernández: por haberme brindado su conocimiento durante la carrera, por el apoyo incondicional durante los problemas escolares y por esa valiosa amistad.

A la Sra. Teresa Pérez Pérez: por haberme apoyado al inicio de mi llegada a Torreón y así poder llegar a la universidad.

A mis Maestros del Departamento de Parasitología: por brindarme todo su conocimiento a base de esfuerzo, responsabilidad y dedicación; para así poder ofrecer un mejor resultado en el campo laboral.

A mis amigos: Jordán Romero, Aarón Ochoa, Marlene García, Valentín Castañón, Eduardo Hernández y Gabriel Peña, por apoyarme incondicionalmente durante mi carrera y hacerme sentir que estaba en casa. A todos los maestros de primaria, secundaria y preparatoria que me forjaron a base de conocimiento para hoy lograr este gran sueño.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CONTENIDOS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos particulares.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo de cacao.....	4
2.2. Condiciones ambientales para el cultivo de cacao.....	7
2.3. Beneficios del cacao.....	9
2.4. Producción mundial de cacao.....	9
2.5. Producción de cacao en México.....	10
2.6. Producción de cacao en Chiapas.....	10
2.7. Procesamiento del cacao.....	10
2.8. Productos y derivados del cacao.....	12
2.9. Enfermedades del cultivo de cacao.....	12
2.9.1. Mazorca negra (<i>Phytophthora</i> sp.).....	13
2.9.2. Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>).....	13
2.9.3. Mal de machete (<i>Ceratocystis fimbriata</i>).....	13
2.9.4. Agallas (<i>Albonectria rigidiuscula</i>).....	13
2.10. Origen de la moniliasis (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	13
2.11. Descripción de <i>Moniliophthora roreri</i>	14
2.12. Clasificación taxonómica de <i>Moniliophthora roreri</i> (Jaramillo, 2021).....	15
2.13. Síntomas de <i>Moniliophthora roreri</i>	15
2.14. Comportamiento de la moniliasis.....	16
2.15. Variedades comerciales de cacao a nivel mundial.....	17
2.16. Variedades resistentes a moniliasis establecidas en México.....	18

2.17.	Control de <i>Moniliophthora roreri</i>	21
2.17.1.	Control químico de <i>Moniliophthora roreri</i>	22
2.17.2.	Control biológico	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Área de estudio	26
3.2.	Orografía.....	26
3.3.	Agricultura.....	27
3.4.	Clima	27
3.5.	Sitio del experimento	27
3.6.	Arreglo experimental.....	27
3.7.	Establecimiento experimental	28
3.8.	Tratamientos.....	29
3.9.	Diseño experimental	30
3.10.	Incidencia de moniliasis.....	31
3.11.	Eficiencia de los tratamientos	31
IV.	RESULTADOS	31
4.1.	Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial.....	31
4.1.1.	Primer conteo con análisis factorial.....	31
4.1.2.	Segundo conteo con análisis factorial.....	34
4.2.	Diseño Completamente al Azar (DCA)	38
4.2.1.	Primer conteo con DCA	38
4.2.2.	Segundo conteo con DCA	39
V.	CONCLUSIONES.....	46
VI.	BIBLIOGRAFIA.....	47
VII.	ANEXOS	52

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Forma y dimensiones de la hoja del árbol de cacao (Jaraba et al., 2021).	4
Figura 2. Crecimiento dimórfico y ramas plagiotrópicas de la planta de cacao (Jaraba et al., 2021).	5
Figura 3. Posición de las flores del árbol de cacao en troncos y ramas (Arvelo et al., 2017).	6
Figura 4. Formas y fases de maduración de la mazorca de cacao (Arvelo et al., 2017).	6
Figura 5. Semillas de cacao cubiertas por pulpa mucilaginosa (Batista, 2009).	7
Figura 6. Raíz pivotante de la planta de cacao (Batista, 2009).	7
Figura 7. Ciclo de vida de <i>Moniliophthora roreri</i> (Suarez, 2016).	16
Figura 8. Fruto de cacao color rojizo de la Variedad CATIER R-1 (Phillips-Mora et al., 2012).	18
Figura 9. Fruto de cacao color amarillo del clon CATIER R-4 (Phillips-Mora et al., 2012).	19
Figura 10. Fruto acanalado del clon CATIE-R6 (Phillips-Mora et al., 2012)	19
Figura 11. Clon de semillas blancas CC-137 (Phillips-Mora et al., 2012).....	20
Figura 12. Mazorca de cacao del clon ICS-95 T1 (INIFAP, 2022).....	20
Figura 13. Productos biológicos formulados para el control de moniliasis (Cadena et al., 2022)	24
Figura 14. Ubicación de la unidad experimental, Rancho Loma Colorada, Mapastepec, Chiapas (Google Earth, 2022).	26
Figura 15. Ubicación del sitio experimental, Rancho Loma Colorada (Chiapas, México).....	27
Figura 16. Elección de variedades de cacao establecidas para el arreglo experimental.....	28
Figura 17. Acciones fitosanitarias previas al establecimiento experimental: poda y tratamiento de residuos vegetales.	28
Figura 18. Poda de formación y manejo fitosanitario de restos vegetales infectados por hongos fitopatógenos.....	29

Figura 19. Preparación de dosis y aplicación de fungicidas.....	30
Figura 20. Diseño de tratamientos y elección de variedades: verde (izquierda), amarilla (centro) y roja (derecha).	30
Figura 21. Conteo de Mazorcas Dañadas (ME) por moniliasis en tres variedades de cacao.....	35
Figura 22. Efecto del tratamiento 5 en árboles de cacao donde aumentó el número de mazorcas sanas (MS).	37
Figura 23. Disminución de la incidencia de moniliasis en cacao por efecto de los tratamientos.	41
Figura 24. Efecto del manejo agronómico con relación al número de mazorcas sanas (MS) e infectadas (ME) con <i>Moniliophthora roreri</i> en condiciones de campo, en las variedades de cacao a) CATIE-R1, b) CATIE-R4 y c) CATIE-R6, en Mapastepec, Chiapas, México. Los intervalos en cada barra representan el error estándar.....	42
Figura 25. Efecto del tratamiento 5 (azoxystrobin con flutriafol) sobre <i>M. roreri</i> en la disminución de mazorcas dañadas (ME) e incremento del rendimiento por aumento de mazorcas sanas.	43
Figura 26. Rendimiento en semilla de cacao de 2.5 kg/árbol por efecto del tratamiento T5.....	44

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de cacao a nivel mundial (CEDRSSA, 2022).....	9
Cuadro 2. Producción de cacao en México en 2023 (Preissing, 2023).....	10
Cuadro 3. Tratamientos evaluados en campo para el cultivo de Cacao en Mapastepec, Chiapas.....	29
Cuadro 4. Calendarización de aplicaciones de productos fungicidas en plantas de cacao.....	30
Cuadro 5. Tabla de análisis ANAVA para mazorcas enfermas de tres variedades de cacao.....	31
Cuadro 6. Interacción entre tratamientos y variedades.....	32
Cuadro 7. Efecto de los tratamientos en la variedad 3 con menos mazorcas dañadas.....	32
Cuadro 8. Análisis ANAVA para evaluar las variables de Mazorcas Sanas (MS).	32
Cuadro 9. Interacción entre Tratamientos y Variedades con alta significancia.	33
Cuadro 10. Pruebas para determinar el mejor tratamiento contra moniliasis en Mapastepec, Chiapas.....	33
Cuadro 11. Comparación de medias por interacción de tratamientos y variedades en Mapastepec, Chiapas.....	34
Cuadro 12. Análisis factorial con alta significancia en mazorcas enfermas durante el 2º conteo.	34
Cuadro 13. Valores que muestran significancia alta en los tratamientos aplicados en Mapastepec, Chiapas.....	35
Cuadro 14. Pruebas DMS y Tuckey para efectividad de los tratamientos en mazorcas dañadas por árbol de cacao.....	36
Cuadro 15. Efecto de significancia en los Tratamientos y variedades en Mazorcas Sanas.	36
Cuadro 16. Efecto de los tratamientos en la interacción de Tratamientos por Variedades.....	36
Cuadro 17. Efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas sanas de cacao en Mapastepec, Chiapas.....	37

Cuadro 18. Efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas sanas (MS) en plantas de cacao.	38
Cuadro 19. Resultados del análisis de varianza con el Diseño completamente al azar en el primer conteo de mazorcas enfermas.....	38
Cuadro 20. Efecto de los tratamientos en el número de mazorcas sanas por planta de cacao.....	39
Cuadro 21. Resultados del modelo y el efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas malas (mm).	39
Cuadro 22. Efecto de significancia del modelo y los tratamientos en la producción de mazorcas sanas (MB).....	40
Cuadro 23. Pruebas de Tuckey para la comparación de medias de los tratamientos en ME.	40
Cuadro 24. Rendimientos obtenidos con los tratamientos en relación al número de mazorcas sanas producidas por árbol de cacao.	40
Cuadro 25. Efecto del manejo sanitario a los arboles de cacao respecto a la incidencia y número de mazorcas sanas e infectadas con <i>Moniliophthora roreri</i> en Mapastepec, Chiapas, México.	45

RESUMEN

A nivel mundial, existen 20 variedades y tres clones de cacao con resistencia a moniliasis que están en decadencia, por falta de un control eficiente contra la pudrición blanca. *Moniliophthora roreri* daña los frutos de cacao en cualquier fase de desarrollo, ocasionando pérdidas de producción (75-100%) si no se realizan estrategias de control. En esta investigación se evaluó el efecto del control cultural, fitosanitario y químico para disminuir la incidencia de la moniliasis. El estudio se realizó de octubre 2022 a junio 2023 en el rancho Loma Colorada (15° 23'57" N, 92° 50'22"), ubicada en el ejido Sesecapa (Mapastepec, Chiapas) a una altitud de 20 msnm. Se evaluaron cinco parcelas conformadas por 24 árboles de cacao en un Diseño Completamente al Azar y con Arreglo Factorial. Para determinar las variables de productividad e incidencia del patógeno, se analizaron tres variedades (CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6), cinco tipos de manejo (cultural, fitosanitario) combinados con control químico y fertilización, y ocho repeticiones por bloque. La interacción entre los genotipos y los componentes del tratamiento conformado por manejo cultural, fitosanitario, químico (Azoxistrobin + Flutriafol) y fertilizante; aumentaron el número de mazorcas de cacao (48.5%) y disminuyeron 30.3% la incidencia de *Moniliophthora roreri*.

Palabras clave: Pudrición blanca, Moniliasis, Mazorcas, Manejo fitosanitario, Azoxistrobin

I. INTRODUCCIÓN

El cacao es una planta de origen amazónico, cultivada en la franja tropical húmeda, los países productores son: Brasil (18%), Ecuador (6%), Colombia y México, que aportan el 1% de la producción mundial (Bartley, 2005). Los cacaos comerciales son: el común u ordinario (introducido) que se comercializa en el mercado mundial (80-85%) y el cacao fino o de aroma (Criollo y Trinitario), utilizado para elaborar chocolate gourmet que aporta el 15-20% de la producción. México se encuentra entre los principales países exportadores de cacao fino y de aroma (González, 2011).

La pudrición blanca es un hongo que forma inicialmente una asociación con células vivas y más tarde con tejido muerto (hemibiotrófico), la infección inicia cuando los conidios o esporas reproductivas del hongo llegan a la superficie de las mazorcas; por condiciones de humedad relativa y temperatura altas, germinan y penetran en la mazorca ocasionando daños internos en las primeras etapas de la enfermedad (Ploetz, 2016). La asociación de los hongos *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp. ocasionan el 90% de pérdidas en la producción, siendo la principal amenaza para la producción de cacao en el mundo (Bailey *et al.*, 2017).

La pudrición blanca por moniliasis fue reportada por primera vez en Ecuador en 1895, posteriormente en 1917 se detectó en la región de Quevedo (Ecuador); desde allí se diseminó a Perú y Colombia, donde ocasionó el abandono de plantaciones enteras. El hongo se ha extendido por toda la región de América Latina, provocando importantes pérdidas en la producción. En Centroamérica y México la enfermedad se extendió en los últimos 50 años en las regiones de Chiapas y Tabasco, donde los daños llegan a casi el 50% de la producción, con la posibilidad que se siga incrementando debido a la expansión de la enfermedad (Phillips-Mora *et al.*, 2007).

Las formas reproductivas del hongo son rápidamente dispersadas por el viento y la lluvia o acarreadas en la ropa de los cosechadores y transportadas por los animales (Pérez-Vicente, 2018). Las esporas infectan mazorcas de cacao

inmaduras, causando hinchazón y maduración prematura del área infectada, seguido de la producción de inóculo abundante (44 millones de esporas/cm²) para nuevas infecciones. Los frutos más susceptibles a la enfermedad son los de menos de tres meses de edad, un factor importante de distribución de la enfermedad ha sido el movimiento de mazorcas infectadas entre países y los fenómenos naturales como los huracanes (Purdy y Dickstein, 1990).

El manejo del patógeno se basa en medidas estrictas de cuarentena, saneamiento y destrucción de partes vegetativas infectadas, el uso de clones resistentes y aplicaciones de fungicidas o antagonistas a troncos, ramas y frutos (Pérez-Vicente, 2018). Otras prácticas adicionales incluyen un manejo integral agronómico que incluye control cultural, genético, biológico y químico (Acebo-Guerrero *et al.*, 2012). Ortiz-García y colaboradores (2015) reportaron una reducción significativa de la incidencia de “moniliasis” con un programa de manejo integrado; por su parte, Maldonado (2015) evaluó podas y raleos fitosanitarios en cacao donde encontró una disminución del 40% en la incidencia de moniliasis. El uso del antagonistas (Villamil *et al.*, 2015) *Bacillus subtilis* controla diversos fitopatógenos (Ashwini y Srividya, 2014; Reiss y Jorgensen, 2017), aunque se recomienda la aplicación de Clorotalonil para el control de moniliasis por ser un fungicida no sistémico de amplio espectro (Contreras, 2017).

Las buenas prácticas agronómicas y de fertilización, sumadas al control químico y biológico, pueden aumentar los rendimientos de mazorcas en el cultivo de cacao. En el municipio de Mapastepec (Chiapas), los pequeños y medianos productores de cacao no realizan acciones para el control de la enfermedad, por desconocimiento del manejo fitosanitario y de las alternativas químicas o biológicas que se han desarrollado en otros sitios para el control de la moniliasis. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto que ejercen el manejo cultural, fitosanitario y químico en la incidencia de la pudrición blanca ocasionada por moniliasis, como alternativas de control para los productores de cacao en Mapastepec, Chiapas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de control que ejercen el manejo cultural, fitosanitario y químico sobre la incidencia de *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao en Mapastepec, Chiapas.

1.1.2. Objetivos particulares

- Colectar mazorcas de cacao con presencia de pudrición blanca.
- Aislar muestras del agente causal de la pudrición blanca en frutos de cacao.
- Identificar el patógeno que ocasiona la moniliasis en mazorcas de cacao.
- Evaluar en campo el efecto del control cultural, fitosanitario y químico sobre la moniliasis del cacao.
- Determinar el mejor tratamiento para disminuir la incidencia de moniliasis.

1.2. Hipótesis

Hipótesis nula (H0): El manejo cultural, fitosanitario y químico tienen un efecto positivo en la disminución de la incidencia de moniliasis en frutos de cacao.

Hipótesis alternativa (H1): El manejo cultural, fitosanitario y químico no muestran un efecto positivo en la disminución de la incidencia de moniliasis en frutos de cacao.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de cacao

El cultivo de cacao en México se le atribuye a la cultura Maya, los granos se utilizaron como moneda económica u ofrenda a los dioses prehispánicos; en algunos estados del sur de México se presentan las mejores condiciones para el cultivo de cacao (Arvelo *et al.*, 2017). Existen 20 variedades diferentes de *Theobroma cacao*, siendo el forastero, trinitario y criollo los más importantes; el forastero contiene una gran variabilidad genética, el criollo presenta genética más definida y la variedad trinitaria es un híbrido resultado del cruce de forastero con criollo. El árbol de cacao es perennifolio, las nuevas variedades miden entre 4-7 m de altura, pero los silvestres pueden alcanzar hasta 18 m. La mayoría de las variedades cultivadas de cacao son híbridos de origen mixto, pero están en decadencia por carecer de estrategias de control eficiente contra enfermedades (Batista, 2009).

Copa/hoja: Tiene una copa baja, densa y súper extendida, presenta hojas grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas de 15 a 50 cm de longitud aproximadamente y de 5 a 15 cm de ancho (Figura 1). Son ligeramente gruesas, de margen liso, de color verde oscuro en la parte del haz y tienden a ser un poco más descoloridas en la parte del envés, con peciolo grande del que se suspenden (AECID, 2023).



Figura 1. Forma y dimensiones de la hoja del árbol de cacao (Jaraba *et al.*, 2021).

Tronco/rama: El tronco tiene crecimiento dimórfico con brotes ortotropicos o chupones. Tienen ramas plagiotrópicas o en forma de abanico, las ramas primarias se forman en vértices terminales con 3 a 6 ramillas denominado molinillo (Figura 2). Emite flores insertadas en el tronco de la planta (cualiflora) o en las viejas ramificaciones. La parte externa de la corteza es de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada; la interna muestra coloración castaño claro y es insípida. (Jaraba *et al.*, 2021)



Figura 2. Crecimiento dimórfico y ramas plagiotrópicas de la planta de cacao (Jaraba *et al.*, 2021).

Flores: Presenta flores en racimos a lo largo del tronco y ramas, sostenidas por un pedicelo de 1 a 3 cm. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña longitud (0.5 a 1 cm de diámetro y de 2 a 2.5 cm de largo) en forma de estrella. Los pétalos miden de 5 a 6 mm de largo, de color blanco con teñidos de color rosa, alternos con sépalos; comienzan estrechos en la base de la flor, posteriormente se ensanchan de forma cóncava para formar un pequeño capuchón y terminan en una lígula (Figura 3). Los cinco sépalos son rosas, angostos y puntiagudos, ampliamente extendidos; las inflorescencias después de producir flores durante varios años se convierten en tubérculos engrosados que reciben el nombre de cojinetes florales (Arvelo *et al.*, 2017).



Figura 3. Posición de las flores del árbol de cacao en troncos y ramas (Arvelo *et al.*, 2017).

Fruto: Es una baya grande denominada mazorca, es carnosa, de forma oblonga a ovada, amarilla o purpurea, de 15 a 30 cm de largo y 7 a 10 cm de diámetro, de forma puntiaguda y con camellones longitudinales; cada mazorca puede albergar de 30 a 40 semillas (Figura 4), las cuales se encuentran en placentación axial e incrustadas en una masa de pulpa desarrolladas en la capa externa de la testa (AECID, 2023).



Figura 4. Formas y fases de maduración de la mazorca de cacao (Arvelo *et al.*, 2017).

Semillas: Son semillas grandes del tamaño de una almendra, de color café o purpureo, de 2 a 3 cm de largo, con sabor amargo. Están recubiertas por una pulpa mucilaginoso de color blanco y de sabor dulce y acidulado (Figura 5). Todo el volumen de la semilla en el interior está prácticamente ocupadas por los dos dicotiledónes del embrión. Se les llama vulgarmente granos de cacao. Totalmente ricas en almidón, en proteínas, materias grasa, lo cual provoca que tengan un alto valor nutritivo (Arvelo *et al.*, 2017).



Figura 5. Semillas de cacao cubiertas por pulpa mucilaginosa (Batista, 2009).

Raíz: Tiene raíz pivotante (Figura 6), cuando tiene las mejores condiciones de suelo puede lograr penetrar una longitud de aproximadamente 2 m de profundidad; emite un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo, favoreciendo el reciclaje de nutrientes (AECID, 2023).



Figura 6. Raíz pivotante de la planta de cacao (Batista, 2009).

2.2. Condiciones ambientales para el cultivo de cacao

Suelo: requiere suelos arcillosos agregados o franco-arenosos con un pH de entre 6 – 7. El suelo arcilloso es elemental para este cultivo por su buena absorción de agua dentro de su estructura; los suelos arenosos permiten un buen desarrollo de la raíz pero no retienen la humedad con facilidad, además de que son muy bajos en materia orgánica. Una buena oxigenación del suelo permite el óptimo crecimiento de la raíz, el intercambio gaseoso se efectúa por medio de poros intercomunicados del suelo; por ello requieren estar libre de gases para evacuar el agua, evitando el

colapso de la planta por asfixia radicular. Si se presentan cambios bruscos en la humedad del suelo y desciende la capa freática, crea un estrés hídrico ocasionando marchitez y muerte de la planta (Quiroz *et al.*, 2010).

Trasplante: Se deben eliminar previamente la maleza y arbustos pequeños o maquinaria para descompactar el suelo. Se debe adecuar del terreno realizando limpieza de rastrojo, trazado con baliza, estaquillado y hoyado para la siembra. Se debe realizar un marco de plantación de 3 x 3m de distancia entre calles y árboles; para un trasplante exitoso debe removerse el suelo y suministrar fertilizante para facilitar el desarrollo de la raíz. (Jaraba *et al.*, 2021)

Temperatura: El cacao es una planta susceptible a bajas temperaturas, puede presentar daños a una temperatura menor a 21°C provocando una cosecha irrentable de mazorcas. Las temperaturas demasiado altas puede provocar alteraciones fisiológicas en la planta, por ello el marco de plantación debe tener una densidad de árboles considerable para regular la temperatura dentro del cacaotal. Las temperaturas óptimas oscilan de los 21 a 35 °C con una temperatura constante y uniforme; en las zonas productoras de cacao se alcanzan temperaturas de 24 °C a 26 °C, lo que permite una buena producción (Quiroz *et al.*, 2010).

Humedad: La precipitación pluvial en las diferentes zonas productoras de cacao varía entre 1200 a 2500 mm en zonas cálidas y en zonas frescas entre 1000-1500 mm. La planta es muy sensible a la escasez y exceso de agua en el suelo, las necesidades del cultivo oscilan entre 1500 a 2500 mm de humedad en el suelo en zonas donde la temperatura es más alta y entre 1200 a 1500mm en zonas templadas o valles (Dostert *et al.*, 2011).

Nutrición: La presencia de elementos nutricionales en el suelo son altamente necesarias en el cultivo, la planta de cacao necesita 17 elementos que son necesarios para el desarrollo normal en la etapa de crecimiento y producción. Requiere macroelementos (N, P, K), elementos secundarios (Ca, Mg, S) y menores (B, Cu, Co, Fe, Mn, Ni, Mo, Si, Na y Zn); estos elementos deben estar disponibles para poder ser asimilados por la planta de cacao (Dostert *et al.*, 2011).

2.3. Beneficios del cacao

El cacao tiene una vasta cantidad de usos ancestrales, se han realizado investigaciones de los grandes beneficios que esta fruta tropical aporta al momento de su proceso. Las semillas contienen alta cantidad de flavonoides, fibras vegetales con propiedades antiinflamatorias que pueden llegar a regular los triglicéridos, los fosfolípidos y el colesterol. Pueden contribuir a bajar la presión arterial en momentos difíciles, retardantes del envejecimiento y ayudan a procesos mentales como la falta de memoria (Hutz *et al.*, 2022).

2.4. Producción mundial de cacao

Existe una producción de cinco millones de toneladas de cacao anuales, generando entre 35 y 44 mil millones de dólares, la mayoría de la producción proviene de pequeños agricultores. Los países productores de África producen el 80% de cacao a nivel mundial, siendo Costa de Marfil el principal productor de cacao (Cuadro 1). América latina y el caribe aportan el 15% de la producción mundial de cacao y México contribuye con casi 28 mil 500 toneladas (CDRSSA, 2022).

Cuadro 1. Producción de cacao a nivel mundial (CEDRSSA, 2022).

País	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2021-2022
Costa de marfil	1,964.0	2,154.4	2,130.0	2, 136.0
Ghana	904.7	811.7	801.5	805.2
Ecuador	286.6	322.1	328.0	298.4
Camerún	249.9	280.0	290.0	263.4
Nigeria	250.0	270.0	250.0	270.1
Indonesia	240.0	220.0	200.0	210.0
Brasil	204.2	175.7	190.0	209.3
Perú	134.3	130.0	125.0	128.0
República Dominicana	84.6	75.0	75.0	73.2
Colombia	55.0	60.0	60.0	57.0
Papua Nueva Guinea	35.8	36.0	35.0	30.3
Uganda	35.0	35.0	35.0	31.0
México	28.4	28.5	30.0	29.1
Otros	175.3	181.3	174.6	177.0
Total mundial	4,647.8	4,779.7	4,724.1	4,718

2.5. Producción de cacao en México

En 2019 se produjeron 28 mil 452 toneladas, pasando de 0.62 a 0.46 toneladas por hectárea, la superficie sembrada disminuyó de 81,987 a 59,595 hectáreas. El estado de Tabasco ha sido el principal productor de cacao en México, aportando el 64% de la producción nacional; Chiapas aportó el 35% y Guerrero el 1% de la cosecha nacional. En el año 2023 la superficie sembrada disminuyó en los dos principales estados productores (Cuadro 2), en Tabasco se observó un decremento del 32% (de 60,106 a 40,913 hectáreas), mientras que en Chiapas se perdieron casi 3000 hectáreas (14% de disminución). Los rendimientos en grano cosechado también mostraron pérdidas significativas en Tabasco (de 0.55 a 0.45 Ton/Ha = 18%) y Chiapas pasó de 0.82 a 0.57 Ton/Ha (Preissing, 2023).

Cuadro 2. Producción de cacao en México en 2023 (Preissing, 2023).

Estados	Producción (Ton/Ha)	Sup. Sembrada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)
Tabasco	18,928	40,913	0.45
Chiapas	9,870	18,426	0.57
Guerrero	285	255	1.15

2.6. Producción de cacao en Chiapas

Chiapas se coloca como el segundo Estado de la República Mexicana con una producción anual de 9, 870 toneladas. Es una fuente económica que recibe más de 365 millones de pesos, generado por pequeños y grandes productores de cacao (Díaz *et al.*, 2023).

2.7. Procesamiento del cacao

El proceso de los granos de cacao, es fundamental para la elaboración del chocolate y otros derivados que dependen del cacao. El proceso parece fácil, pero en realidad es difícil y complicado (Góngora *et al.*, 2023).

Porras (2021), ha descrito el siguiente proceso desde la colecta de mazorcas hasta obtener el producto final:

Cosecha: Esta actividad es totalmente manual, se colectan las mazorcas que contienen los granos de cacao cubiertos por una cascara gruesa; con ayuda de un

machete o instrumento filoso se raja la mazorca para extraer las semillas y posteriormente son depositadas en un recipiente.

Fermentación: Este proceso puede durar varios días, después de la extracción de las semillas de la mazorca, los granos de cacao son colocados en contenedores para que se fermenten. En el proceso de fermentación se desarrollan los principales sabores característicos del cacao, mientras los azúcares se convierten en ácido láctico y otras sustancias.

Secado: Una vez el cacao se encuentre fermentado, se puede utilizar el calor del sol o secadoras especiales para este proceso. En el sol; las semillas son expuestas a la radiación por varios días hasta que tengan coloración café oscura; con las secadoras, las semillas se exponen a las ondas de calor provocadas por lámparas hasta adquirir una coloración café oscura.

Tostado: Los granos de cacao se tuestan en una máquina de calor para que las almendras desprendan sus olores y se elimine la humedad restante a diferentes tiempos y temperaturas, hasta adquirir el sabor que dese el consumidor.

Descascarillado: consiste en eliminar las cascara hasta obtener los nibs o el núcleo interno de los granos. Se puede realizar de forma manual, desprendiendo la cascara con las mano o con descascadoras mecánicas.

Molienda: Los nibs de cacao se pueden moler para formar una pasta utilizada para elaborar licor de cacao o con la misma pasta se integra a otro proceso para formular el Conching destinado para elaborar chocolate.

Conching: Consiste en calentar y mezclar la pasta durante horas o varios días, para darle sabor y textura al chocolate, provocando que los sabores indeseados sean eliminados y se logre producir una textura crujiente.

Templado: Su finalidad es endurecer la pasta mediante enfriamiento por agitación hasta obtener un punto donde se cristaliza adecuadamente la manteca de cacao; este proceso asegura que el chocolate tenga una textura y un brillo agradable.

Moldeado: Se utiliza el molde designado por la empresa y es empaquetada para su venta.

2.8. Productos y derivados del cacao

El cacao es utilizado para elaborar una gran cantidad de productos que se utilizan diariamente, pueden ser de uso cosmético o para consumo directo (SADER, 2018), algunos de estos productos elaborados pueden ser:

Chocolate: Este producto es el que más se elabora con el cacao y uno de los más consumidos a nivel mundial. Se elabora de diversas formas como: barras de chocolate, chocolate para cocinar, chocolate caliente, trufas, etc. (Jiménez, 2015).

Manteca de cacao: Es un producto derivado la grasa natural extraída de los granos de cacao, es utilizado en la industria cosmética, farmacéutica y para la elaboración de chocolate con mayor grasa (Codini *et al.*, 2004).

Cacao en polvo: Se obtiene al moler los granos después de retirar la grasa, es utilizado para la preparación de bebidas calientes, repostería y como ingrediente para dar sabor y ciertos colores (Perea, *et al.*, 2009).

Licor de cacao: Es una pasta espesa obtenida al moler los granos tostados de cacao. Es utilizado como ingrediente para los chocolates de alta gama y en la industria de las bebidas alcohólicas a base de licor de chocolate (Porrás, 2021).

Cacao nibs: Son trozos de cacao tostados y triturados, son utilizados como ingredientes en repostería, cereales, batidos y en muchos productos horneados. (Perea, *et al.*, 2009)

2.9. Enfermedades del cultivo de cacao

El cultivo de cacao se ve afectado por enfermedades que producen pérdidas en rendimiento y económicas al agricultor, al destruir las mazorcas de cacao o dañar las plantas susceptibles. Las enfermedades tienen el mayor impacto en el cultivo del cacao en el mundo, centro y Sudamérica; los hongos son responsables de ocasionar graves pérdidas en la producción; a diferencia de las bacterias, virus y nematodos que no causan daños tan severos. La moniliasis (*Moniliophthora roreri*),

la escoba de bruja (*M. perniciosa*) y *Phytophthora* sp., son enfermedades que atacan severamente al cultivo del cacao (Pérez, 2018).

2.9.1. Mazorca negra (*Phytophthora* sp.)

Es ocasionada por hongos (protistas) del género *Phytophthora*, este patógeno ataca diferentes partes de la planta, pero al igual que la moniliasis su mayor impacto es causado en los frutos (Perez, 2018).

2.9.2. Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)

Es una de las enfermedades más dañinas para el cultivo, causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa*; produce crecimientos anormales y lesiones en los brotes, las ramas, los cojines florales y los frutos. Ataca a las plántulas de vivero y algunos síntomas en frutos podrían ser confundidos con la moniliasis (Senasica, 2022).

2.9.3. Mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*)

Es una enfermedad del tronco y las ramas, producida por el hongo *Ceratocystis fimbriata*; se transmite por herramientas sin desinfectar y por un insecto del género *Xyleborus*, un coleóptero perforador del tronco (Herrera *et al.*, 2015).

2.9.4. Agallas (*Albonectria rigidiuscula*)

Son anomalías en el crecimiento que se presentan en el tronco y las ramas del cacao, se manifiestan puntos verdes causados por *Albonectria rigidiuscula*; este hongo produce gran cantidad de brotes muy pequeños que no llegan a desarrollarse, afectando el crecimiento y la fructificación de la planta (Perez *et al.*, 2012).

2.10. Origen de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*)

Los primeros registros indican que la enfermedad se originó en Ecuador en 1890, siendo Quevedo el epicentro del patógeno por ser en el principal productor de cacao; el patógeno se dispersó a Colombia (Santander, Antioquía) en 1949, donde disminuyó la producción de mazorcas por árbol a estado crítico (Venero, 2018). En 1950 se había diseminado a Ecuador y Venezuela, dispersándose por toda la amazonia (1952) incluyendo Perú y Panamá, éste último se consideró el punto inicial para la propagación del patógeno en Mesoamérica. Actualmente Costa Rica, Guatemala, Honduras, Belice, Nicaragua y México son los principales países

afectados por el hongo. En la mayoría de los países afectados por moniliasis se presentan pérdidas desde el 40 al 70% dependiendo de la región, las condiciones ambientales y el tipo de variedad establecido; en clones altamente productivos como “Pound-7” se ha manifestado el 100% de pérdidas en la producción cuando no existe ningún tipo de control (Phillips *et al.*, 2008).

En México la enfermedad fue reportada por primera vez al norte del Estado de Chiapas (marzo 2005), en plantaciones de cacao del municipio de Pichucalco, Chiapas; después se esparció a las principales regiones productoras de cacao del mismo Estado y en Tabasco. Actualmente los Estados afectados son Tabasco, Chiapas, Oaxaca y Guerrero. El inóculo fue diseminado al establecerse grandes extensiones de cacao en los Estados de Chiapas (Tuzantan, Huehuetan) y Tabasco, donde los daños por moniliasis representaron el 50% de la producción anual, afectando la variedad de cacao criollo del Soconusco (López *et al.*, 2014).

En el Estado de Chiapas, los primeros registros de la enfermedad se observaron en la región del Soconusco (2008); causando devastaciones agresivas en plantaciones ubicadas en Huehuetan, Tapachula, Tuxtla chico y Tuzantan. Actualmente la moniliasis causa pérdidas económicas en la región Costa-Soconusco de Chiapas, dañando plantaciones de cacao del municipio de Mapastepec (Chiapas); los predios afectados se ubican en Sesecapa, Nicolás Bravo, Flores Magón, La fronterita y otros ejidos productores de cacao (López *et al.*, 2006).

2.11. Descripción de *Moniliophthora roreri*

Es un hongo de la clase Basidiomycota que ocasiona la enfermedad de la moniliasis, *M. roreri* fue descrito como Ascomycota, por la ausencia de una etapa de reproducción sexual, similar a las otras especies de monilia; posteriormente se descubrió que la sepa del patógeno contenía doliporos y capas de poros septales, que son características de los hongos Basidiomycota, pero no existe evidencia de una etapa sexual en la reproducción de este hongo (Correa *et al.*, 2014).

2.12. Clasificación taxonómica de *Moniliophthora roreri* (Jaramillo, 2021)

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Subclase: Agaricomycotina

Orden: Agaricales

Familia: Marasmiaceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *M. roreri*

2.13. Síntomas de *Moniliophthora roreri*

La enfermedad se manifiesta en cualquier parte de la planta y en cualquier fase del desarrollo vegetativo, se manifiesta de manera agresiva en los primeros estados de desarrollo del fruto. Cuando el hongo penetra al fruto se desarrolla intracelularmente; el período de incubación del patógeno es el más largo y después de varios meses de la inoculación se observan tumores, necrosis, daños internos y externos (Hernandez *et al.*, 2018).

El ciclo de la enfermedad inicia generando esporas cuando se presentan condiciones de humedad ambiental baja (época seca), las esporas (conidios) son diseminadas por el viento, la lluvia y herramientas de trabajo, depositándose en la superficie de las hojas y frutos del hospedero. Los conidios germinan en ambientes húmedos con temperaturas superiores a 24 °C en un tiempo de 6 a 8 horas, posteriormente las hifas infectivas penetran la epidermis y se dirigen a los tejidos centrales (mesodermo y semillas), originando una necrosis que provoca la muerte del tejido interno y externo del fruto (Suarez, 2016).

La infección presenta puntos aceitosos de diámetros pequeños (<2 mm) que aumentan progresivamente de tamaño durante 10 o 20 días, con el avance de la enfermedad presentan protuberancias en los frutos y al transcurrir 2 o 3 meses se observan manchas aceitosas color café oscuro, finalizando con el crecimiento de

micelio blanco con esporas infectivas sobre las lesiones generadas por el hongo (Gabriel *et al.*, 2018), como se observa en la figura 7.

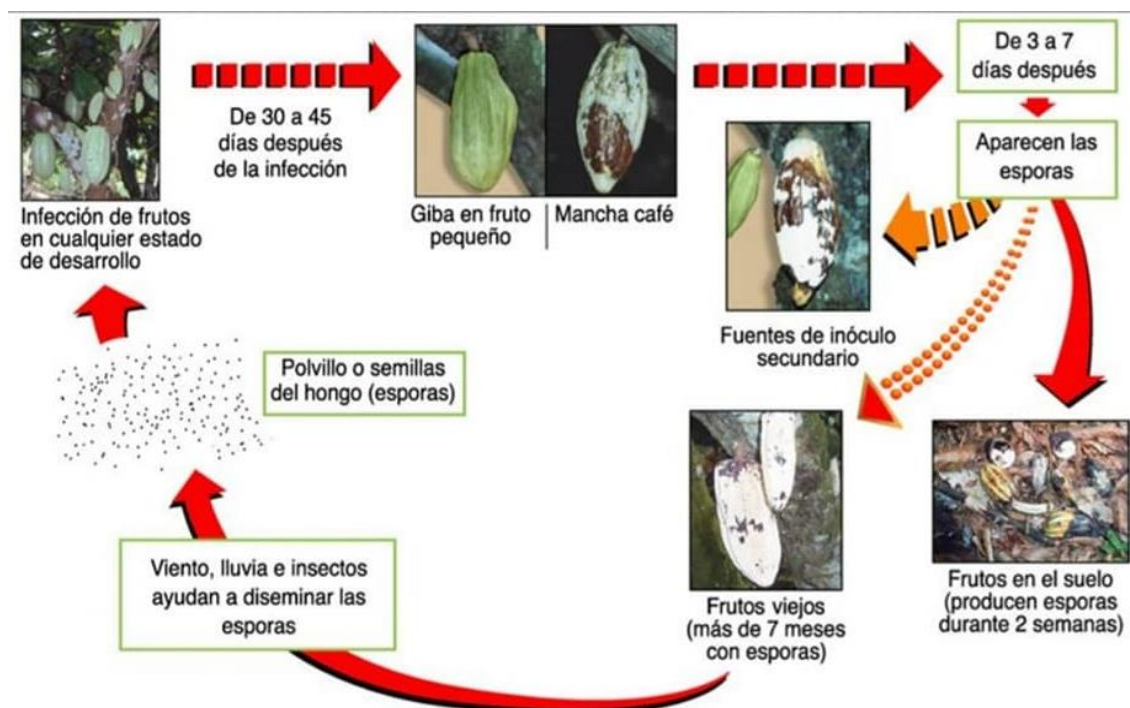


Figura 7. Ciclo de vida de *Moniliophthora roreri* (Suarez, 2016).

2.14. Comportamiento de la moniliasis

La enfermedad se presenta en plantaciones establecidas hasta 1520 msnm con precipitación pluvial entre 780-5500 mm anuales y con temperaturas de 18.6 a 28 °C, las condiciones de desarrollo dentro del fruto aumentan con temperaturas mayores de 25 °C y humedad relativa de 80%. El patógeno se dispersa fácilmente cuando existen las condiciones óptimas, pero los cambios drásticos frenan su disseminación; por ello solo se manifiesta en ciertas regiones del mundo, donde existen zonas selváticas con humedad relativa alta. Para evitar la disseminación crítica del hongo, muchos países se declararon en cuarentena (Hernández *et al.*, 2018).

Las malas prácticas de manejo, la alta humedad y temperatura propiciaron el aumento del hongo; la enfermedad se ha mantenido sin evolución pero en estado crítico, manteniendo un nivel medio en porcentaje de propagación. Para frenar la

dispersión de la enfermedad, se están utilizando variedades mejoradas y buenas prácticas agrícolas (Hernández *et al.*, 2018).

2.15. Variedades comerciales de cacao a nivel mundial

Variedad criolla: Es una variedad totalmente conocida por su calidad superior y un sabor que la hace distinguir de otras variedades. Esta variedad es una de las más antiguas y prestigiosas en todo el mundo. Es originaria de América central y Sudamérica, es cultivado en países como Ecuador, México, Venezuela y Brasil principalmente. Tiene como características un sabor suave, aroma delicado, menos amargo y con baja acidez en comparación con otras variedades; por ello, esta variedad tiene mejor calidad y es la más aceptada por los chocolateros y amantes del chocolate. Mayormente esta variedad es utilizada para la producción de chocolate fino, pero debido a la susceptibilidad a enfermedades solo representa una pequeña fracción cultivada a nivel mundial (Ricaño *et al.*, 2018).

Variedad forastero: Esta variedad tiene un sabor muy robusto, es originaria de la región de la amazona y cultivada principalmente en África occidental. El sabor es amargo y menos complejo en comparación con el criollo, haciéndolo excelente para la producción de chocolate con sabor más intenso. Es utilizado para la producción de chocolate en masa y de cobertura, así como en productos de repostería y cosméticos. En comparación con el criollo, esta variedad es más resistente a enfermedades (Vera *et al.*, 2023)

Variedad trinitaria: Esta variedad es altamente valorada por su calidad y sabor distintivo. Se considera como un híbrido natural entre la cruce del criollo y el forastero, las dos variedades de cacao que dieron origen a todo lo que hoy en día existe. Esta variedad es considerada por obtener las mejores características de ambas variedades; por ejemplo: la resistencia y alta productividad del forastero junto con el sabor y la calidad aportada por el criollo. Es cultivada principalmente en Trinidad, pero también la podemos encontrar en otros países productores de cacao como Venezuela, Colombia, Ecuador, y algunos lugares del caribe y América Central (Erazo *et al.*, 2023).

2.16. Variedades resistentes a moniliasis establecidas en México

Actualmente en México se realizan estudios de mejoramiento genético para poder combatir a la moniliasis, estos nuevos híbridos se vuelven más resistentes a las enfermedades, aunque el hongo tiende a volverse más difícil de controlar. Se han desarrollado híbridos para ayudar con los problemas causados por la moniliasis; durante 15 años se han seleccionado seis clones trinitarios: CATIER R-1, CATIER R-4, CATIER R-6, CC-137, ICS- 95 y el PMCT- 58 (INIFAP, 2022).

De acuerdo con el INIFAP (2022) y Phillips-Mora *et al.*, (2012) se han registrado los siguientes clones:

CATIER R-1: Es un clon que fue desarrollado por el instituto de investigación agropecuaria (INIA) en Perú, caracterizado por un crecimiento vigoroso y alta productividad. Ha demostrado resistencia a enfermedades como como la escoba de bruja y la moniliasis, que causan problemas muy severos en el cultivo. Los frutos de la variedad son grandes y alargados, tienen un peso de aproximadamente 500 g; cuentan con una pulpa dulce y con un buen aroma que lo hace distintivo de otros granos (Figura 8). Este clon demostró tener un rendimiento alto en las diversas condiciones edafoclimáticas, siendo variedades robustas y productivas.



Figura 8. Fruto de cacao color rojizo de la Variedad CATIER R-1 (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

CATIER R-4: Este clon de cacao fue desarrollado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica. Se desarrolló para aumentar la productividad y la resistencia a enfermedades que atacan al cacao; estos clones son seleccionados y propagados de manera asexual para mantener

características deseables, calidad del grano, alto rendimiento y resistencia a enfermedades como la moniliasis.

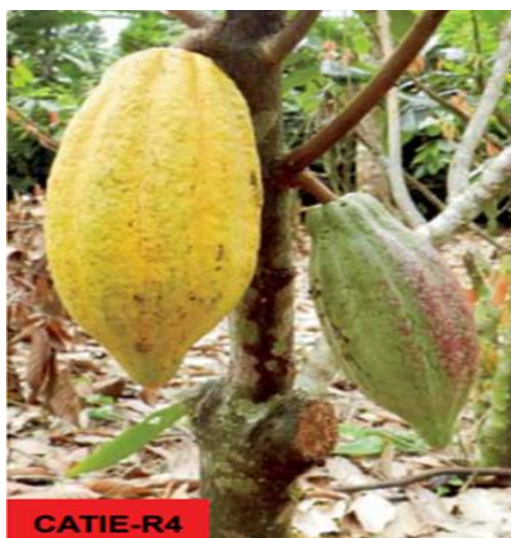


Figura 9. Fruto de cacao color amarillo del clon CATIER R-4 (Phillips-Mora *et al.*, 2012).

CATIER R-6: Es un clon creado en el CATIE para aumentar la producción y la resistencia a enfermedades. Los agricultores están utilizando este clon para mejorar el rendimiento en la producción porque disminuyen problemas causados por la moniliasis y la escoba de bruja.

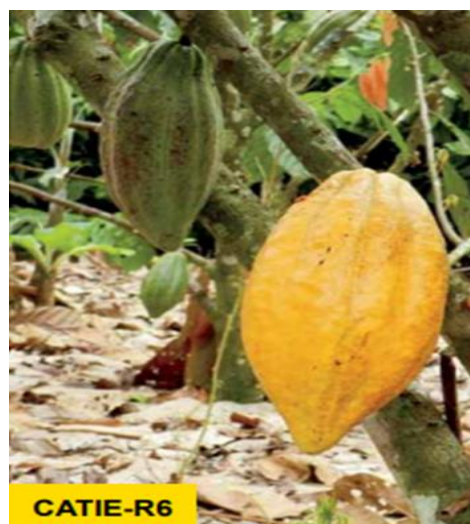


Figura 10. Fruto acanalado del clon CATIE-R6 (Phillips-Mora *et al.*, 2012)

CCC-137: Es un clon conocido como blanco, tiene un reconocimiento por su alta calidad y por la producción de granos de alta calidad, el sabor lo distingue de otros clones y presenta una notable ausencia de pigmentación en las semillas, de ahí deriva el nombre de blanco. Este clon requiere condiciones específicas de

crecimiento que incluye un clima tropical cálido y húmedo; sin embargo, tiene una limitada producción en comparación con otros clones comunes, lo que influye en su disponibilidad y precio en el mercado.



Figura 11. Clon de semillas blancas CC-137 (Phillips-Mora *et al.*, 2012)

ICS- 95: Este clon tiene una productividad muy alta y resistencia a enfermedades que causan problemas graves al cultivo; se ha catalogado como muy resistente a la escoba de bruja y la moniliasis. En cosecha se obtiene buena calidad de grano y por ende tiene mayor demanda por el precio.



Figura 12. Mazorca de cacao del clon ICS-95 T1 (INIFAP, 2022)

PA-169: Este genotipo se desarrolló por el Programa de Mejoramiento Genético de Cacao en la Universidad de Pennsylvania. Este genotipo manifestó alta

resistencia a enfermedades como la moniliasis y escoba de bruja, que perjudican en las regiones donde se produce el cacao. Tiene alta calidad en granos y alto nivel de productividad.

UF-273: Este genotipo es reconocido por su resistencia a enfermedades, fue desarrollado en la Universidad de Florida (Estados Unidos), se reconoció por la alta resistencia contra el hongo *Phytophthora* (podredumbre de almendra). Su alta productividad y calidad de grano favorecen su venta al mercado.

Hasta el momento se han reportado los genotipos resistentes ICS-95, UF-273, PA-169, EET-223, EET-183; los cuales fueron introducidos a México en el año 2006 y han mostrado rendimientos en la producción de 0.7 a 1.5 kg de grano seco por árbol (INIFAP, 2022).

2.17. Control de *Moniliophthora roreri*

Se ha implementado el control cultural, biológico, químico, físico y el uso de nuevas variedades. El manejo integrado de plagas (MIP) es una solución con interés ecológico y sostenible, utilizando hongos parasíticos. *Trichoderma* sp. es un hongo que se utiliza como parasitismo, antibiosis, manifiesta competencia por espacio de nutrientes, aumenta el crecimiento o desarrollo del árbol y provoca defensas frente a patógenos; sin embargo, se ha estudiado poco sobre la interacción de *Trichoderma* y hongos fitopatógenos por carecer de experimentación en los campos agrícolas con el cultivo del cacao (Azules *et al.*, 2019).

El control físico consiste en realizar podas para reducir la propagación de la enfermedad, se debe formar una estructura adecuada para el árbol, manteniendo y aumentando la productividad y calidad de la producción; este manejo agiliza las labores culturales y disminuye los costos de producción, siendo uno de los controles con menos costo. La poda de formación se realiza en plantas en desarrollo, dejando cierto número de ramas principales y tratando de equilibrar la copa del árbol con la estructura balanceada para concentrar la cosecha. Esta práctica difiere cuando las plantas provienen de semillas, estacas e injertos (Jaimes *et al.*, 2022).

En el control químico de la enfermedad se emplean fungicidas a base de cobre (óxido cuproso, hidróxido de cobre) y sistémicos. En México, el control químico ha sido poco utilizado por la poca disponibilidad de productos efectivos sobre *M. roleri*. Los fungicidas protectantes basados en diferentes sales de cobre (cúpricos) representan una opción viable por su eficiencia, bajo costo y bajo impacto ambiental. Los fungicidas sistémicos tienen capacidad de translocación y efecto de control inmediato en infecciones tempranas de desarrollo del patógeno. Estos fungicidas han sido evaluados contra *M. roleri* y se incluyeron en programas de manejo de la enfermedad para disminuir la enfermedad en México (Martínez *et al.*, 2016).

2.17.1. Control químico de *Moniliophthora roleri*

Los fungicidas más utilizados son tebuconazol, propiconazol, azoxystrobin, trifloxystrobin y flutalanil; la mayoría son fungicidas sistémicos que tienen una acción preventiva y curativa (Pilaloa *et al.*, 2021). El azoxystrobin es un fungicida sistémico con propiedades preventivas y curativas, la translocación acropétala tiene capacidad inmediata para ingresar a las partes vegetativas de la planta; este fungicida inhibe la síntesis del ergosterol del hongo, volviéndose parásito de la planta huésped e impidiendo la multiplicación del fitopatógeno *M. roleri*. (Torres *et al.*, 2011).

El Tebuconazol es un fungicida sistémico con propiedades curativas y preventivas con absorción acropétala; tiene la capacidad de ser absorbido en todas las partes vegetativas de las plantas impidiendo la multiplicación del hongo. El Trifloxystrobin es un fungicida de acción sistémica con presentación granulada dispersable en agua para aplicarse en aspersión al follaje; tiene efecto meso-sistémico, está formulado para el control de hongos fitopatógenos ascomicetos, deuteromicetos, basidiomicetos y oomicetos (Nieto *et al.*, 2018).

Algunos fungicidas con nombre comercial utilizados en el control de la Moniliasis:

Spartan WG: Es un fungicida de acción sistémica a base de tebuconazol, tiene un control en una gran variedad de enfermedades (oídio, moteado, estemfilium, cladosporiosis y monilia), es utilizado en hortalizas y frutales. Pertenece a la familia

química de los triazoles y actúa como inhibidor de la biosíntesis del ergosterol (FMC, 2018).

BUMPER 25 EC: Es un fungicida sistémico a base de propiconazol, se aplica de manera foliar, es de acción preventiva y curativa. Actúa impidiendo la biosíntesis del ergosterol y controla gran variedad de hongos que atacan a diversos frutales (ADAMA, 2021).

Soldier 250 SC: Es un fungicida de nueva generación formulado a base de flutriafol y azoxistrobin, tiene dos modos de acción para un control con mayor potencial en los cultivos. Este fungicida al ser aplicado de manera foliar es absorbido por las hojas de manera translaminar (FMC, 2019).

Moncut 50 WP: Este producto en forma de polvo humectable actúa de forma sistémica, de absorción foliar y radical; inhibe las enzimas necesarias para la respiración del hongo. Su ingrediente activo es el flutolanil (AGRISOLVER, 2019).

2.17.2. Control biológico

Los productos agrícolas formulados a base de microorganismos pueden controlar la moniliasis y evitar su dispersión constante.

Bacillus thuringiensis: Esta bacteria puede producir ciertas toxinas que son efectivas contra especies de hongos y algunos otros patógenos que afectan a frutales. Se utilizan como productos comerciales para el control biológico de enfermedades como la Moniliasis que afecta al cultivo de cacao (Tirado *et al.*, 2016).

Streptomyces ssp: Es una bacteria que produce una sustancia antimicrobiana que puede inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos y es utilizada para el control biológico de enfermedades (Suarez *et al.*, 2013).

Trichoderma ssp: Algunas especies de *Trichoderma* pueden colonizar las raíces de las plantas y competir con los hongos fitopatógenos por espacio y nutrientes, reduciendo la incidencia del patógeno. Los productos formulados a base de *Trichoderma* han tenido buenos resultados al momento de ser aplicadas para el control de la Moniliasis (Tirado *et al.*, 2016).

Extractos de plantas: Muchas plantas contienen compuestos con propiedades fúngicas y actúan de la misma forma que un producto químico, pero con un efecto menos dañino a la naturaleza. Los extractos de ajo, cebolla, neem y otras plantas pueden ser utilizados para el control de la moniliasis de manera natural (Guerrero *et al.*, 2020).

Micorrizas: Las micorrizas son hongos benéficos que forman una simbiosis con las raíces de las plantas, pueden aumentar la resistencia de las plantas a enfermedades como la Moniliasis, mejorando el sistema inmunológico y la mejora en la absorción de nutrientes, esto ayuda a que la planta se vuelva más resistente a las enfermedades (Sisalima *et al.*, 2023).

Actualmente existe una gran variedad de organismos y microorganismo para un control enfermedades ocasionadas por hongos. Estos productos pueden variar según las condiciones ambientales que se presentan en el cultivo y ambiente. Como recomendación adecuada es necesario integrar el control biológico con otras prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades para obtener mejores resultados (Cadena *et al.*, 2022).



Figura 13. Productos biológicos formulados para el control de moniliasis (Cadena *et al.*, 2022)

Trichomax: Este producto biológico contiene un aislamiento natural de *Trichoderma viride* el cual produce antagonismo directo a hongos dañinos. Combate a hongos patógenos por micoparasitismo, antibiosis y ocupación de espacio. Estos

dan un resultado de inducción en forma de resistencia contra enfermedades al favorecer un aumento en la producción de fitoalexinas (SALAGRO, 2018).

Serenade Aso: Es un fungicida biológico de aplicación foliar para el control de enfermedades fúngicas que atacan a hortalizas y frutales; el ingrediente activo que contiene este producto es *Bacillus amyloliquefaciens*. (BAYER, 2019).

PHC, ROOTSHIELD PLUS: Este producto es un fungicida biológico preventivo para enfermedades en las plantas; contiene microbios, esporas de *Trichoderma harzianum* cepa T-22 y *Trichoderma virens* cepa G-41. Recomendado para tratar las semillas o aplicarse durante los trasplantes, por desarrollarse en la raíz de las plantas y a medida que aumenta su propagación aumenta la protección a la planta de hongos dañinos (PLANTHEALTH CARE MEXICO, 2023).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El rancho Loma Colorada ($15^{\circ} 26' 30''$ N y $92^{\circ} 53' 30''$ W) pertenece al municipio de Mapastepec ubicado al sur de Chiapas a una altitud de 46 msnm (Figura 14), limita al oeste, noreste y norte con el municipio de Pijijiapan, La Concordia y Ángel Albino Corzo.; al este con Sultepec, con Motozintla al sureste, con Acacoyagua y Acapetahua al sur y con el océano pacifico al sur, suroeste y oeste (INEGI, 2010).

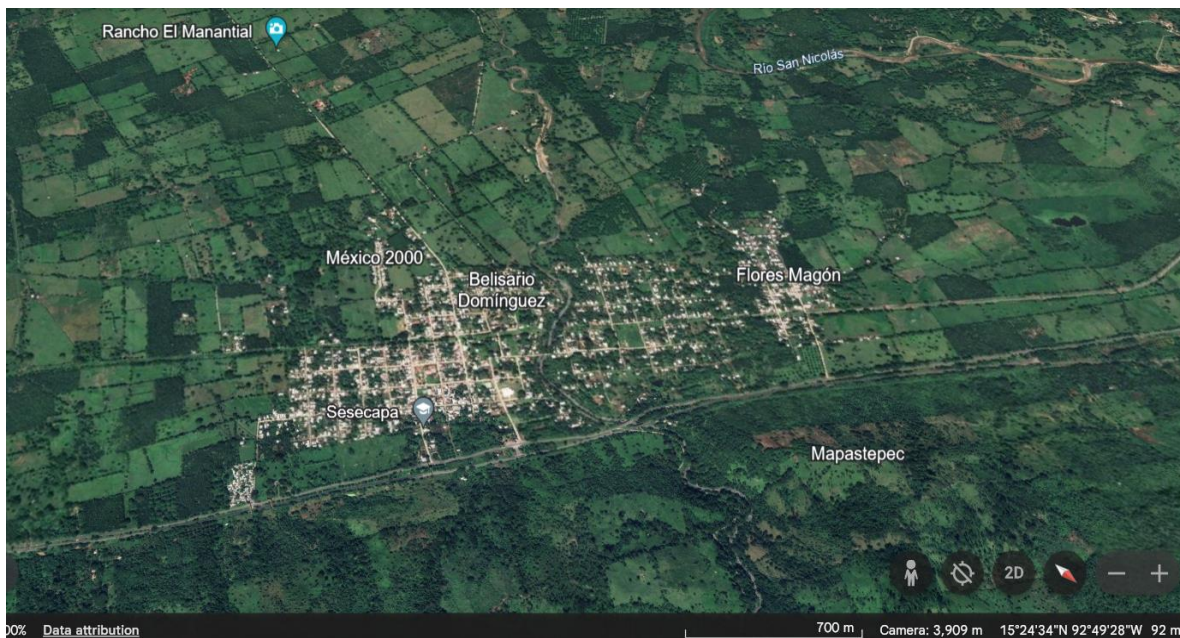


Figura 14. Ubicación de la unidad experimental, Rancho Loma Colorada, Mapastepec, Chiapas (Google Earth, 2022).

3.2. Orografía

La orografía se compone de esteros, pantanos, lagunas y parte de la Sierra Madre la cual alberga gran cantidad de flora y fauna. Presenta terrenos con montañas (35%), planicies (20%), lomeríos (30%), pantanos (10%) y el resto con terrenos accidentados (5%). La vegetación es característico de selva alta en la costa, bosque de encino y pino; en la sierra se puede encontrar cedro, primavera, guanacaste, hormiguillo, roble, papause, cuajinicuil, anona y guayaba. La fauna de la zona regia costera la conforman iguana, gaviota, tuza, sapos, cocodrilos, tortugas e infinidad de insectos plagas al igual que benéficos (INEGI, 2010).

3.3. Agricultura

El sector agrícola se dedica a la producción de maíz, frijol, ajonjolí, palma de aceite africana, plátano, sandía, melón, cacao, café, mango, naranja, aguacate, forrajes, hortalizas y diversidad de picantes. Un sector de la orografía del terreno permite la agricultura extensiva mecanizada, los suelos son ricos en materia orgánica y con altos contenidos de humedad (INEGI, 2010).

3.4. Clima

La región se considera de clima cálido húmedo (enero-septiembre) y semicálido (octubre-diciembre), la temperatura anual oscila los 28 °C con una precipitación anual de casi 2000 mm en la temporada de junio a octubre (INEGI, 2010).

3.5. Sitio del experimento

El estudio se realizó del 9 de octubre del 2022 al 16 de junio del 2023 en el rancho “Loma Colorada” ubicada en el ejido Sesecapa (15° 23'57” N, 92° 50'22”), Mapastepec, Chiapas a una altitud de 20 msnm (Figura 15).



Figura 15. Ubicación del sitio experimental, Rancho Loma Colorada (Chiapas, México).

3.6. Arreglo experimental

Se delimitaron 5 lotes con 50 plantas de cacao en edad productiva (7 años), en un marco de plantación de 3x3 m con las variedades CATIE R-1 (verde), CATIE R-4 (rojo) y CATIE R-6 (amarillo); de las 250 plantas se seleccionaron 120 plantas de

cacao, donde se evaluaron 5 tratamientos con 24 unidades experimentales y 8 plantas por hilera de cada variedad (Figura 16).



Figura 16. Elección de variedades de cacao establecidas para el arreglo experimental.

3.7. Establecimiento experimental

En cada unidad experimental (árbol de cacao) se realizó poda de aclareo (descope), poda fitosanitaria, conteo inicial de mazorcas sanas y dañadas por el hongo fitopatógeno, retirando éstas últimas para depositarse en fosa séptica fuera del predio. Se aplicó una solución de Oxiclورو de cobre (2g/litro de agua) de manera manual con brocha, para sellar las heridas producto del descope y poda fitosanitaria; para la desinfección de herramientas de corte se utilizó Hipoclorito de Sodio al 4%. Los frutos dañados y los restos vegetales fueron triturados y depositados en una fosa séptica (2x2 m) ubicada a 20 metros del sitio de estudio (Figura 17).



Figura 17. Acciones fitosanitarias previas al establecimiento experimental: poda y tratamiento de residuos vegetales.

3.8. Tratamientos

Para los tratamientos se consideraron el manejo cultural (MC), Manejo Fitosanitario (MF), el Tratamiento químico (Oxicloruro de Cobre, Azoxistrobin con Flutriafol) y Fertilización con Triple 17, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en campo para el cultivo de Cacao en Mapastepec, Chiapas.

Tratamientos	Acciones
Tratamiento 1:	Manejo Cultural (MC) (Testigo)
Tratamiento 2:	Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF)
Tratamiento 3:	Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF) + Oxicloruro de Cobre
Tratamiento 4:	Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF) + Azoxistrobin con Flutriafol
Tratamiento 5:	Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF) + Azoxistrobin con Flutriafol + Fertilización.

El manejo cultural consistió en poda de formación y fructificación, para el manejo fitosanitario se consideraron la desinfección de herramientas de corte con Hipoclorito de Sodio, el retiro de frutos infectados por el hongo y la poda de ramas dañadas, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Poda de formación y manejo fitosanitario de restos vegetales infectados por hongos fitopatógenos.

Para el tratamiento químico se aplicaron vía aspersión 2 g de Oxicloruro de Cobre por litro de agua y 1.5 ml por litro de agua de Azoxistrobin con Flutriafol. Para fertilizar las plantas de cacao en el Tratamiento 5 se emplearon 562 g de Triple 17 por árbol, la aplicación se realizó el 26 de octubre del 2022 para coincidir con el periodo de lluvias. Las aplicaciones de los fungicidas se realizaron con aspersora

manual de mochila con varilla larga (Figura 19), las aspersiones se realizaron como se muestra en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Calendarización de aplicaciones de productos fungicidas en plantas de cacao.

Numero de Aplicaciones	Condiciones del cultivo
1ª aplicación – 15 de noviembre 2022	Sin floración
2ª aplicación – 15 diciembre 2022	Inicio de floración
3ª aplicación – 15 enero 2023	Frutos en formación
4ª aplicación – 15 marzo 2023	Frutos en maduración



Figura 19. Preparación de dosis y aplicación de fungicidas.

3.9. Diseño experimental

Se realizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial (DCA factorial), los factores determinados fueron los 5 tratamientos y 3 variedades con 8 repeticiones (Figura 20). Igualmente se realizó un Diseño Completamente al Azar con nivel de variación en tratamientos.



Figura 20. Diseño de tratamientos y elección de variedades: verde (izquierda), amarilla (centro) y roja (derecha).

3.10. Incidencia de moniliasis

Se estimó por la cuantificación del total de mazorcas producidas por variedad, número de mazorcas sanas (MS) y número de mazorcas enfermas (ME). Con base en esto, se determinó el porcentaje de incidencia mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia} = \left(\frac{\text{total de mazorcas enferm}}{\text{total de mazorcas cosechadas}} \right) (100)$$

3.11. Eficiencia de los tratamientos

Se determinó con las variables de productividad (mazorcas sanas MS) y % de incidencia de la moniliasis. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa SAS System Ver. 9.0.

IV. RESULTADOS

4.1. Diseño Completamente al Azar con Arreglo Factorial

4.1.1. Primer conteo con análisis factorial

Con el análisis de varianza se determinó que no hay significancia entre los factores tratamientos y variedades evaluadas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tabla de análisis ANAVA para mazorcas enfermas de tres variedades de cacao.

Variable dependiente: Mazorcas Enfermas (ME)					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	14	494.716667	35.336905	1.57	0.0998
Error	105	2362.750000	22.502381		
Suma total	119	2857.466667			

El factor tratamiento no afectó en la cantidad de mazorcas enfermas (ME), las variedades mostraron un efecto significativo (Cuadro 6), puesto que algunas variedades tienen mayor número de mazorcas enfermas que otras. En la interacción

entre Tratamientos (Trat) y Variedades (Var), los tratamientos no tuvieron un efecto positivo sobre el número de mazorcas enfermas por planta (ME/planta).

Cuadro 6. Interacción entre tratamientos y variedades.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Trat	4	86.66666	21.74166	0.97	0.4293
Var	2	161.81666	80.90833	3.60	0.0309
Trat *Var	8	245.93333	30.74166	1.37	0.2199

Se realizaron las pruebas de Diferencia Mínima Significativa (DMS) y Tuckey, se demostró que en ambas no existe significancia en los tratamientos; aunque se observó un efecto en la variedad 3 (rojo) con menos mazorcas malas (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos en la variedad 3 con menos mazorcas dañadas.

Prueba DMS				Prueba Tuckey			
T	Mean	N	Var	Tukey	Mean	N	Var
A	16.925	40	2	A	16.925	40	2
A				A			
A	16.850	40	1	A	16.850	40	1
				A			
B	14.425	40	3	A	14.425	40	3

Con el análisis de varianza se determinó que durante el conteo de mazorcas sanas (MS) se observó un efecto altamente significativo ($0.0046 < 0.05$) en el factor tratamientos y variedades analizadas con el modelo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis ANAVA para evaluar las variables de Mazorcas Sanas (MS).

Cuadro de ANAVA					
Variable Dependiente: Mazorcas Sanas					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	14	788.966667	56.35476	2.47	0.0046
Error	105	2393.625000	22.79642		
Total	119	3182.591667			

Los tratamientos tuvieron un efecto significativo en la producción de mazorcas de cacao, por su parte las variedades no impactaron en el número de mazorcas sanas (MB) de cacao, pero la interacción Tratamientos X Variedades (Cuadro 9) fue altamente significativa afectando el número de frutos sanos (MS).

Cuadro 9. Interacción entre Tratamientos y Variedades con alta significancia.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Trat	4	265.883333	66.470833	2.92	0.0248
Var	2	3.8166667	1.9083333	0.08	0.9198
Trat*Var	8	519.266666	64.908333	2.85	0.0067

Se realizaron pruebas de medias para identificar el mejor tratamiento para controlar la moniliasis, con ambas pruebas (DMS y Tuckey) se observó que los tratamientos 5 y 3 resultaron los mejores estadísticamente (Cuadro 10); por consiguiente, el resto son iguales estadísticamente.

Cuadro 10. Pruebas para determinar el mejor tratamiento contra moniliasis en Mapastepec, Chiapas.

Prueba DMS				Prueba Tuckey			
t Grouping	Mean	N	Trat	Tukey Grouping	Mean	N	Trat
A	21.458	24	5	A	21.458	24	5
A				A			
B A	19.333	24	3	B A	19.333	24	3
B				B A			
B	18.625	24	1	B A	18.625	24	1
B				B			
B	17.458	24	2	B	17.458	24	2
B				B			
B	17.417	24	4	B	17.417	24	4

No existe efecto significativo en las variedades relacionado al número de mazorcas sanas (MS), ya que en las tres se obtuvo un promedio de 19 mazorcas buenas por planta. En la comparación de medias algunas interacciones (**Tratamiento X Variedad**) fueron significativa para mazorcas buenas pero para mazorcas enfermas no presentaron resultados significativos positivos. La interacción con mayor rendimiento fue el tratamiento 5 (**Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF) + Azoxistrobin con Flutriafol + Fertilización**) con la variedad 3 al disminuir la cantidad de mazorcas malas (**MM=14.25**) y aumentar el número de mazorcas sanas (**MB=25.37**), como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de medias por interacción de tratamientos y variedades en Mapastepec, Chiapas.

ANAVA						
Trat	Var	N	-----ME-----		-----MS-----	
			medias	Desv Std	Medias	Desv Std
1	1	8	15.6250000	5.09726818	17.3750000	2.97309363
1	2	8	14.7500000	3.99106144	18.1250000	5.13913556
1	3	8	14.0000000	4.14039336	20.3750000	4.74906006
2	1	8	17.6250000	4.83846198	19.1250000	5.08323575
2	2	8	15.7500000	3.19597962	18.7500000	5.20302110
2	3	8	15.2500000	6.13537751	14.5000000	4.92805380
3	1	8	15.1250000	4.76407689	21.5000000	3.50509833
3	2	8	16.5000000	2.92770022	18.0000000	5.29150262
3	3	8	16.0000000	5.70713839	18.5000000	4.81070235
4	1	8	19.0000000	3.42261387	17.5000000	5.78174467
4	2	8	16.3750000	5.09726818	20.1250000	2.94897076
4	3	8	12.6250000	4.17261480	14.6250000	5.90248132
5	1	8	16.8750000	5.22186338	18.5000000	5.07092553
5	2	8	21.2500000	4.13175853	20.5000000	3.96412484
5	3	8	14.2500000	6.62786326	25.3750000	5.01248441

4.1.2. Segundo conteo con análisis factorial

El análisis de varianza en el segundo conteo para mazorcas enfermas (ME) determinó la existencia de una diferencia altamente significativa en el experimento factorial relacionada con los factores y la interacción entre tratamientos x variedades (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis factorial con alta significancia en mazorcas enfermas durante el 2º conteo.

Cuadro de ANAVA					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	14	714.750000	51.053571	5.30	<.0001
Error	105	1011.75000	9.635714		
Total	119	1726.50000			



Figura 21. Conteo de Mazorcas Dañadas (ME) por moniliasis en tres variedades de cacao.

En el análisis los tratamientos fueron altamente significativos, pero en las variedades y en la interacción (Trat X Var) no se reflejó un efecto significativo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valores que muestran significancia alta en los tratamientos aplicados en Mapastepec, Chiapas.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Trat	4	607.083333	151.770833	15.75	<.0001
Var	2	43.4000000	21.7000000	2.25	0.1102
Trat*Var	8	64.2666667	8.0333333	0.83	0.5750

Al realizar las pruebas de medias con DMS y Tuckey se determinó que los tratamientos 4 (ME=9) y 5 (ME=6) tuvieron menor número de mazorcas de cacao dañadas en comparación con el resto de los tratamientos (Trat 1, 2 y 3), que reflejaron en promedio mayor a 12 mazorcas dañadas por árbol de cacao, como se muestra en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Pruebas DMS y Tuckey para efectividad de los tratamientos en mazorcas dañadas por árbol de cacao.

Prueba DMS				Prueba Tuckey			
t Grouping	Medias	N	Trat	Tukey Grouping	Medias	N	Trat
A	12.9583	24	3	A	12.9583	24	3
A				A			
A	12.2083	24	1	A	12.2083	24	1
A				A			
A	12.0833	24	2	B A	12.0833	24	2
B	9.6667	24	4	B			
				B	9.6667	24	4
C	6.8333	24	5	C	6.8333	24	5

El análisis de varianza para mazorcas sanas (MS) arrojó un efecto altamente significativo (Cuadro 15); los tratamientos y la interacción (Trat X Var) tuvieron un efecto altamente significativo (Cuadro 16), contrario a las variedades los cuales no mostraron efectos significativos.

Cuadro 15. Efecto de significancia en los Tratamientos y variedades en Mazorcas Sanas.

Variable dependiente: Mazorcas Sanas (MS)					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Model	14	6191.450	442.24642	27.51	<.0001
Error	105	1688.250	16.07857		
Total	119	7879.700			

Cuadro 16. Efecto de los tratamientos en la interacción de Tratamientos por Variedades.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Trat	4	5569.6166	1392.4041	86.60	<.0001
Var	2	11.000	5.7000	0.35	0.7024
Trat*Var	8	610.4333	76.3041	4.75	<.0001

Al realizar las pruebas de DMS y Tuckey reflejó que el tratamiento 5 mostró un mayor número de mazorcas sanas (MS=41.5) en comparación con el testigo (Trat 1: MS=22.1), como se observa en la Figura 22.



Figura 22. Efecto del tratamiento 5 en árboles de cacao donde aumentó el número de mazorcas sanas (MS).

El tratamiento 4 (**Manejo cultural (MC) + Manejo Fitosanitario (MF) + Azoxistrobin con Flutriafol**) presentó resultados estadísticamente iguales (Cuadro 17).

Cuadro 17. Efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas sanas de cacao en Mapastepec, Chiapas.

Prueba DMS				Prueba Tuckey			
t Group	Media	N	Trat	Tukey	Medias	N	Trat
A	41.500	24	5	A	41.500	24	5
B	28.792	24	4	B	28.792	24	4
C	25.583	24	3	C B	25.583	24	3
C	24.708	24	2	C D	24.708	24	2
D	22.167	24	1	D	22.167	24	1

Las variedades no arrojaron un efecto significativo en relación al número de mazorcas buenas, las tres mostraron en promedio 28 frutos sanos. La disminución respecto a cantidad de mazorcas dañadas (MD) con la interacción Tratamientos X Variedades se reflejó en el tratamiento 5 y en el resto no se obtuvo un efecto positivo, lo anterior se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas sanas (MS) en plantas de cacao.

Interacción de tratamientos y variedades						
Trat	Nivel de Var	N	-----ME-----		-----MS-----	
			Media	Desv Std	Media	Desv Std
1	1	8	12.7500000	2.18762755	20.6250000	1.59798981
1	2	8	11.1250000	3.44082631	23.1250000	2.90012315
1	3	8	12.7500000	2.25198325	22.7500000	3.91881906
2	1	8	11.7500000	3.61544307	27.5000000	3.42261387
2	2	8	12.3750000	3.37797488	24.8750000	4.29077083
2	3	8	12.1250000	3.04431555	21.7500000	4.06201920
3	1	8	13.6250000	4.47013902	27.1250000	3.35676290
3	2	8	12.2500000	3.01188123	23.8750000	3.79614466
3	3	8	13.0000000	3.42261387	25.7500000	3.84521967
4	1	8	10.7500000	2.12132034	30.1250000	4.32393670
4	2	8	9.5000000	4.03555625	30.8750000	3.39905449
4	3	8	8.7500000	2.49284691	25.3750000	2.82526863
5	1	8	9.1250000	2.41646140	37.1250000	5.96268156
5	2	8	6.2500000	3.37003603	42.0000000	5.26443594
5	3	8	5.1250000	2.03100960	45.3750000	5.12521777

4.2. Diseño Completamente al Azar (DCA)

4.2.1. Primer conteo con DCA

En el análisis de varianza para el modelo y los tratamientos en mazorcas malas (MM) no existió un efecto significativo en los tratamientos, pero si se reflejó un efecto significativo al evaluar la cantidad de mazorcas sanas (MB) obtenidas de los árboles de cacao (Cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados del análisis de varianza con el Diseño completamente al azar en el primer conteo de mazorcas enfermas.

Análisis de Varianza en Diseño Completamente al Azar					
Variable Dependiente: Mazorcas Sanas (MS)					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Model	4	265.88333	66.470833	2.62	0.0385
Error	115	2916.7083	25.362681		
Total	119	3182.5916			

Al realizar la prueba de Tuckey se observó que no existe diferencia significativa en el número de frutos dañados (ME) contabilizados por árbol de cacao. En la prueba para mazorcas sanas (MS) se reflejó diferencia significativa en los tratamientos; el tratamiento 5 obtuvo mayor cantidad de mazorcas sanas (MB= 21.4) y el tratamiento 4 menor cantidad (17.4) de frutos sanos por planta de cacao, como se observa en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Efecto de los tratamientos en el número de mazorcas sanas por planta de cacao.

Prueba Tukey	Medias	Numero de muestras	Tratamientos
A	21.458	24	5
A			
B A	19.333	24	3
B A			
B A	18.625	24	1
B A			
B A	17.458	24	2
B			
B	17.417	24	4

4.2.2. Segundo conteo con DCA

El análisis del modelo y el diseño de los tratamientos tuvieron un efecto altamente significativo (Cuadro 21) en la disminución de mazorcas dañadas (ME).

Cuadro 21. Resultados del modelo y el efecto de los tratamientos en la producción de mazorcas malas (mm).

The ANOVA Procedure					
Variable Dependiente: Mazorcas Enfermas (ME)					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Modelo	4	607.0833	151.77083	15.59	<.0001
Error	115	1119.4166	9.734058		
Total	119	1726.5000			

En los rendimientos se observó en el modelo y los tratamientos un efecto altamente significativo en la cantidad de mazorcas sanas (MS) obtenidas por planta de cacao, como se observa en el cuadro 22.

Cuadro 22. Efecto de significancia del modelo y los tratamientos en la producción de mazorcas sanas (MB).

Variable Dependiente: Mazorcas Sanas (MS)					
Fuentes de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Significancia
Model	4	5569.61666	1392.4041	69.32	<.0001
Error	115	2310.08333	20.08768		
Total	119	7879.70000			

Las pruebas de Tuckey para las medias de los tratamientos indicaron que el tratamiento 5 tuvo un menor número de mazorcas malas (ME= 6.8) de cacao en comparación con el tratamiento 4 (ME= 9.6) que obtuvo un nivel intermedio y el resto de los tratamientos obtuvieron alta cantidad (ME= 12) de frutos dañados (Cuadro 23).

Cuadro 23. Pruebas de Tuckey para la comparación de medias de los tratamientos en ME.

Prueba Tukey	Medias	Numero de muestras	Tratamientos
A	12.9583	24	3
A	12.2083	24	1
B A	12.0833	24	2
B	9.6667	24	4
C	6.8333	24	5

En la cantidad de mazorcas sanas obtenidas con las pruebas de los tratamientos se observó un alto rendimiento de mazorcas sanas (MS), obteniendo 45 frutos con el tratamiento 5; los tratamientos 3 y 4 lograron un rendimiento intermedio (MS=25-28) en comparación con el resto de los tratamientos (1, 2) que solo lograron de 22 a 24 frutos sanos por planta (Cuadro 24).

Cuadro 24. Rendimientos obtenidos con los tratamientos en relación al número de mazorcas sanas producidas por árbol de cacao.

Prueba Tukey	Medias	No. de muestras	Tratamientos
A	41.500	24	5
B	28.792	24	4
C B	25.583	24	3
C	24.708	24	2
C	22.167	24	1

DISCUSIÓN

En esta investigación, el conjunto de prácticas culturales y fitosanitarias mostraron menor incidencia de moniliasis ($P \leq 0.05$). En las variedades de estudio se pudo observar una disminución del 17.9% de incidencia final promedio de moniliasis y un incremento del 33.9% de mazorcas sanas producidas (Figura 23), respecto a los valores iniciales.



Figura 23. Disminución de la incidencia de moniliasis en cacao por efecto de los tratamientos.

Respecto al número de mazorcas iniciales, el promedio de mazorcas sanas (MS) osciló entre 53-58%, respecto a las enfermas (42-47%) y no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) (Figura 24). Lo anterior muestra la gravedad del daño que *M. rorensi* ocasiona y afecta directamente la producción, cosecha, costos de producción e interés de los productores, por lo que la búsqueda de medidas alternativas para el control de la moniliasis es de suma importancia, ya que es el principal factor parasitológico que ha influido en la pérdida de producción y biodiversidad del cacao en Chiapas (Hernández *et al.*, 2015).

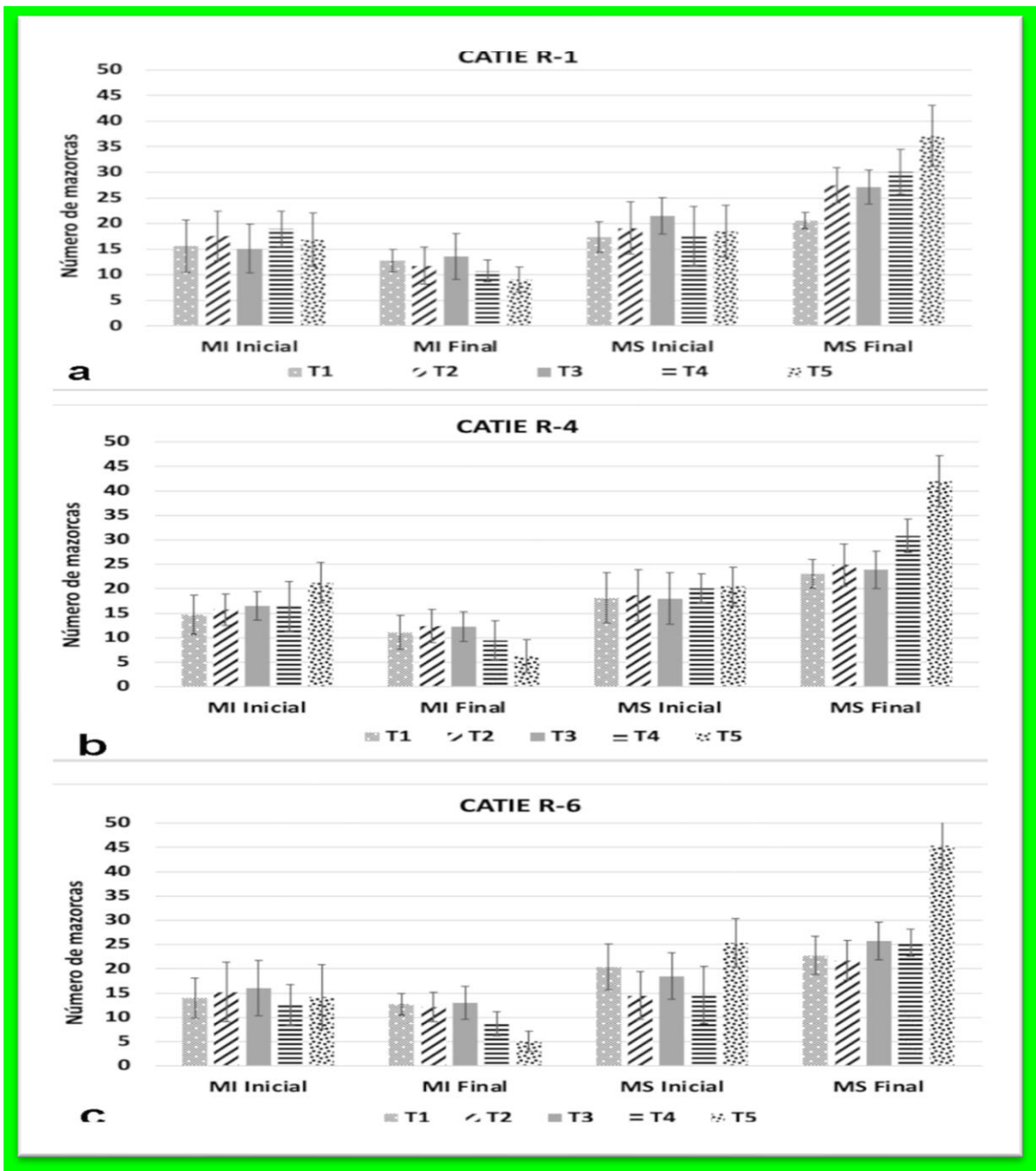


Figura 24. Efecto del manejo agronómico con relación al número de mazorcas sanas (MS) e infectadas (ME) con *Moniliophthora roreri* en condiciones de campo, en las variedades de cacao a) CATIE-R1, b) CATIE-R4 y c) CATIE-R6, en Mapastepec, Chiapas, México. Los intervalos en cada barra representan el error estándar.

En el presente estudio, después de implementar el manejo con el tratamiento T5 (manejo cultural + manejo fitosanitario + azoxystrobin con flutriafol + fertilización) logró disminuir la cantidad de mazorcas enfermas, entre un 39.8%, y aumentar el número de mazorcas sanas en un 48.5% ($P \leq 0.05$) (Figura 25). La eficiencia del azoxystrobin con flutriafol sobre *M. royeri* se reporta por primera vez con el desarrollo de esta investigación en campo.



Figura 25. Efecto del tratamiento 5 (azoxystrobin con flutriafol) sobre *M. royeri* en la disminución de mazorcas dañadas (ME) e incremento del rendimiento por aumento de mazorcas sanas.

La importancia de los compuestos químicos que se utilizan para el control de fitopatógenos, depende del modo de acción sobre la fisiología del patógeno, la dosis, la frecuencia y etapa de aplicación (Reuveni y Sheglov 2002). La eficacia del azoxystrobin radica en inhibir la respiración mitocondrial y detener la producción de ATP (Bartlett *et al.*, 2002) y se ha mostrado su efectividad sobre *M. royeri* en otras investigaciones (Torres *et al.*, 2013, Torres-De-La-Cruz *et al.*, 2019); mientras que, el flutriafol es un inhibidor del proceso de metilación en la biosíntesis del ergosterol, ocasionado que el hongo muera por la destrucción de su membrana celular (FMC Agroquímica, 2021) y se registra como una sustancia activa para el cacao en los principales países productores (Bateman y Crozier 2023).

Por otra parte, en la implementación de un manejo integrado de cultivo los productos a base de cobre se recomiendan en las primeras fases, ya que *M. royeri* es sensible al oxiclورو de cobre (Tabla 2); mientras que, en fases críticas del desarrollo del cultivo o etapa fenológica de fructificación se recomienda utilizar los fungicidas sistémicos como lo reportan Torres *et al.*, (2013); ya que, el uso de

fungicidas con diferentes modos de acción, puede disminuir el riesgo de desarrollo de resistencia del patógeno (Rouveni y Sheglov 2002).

El estudio evidenció que la moniliasis es un problema fitopatológico que limita la producción del cacao (51.4%) y puede ocasionar pérdidas si no existe manejo alguno como se reporta en otras investigaciones (Hernández *et al.*, 2015, Phillips-Mora 2017, Torres-De-La-Cruz *et al.*, 2019). Cabe mencionar que la permanencia de frutos infectados adheridos al árbol o expuestos en la parcela, pueden proveer inóculo para infecciones continuas durante el ciclo productivo y requerir un programa de manejo continuo (Torres-de-la-Cruz *et al.*, 2020); es por ello que se recomienda realizar una remoción quincenal de los frutos enfermos como reportan (Krauss *et al.*, 2003, Sánchez *et al.*, 2003).

Los genotipos tolerantes y los diferentes tipos de manejos fitosanitarios, lograron disminuir hasta el 14.2% y 24.8% de la incidencia final en frutos de cacao infectados con moniliasis y se obtuvo un rendimiento de 2.5 kg de almendra por árbol de cacao con el tratamiento T5 (Figura 26), lo cual concuerda con las investigaciones realizadas por Ortíz-García *et al.*, (2015) y Anzules-Toala *et al.*, (2022).



Figura 26. Rendimiento en semilla de cacao de 2.5 kg/árbol por efecto del tratamiento T5

Los materiales evaluados CATIE-R1, CATIE-R4 y CATIE-R6 provienen de Costa Rica y se caracterizaron por una buena producción y tolerancia a moniliasis de al menos 75% (Phillips-Mora *et al.*, 2013), pero se deben seguir evaluando otras características organolépticas para la industria del chocolate y confitería en México. En las variedades evaluadas, la incidencia inicial de la moniliasis oscilo del 37.7 –

51.4%; mientras que, después de implementar el manejo sanitario, la incidencia promedio de moniliasis disminuyó un 17.9% (Tabla 24); sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre variedades ($P < 0.05$).

Cuadro 25. Efecto del manejo sanitario a los arboles de cacao respecto a la incidencia y número de mazorcas sanas e infectadas con *Moniliophthora roreri* en Mapastepec, Chiapas, México.

Factor	Cuento inicial		Cuento final		Incidencia	
	Mazorca infectada (#)	Mazorca sana (#)	Mazorca infectada (#)	Mazorca sana (#)	Inicial (%)	Final (%)
A) VARIEDAD						
CATI E-R1	16.9 ± 1.6 a	18.8 ± 1.7 a	11.6 ± 1.8 a	28.5 ± 6.0 a	47.1 ± 4.3 a	29.4 ± 6.8 a
CATI E-R4	16.9 ± 2.5 a	19.1 ± 1.2 a	10.3 ± 2.5 a	28.9 ± 7.9 a	47.0 ± 2.8 a	26.9 ± 9.3 a
CATI E-R6	14.4 ± 1.3 a	18.7 ± 4.5 a	10.4 ± 3.4 a	28.2 ± 9.8 a	43.9 ± 6.2 a	28.2 ± 10.9 a
DMS	2.52	2.54	1.65	2.13	5.41	3.40
B) TIPO DE MANEJO						
T1	14.8 ± 0.8 a	18.6 ± 1.56 ab	12.2 ± 0.94 a	22.2 ± 1.35 d	44.2 ± 3.12 a	35.4 ± 3.0 a
T2	16.2 ± 1.2 a	17.5 ± 2.57 b	12.1 ± 0.31 ab	24.7 ± 2.88 cd	48.3 ± 2.30 a	32.9 ± 3.2 a
T3	15.9 ± 0.7 a	19.3 ± 1.89 ab	13.0 ± 0.69 a	25.6 ± 1.63 bc	45.1 ± 4.01 a	33.5 ± 0.56 a
T4	16.0 ± 3.2 a	17.4 ± 2.75 b	9.7 ± 1.01 b	28.8 ± 2.98 b	48.1 ± 4.35 a	24.8 ± 1.89 b
T5	17.5 ± 3.5 a	21.5 ± 3.58 a	6.8 ± 2.06 c	41.5 ± 4.15 a	44.5 ± 8.44 a	14.2 ± 5.17 c
DMS	3.80	3.83	2.49	3.21	8.16	5.12
C.V. (%)	29.52	25.31	28.87	14.04	22.12	22.69
A	0.0309	0.9198	0.1102	0.7024	0.2791	0.2352
B	0.4293	0.0248	<0.0001	<0.0001	0.4530	<0.0001
AxB	0.2199	0.0067	0.5730	<0.0001	0.0522	0.0446

DMS: Diferencia mínima significativa. Letras iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). C.V.: Coeficiente de Variación.

V. CONCLUSIONES

Al realizar 2 aplicaciones con el fungicida sistémico Azoxystrobin + Flutriafol con fertilizante triple 17 se observó un incremento en el número de mazorcas sanas (MS= 37-45) y una disminución de mazorcas enfermas (ME= 5-9), comparado con las buenas prácticas en campo (de manejo y fitosanitario) y la aplicación de fungicidas preventivos.

Combinando los efectos positivos de la variedad 3 con el tratamiento 5 se logró un buen rendimiento en mazorcas sanas por planta (MS= 45) de acuerdo al análisis estadístico y las pruebas de rendimiento observadas en campo. El tratamiento 1 (Testigo) con la variedad 1 (CATIE R-1 verde) resultó el más bajo en rendimiento comparado con el resto de los tratamientos.

El tratamiento 4 donde se utilizó el fungicida sistémico (Azoxystrobin + Flutriafol) logró rendimientos ligeramente altos (28 mazorcas) en comparación con el tratamiento 3 (25 frutos), donde se aplicó un fungicida preventivo (Oxicloruro de cobre), pero aumenta casi el doble de rendimiento (41 frutos) cuando se combina el producto sistémico Soldier® FMC con el fertilizante Triple 17.

La interacción entre los genotipos y el manejo cultural + manejo fitosanitario + azoxystrobin con flutriafol + fertilización (T5) es conveniente, ya que se logró aumentar el número de mazorcas sanas (48.5%) y disminuir en un 30.3% la incidencia de la moniliasis del cacao, en Mapastepec, Chiapas, México.

Se reporta por primera vez la eficiencia del azoxystrobin con flutriafol sobre *M. roreni* en condiciones de campo en Mapastepec, Chiapas.

VI. BIBLIOGRAFIA

- ADAMA. Agricultural solutions. (2021). Bumper 25 EC. Agricultural solutions. En línea: <https://www.adama.com/mexico/es/portafolio-de-soluciones/manejo-de-enfermedades/bumper>
- AECID. (2023). Anatomía y beneficios del cacao. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. 12 p. En línea: <https://ayudaenaccion.org.co/uploads/2023/02/Anatomia-y-beneficios-del-cacao.pdf>
- AGRISOLVER. Agricultura solutions. (2019). Moncut 50 WP. Agricultural solutions. En línea: <https://www.agrisolver.com/productos-para-control/moncut-50-wp>
- Anzules, T.V., Borjas, V.R., Alvarado, H.L., Castro, C.V. y Julca, O.A. (2019). Control cultural, biológico y químico de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora spp* en *Theobroma cacao*. *Scientia Agropecuaria*. Volumen 10 (4). 511-520 p.
- Arvelo, S.M., Gonzales, L.D., Maroto, A.S., Delgado, L.T. y Montoya, R.P., (2017). *Manual técnico del cultivo del cacao: buenas prácticas en Latinoamérica*. 1ª Edic. Edit. IICA. San Jose Costa Rica. 143 p.
- Batista, L. (2009). *Guía técnica del cultivo de cacao en la Republica Dominicana*. 1ª Edc. Edit. CEDAF, Santo Domingo, República Dominicana. 250 p.
- BAYER. (2019). SRENADE ASO. BAYER. En línea: https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/productos/product-details.html/fungicidas/serenade_aso.html
- Cacao Mexico. (2010). *Varietades de cacao*. Cacao Mexico. En línea: https://cacaomexico.org/?page_id=14.
- Cadena, M.F. y Poma, L.E. (2022). MANEJO DE LA MONILIASIS DEL CACAO (*Moniliophthora roreri*) CON LA APLICACIÓN DE DOS ESPECIES DE *Trichoderma*. *Revista de investigación agropecuaria y de recursos naturales*. Volumen. 9. 37 – 43 p.
- Centro de estudio para el desarrollo rural sustentable y soberanía alimentaria. (2022). La producción y el comercio del cacao y principales derivados en Mexico. 1ª Edic. Edit. CEDRSSA. 24 p En línea: file:///D:/Animo-Tesis%202020/impacto%20economico/27produccion_comercio_cacao.
- Codini, M., Diaz, V.F., Ghirardi, M. y Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. 1ª Edic. Edit. INVENIO. Volumen 7. 143-148 p.
- Correa, A. j., Castro, M.S. y Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri*. *Escuela de Ciencias, Universidad EAFIT, Medellín Colombia*. 1(1): 1-12.

- Díaz, J. O., Porras, U. V. y Aguilar, A. J. (2023). *Avances y retos en la gestión de la innovación del cacao*. 1ª Edic. Edit. Universidad Autónoma Chapingo. 136 p. En línea: file:///D:/L-cacao-13.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. y Weigend, M. (2011). *Datos botánicos del cacao*. 1ª Edc. Edit. Botconsult GmbH. Berlín Alemania. 17 p.
- Erazo, S.C., Bravo, F.K., Tuarez, G.D., Fernández, E.A., Torres, N.Y. y Vera, C.J. (2021). Effect of the fermentation of cacao (*Theobroma cacao* L.), national and trinitary variety, in non-conventional wood boxes on the physical and sensory quality of cacao lyquor. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*. 5(15): 453-468 p.
- FMC. Agricultural solutions. (2017). Soldier 250 SC. Agricultural solutions. En línea: <https://fmcagroquimica.com.mx/producto/soldier-250-sc/>
- FMC. Agricultural solutions. (2018). Sparta WG. FMC. Agricultural solutions. En línea: <https://fmcagro.es/producto/42/sparta-sup-sup-wg>
- Gabriel, C.I., Restrepo, Q.T., y Hincapié, E.O. (2018). *La moniliasis del cacao: Daños, síntomas, epidemiología y manejo*. 1ª Edc. Edit. Grupo nutresa. Medellín, Colombia. 9-25 p.
- Góngora, D.A., Morales, E.F., Trujillo, G.J. y Torres, M.M. (2023). *Caracterización de los procesos en los beneficios del cacao (Theobroma Cacao) en producción a pequeña escala en el municipio de Guamal del piedemonte llanero Colombiano*. 1ª. Edic. Edit. Tecnológicas. Volumen. 26. 15 p.
- Gonzales, D. (2011). *Cacao fino y de aroma del Ecuador, Cacao arriba. Trabajo de especialista en agro negocios y alimentos*. Universidad de buenos aires argentina.
- Guerrero, R., Risco, G., Cevallos, O., Villamar, R. y Peña, H.S. (2020). Extractos vegetales: una alternativa para el control de enfermedades en el cultivo de cacao (*Theobroma Cacao*). *Revista en ingeniería en innovación (RIINN)*. 346 – 474 p.
- Hernández, G.E., Navarrete, M.L., Ramírez, E.G., Bonilla, J.S., Colmenero, A.Z., Arrazate, C.A. y Lopez, A.M. (2018). La moniliasis (*Moniliophthora roleri* Cif y Par) Del cacao: búsqueda de estrategias de manejo. *Agro productividad*. 1(1): 1-6
- Herrera, I. L., Grillo, R. H., Harrington, T., Díaz, M. A., Álvarez, P.R. (2015). *Ceratocystis fimbriata* Ellis y Halst. F. sp. *Spathodense* (nueva especialización): agente causal de la marchitez en *Spathodea Campanulata* Beauv. En Cuba. *Revista de protección vegetal* 30 (1): 40-45.
- Hutz, A. F. y Campos, P., (2022). *Barómetro del Cacao base de referencia para Latinoamérica*. 1ª Edic. Edit. El consorcio del barómetro del cacao. 38 p. En

línea: file:///D:/informacion%20cacao/220923-Cocoa-Barometer-Americas-ES.

INEGI. (2010). Comprendió de información geográfica municipal 2010 de Mapastepec Chiapas. INEGI. 1-10 p. En línea: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07051.

Instituto nacional de investigación forestal, agrícola y pecuaria – INIFAP. (2022). *Registra INIFAP cuatro variedades de cacao resistentes a la moniliasis*. INIFAP. En línea: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/registra-inifap-cuatro-variedades-de-cacao-resistentes-a-moniliasis#:~:text=En%20la%20actualidad%20existen%20genotipos,et%20al.%2C%202009>).

Jaimes, S.Y., Agudelo, C.G., Báez, D.A., Montealegre, B.F., Rengifo, E.G. y Rojas, M.J. (2022). Modelo Productivo Para el cultivo de cacao. (*Theobroma cacao*) en el departamento de Santander. 2ª Edic. Edit. AGROSAVIA.

Jaraba, C.A., Buritica, L.I. A., Vega, G. F., Urrego, P. J, Bautista, M. J., Puerta, R. J., Yepes, H. J., Herrán, R.L., López, G.M., Ardila, D.N., Hincapié, E.O., Hernández, P.P, Martínez, G.S. y Gallo, C.Y. (2021). Modelo productivo para el cultivo del cacao nutrición y fertilización. 1ª Edic. Edit. Grupo nutresa. Medellin, Colombia. 40 p.

Jaramillo, A.E. (2021). Uso de diferentes dosis de extractos etanologicos de ajo para el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cultivo de cacao. UTMACH. 20-35 p.

Jiménez, T.C. (2015). *Estado legal mundial del cacao (Theobroma cacao): fantasía realidad*. Producción más limpia. 84-104 p.

Lopez, B. O., Gonzales, M.O., Lee, R. V., Alvarado, G.A., Ramírez, G.S., Ramírez, G.M., Méndez, R.J. y Gehrke, V.M. (2006) *Diagnostico y técnicas para el manejo de la moniliasis*. 1ª Edit. Facultad de ciencias agronómicas – Uach. Chiapas Mexico. 4p

Lopez, B.O., Ramírez, G.S., Espinoza, S.Z., Moreno, M.J., Ruiz, B.C., Villarreal, F.J. y Gonzales, M.O., (2014). Comportamiento de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* (Cie. y par.) en Tapachula, Chiapas, Mexico. *Acta agrícola y pecuaria*. 1(1):16-23.

Maldonado, C. (2015). Efecto del manejo en la reducción de incidencia de enfermedades (Moniliasis, escoba de bruja y mazorca negra) en cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en la estación experimental de Sapecho. APTHAPI. 1 (1): 38-51 p.

- Martínez, H.J., Ramírez, G.M. y Camara, C.J. (2016). Innovación Tecnológica para la seguridad Alimentaria. 1ª Edic. Edit. UJAT-INIFAP.
- Nieto, A.D., Quevedo, D.I., Ortiz, G.C. Lagunez, E.L., Torrez, C.M., y Perez, C.M. (2018). Control químico de *Moniliophthora roreri*. *Revista de ciencias Biológicas y de la salud*. 21(2): 55-61 p.
- Olveras, S.J. (2007). *Elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica*. 1ª. Edic. Edit. Técnica industrial. 47-51 p.
- Ortiz-Garcia, C.F., Torres-de-la-cruz, M. Hernandez-Mateo, S. (2015). Comparación de dos sistemas de manejo del cultivo de cacao en presencia de *Moniliophthora roreri* en México. *Revista de fitotecnia*. México. 38 (2): 191-196 p.
- Perea, V.J., Cadena, C.T. y Herrera, A.J. (2009). *El cacao y sus productos como fuentes de antioxidantes: Efecto del procesamiento*. 1ª Edic. Edit. Universidad Industrial de Santander. 128-134 p.
- Perez, V.L., (2018). *Moniliophthora roreri* H.C. Evans *et al.*, And *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnostico, epidemiologia y manejo. *Revista de protección vegetal*. 33 (1): 2224-469.
- Perez, V.L., Martínez, P.E. y Cantillo, P.T. (2012). First report in Cuba of green point gall of cocoa cushion caused by *Albonectrina rigidiuscula* (*Fusarium decemcellulare*). *Fitosanidad*. 16(1):19 – 25 p.
- Perez-Vicente, L. (2018). *Moniliophthora roreri* (Evans) y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnostico, epidemiologia y manejo. *Rev. Protección*. 33 (1): 2224-4697 p.
- Phillips, M. W. y Amores, P. F. (2008). *Moniliasis* un hongo del cacao, un hongo mortal. *CropLife*. Consultado el: 11 de marzo del 2024. <https://croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>.
- Phillips, M.W., Arciniegas, L.A., Mata, Q.A. y Montamayor, A.J. (2012). Catálogos de clones de Cacao. 1ª. Edic. Edit. Turrialba. C.R: CATIE. 70 P.
- Phillips-Mora, W. y Wilkinson, M.J. (2007). Frosty pod, a disease of limited Geographic distribution but unlimited potential for damage. *Phytopathology*. 2007; 97: 1644-1647 p.
- Pilaloo D.W., Alvarado, A.A., Perez, V.D. y Torrez, S.S. (2021). Manejo agroecológico y química de la moniliasis en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao*) mediante la utilización de biofungicidas y podas fitosanitarias en el cantón la troncal. *Revista de investigación en ciencias agronómicas y veterinaria*. 1ª. Edic. 453-468 p.

- PLANTHEALTH CARE MEXICO. (2023). PHC, ROOTSHIELD PLUS. En línea: <https://phcmexico.com.mx/ft-root-shield-plus/>
- Ploetz, R.C. (2016). The impact of Disease son Cacao Production: A global Overview. (Chapter 2). Cacao Diseases. Springer international publishing Switzerland. 2016: 33-59 p.
- Porras, A.O. (2021). Etapas del procesamiento de cacao. 1ª Edic. Edit. UNIPAZ. 41 p. En línea: file:///D:/Libro+etapas+de+procesamiento+del+cacao.
- Preissing, J., (2023). La producción de cacao y la cadena productiva del chocolate en el mundo. 1ª Edic. Edit. FAO. 12 p. En línea: file:///D:/Animo-Tesis%202/historia/fao.
- Purdy, L.H. y Dickstein, E.R. (1990). Basidiocarp development on Micelial mats of *Crinipellis pernicioso*. Plant Disease. 74: 493-496 p.
- Quiroz, V. J. y Mestanza, V. S. (2010). Establecimiento y manejo de la plantación de cacao. Boletín técnico, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 15 p.
- Reiss, A. y Jorgensen, L. (2017). Biological control of yellow rust of wheat (*Puccinia striiformis*) with *Serenade ASO* (*Bacillus subtilis* strain QST 713). Crop protection. 93: 1-8 p.
- Ricaño. R.J., Ramos, P.J., Cocoltzi, V.E. y Hipólito, R.E. (2018). El estudio Genómico del cacao (*Theobroma cacao*) breve recopilación de sus bases conceptuales. 1ª Edic. Agro productividad. 25-39 p.
- SALAGRO, soluciones agro sostenibles. (2016). Trichomax. SALAGRO. En línea: <https://solagro.com.pe/wp-content/uploads/2018/04/1.-FT-TRICHOMAX-SENASA>.
- Secretaria de agricultura y desarrollo rural - SADER. (2018). *Los mil y un uso del cacao*. SADER. En línea: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/los-mil-y-un-usos-del-cacao#:~:text=Jugo%20de%20cacao%3A%20A%20partir,Se%20utiliza%20para%20hacer%20chocolate>.
- Senasica – servicio nacional de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria – SENASICA. (2022). Escoba de bruja del cacao. SENASICA. 21 P. En Línea: <https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20de%20Escoba%20bruja%20del%20cacao>.
- Sisalima, O.L., Ruilova, V. y Capa, M.M. (2023). Efecto de inoculación Micorrizica en la etapa de productividad del cacao nacional (*Theobroma cacao*.) en la amazonia Ecuatoriana. CEDAMAZ. Volumen 13. 17-24 p. En línea: <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/1742/1261>

- Soluciones agro sostenibles. (2018). TRICHOMAX. Soluciones agro sostenibles. En línea: <https://solagro.com.pe/wp-content/uploads/2018/04/1.-FT-TRICHOMAX-SENASA>.
- Suarez, C.L. (2016). Aislamiento e identificación de *Moniliophthora roreri* causante de la moniliasis en municipios colombianos y ensayos preliminares para el control biológico. UFPS. 1(1): 1-8.
- Suarez, C.L. y Rangel, R.A. (2013). Aislamiento de microorganismos para el control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Acta Agronómica*. 62(4): 370-378 p.
- Suarez, V. G., Avendaño, A. C., Ruiz, C. P. y Estrada, S.P. (2019) Estructura e impacto de la diversidad taxonómica en cacao del soconusco Chiapas, Mexico. *Agronomía mesoamericana*. Volumen 30(2): 353-365.
- Tirado, G.P., Lopera, A.A. y Ríos, O.L. (2016). Estrategias de control de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora Perniciosa* en *Theobroma cacao* L.: revisión sistemática. *Sanidad Vegetal y protección de cultivos*. Volumen 17 (3). 417-433 p.
- Torres, C.M., Ortiz, G.C., Teliz, E.D., Mora, A.A. y Nava, D.C. (2011). Efecto del Azoxystrobin sobre *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao*). *Revista mexicana de fitopatología*. 1ª. Edic. 65-69 p.
- Vera, C.J., Vásquez, C.L., Alvarado, V.K., Intriago, F.F., Fonseca, P.D., Yépez, M.P., Vallejo, T.C. y Rivadeneira, B.C. (2023). Aprovechamiento de hojas de variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional, Forastero y trinitario, con dos estadios fisiológicos foliares para la obtención de una infusión. *Revista Agrotecnológica Amazónica*. 4 (1) p.
- Villamil, J., Viteri, S. y Villegas, W. (2015). Aplicación de antagonistas para el control biológico de *Moniliophthora roreri* Cif y par en *Theobroma cacao* L. bajo condiciones de campo. *Revista Facultad Nacional de agronomía Medellín* 68 (1): 7441-7450.

VII. ANEXOS