

**EVALUACIÓN DE PODAS EN TRES MATERIALES DE CACAO (*Theobroma cacao*) CLONES
CCN51, SSC61 E HÍBRIDO Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE MONILIASIS,
(*Moniliophthora roreri*) EN EL MUNICIPIO DE RIOBLANCO TOLIMA.**

EDDY SANTIAGO MÉNDEZ CARDONA

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
2017**

**EVALUACIÓN DE PODAS EN TRES MATERIALES DE CACAO (*Theobroma cacao*) CLONES
CCN51, SSC61 E HÍBRIDO Y SU EFECTO EN EL DESARROLLO DE MONILIASIS,
(*Moniliophthora roreri*) EN EL MUNICIPIO DE RIOBLANCO TOLIMA.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OBTAR EL TITULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

EDDY SANTIAGO MÉNDEZ CARDONA

**PAOLA MORENO LÓPEZ
I.A., M.SC CIENCIAS AGRARIAS ÉNFASIS FITOPATOLOGÍA
DIRECTORA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
2017**

PAGINA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

JURADO

Fusagasugá, 15 de noviembre de 2017.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida y ofrecerme todas las oportunidades en mi día a día, a mi madre Elizabeth por ser mi constante apoyo y fortaleza, por toda su dedicación a lo largo de mi formación académica, sus consejos y correcciones que me han hecho su reflejo, a mi padre Ferney que siempre ha velado por el bienestar de nuestra familia y se ha esmerado por brindarme estudios superiores, así mismo por el apoyo económico durante mi estadía en la universidad y en el municipio de Rioblanco donde desarrollé la presente tesis, a mis hermanos Angie y Luis y mi novia Andrea que siempre me animaron moralmente en los momentos más difíciles. Infinita gratitud a toda mi familia por ayudarme a cumplir este sueño.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis Ing. Agrónoma M.Sc PAOLA MORENO LÓPEZ por su constante aporte de conocimientos, enseñanzas, guía, esfuerzo, dedicación y correcciones durante el desarrollo de esta tesis.

A la Alcaldía Municipal de Rioblanco Tolima en cabeza de la alcaldesa DELCY ESPERANZA IZASA BUENAVENTURA y la secretaria de desarrollo económico y medio ambiente y su secretario LEONARDO PÉREZ ARTUNDUAGA y su equipo de trabajo, al coordinador técnico agropecuario ALONSO LOPEZ CAMACHO por su inquebrantable ayuda durante la fase de muestreo del experimento y por sus enseñanzas en el manejo del cultivo de cacao.

Al asistente técnico de la federación de cacaoteros (FEDECACAO) para Rioblanco Tolima, LEONARDO PINTO, que cordialmente me ofreció su finca y puso a mi disposición todas las herramientas teóricas y de campo, por sus enseñanzas que me permitieron la correcta toma de decisiones en el cultivo de cacao para el buen desarrollo de la tesis y por relacionarme con todo el gremio cacaocultor del municipio. Visitar a los humildes cacaocultores y conocer sus necesidades, peticiones y sueños fue enriquecedor para mi vida profesional como futuro agrónomo.

A todos mis profesores de la UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA, facultad de ciencias agropecuarias, que aportaron su granito de conocimiento y gracias a ellos puedo culminar mi carrera profesional. Infinito reconocimiento y gratitud.

TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	8
2	INTRODUCCIÓN	9
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
4	JUSTIFICACIÓN	11
5	OBJETIVOS	12
5.1	Objetivo general.....	12
5.2	Objetivos específicos.....	12
6	MARCO REFERENCIAL	13
6.1	El CACAO (<i>Theobroma cacao</i>).....	13
6.1.1	Taxonomía:.....	13
6.1.2	Morfología:.....	13
6.1.3	Requerimientos eco-fisiológicos y de manejo para el cultivo de cacao en Colombia	14
6.1.4	Precipitación	14
6.1.5	Temperatura.....	14
6.1.6	Proceso productivo	15
6.2	LA MONILIASIS (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	16
6.2.1	Etiología.....	16
6.2.2	Taxonomía:.....	17
6.2.3	Morfología.....	17
6.2.4	Ciclo de vida del patógeno	17
6.2.5	Sintomatología.....	18
6.2.6	Epidemiología.....	20
6.3	MATERIALES TOLERANTES O RESISTENTES A MONILIASIS <i>M. roreri</i>	20
6.4	PODAS.....	21
7	MATERIALES Y METODOS	23
7.1	Ubicación del experimento.....	23
7.2	Universo, población y muestra.....	23
7.3	Técnicas o instrumentos para la recolección de datos.....	23
7.4	Infraestructura y Equipos	23
7.5	Recursos humanos.....	24
7.6	Metodología	24
7.7	Determinación del cálculo de porcentaje de incidencia para <i>Moniliophthora roreri</i>	25
7.8	Determinación del cálculo de porcentaje de severidad para <i>Moniliophthora roreri</i>	25
7.8.1	Escala de severidad para cacao verde (HIBRIDO).....	26
7.8.2	Escala de severidad para los materiales CCN51 y SCC61	31
7.9	Determinación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).....	34
8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
9	CONCLUSIONES	45
10	RECOMENDACIONES.....	46
11	BIBLIOGRAFIA	47

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama general del proceso de establecimiento, manejo y beneficio del cacao. (García, 2013).	16
Figura 2. Mazorca afectada por <i>M. royeri</i> con puntos aceitosos y necrosis interna.	18
Figura 3. Mazorca momificada por <i>M. royeri</i> en proximidad con mazorcas sanas.	18
Figura 4. giba del cacao y necrosis externas por causa de <i>M. royeri</i>	19
Figura 5. Mazorcas con daño causado por <i>M. royeri</i>	19
Figura 6 y 7. Mazorcas acuosas con presencia de esporas de <i>M. royeri</i>	19
Figura 8. Proceso adecuado de las podas.	22
Figura 9. Finca El Edén ubicada a 50 minutos del municipio de Rioblanco Tolima	23
Figura 10. Representación gráfica del ensayo.	24
Figura 11. Escala de severidad descriptiva y grafica para el cacao verde (HIBRIDO)	30
Figura 12. Escala de severidad descriptiva y grafica para el cacao SCC61 y CCN51.	34
Figura 13 Análisis de varianza para la variable incidencia en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado).....	37
Figura 14 Análisis de varianza para la variable incidencia, donde se comparan los materiales vegetales y los tratamientos (con y sin poda).....	39
Figura 15 Análisis de varianza para la variable severidad, donde se comparan los materiales vegetales y los tratamientos (con y sin poda).....	41
Figura 16 Cosecha de mazorcas en la plantación. Nótese que cosechan mazorcas enfermas y sanas al mismo tiempo.	42
Figura 18. Área de la curva de progreso de la enfermedad para la variable severidad.....	43
Figura 17. Área de la curva de progreso de la enfermedad para la variable incidencia.	43
Figura 19. Terreno antes y después de la poda.....	44

LISTADO DE GRAFICAS

Gráfica 1. Porcentaje de incidencia en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado).....	36
Gráfica 2. Porcentaje de incidencia por tratamiento en interacción con material de siembra	38
Gráfica 3. Porcentaje de severidad en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado).....	40
Gráfica 4. Porcentaje de severidad por tratamiento en interacción con material de siembra.....	41

1 RESUMEN EJECUTIVO

Este ensayo se realizó en el municipio de Rioblanco Tolima, en la vereda Cambrín Finca El Edén, con coordenadas 03°25'00" N 75°41'54.5" W a 879 m.s.n.m. El experimento tuvo como objeto la evaluación del desarrollo de la enfermedad moniliasis (*Moniliophthora roreri*) bajo condiciones de poda y condiciones sin poda sanitaria en tres materiales de cacao: clones CCN 51, SCC 61 y un material conocido como "híbrido". Se evaluó semanalmente el porcentaje de incidencia y la severidad de la enfermedad mediante escalas descriptivas y gráficas; por último, con los datos obtenidos se determinó el área de la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE).

El trabajo de investigación se realizó en un cultivo de cacao de una hectárea que se encontraba en su fase productiva. Se planteó un diseño completamente al azar factorial de 2 x 3 con tres repeticiones para un total de 18 árboles. Los tratamientos fueron 1. con y 2. sin poda (prácticas culturales como podas de mantenimiento, remoción de mazorcas infectadas por *M. roreri* y manejo de sombríos) y los factores fueron los materiales vegetales (CCN51, SSC61 e HIBRIDO). Las evaluaciones se realizaron semanalmente durante 65 días y consistieron en cuantificar el número de mazorcas sanas e infectadas por moniliasis y el daño de la enfermedad en las mazorcas mediante las escalas de severidad. También se registraron datos climáticos de precipitación, humedad relativa y temperatura diariamente para determinar qué condiciones ambientales favorecían al patógeno.

Se aplicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Para la variable incidencia el día 65 de evaluación, estadísticamente se comprueba que si existen diferencias significativas entre los tratamientos sin podas y con podas. De acuerdo con los datos obtenidos, el tratamiento con podas registró la incidencia más baja para moniliasis con 20.6% respecto al tratamiento sin podas con 76.5%. En cuanto a la interacción de los tres materiales con el tratamiento, el material CCN51 con poda (CP) presentó el menor porcentaje de incidencia de moniliasis con 12.5%, seguido del HIBRIDO CP con 18.9% y el SCC61 CP con 30.4%.

Con la variable severidad el comportamiento fue similar. El tratamiento con podas obtuvo para el día 65, 16% de severidad mientras que para el tratamiento sin podas se registró un valor de 73.6%. La interacción de los materiales por el tratamiento mostró que el material CCN51 CP e HIBRIDO CP presentó el menor daño con porcentajes menores al 30%. El material SCC61 es sin duda el más susceptible a moniliasis porque tanto en porcentaje de incidencia como en severidad presentó los valores más altos aun con la ejecución de las labores.

2 INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao*) es un cultivo de gran relevancia económica, social y ambiental para Colombia, constituyéndose en una especie primordial del sistema agroforestal campesino de muchas regiones interviniendo de forma directa en su explotación más de 25 mil familias colombianas, de las cuales el 90% desarrolla su proceso productivo se da en condiciones de economía campesina. Sin embargo, existen varios factores que afectan la calidad y la producción de los granos de cacao, siendo las enfermedades la principal limitante, entre estas se destaca la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) como la más severa ocasionando pérdidas que oscilan entre el 40% y 100% de la producción, lo cual depende de la severidad del ataque del patógeno, las condiciones medio ambientales y las condiciones de manejo del cultivo (Jaimes *et al.*, 2010).

En Colombia, la moniliasis se encuentra distribuida en todas las zonas productoras (Fedecacao, 2013), donde algunos factores como la poca adopción de la tecnología, la baja motivación económica por parte de la industria y la edad avanzada de los cultivos han favorecido la dispersión del hongo, pese a los buenos resultados de algunos trabajos en manejo cultural, biológico, químico y genético (Barros, 1980; Porras *et al.*, 1990; Argüello, 2000a; Krauss *et al.*, 2002; Aránzazu *et al.*, 2009). La adopción de la tecnología disponible para el control de la Moniliasis no se ha logrado completamente por los pequeños productores.

El control mediante las prácticas culturales constituye una de las herramientas más importantes para disminuir la presión de inóculo primario y secundario dentro de un cultivo de cacao. Estas prácticas están consideradas como la técnica más eficaz para reducir la fuente de inóculo del patógeno. Están conformadas por un manejo agronómico apropiado que incluye labores como el corte cada 8 días de frutos enfermos en cualquier etapa de desarrollo (Aránzazu 1979; Krauss *et al.*, 2003); prácticas como la regulación de sombra, la fertilización, el drenaje de los suelos, la cosecha y beneficio oportuno de los frutos (Delgado *et al.*, 1982) y todas las prácticas que involucren disminución de la humedad relativa, mejoren la circulación del aire y disminuyan las condiciones apropiadas para el crecimiento del patógeno (Aránzazu 1979; Barros 1966/1980; Phillips 1986; Amores *et al.*, 2009).

Prácticas culturales como la poda, constituyen el elemento más importante para la formación de la planta. En Colombia, existen algunas técnicas de poda que involucran el manejo del árbol permitiéndole mantener un equilibrio entre el dosel de hojas y el leño maduro, muy importante para la formación de cojines florales y frutos. A esta técnica se le ha llamado poda en Cono Natural (Báez, 2012). De igual manera, se incluyen otras técnicas como la poda de formación, sanitaria y de rehabilitación, contribuyendo eficazmente al control del patógeno (Aránzazu, 2009).

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Rioblanco Tolima se caracteriza por hacer parte de los principales municipios productores de cacao del Tolima y de acuerdo con la tendencia, este cultivo se está posicionando como fuente generadora de empleo y motor de la economía local después del café. El municipio se encuentra ubicado entre los 600 hasta los 4200 msnm (zonas de páramo) y es uno de los municipios más grandes en extensión de tierras del Departamento, tiene abundantes nacedores de agua y cultura campesina trabajadora, por lo cual posee el potencial para ser productora de alimentos del sur del Tolima. Sin embargo, la difícil situación por la que atraviesa ya hace varios años este sector atribuible a diferentes factores como, las plagas y enfermedades, el cambio climático, zonas de difícil acceso y el costo de los insumos han impedido el crecimiento agropecuario de la región.

Los cacaocultores ven con preocupación la improductividad del segundo fruto representativo del municipio y exponen que la principal limitante del cultivo es la enfermedad moniliasis causada por el hongo *Moniliophthora roreri*. Los cacaocultores tienen establecidas plantaciones con cacaos híbridos y comunes con bajo nivel de tecnificación, con inadecuadas densidades de árboles por área, plantaciones de avanzada edad con alta susceptibilidad a problemas fitosanitarios, alta heterogeneidad de material genético, ausencia de asistencia técnica, prácticas culturales ineficientes y árboles de porte muy alto; todos estos factores han generado una alta proliferación de plagas y enfermedades. Además, el contexto cultural no permite que los productores acepten la transferencia de tecnología e innovación por el arraigo de costumbres culturales de generaciones anteriores y no cuentan con un modelo experimental que compruebe los beneficios y ventajas de un buen manejo agronómico.

La problemática anteriormente expuesta no ha permitido que los productores tengan muchas alternativas para el manejo de moniliasis, diferentes al control químico, siendo la poda sanitaria una alternativa de manejo cultural y ecológico viable para ellos dada la facilidad de realización y bajos costos. Este trabajo busca evaluar si los porcentajes de incidencia y severidad de moniliasis disminuyen mediante el uso de podas sanitarias en tres materiales de cacao (clones CCN 51, SCC 61 y un material conocido como "híbrido").

4 JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, la moniliasis (*M. royeri*) genera pérdidas en producción de 16.000 toneladas por año, con un valor aproximado de 45 millones de dólares (Martínez, 2015). La oficina de desarrollo económico y medio ambiente del municipio de Rioblanco - Tolima tiene reportes de fincas cultivadoras de cacao con infestaciones de moniliasis que generan pérdidas económicas sobresalientes, aunque no hay una estadística oficial. Los productores de cacao de este y otros municipios de Colombia son pequeños agricultores con poco acceso a la asistencia técnica.

Se ha reportado que la poda sanitaria es una práctica cultural eficiente y económica para el control de moniliasis y otras enfermedades en el cultivo de cacao (Sánchez y Garcés, 2012). Es una herramienta de fácil acceso y adopción por parte del agricultor, que le permite disminuir la enfermedad al retirar tejidos afectados, permitiendo la aireación del cultivo y generando condiciones desfavorables para el desarrollo de patógenos.

Este trabajo se realizó con el fin de evaluar en condiciones de campo los porcentajes de incidencia y severidad de moniliasis (*M. royeri*) en tres materiales de cacao (*T. cacao*) con y sin poda. De esta manera, se busca demostrar en una finca modelo la importancia de podar las plantas para prevenir y manejar la enfermedad e incrementar la producción.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general.

Evaluar las podas en materiales de cacao (*Theobroma cacao*), en clones CCN 51, SSC61 e híbrido y su efecto en el desarrollo de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el municipio de Rioblanco Tolima.

5.2 Objetivos específicos

- Calcular el porcentaje de incidencia de moniliasis en los materiales podados y sin poda de CCN51, SSC61 e híbrido en la finca el Edén, del municipio de Rioblanco, Tolima.
- Cuantificar el porcentaje de severidad de moniliasis en los materiales podados y sin poda de CCN51, SSC61 e híbrido.
- Determinar el área de la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante los datos obtenidos y analizar su tendencia.

6 MARCO REFERENCIAL

6.1 EL CACAO (*Theobroma cacao*)

El cacao al igual que otras especies del género *Theobroma* tiene su origen en América Tropical, específicamente en la cuenca alta del río Amazonas. Las semillas de cacao históricamente han sido utilizadas para la preparación de bebidas y otros alimentos, como moneda cambiaria y como bebida ceremonial y tributo a reyes. *Theobroma cacao* se encuentra distribuida actualmente a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, desde los 20° de latitud norte hasta los 20° de latitud sur (Arciniégas 2005).

6.1.1 Taxonomía:

Reino: Plantae,

Subreino: Tracheobionta,

División: Magnoliophyta,

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Tribu: Theobromeae,

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma cacao* L.. (Dostert et al, 2009)

6.1.2 Morfología:

Dostert en 2009 describió a *Theobroma cacao* como “un árbol o arbusto semicaducifolio de hasta 12 metros de altura, y en cultivo en condiciones normales crecen de 4-8m y en cultivos tecnificados máximo 2.5m. El tallo es glabro o parcialmente pubescente en ejes jóvenes. La corteza del tallo es oscura, gris-café. Las ramas son cafés y finamente vellosas. Las hojas son coriáceas (o cartáceas) simples, enteras (o ligera e irregularmente sinuadas), angostamente ovadas a obovado-elípticas, ligeramente asimétricas, 17-48cm de largo y 7-10cm de ancho, alternas y glabras o laxamente pubescentes en ambas caras. La base de las hojas es redondeada a ligeramente cordada, ápice largamente apiculado” (Dostert et al, 2009)

El mismo autor señaló que: “el peciolo es de 14-27 mm de largo. Las estípulas son lineares y caducas. Las inflorescencias son caulinares y cimosas. Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y -10-20 mm de diámetro; el pedúnculo floral es de 1-3 cm de largo. Los sépalos son (verdosos) blancos o rosa claros, 5-8 mm de largo, 1.5-2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base. Los pétalos son un poco más largos que los sépalos, 6-9 mm de largo, libres, amarillentos, con dos (tres) nervios violetas adentro, glabros, con la parte inferior redondeada o abruptamente atenuada, recurvos y apiculados. Los estambres son 10 y lineares; cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios; todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo; los estambres fértiles son de 2,5-3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta y 6.5-7.5 mm de largo. El ovario es de 2-3 mm de largo, anguloso ovado, ligeramente

Facultad de Ciencias Agropecuarias

pentagonal y pentámero. Los óvulos se disponen en dos filas con 6-12 óvulos por fila” (Dostert et al, 2009)

“El fruto es una baya grande (mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez, glabro, 10-20 cm de largo y ca. 7 cm ancho, 200-1000 gr de peso y con 5-10 surcos longitudinales. El endocarpo es de 4-8 mm de grosor, duro y carnosos, y leñoso en estado seco. Las semillas son café-rojizas, ovadas, ligeramente comprimidas, ca. 20-30mm de largo, 12-16 mm de ancho y 7-12 mm de grosor” (Dostert et al, 2009).

6.1.3 Requerimientos eco-fisiológicos y de manejo para el cultivo de cacao en Colombia

Rojas et al (2013) determinaron los elementos constituyentes del clima para el manejo de cacao, estos son temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Todos ellos influyen de manera importante sobre la producción del cacao, sin embargo, los más importantes y que tienen un mayor peso en la ecuación son la precipitación, la temperatura y la humedad.

6.1.4 Precipitación

Rojas et al (2013) afirman que el cacao se puede sembrar en zonas en donde las precipitaciones anuales varíen entre 1.500 y 3.800 mm, siendo el rango entre 1.800 y 2.600 mm más apto para su desarrollo; también especifica dos rangos de precipitación donde se tendrían que realizar manejos adicionales a los normales, estos son: a) entre los 1.500 y los 1.800 mm, considerado moderadamente apto para la siembra y riego, aunque los autores sostienen que es mejor implementar sistema de riego artificial para responder las demandas, y b) entre los 2.600 a los 3.200 mm en donde se pueden desarrollar los cultivos con algún tipo de limitaciones que pueden derivar en la necesidad de prácticas de manejo adicionales a las comúnmente utilizadas, así mismo advierte que con altas precipitaciones existen un alto riesgo de que se presenten problemas fitosanitarios lo cual hace que el manejo sea muy dispendioso y costoso.

6.1.5 Temperatura

García (2007), determinó que el régimen de temperatura para el cacao se encuentra entre los 18 y 32°C, en donde las temperaturas adecuadas oscilan entre los 24 a 28°C y moderadamente adecuadas se encuentra el rango entre los 20 a 24°C, y los 28 a 30 °C. Posteriormente el mismo autor (2013) estableció que temperaturas menores a 18°C y mayores a 32°C dificultan el desarrollo adecuado del cacao. El factor temperatura es clave para el cultivo del cacao ya que por ejemplo las variaciones mayores a 9°C entre el día y la noche afectan la polinización y la formación de los frutos, de la misma manera las flores del cacao no se forman bajo temperaturas inferiores a los 25°C.

6.1.5.1 Humedad

La planta de cacao necesita de una alta humedad relativa para su pleno desarrollo; sin embargo, la humedad relativa del aire puede bajar hasta un 40 a 50% sin afectar negativamente a la planta siempre y cuando haya suficiente agua en el suelo. Esta es una de las razones por las cuales el cacao puede ser cultivado en zonas secas donde haya la posibilidad de aplicación de riego suplementario, como es el caso de los Valles Interandinos Secos (García et al, 2013).

6.1.5.2 Vientos

Los vientos con una velocidad mayor a los >4 m/seg son perjudiciales, ya que aumentan la desecación de las hojas, e impiden la polinización. Sin embargo, este efecto es mínimo ya que una vez que el cultivo cierra, el efecto de barrera de los mismos árboles de cacao y de los sombríos hace que la influencia del viento prácticamente solo se presente solo en los bordes de los lotes (García et al, 2013).

6.1.5.3 Altitud

Según García et al (2009) el rango altitudinal óptimo para el cultivo del cacao está entre los 400 y 1.200 metros sobre el nivel del mar, no obstante, este criterio ha sido revaluado por Rojas en 2013, ya que en Colombia amplias zonas de cultivo donde se presenta un excelente desarrollo de los árboles de cacao se encuentran desde el nivel del mar en adelante, como es el caso de los departamentos de Arauca, Magdalena, Antioquia y Nariño. Los autores también determinaron que alturas mayores a 1.200 m.s.n.m se consideran como condiciones marginales para el crecimiento del cacao, ya que las temperaturas en general son muy bajas para garantizar una buena productividad de las plantaciones. Sin embargo, en algunas regiones se pueden encontrar unos pocos microclimas especiales en los cuales se puede explorar el cacao por encima de este rango altitudinal.

Tabla 1 Requerimientos eco-fisiológico y de manejo para el cultivo de cacao. (Fedecacao, 2013).

Características	Sumamente apta	Moderadamente apta	Marginalmente apta	No apta
Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m)	400-800	0-400 y 800-1.000	1.000-1.200	Mayor a 1.200.
Temperatura media anual (°C)	24 a 28	28 a 30 y 24 a 20	30 a 32 y 20 a 18	Menor 18 y mayor a 32
Máximo y mínimo	Menor a 9			Mayor a 9
Precipitación anual (mm)	1.800-2600	2.600-3.200 y 1.800-1.500	3.200-3.800 y 1500-1.200	Menor a 1.200 y mayor a 3.800
Drenaje natural del suelo	Moderadamente o bien drenado.		Imperfectamente o moderadamente excesivo drenado	Muy pobre, pobre o excesivamente drenado.
Profundidad efectiva del suelo (cm)	Mayor a 100	50-100	25-50	Menor a 25
Nutrientes disponibles				
Acides (pH)	5,5 - 6,5	6,8 - 7,0 y 5,5 - 5,0	7,0 - 8,0 y 5,0 - 4,5	Mayor de 8 y menor de 4,5
Materia orgánica (% Total)	Mayor al 5 %	4 a 5	3 a 4	Menor del 3%
P ₂ O ₅ (Kg/ha)	Mayor al 69	69 a 57	57 a 46	Menor de 46
K (meq/100 gr)	Mayor al 0,3			Menor de 0,15
Ca (meq/100 gr)	3,5 a 4	4 a 8	8 a 12	Menor de 2 y mayor de 12
Mg (meq/100 gr)	1 a 1,5			Menor de 1
Ca/Mg (meq/100 gr)	3:1			Relación mayor (3:1)
cm= centímetros. mm= Milímetros. °C= Grados centígrados.meq = Miliequivalentes m.s.n.m= Metros sobre el nivel del mar. Kg/ha= Kilogramos por hectárea.				

6.1.6 Proceso productivo

Durante el establecimiento de un cultivo de cacao se realizan diferentes actividades o procesos en una secuencia lógica que permite el adecuado desarrollo del cultivo hasta su etapa productiva y su aprovechamiento o beneficio.

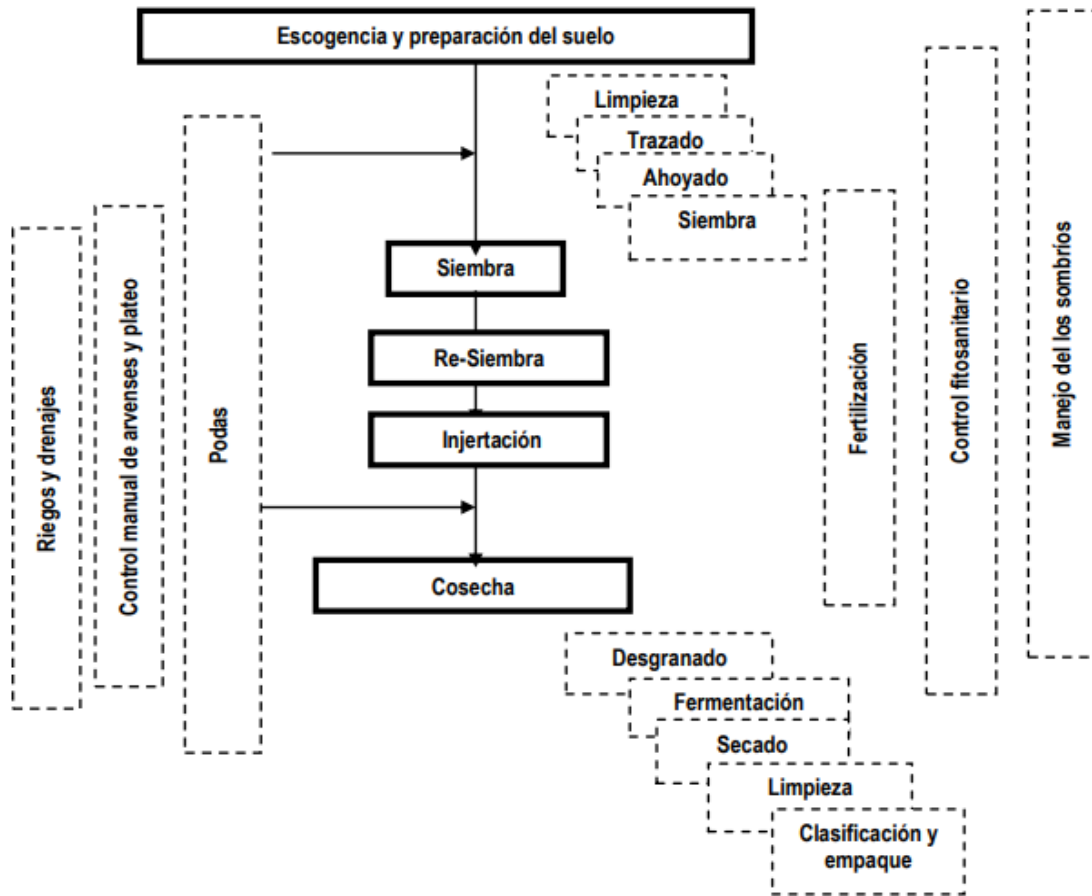


Figura 1 Diagrama general del proceso de establecimiento, manejo y beneficio del cacao. (García, 2013).

6.2 LA MONILIASIS (*Moniliophthora roreri*)

La moniliasis, causada por *Moniliophthora roreri* (Cif & Par), es una enfermedad fúngica severa que hasta ahora se encuentra en 11 países de América Latina. (Fedecacao, 2013). Aránzazu (2010) describe la moniliasis como una enfermedad que ataca el fruto del cacao, y que se caracteriza por la presencia en las mazorcas afectadas de una mancha de color oscuro y borde irregular, que se cubren inicialmente de una estructura algodonosa blanca que luego se vuelve grisácea, desprendiéndose en forma de polvo. En frutos jóvenes se observan gibas o tumores antes de aparecer las manchas de color chocolate y una madurez prematura. El daño causado por esta enfermedad varía desde 25% hasta la pérdida total de la producción de cacao.

6.2.1 Etiología

El agente causal de la moniliasis fue inicialmente llamado *Monilia roreri* por Ciferri, y Parodi en 1933 y clasificado por Evans et al., (2003) dentro del filum Ascomycota, describiéndolo como un hongo anamórfico debido a la aparente ausencia de un estado meiótico o de estructuras sexuales y sus similitudes morfológicas con otros fitopatógenos del género (Evans et al., 2003). Años atrás, Evans et al. (1978), mediante estudios de microscopía electrónica, encontraron la presencia de septo doliporo (característico de hongos homobasidiomicetos) y un evento único de esporogénesis basipetal, resultado que motivó la creación del nuevo género *Moniliophthora* y su cambio al filum Basidiomycota (Evans et al., 2003; Griffith et al., 2003).

Facultad de Ciencias Agropecuarias

6.2.2 Taxonomía:

Dominio: Eukarya

Reino: Fungi

Phylum: Basidiomycota

Clase: Basidiomycetes

Subclase: Agaricomycetidae

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *M. roreri*. (Aránzazu, 2010).

6.2.3 Morfología

Evans et al (2003) encontraron evidencias que la meiosis ocurre en las esporas de *M. roreri*, fenómeno consistente con su contenido nuclear variable. De ahí que es incorrecto referirse a estas estructuras como conidios (por definición estos provienen del proceso de mitosis). Al parecer esto se debe a que el antepasado de *M. roreri* perdió la habilidad de formar un basidiocarpio, pero no la habilidad de llevar a cabo la división nuclear meiótica. Lo anterior sugiere que los propágulos de monilia se deben llamar esporas y no conidios.

El mismo autor en 2007, observó que las esporas provienen de un basidio modificado, con un pseudoestroma denso y carnoso sobre el cual el hongo produce los vestigios del pileo. Estas esporas son multifuncionales, sirven no sólo para el intercambio genético, sino también para la dispersión, la infección y la supervivencia. Urquillas (2004) determinó que las esporas pueden ser esféricas u ovaladas y tienen dos formas de germinación a través del poro germinativo o directamente a través de su pared. Las esporas viejas desarrollan paredes gruesas y se tornan oscuras, las cuales pueden marcar el inicio de la fase de dormancia (Evans et al, 2007). El tubo germinativo presenta en el extremo distal una estructura similar a un apresorio y la hifa infectiva. Éste es único y en raras ocasiones doble (Urquillas, 2004).

6.2.4 Ciclo de vida del patógeno

Las condiciones climáticas y la cantidad de esporas libres son factores determinantes en el ciclo de vida de *M. roreri*. Aránzazu (2010) cuenta que el ciclo del patógeno comienza con la estación seca, época en la que se encuentran la mayor cantidad de esporas disponibles en el ambiente, sin embargo, para que inicie la infección es necesario que existan condiciones de humedad. En Colombia, se presentan condiciones favorables para la infección y desarrollo de la moniliasis durante todo el año, debido a la distribución de las lluvias. Por tal motivo, es importante considerar el periodo entre cultivos, es decir, el periodo entre la cosecha y la próxima floración.

En investigaciones adelantadas por el ICA entre 1960 y 1980 sobre etiología, epidemiología y control de la moniliasis, se resalta que las esporas sólo germinan en presencia de una película de agua, con mayor germinación cerca de los 24° C. En condiciones de laboratorio, las esporas que provienen de micelio esporulante, conservan la viabilidad y poder infectivo hasta 22 meses después de iniciar la esporulación y que la germinación de esporas ocurre aproximadamente entre 6 y 8 horas. Merchán (1981) determinó que los propágulos almacenados y conservados en seco a 4,5° C mantienen la viabilidad superior al 50%, después de 10 meses.

Aránzazu (2010) describió que la hifa infectiva del hongo penetra la epidermis del fruto, desde la cual se propaga inter e intracelularmente a los tejidos subepidermales y el exocarpo. La infección continúa a los tejidos centrales, incluyendo las semillas, e inicia el desarrollo de la necrosis desde la parte interna hacia la epidermis. Externamente, la infección aparece como puntos aceitosos muy pequeños y circulares los cuales se convierten en lesiones (manchas) irregulares de color amarillo y marrón (figura 2). El autor también detalla que el proceso desde la infección a la aparición de mancha tiene una duración aproximada de 60 ± 10 días, dependiendo de la susceptibilidad del clon de cacao. Entre 3 y 4 días, se desarrolla el micelio blanco sobre las lesiones y luego aparecen las esporas, las cuales confieren un color crema a marrón.



Figura 2. Mazorca afectada por *M. royeri* con puntos aceitosos y necrosis interna. (Méndez, 2017)

Merchán (1981) realizó una investigación sobre aproximación al ciclo de la enfermedad y evolución de síntomas y signos en la granja Luker en Santander a 1.050 m.s.n.m, Colombia, donde determinó que el ciclo de vida de *M. royeri* dura 60 ± 5 días sobre clones susceptibles y, 73 ± 8 días sobre clones con resistencia parcial. De la misma manera, Merchán demostró que los primeros síntomas aparecen en promedio a los 22 días, después de la inoculación del patógeno, y 73 días para la esporulación.



Figura 3. Mazorca momificada por *M. royeri* en proximidad con mazorcas sanas. (Méndez, 2017)

Las condiciones de sobrevivencia más importantes para *M. royeri* se basan en épocas de formación de pepinos y cosecha o durante la época seca donde los frutos enfermos y momificados después de 100 días de infección son una de las fuentes de inóculo más importantes para su producción y dispersión (Ampuero, 1967, citado por Phillips, 1986) (figura 3). En regiones ubicadas a más de 1000 m.s.n.m, condiciones como la temperatura y la humedad relativa desfavorecen la dispersión de las esporas, demorando alrededor de 80 ± 10 días para que el fruto enfermo evidencie los síntomas y signos y complete su ciclo de infección.

En regiones ubicadas por debajo de los 600 m.s.n.m, estas mismas condiciones aceleran el ciclo de la infección, llegando a completarlo en 50 ± 10 . (Aránzazu, 2013).

6.2.5 Sintomatología

En condiciones de campo, la enfermedad se ha encontrado sólo sobre frutos. Evans (2007) logró artificialmente infecciones sobre plántulas y primeros estadios foliares. Aránzazu (2013) corrobora que la penetración e infección puede ocurrir en cualquier fase de desarrollo del fruto, pero son más susceptibles durante los primeros estados. La susceptibilidad de los frutos es inversamente proporcional a su edad, es decir que a mayor edad menor susceptibilidad.

Merchán (1981) también estudio la sintomatología de *M. royeri*, y corroboró que después de penetrar el fruto, el hongo se desarrolla intercelularmente en las células del parénquima cortical, presentándose normalmente un largo periodo de incubación. Así mismo, llegó a la conclusión que los síntomas de monilia varían con la edad del fruto y con la severidad del ataque del

Facultad de Ciencias Agropecuarias

patógeno. Aránzazu (1990) confirmó que la infección es específica a los frutos causándoles daños externos e internos hasta finalmente destruirlos, y que se puede dar en cualquier estado de desarrollo con daños y niveles de pérdida variables que dependen principalmente de las condiciones climáticas y el manejo que se le dé al cultivo (Barros 1966; Phillips 1986).

Sobre frutos jóvenes se observan áreas de crecimiento anormal, formándose protuberancias pronunciadas sobre la superficie de los frutos gibas (figura 4). Los síntomas externos pueden estar completamente ausentes hasta la formación de lesiones entre 45 y 90 días después de la penetración del hongo. Según Evans et al. (1978) esta fase se podría considerar como la fase biotrófica del hongo, en cuanto a que la necrótica puede ser precedida por la maduración irregular o prematura, la aparición de lesiones irregulares de color chocolate o castaño oscuro, que van creciendo gradualmente hasta cubrir con rapidez toda la superficie del fruto (figura 4).



Figura 4. giba del cacao y necrosis externas por causa de *M. roreri*. (Méndez, 2017)



Figura 5. Mazorcas con daño causado por *M. roreri*. (Méndez, 2017)

Evans (1981) describió que, en infecciones tardías predominan las lesiones deprimidas de color castaño oscuro. Después del inicio de la lesión, alrededor de los 3 a 7 días, se desarrolla un micelio blanco y crema sobre los frutos infectados, tornándose luego en una densa masa pulverulenta constituida por esporas del hongo que van cambiando gradualmente de ceniza a marrón (figura 5 y 6). Merchán (1981), llevo a *M. roreri* a laboratorio, y determinó que crece tanto en medios naturales como artificiales y que también, este patógeno es capaz de colonizar órganos vegetativos, previamente esterilizados, lo que lleva a pensar en este método como una alternativa para la evaluación de resistencia de materiales.

Los síntomas de la enfermedad pueden variar con la edad del fruto o tipo de material genético. (García, 2009). En su estudio, Aránzazu (2013) también describe que los tejidos internos de la mazorca pueden ser sustituidos por sustancias acuosas o gelatinosas, razón por la cual esta enfermedad también es conocida y denominada de forma inadecuada como pudrición acuosa de los frutos (figura 6 y 7). Con frecuencia, las almendras se presentan pegadas unas con otras de manera desorganizada, haciendo difícil su remoción y

señala que los frutos enfermos son normalmente más pesados que los frutos sanos.



Figura 6 y 7. Mazorcas acuosas con presencia de esporas de *M. roreri*. (Méndez, 2017)

6.2.6 Epidemiología

Evans (1986) explica que la esporulación del hongo sobre la superficie del fruto es tan intensa que las nubes de esporas son liberadas y transportadas por el viento, la lluvia y en menor proporción por insectos y estima que las densidades de esporulación del hongo sobre un fruto pueden alcanzar los 44 millones de esporas por cm² de área. Merchán (1981) determinó que una mazorca esporulada ubicada a una altura aproximada de dos metros tiene un gradiente de dispersión, con capacidad de infección de 40%, de hasta una distancia de 20 metros. Porras (1983) confirmó que existe una correlación significativa y positiva entre la población de esporas en el aire y la temperatura, y negativa con respecto a la humedad relativa.

Evans (1981) afirma que las esporas pueden ser aisladas de los mismos frutos momificados, aún después de un año de la infección, lo que asegura la oferta de inóculo durante ese tiempo. Así mismo, Aránzazu (2010) explica que los frutos momificados y esporulados en la copa del árbol son considerados la principal fuente de inóculo para iniciar la epidemia, diseminando las esporas en sentido descendente y que la presencia de agua libre no sólo permite la germinación de las esporas, sino que remueve el inóculo desde estos frutos. Cubillos (1981) encontró que la eliminación y disposición de los frutos con síntoma de mancha sobre el suelo no sólo permite la descomposición por parte de los microorganismos presentes en éste, sino que dejan de ser importantes en la diseminación de *M. rozeri*.

Lopes et al (2005) afirma que existe una estrecha correlación entre la cantidad de lluvia, el periodo de floración y la formación de frutos con la presencia de la enfermedad. Es probable que la infección de los frutos ocurra durante la floración o durante la formación de los frutos, sin embargo, las pruebas para comprobar esta afirmación son insuficientes. Durante el año, una vez que se encuentran frutos enfermos o infectados, se cree que ocurren varias infecciones secundarias durante las épocas lluviosas. No es claro hasta qué punto pueden ser diseminadas las esporas a partir de las fuentes de inóculo, sin embargo, ya se han sugerido distancias de hasta de 1 km (Evans, 1981; Lopes et al., 2005), mientras que otros autores más conservadores han limitado tal diseminación a distancias entre 30 y 375 m (García et al., 2010).

En Colombia, el ciclo de la enfermedad de la moniliasis puede iniciar en cualquier época del año, debido a que la fuente de inóculo primario es de presencia constante, debido a la distribución de los ciclos de lluvia a lo largo del año, con una correlación positiva entre la incidencia de la moniliasis y la lluvia que se presentó dos meses atrás (Merchán, 1981). Sin embargo, las épocas críticas se presentan entre noviembre– enero y marzo–julio cuando inicia la floración y los frutos se encuentran en estados de más alta susceptibilidad. (Fedecacao, 2013).

6.3 MATERIALES TOLERANTES O RESISTENTES A MONILIASIS *M. rozeri*

El Programa de Mejoramiento Genético del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) realizó durante 15 años ensayos donde seleccionó en el 2007 un grupo de seis clones trinitarios de buena producción y tolerancia a Moniliasis, los cuales son: CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, CC-137, ICS-95 T1 y PMCT-58. Los resultados sobre producción e incidencia de Moniliasis han mostrado que dichos clones (CATIE-R1, CATIE-R4, CATIE-R6, CC-137, ICS-95 T1 y el PMCT-58) mantuvieron durante todo el estudio la producción y resistencia a la enfermedad. Es importante anotar que estos materiales son resistentes, pero no inmunes a la

enfermedad, lo que quiere decir que se pueden enfermar por Moniliasis, pero con menos severidad (CATIE, 2012).

En Colombia, se han estudiado materiales de cacao y respectiva tolerancia *M. royeri*, Correa et al en 2014 demostró que el material TSH792 es susceptible, TSH812 moderadamente susceptible, **CCN51** moderadamente resistente, CAP34 susceptible, UF613 Tolerante y el ICS95 Resistente; estos clones son sembrados en Santander, Antioquia, Arauca y Huila.

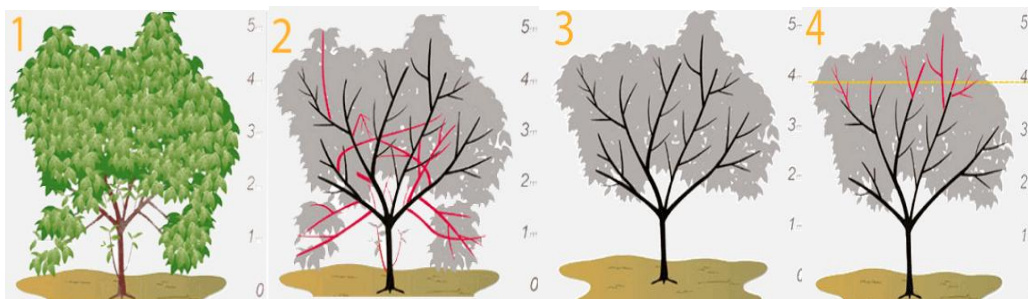
Diferentes investigadores han encontrado que el clon ICS-95 resiste las cepas agresivas de *Moniliophthora royeri* (Phillips et al., 2005). En Colombia, Perea et al. (2013) también encontraron que el clon local FEC-2 (Federación El Carmen) es igualmente resistente. Los clones **CCN-51**, FLE-2 (Federación Lebrija) y FSA-12 (Federación Saravena) se catalogaron como moderadamente resistentes. Sánchez y Cubillos (1984) encontraron que el clon IMC-67 es moderadamente resistente al *M. royeri* porque inhibe el proceso de esporulación del hongo.

6.4 PODAS

Las podas se realizan en arboles de cacao para eliminar chupones y ramas mal dirigidas o enfermas, permitiendo el estímulo de las ramas manteniendo en porte adecuado del árbol. con la poda se regula la altura de la planta que facilita las labores de limpieza y cosecha, así mismo se mejora la ventilación y la entrada de luz, asegurando la sanidad de las plantas. Esto ayuda a prevenir el desarrollo de enfermedades, garantizando que las plantas crezcan derechas o rectas aumentando la floración y formación de frutos. (Ávila et al, 2013)

La práctica de la poda requiere de muchos conocimientos y habilidades; de lo contrario, se corre el riesgo de dañar a la planta y, como consecuencia, no dará cosecha. Las podas se realizan de acuerdo con los estados de desarrollo de la planta. No es lo mismo la poda para una planta en desarrollo, que para una planta madura o adulta en producción.

El mismo autor explica que la poda para una planta en crecimiento se realiza para eliminar chupones y despuntar ramas extendidas. La poda en la etapa adulta de la planta se realiza para conservar la forma natural del árbol, manteniendo un sólo tronco, una sola horqueta y un estado sano, libre de ramas y de frutos enfermos, de plantas parásitas y nidos de comején.



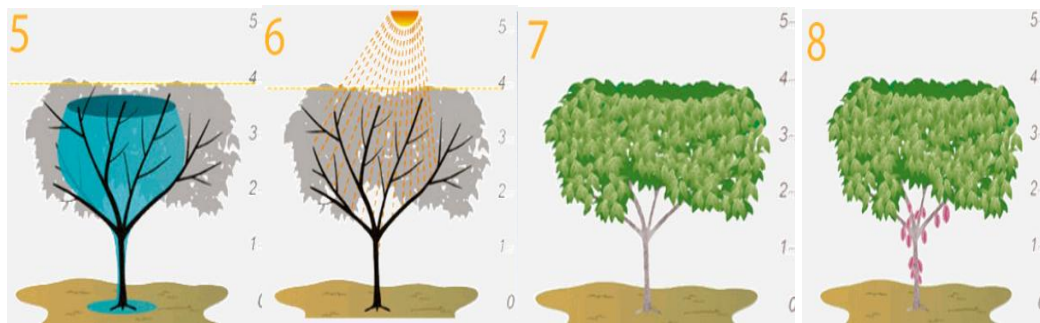


Figura 8. Proceso adecuado de las podas. *tomado del sitio web <http://cacaomovil.com/guia/5/contenido/el-proceso-de-poda/>

7 MATERIALES Y METODOS

7.1 Ubicación del experimento

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Rioblanco, Tolima (Colombia), en la finca el edén vereda Cambrín, con coordenadas 03°25'00" N 75°41'54.5" W, (figura 9) ubicada a 879 msnm., con una precipitación media anual de 712 mm, temperatura máxima de 28°C, temperatura mínima de 17°C y temperatura media anual de 22°C; la humedad relativa promedio es del 80%, el tipo de suelo es Franco-areno arcilloso y tiene un pH de 5.



Figura 9. Finca El Edén ubicada a 50 minutos del municipio de Rioblanco Tolima, colinda con el río Saldaña.

7.2 Universo, población y muestra

Para efectos de la investigación, la población es representada por una hectárea de árboles de cacao de diferentes materiales sembrados de forma diversificada en el lote, la muestra fueron 18 árboles tomados al azar con síntomas de moniliasis.

7.3 Técnicas o instrumentos para la recolección de datos

Se utilizaron hojas de registro en las cuales se tomarán los siguientes datos: fecha del monitoreo, Numero de mazorcas totales y afectadas por moniliasis, porcentaje de incidencia, porcentaje de severidad en los frutos. Los arboles monitoreados fueron marcados para hacer seguimiento semanalmente.

7.4 Infraestructura y Equipos

Se dispuso de un cultivo de cacao (*T. cacao*) de una hectárea con diferentes cultivares y de diferentes edades sembradas diversificadamente, el cual no tenía previamente manejo agronomico de ningun tipo, sin podas, fertilizacion, riego, monitoreos o controles. El equipo usado para registrar las coordenadas fue un GPS GARMIN modelo GPSmap 62sc prestado por la alcaldia municipal de Rioblanco; para el registro de las temperaturas diarias se utilizó un termometro digital presente en la estación climatica del municipio y para las precipitaciones se adaptó una jeringa de uso veterinario en un lugar despejado de la finca. Las condiciones ambientales se registraron durante todos los 65 dias del experimento.

También se empleó tijera de poda para la remoción de mazorcas enfermas, serrucho de cola de zorro para corte de ramas de grosor que estén al alcance de la altura de la mano del podador y tijeras de cadena para cortar ramas localizadas en la parte más alta del árbol, el desinfectante usado para la herramienta fue alcohol etílico y como cicatrizante se usó vinilo con cal y un poco de agua para lograr una pasta.

7.5 Recursos humanos

El experimento fue aplicado por Eddy Santiago Mendez, estudiante de XI semestre de ingeniería agronómica en la alianza académica con la Alcaldía Municipal de Rioblanco Tolima en cabeza de la alcaldesa Delcy Esperanza Izasa Buenaventura y la secretaria de desarrollo económico y medio ambiente y su secretario Leonardo Perez Artunduaga. La docente tutor de la investigación es la Ing. Agrónoma MSC Paola Moreno de la Universidad de Cundinamarca y se contó con el apoyo de Leonardo Pinto como asistente técnico de la Federación de Cacaoteros (FEDECACAO) que amablemente prestó su finca para el experimento, Alonso Lopez Camacho como coordinador agropecuario del municipio y Hector Moreno como operario de la finca.

7.6 Metodología

El experimento se realizó en la finca El Edén, ubicada en el municipio de Rioblanco, Tolima se escogieron aleatoriamente 18 árboles de cacao, que tuvieran la misma edad y se marcaron.

Se utilizó un diseño completamente al azar factorial de 2 x 3, donde existen dos tratamientos principales: 1) sin podas y 2) con podas y tres materiales: los cultivares CCN51, SCC61 e "híbrido", para un total de 6 tratamientos. Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones (Figura 10)

Las variables evaluadas fueron porcentaje de incidencia y de severidad, cuyos datos fueron tomados semanalmente.

A continuación, representación gráfica del ensayo.

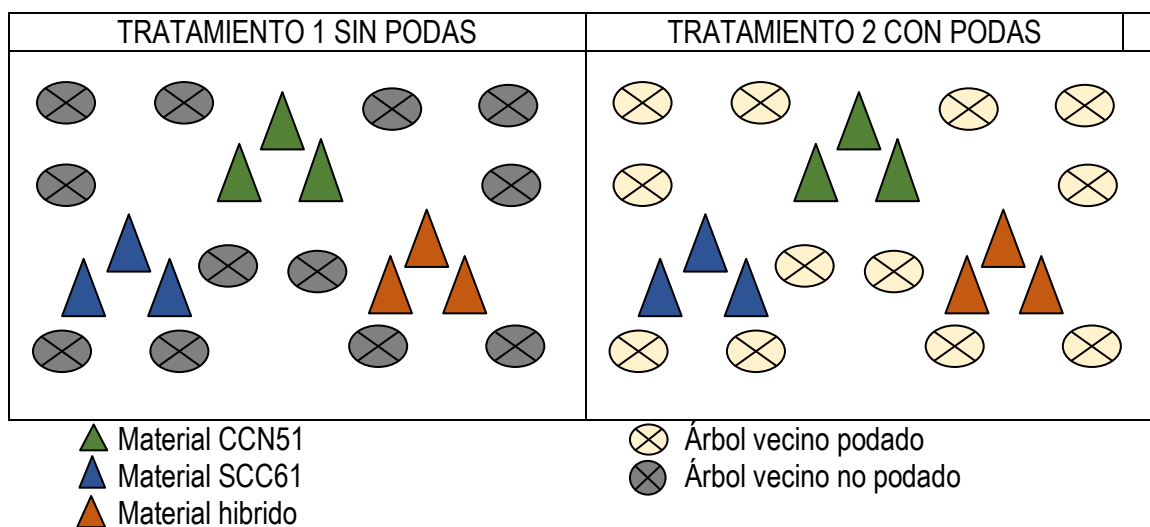


Figura 10. Representación gráfica del ensayo.

El experimento se desarrolló desde la primera semana de abril hasta la cuarta semana del mes de junio. En el día 0 del ensayo, se podaron solamente los 9 árboles de los tratamientos con podas, se retiraron las mazorcas afectadas con moniliasis de los 18 árboles seleccionados con el fin de dejar la incidencia en 0% de moniliasis, brindar aireación y establecer forma al árbol. A partir de esta fecha se tomaron los datos semanalmente en todos los tratamientos. Cabe destacar que durante todas las semanas se realizó control cultural de la poda (remoción de mazorcas enfermas y ramas cruzadas) únicamente a los árboles de los tratamientos con podas y a sus vecinos, eliminando las mazorcas infectadas por *M. roreri*.

7.7 Determinación del cálculo de porcentaje de incidencia para *Moniliophthora roreri*

Semanalmente se cuantificó el total de mazorcas de cada repetición (árbol) y las mazorcas afectadas por *M. roreri*.

Incidencia (%) = (número de plantas enfermas/total de plantas observadas) *100
(Macías Duarte et al., 2016).

7.8 Determinación del cálculo de porcentaje de severidad para *Moniliophthora roreri*

La severidad (Cantidad de enfermedad) se evaluó de manera visual por medio de una escala realizada por el estudiante. Para calcular el porcentaje de severidad se utilizó la fórmula de Townsend y Heuberger, (1943) citada por (Macías Duarte et al., 2016):

Severidad (%) = $[\sum(n*v)/CM*N]*100$,

Donde:

P= media ponderada de la severidad

n= número de plantas por cada clase de la escala







v= valor numérico de cada clase







CM= categoría mayor







N= número total de plantas evaluadas.






Se construyeron dos escalas descriptivas y fotográficas de la severidad de *M. roreri* al cacao, con el fin de determinar el desarrollo y la severidad en las plantaciones del municipio. Teniendo en cuenta la diversificación de los cultivos y los fines del experimento se obtuvo: 1. Escala para cacao Híbrido (mazorca verde) (Figura 11) y 2. Escala para variedades CCN51 y SCC61 (mazorca roja) (Figura 12).

7.8.1 Escala de severidad para cacao verde (HIBRIDO)

ESCALA DE SEVERIDAD	SINTOMA EXTERNO	SINTOMA INTERNO
<p>0 - 9%</p> <p>No se observan síntomas</p>		
<p>10 - 19%</p> <p>La mazorca presenta una giba o deformación. Internamente presenta un pequeño punto negro.</p>		
<p>20-29%</p> <p>La mazorca presenta dos o más gibas en su tejido externo y decoloraciones, internamente presenta dos o más puntos necróticos.</p>		

<p>30-39% En mazorcas pequeñas la mazorca presenta total deformación de su tejido externo con numerosas gibas y puntos aceitosos; internamente las lesiones han aumentado de tamaño.</p>		
<p>En mazorcas grandes, aunque estas no presenten gibas por la edad del fruto, se logra apreciar la presencia de puntos aceitosos en la parte inferior, internamente la lesión del patógeno se expande.</p>		
<p>40-49% Presencia de numerosos puntos aceitosos (No confundir con el corrugado de la mazorca con gibas, igualmente la coloración de la epidermis es por oxidación). Internamente se notan puntos necrosados en cerca de las semillas.</p>		

<p>50-59% Mazorcas de menor edad: presenta decoloración pronunciada, los puntos aceitosos inician el ciclo de necrosis. Internamente el patógeno causa daños a las semillas y a la epidermis del fruto.</p>		
<p>En mazorcas de mayor edad: presenta decoloración del fruto y primeras necrosis externas; internamente el patógeno ha causado 30% de daño. (el daño se incrementa con respecto a la mazorca pequeña porque el fruto está a punto de madurar).</p>		
<p>60-69% En mazorcas pequeñas: Lesión necrótica abundante con decoloración en los bordes, internamente <i>M. royeri</i> coloniza las semillas y la epidermis del fruto.</p>		

<p>En mazorcas adultas: Las lesiones externas alcanzan el 50% de tejido afectado</p>		
<p>70- 79% Las lesiones afectan entre un 50 a 90% del fruto, internamente el patógeno ha colonizado toda la mazorca.</p>		
<p>80-89% Lesión necrótica en el 90% del fruto, internamente el patógeno ha colonizado el 100% del fruto.</p>		








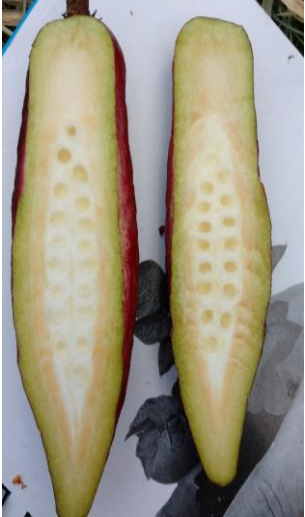















<p>90-95% Las lesiones externas desarrollan micelio blanco y se vuelve blanda, internamente el 100% del fruto esta colonizado.</p>		
		
<p>100% La mazorca resulta momificada, de apariencia negro con micelio blanco en su totalidad y permanece con dureza.</p>		

Figura 11. Escala de severidad descriptiva y grafica para el cacao verde (HIBRIDO)

7.8.2 Escala de severidad para los materiales CCN51 y SCC61

ESCALA DE SEVERIDAD	SINTOMA EXTERNO	SINTOMA INTERNO
<p>0-10% Mazorca sana, sin afectaciones por <i>M. royeri</i></p>		
<p>10-19% La mazorca presenta gibas o deformaciones, internamente hay puntos necróticos.</p>		
<p>20-29% Presencia de puntos aceitosos a pesar de no tener gibas, el tejido interno en la epidermis se encuentra en colonización por el patógeno.</p>		

<p>30-39% Primera lesión necrótica externa, de pequeña extensión, internamente el patógeno intenta la colonización de las semillas.</p>		
<p>40-49% Lesión necrótica externa más abundante, internamente el patógeno ha colonizado las semillas y necrosado parte del tejido.</p>		
<p>50-59% En mazorcas pequeñas: la lesión externa ocupa entre un 10 y 20% de tejido, internamente las semillas y la epidermis fue colonizado por <i>M. royeri</i> (a menor edad del fruto, mayor virulencia y severidad)</p>		

<p>En mazorcas de mayor edad: el tejido externo presenta lesión necrótica entre el 10 y 20%, internamente el 50% de la mazorca presenta necrosis.</p>		
<p>60-69% Lesión necrótica externa entre el 30 y 50%, internamente las lesiones oscilan entre el 50 y 70% afectando la mayoría de semillas.</p>		
<p>70-79% Lesión necrótica que afecta entre el 50 y 80% de la mazorca</p>		






<p>80-89% Lesión necrótica en el 90% del fruto, internamente el patógeno ha colonizado el 100% del fruto.</p>		
<p>90-95% Las lesiones externas desarrollan micelio blanco y se vuelve blanda, internamente el fruto esta colonizado.</p>		
<p>100% La mazorca resulta momificada, de apariencia negro con micelio blanco en su totalidad y permanece con dureza.</p>		

Figura 12. Escala de severidad descriptiva y grafica para el cacao SCC61 y CCN51. (Méndez, 2017).

7.9 Determinación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE)

El área bajo la curva de progreso de la enfermedad permite determinar cuál de los tratamientos tuvo los valores más bajos de incidencia y severidad a lo largo de la evaluación (mientras dure la epidemia), ya que integra la cantidad de enfermedad que se presenta a lo largo del tiempo y los valores más bajos permiten observar cual fue el tratamiento más eficiente para el manejo de la

Facultad de Ciencias Agropecuarias

enfermedad. Se calculó para las dos variables anteriormente mencionadas, mediante la fórmula de Campbell y Madden (1990):

$$\text{AUDCP} = \sum_{i=1}^{n-1} ((Y_i + Y_{i+1})/2) (T_{i+1} - T_i)$$

Donde:

Y_i = Proporción de la enfermedad a la enésima observación

T_i = Tiempo en la enésima observación

n = Número total de observaciones

Es importante recalcar que el área bajo la curva de progreso de la enfermedad es adimensional, es decir, no tiene unidades.

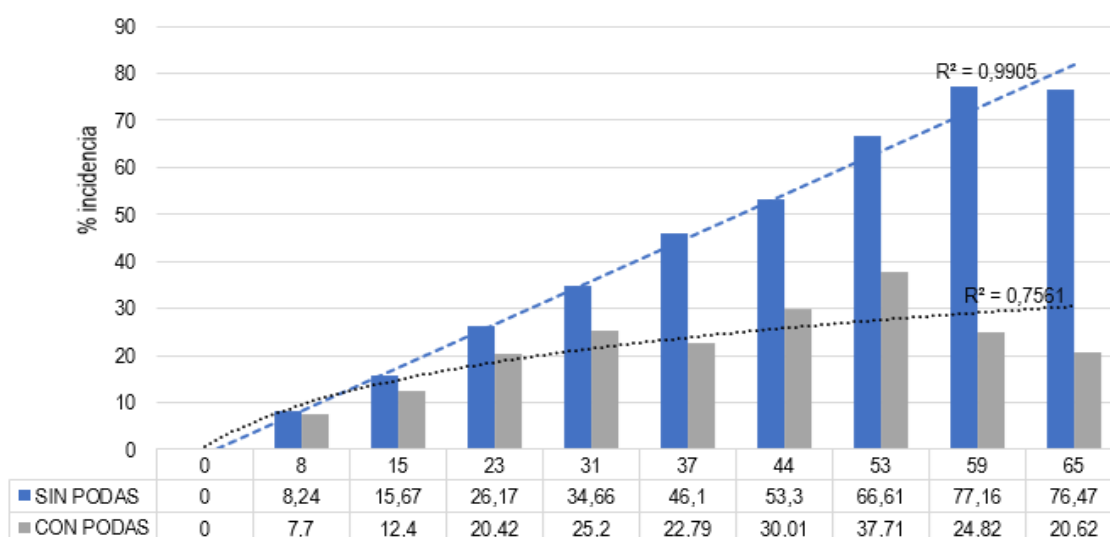
Los datos obtenidos de incidencia y severidad fueron recopilados semanalmente, se tabularon y con estos se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Tukey para un nivel de significancia $P \leq 0.05$ utilizando el programa estadístico infoStat versión 2011.

8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la evaluación de la incidencia de los tratamientos: *sin poda (SP)* y *con poda (CP)* del cacao, se obtuvieron los siguientes datos:

Se observa que el tratamiento sin poda (SP), presentó desde el día 8 hasta el día 65 de la investigación el mayor porcentaje de incidencia con respecto al tratamiento con poda (CP), esto a razón que siempre se garantizó un ambiente adecuado dentro de la plantación para el tratamiento CP mediante el control cultural para evitar el desarrollo de la moniliasis. Así mismo, se confirma que las labores culturales como la poda, remoción de mazorcas infectadas o enfermas y regulación de sombríos son eficientes para combatir la moniliasis; aunque no se realizaron más prácticas culturales que las mencionadas, una correcta integración labores como control de malas hierbas, drenajes del suelo, manejo de alturas de los árboles y diversificación del cultivo seguramente obtendría mejores resultados que los expuestos en este trabajo.

El porcentaje de incidencia máximo del tratamiento SP se presentó el día 59 de evaluación con 77.16% de incidencia de moniliasis en todas las mazorcas del tratamiento, aunque el día 65 este ligeramente por debajo de este valor; mientras que el tratamiento CP al día 59 y 65 presentó 24.8 y 20.6 % de incidencia respectivamente. Claramente se observan diferencias entre los tratamientos. Se observa que el porcentaje de incidencia en el tratamiento SP es directamente proporcional al tiempo de evaluación, con un ajuste lineal del 99% de confiabilidad de los datos, mientras que en el tratamiento CP se ajustó al modelo logarítmico con 75% de confiabilidad, debido a fluctuaciones de los porcentajes de incidencia en el tiempo dadas por el rigor de las prácticas culturales aplicadas semanalmente (Gráfica 1).



Gráfica 1. Porcentaje de incidencia en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado).

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Las fluctuaciones del tratamiento CP son ocasionadas por la remoción semanal de mazorcas infectadas en los arboles evaluados y posteriormente dejadas en el suelo, esta práctica cultural la describe Cubillos (1981) como la más eficiente a la hora de controlar *M. royeri*. González (1983) y Evans (1981, 1986) también determinaron que las vainas infectadas colocadas en el suelo no tienen relevancia epidemiológica dado que el poder de germinación de las esporas se anula rápidamente y la alta humedad los hace más pesados; la dispersión de sus esporas se neutraliza debido a la debilidad del viento en ese nivel. Además, los saprófitos descomponen rápidamente las vainas en el suelo.

Cubillos (2017), publicó los resultados tres evaluaciones que indican que 12-17 semanas después de la implementación de las medidas de control cultural, el número de vainas heladas disminuye por debajo de 25 en un grupo de cien árboles y la cantidad de vainas esporuladas es significativamente baja. La mejora evidente es una consecuencia de la eliminación oportuna de las vainas heladas. El control cultural, a través de la neutralización de la etapa de esporulación, tiene un impacto significativo en los niveles de incidencia de la enfermedad, ya que detiene el proceso de propagación antes de que comience. Es importante enfatizar que el éxito de las medidas de control cultural depende de qué tan estricta sea la eliminación de las vainas contaminadas (Cubillos, 2017).

El análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para el día 65 de evaluación de porcentaje de incidencia (figura 13), muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos SP y CP, con confiabilidad del 78% y coeficiente de variación del 32%, valores confiables si se considera que fue un experimento a campo abierto.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
65	18	0,78	0,76	32,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14033,71	1	14033,71	55,94	<0,0001
TRATAMIENTO	14033,71	1	14033,71	55,94	<0,0001
Error	4013,92	16	250,87		
Total	18047,62	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,82830

Error: 250,8697 gl: 16

TRATAMIENTO Medias n E.E.

SIN PODAS 76,47 9 5,28 A

CON PODAS 20,62 9 5,28 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 13 Análisis de varianza para la variable incidencia en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado)

Si bien es cierto que el valor final para la incidencia del tratamiento CP fue de 20.6%, tres veces menor que el tratamiento SP, no deja de ser alarmante el valor si se tiene en cuenta que los cacaocultores del sector no ejecutan en absoluto cualquier practica de control, ya sea cultural o química debido al arraigo de costumbres; interpretando los datos, esto representa que para la cosecha de agosto de 2017 los agricultores de Rioblanco Tolima, presentaron pérdidas en un 70% aproximadamente de sus cosechas.

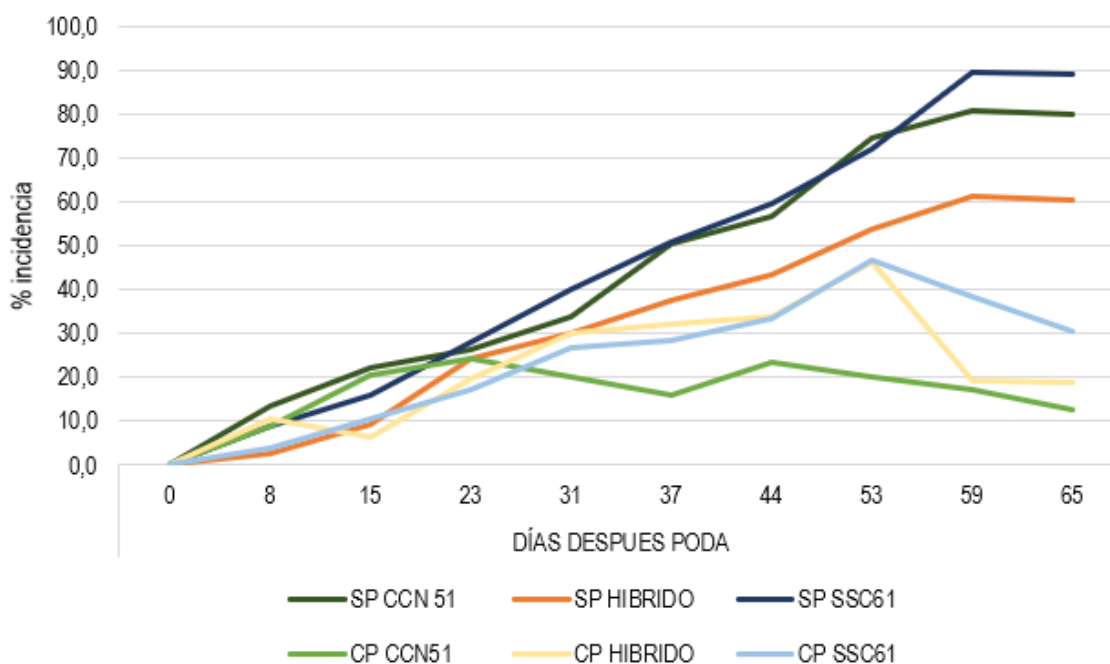
Estos datos reflejan un panorama ya conocido para el cacaocultor Rioblanco, siempre cosechan a pérdida y es por eso por lo que no invierten en mano de obra para control cultural o

químico de agentes fitopatógenos o de plagas en sus plantaciones, porque no reciben una retribución justa por parte del intermediario o la federación de cacaoteros.

Varios estudios aplicados en años anteriores en diversos sectores del corroboran las pérdidas por moniliasis, en 1977 Barros informó niveles de incidencia del 63% en la finca Cacaoteras del Dique (zona baja del río Cauca, Antioquia, Colombia) y 44% en la finca Estación Experimental Tulenapa (Urabá, Antioquia, Colombia) en cultivos menores de ocho años.

Cubillos en 1981 reportó la incidencia de moniliasis como 39.4% en el municipio de San Vicente de Chucurí, Colombia a 800 m.s.n.m, 73.3% en El Carmen de Chucurí a 500 m.s.n.m, 48.8% en Rionegro, departamento de Santander, a 600 m.s.n.m y 46.4% en Chaparral, departamento de Tolima, a 600 m.s.n.m. (municipio más cercano a Rioblanco y la única ruta de acceso) (Cubillos, 2017).

En cuanto al comportamiento de incidencia de moniliasis por tratamiento y en interacción con los materiales CCN51, SCC61 e HIBRIDO se obtuvo la siguiente gráfica:



Gráfica 2. Porcentaje de incidencia por tratamiento en interacción con material de siembra

Se observa que todos los materiales evaluados son susceptibles a la enfermedad moniliasis presentando porcentajes altos de incidencia en tratamiento sin poda (SP) con valores de 89, 80 y 60% para los materiales SSC61, CCN51 e HIBRIDO respectivamente; mientras que los tratamientos con poda (CP) si disminuyeron considerablemente con 30,4, 18,9, 12,6% para SSC61, HIBRIDO y CCN51. Los tratamientos si influyen en el porcentaje de incidencia de los materiales evaluados (gráfica 2).

Los datos se sometieron a un análisis de varianza factorial para determinar las diferencias entre los materiales CCN51, SCC61 e HIBRIDO y su interacción con los tratamientos SP y CP (figura 14); se tomaron los datos del día 65 y se realizó un análisis de varianza y un test de

Facultad de Ciencias Agropecuarias

comparación de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Con 88% de confiabilidad de los datos y 28% de coeficiente de variación, se observa que no existen diferencias significativas entre los materiales, es decir, todos son susceptibles a la moniliasis (Figura 14). Esto no quiere decir los materiales no representen cierta tolerancia, simplemente que ante la ausencia de prácticas culturales y la favorabilidad climática, el patógeno tiene vía libre para su desarrollo y dispersión afectando en toda la plantación en general.

También se observa que hay diferencias significativas en la interacción entre los tratamientos y los materiales, donde el tratamiento SP presenta los valores de incidencia más altos con respecto a CP; el material CCN51 presentó el menor porcentaje de incidencia y confirmó el estudio de Perea et al. en 2013 donde asegura que el material CCN51 es resistente a moniliasis (Figura 13).

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
65	18	0,88	0,82	28,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15814,76	5	3162,95	17,00	<0,0001
TRATAMIENTO	14033,71	1	14033,71	75,42	<0,0001
VARIEDAD	1258,72	2	629,36	3,38	0,0684
TRATAMIENTO*VARIEDAD	522,32	2	261,16	1,40	0,2833
Error	2232,87	12	186,07		
Total	18047,62	17			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=21,01086

Error: 186,0722 gl: 12

VARIEDAD	Medias	n	E.E.
SSC 61	59,73	6	5,57 A
CCN 51	46,27	6	5,57 A
HIBRIDO	39,63	6	5,57 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=37,41062

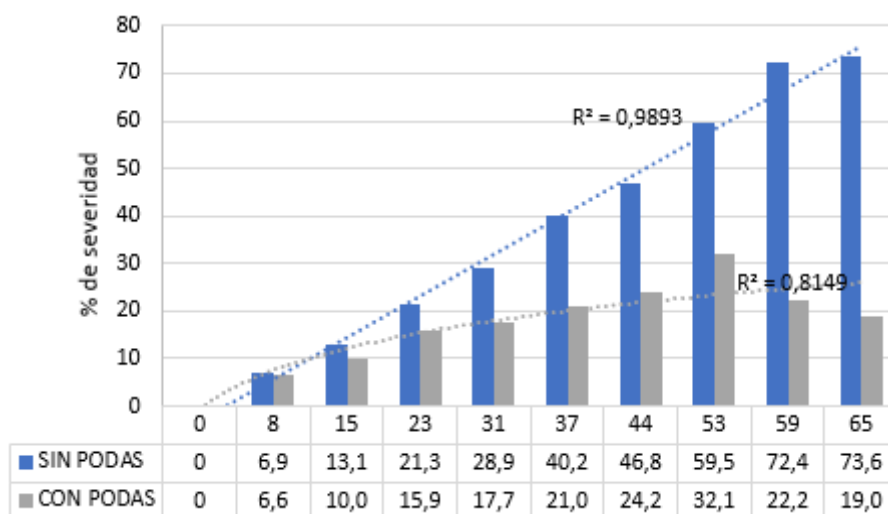
Error: 186,0722 gl: 12

TRATAMIENTO	VARIEDAD	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	SSC 61	89,07	3	7,88 A
SIN PODAS	CCN 51	79,97	3	7,88 A
SIN PODAS	HIBRIDO	60,37	3	7,88 A B
CON PODAS	SSC 61	30,40	3	7,88 B C
CON PODAS	HIBRIDO	18,90	3	7,88 C
CON PODAS	CCN 51	12,57	3	7,88 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Figura 14 Análisis de varianza para la variable incidencia, donde se comparan los materiales vegetales y los tratamientos (con y sin poda).

Para el porcentaje de severidad se registraron los datos semanalmente con ayuda de las escalas de severidad diseñadas y con la fórmula de Townsend y Heuberger, (1943) citada por (Macías Duarte et al., 2016) se obtuvo la siguiente gráfica:

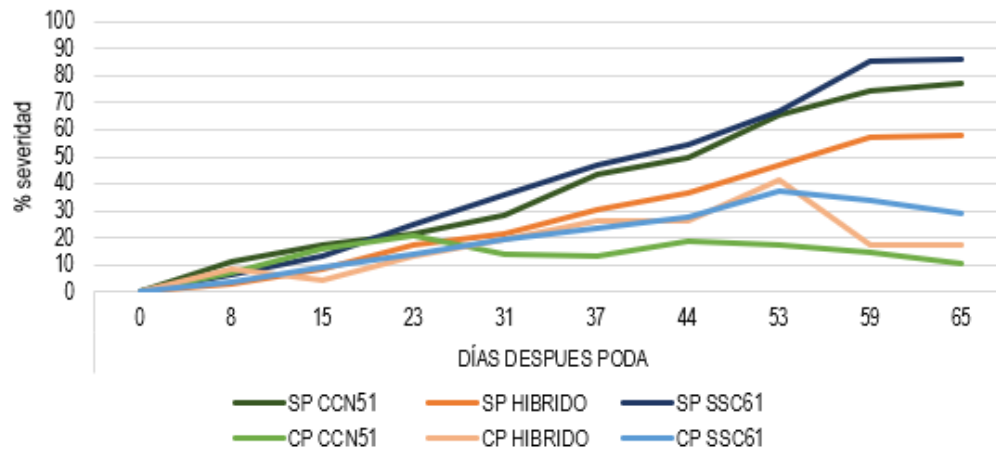


Gráfica 3. Porcentaje de severidad en los tratamientos con podas y sin podas (Sin discriminar el material vegetal usado).

Se observan diferencias significativas entre los tratamientos SP y CP, donde el daño al tejido de las mazorcas por *M. royeri* fue mayor en el tratamiento SP con respecto al CP. La severidad en SP también obtuvo un modelo lineal con 98% de ajuste de datos que aumenta con el paso del tiempo hasta 73.6% en el día 65, seguramente porque no se realizó la remoción de las mazorcas infectadas, por lo tanto el daño de moniliasis se prolongó durante todo el experimento; mientras que en el tratamiento CP se ajustó al modelo logarítmico con 81% de confiabilidad de datos y 19% de severidad por la implementación de labores culturales (Gráfica 3).

Maya et al. (2004) realizaron muestreos fitosanitarios en el departamento de Antioquia y encontraron que más del 70% de las vainas infectadas tenían un 66% -100% de los granos de cacao comprometidos. De acuerdo con esto, es posible aplicar un índice de severidad de 66% a las cifras de incidencia y estimar pérdidas mínimas de 18.2% en San Vicente, 33.8% en El Carmen, 22.5% en Rionegro y 21.4% en Chaparral. Estos resultados sirven como evidencia del impacto económico de moniliasis en Colombia.

De la misma manera que la incidencia, el porcentaje de severidad se aplicó para los materiales CCN51, SCC61 e HÍBRIDO para determinar el daño a las mazorcas, con los datos registrados, se obtuvo la siguiente gráfica:



Gráfica 4. Porcentaje de severidad por tratamiento en interacción con material de siembra.

El porcentaje de severidad presentó el mismo comportamiento que el porcentaje de incidencia, debido a que ambos dependieron del control cultural que se aplicó en el experimento, por lo tanto, la relación es directa. El material CCN51 CP presentó la menor severidad de daño de tejido, mientras que el material SSC61 fue el más propenso tanto en incidencia como severidad a *M. royeri*. (figura 15)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
65	18	0,90	0,85	26,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15203,06	5	3040,61	20,58	<0,0001
TRATAMIENTO	13431,61	1	13431,61	90,89	<0,0001
MATERIALES	1250,28	2	625,14	4,23	0,0407
TRATAMIENTO*MATERIALES	521,17	2	260,59	1,76	0,2131
Error	1773,34	12	147,78		
Total	16976,40	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,48588

Error: 147,7783 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	73,64	9	4,05 A
CON PODAS	19,01	9	4,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=18,72442

Error: 147,7783 gl: 12

MATERIALES	Medias	n	E.E.
SSC 61	57,57	6	4,96 A
CCN 51	43,78	6	4,96 A B
HIBRIDO	37,63	6	4,96 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=33,33953

Error: 147,7783 gl: 12

TRATAMIENTO	MATERIALES	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	SSC 61	86,30	3	7,02 A
SIN PODAS	CCN 51	76,87	3	7,02 A
SIN PODAS	HIBRIDO	57,77	3	7,02 A B
CON PODAS	SSC 61	28,83	3	7,02 B C
CON PODAS	HIBRIDO	17,50	3	7,02 C
CON PODAS	CCN 51	10,70	3	7,02 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 15 Análisis de varianza para la variable severidad, donde se comparan los materiales vegetales y los tratamientos (con y sin poda).

Facultad de Ciencias Agropecuarias

La severidad juega un papel importante en la economía del cacaocultor, estas representan en si las pérdidas en la cosecha, la calidad de la materia prima (grano) también se ve comprometida dado que los agricultores recuperan los granos afectados y los mezclan con los sanos, lo que socava la condición del producto final. (Cubillos, 2017). En Las vainas que contraen la enfermedad antes de los tres meses de edad pierden el 100% de los granos, mientras que las infectadas después de cuatro meses pierden hasta el 10% (Cubillos, 2017).



Figura 16 Cosecha de mazorcas en la plantación. Nótese que cosechan mazorcas enfermas y sanas al mismo tiempo. (Méndez, 2017)

El área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) es la integración de los valores obtenidos durante la duración de la epidemia (0-65 días). Los valores de ABCPE para las variables incidencia y severidad (Figuras 17y 18 respectivamente) muestran que el mejor tratamiento fue híbrido con poda, ya que presenta la menor cantidad promedio de enfermedad (18,13 para la variable incidencia y 14,75 para la variable severidad). Cabe anotar que los valores de ABCPE son adimensionales y solo se tiene en cuenta cual fue el menor valor obtenido.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC INC	18	0,75	0,65	22,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1669,36	5	333,87	7,19	0,0025
TRATAMIENTO	1321,56	1	1321,56	28,47	0,0002
MATERIAL	140,29	2	70,14	1,51	0,2598
TRATAMIENTO*MATERIAL	207,51	2	103,76	2,24	0,1496
Error	557,00	12	46,42		
Total	2226,35	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,99759

Error: 46,4163 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	39,31	9	2,27 A
CON PODAS	22,17	9	2,27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,49393

Error: 46,4163 gl: 12

MATERIAL	Medias	n	E.E.
SSC 65	34,32	6	2,78 A
CCN 51	30,40	6	2,78 A
HIBRIDO	27,51	6	2,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=18,68483

Error: 46,4163 gl: 12

TRATAMIENTO	MATERIAL	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	SSC 65	43,68	3	3,93 A
SIN PODAS	CCN 51	42,67	3	3,93 A B
SIN PODAS	HIBRIDO	31,58	3	3,93 A B C
CON PODAS	SSC 65	24,96	3	3,93 B C
CON PODAS	HIBRIDO	23,44	3	3,93 C
CON PODAS	CCN 51	18,13	3	3,93 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 18. Área de la curva de progreso de la enfermedad para la variable incidencia.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AUDPC SEV	18	0,80	0,72	21,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1623,58	5	324,72	9,72	0,0007
TRATAMIENTO	1268,06	1	1268,06	37,95	<0,0001
MATERIAL	181,51	2	90,76	2,72	0,1064
TRATAMIENTO*MATERIAL	174,00	2	87,00	2,60	0,1150
Error	400,97	12	33,41		
Total	2024,55	17			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,93716

Error: 33,4141 gl: 12

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	34,87	9	1,93 A
CON PODAS	18,08	9	1,93 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,90365

Error: 33,4141 gl: 12

MATERIAL	Medias	n	E.E.
SSC 61	30,52	6	2,36 A
CCN 51	26,13	6	2,36 A
HIBRIDO	22,77	6	2,36 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,85329

Error: 33,4141 gl: 12

TRATAMIENTO	MATERIAL	Medias	n	E.E.
SIN PODAS	SSC 61	40,22	3	3,34 A
SIN PODAS	CCN 51	37,51	3	3,34 A
SIN PODAS	HIBRIDO	26,87	3	3,34 A B
CON PODAS	SSC 61	20,82	3	3,34 B
CON PODAS	HIBRIDO	18,66	3	3,34 B
CON PODAS	CCN 51	14,75	3	3,34 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 17. Área de la curva de progreso de la enfermedad para la variable severidad

La magnitud del daño y la diseminación de la enfermedad dependen, en gran medida, de las condiciones ambientales existentes en cada región. En el municipio de Rioblanco se presentaron durante el experimento condiciones climáticas favorables que cooperaron para la reproducción, supervivencia y dispersión del patógeno *M. roreri* en todas la plantación: durante los 65 días de evaluación se registraron temperaturas que oscilaron en el día entre 25 a 32°C y en las noches entre 14 a 18°C, humedades relativas promedio en 80% y 535 mm de precipitación debido al fenómeno de la Niña; cabe resaltar que en la zona se destacó un patrón ambiental de lluvias durante las noche con bajas temperaturas y alta humedad relativa, mientras que los días fueron soleados con temperaturas que llegaban hasta los 32°C y humedad del 70 a 100%. De acuerdo con Suárez (1979) una alta humedad relativa (mayor del 80%) y temperaturas cercanas a los 22°C favorecen la germinación de las esporas, en cambio Campuzano (1980) cuantificó la mayor germinación de esporas a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 100%.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

En Colombia, Merchán (1980) indica que, en áreas con períodos de sequía relativamente largos, con precipitación media inferior a 1500 mm y humedad relativa menor del 80%, el grado de incidencia de la enfermedad no sobrepasa el 60% de los frutos atacados; mientras que, en áreas de precipitación mayor a los 2000 mm y humedad relativa ambiental del 90%, la incidencia puede alcanzar el 95% de frutos infectados. El mismo autor encontró una correlación positiva entre la incidencia de la moniliasis y la cantidad de lluvia ocurrida dos o tres meses atrás.

Las precipitaciones en el municipio de Rioblanco tuvieron un papel fundamental en el desarrollo de la moniliasis, promediando, diariamente llovió 8.23 mm, es decir, 8.23 litros por metro cuadrado, lo cual es alto si se compara con la teoría de Merchán en 1980, que registró 5.47 mm diarios para una incidencia del 95%.

Cubillos (1981) en un estudio similar corroboró que las condiciones ambientales que propician la infección y el desarrollo de la epidemia generalmente ocurren en la temporada de lluvias. Las esporas requieren de agua o de una humedad relativa cercana al 100% para su germinación. El crecimiento vegetativo requiere de una temperatura de 24 a 26°C y el desarrollo favorable de la enfermedad se sucede a una temperatura entre 22 a 30 °C. Por encima o por debajo de estos valores, la agresividad de la infección se reduce.

Es importante señalar la ubicación geográfica del municipio y las condiciones ambientales de la zona: Rioblanco es un municipio ubicado al sur del Tolima, fundado sobre la cordillera central colombiana, con 15 provincias climáticas dadas por la altitud que van desde los 400 hasta los 4200 m.s.n.m. y que, por lo tanto, al tener relieve montañoso, las precipitaciones, la humedad relativa y los vientos permanecen constantes favoreciendo la reproducción y dispersión de la enfermedad. Suárez (1980) describió que en Ecuador la moniliasis es más grave en los lugares próximos a la Cordillera de los Andes, donde las pérdidas alcanzan del 85 al 90%, y en años y lugares de máxima precipitación, las pérdidas promedio se elevan del 50 al 80%.

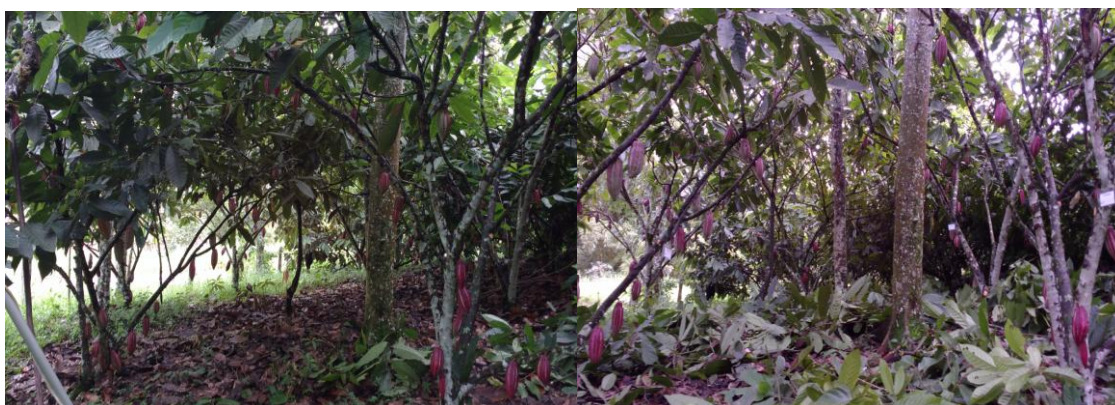


Figura 19. Terreno antes y después de la poda. (Méndez, 2017)

9 CONCLUSIONES

Después de 65 días de iniciado el experimento se observó que:

- El tratamiento con poda (CP) presentó los porcentajes de incidencia más bajos con 20.6%, en comparación con los tratamientos sin poda (SP) donde se observa que los valores obtenidos para esta variable son mucho más altos con 76.5%, comprobándose el efecto positivo de las labores culturales en la disminución de la moniliasis.
- Para la variable incidencia no hubo diferencias significativas entre los materiales CCN51, SSC61 e HIBRIDO, es decir todos son susceptibles a moniliasis; pero si hubo diferencias significativas en la interacción tratamiento y material, donde el material CCN51 CP presentó el menos porcentaje de incidencia de 12.6%, seguido del HIBRIDO CP con 18.9% y el SCC61 CP con 30.4% mientras que los mismos materiales SP presentaron incidencia entre 60 y 90% siendo el SCC SP el más afectado con 89%.
- En cuanto a la variable severidad se observa la misma tendencia de la incidencia, observando valores de 19% en los tratamientos con poda y de 73.6% en los tratamientos sin poda.
- En cuanto a la evaluación de severidad entre los materiales, el HIBRIDO presento la menor media con 37.6%, seguido del CCN51 con 43.7%, mientras que el SCC61 obtuvo 57.6%. Si existen diferencias significativas entre el material HIBRIDO y SCC6. Sin embargo, cuando se evaluó la interacción entre los tratamientos y los materiales se encontró que el CCN51 CP e HIBRIDO CP son menos susceptibles y muestran medias de severidad más bajas con 10.7% y 17.5% respectivamente, mientras que el SCC61 CP obtuvo severidad de 28.3%. Los materiales SP adquirieron severidades entre los 57 y 86% siendo el SSC61 más susceptible.
- Al integrar la epidemia en el tiempo por medio del área bajo la curva de progreso de la enfermedad se observa la misma tendencia que en los datos obtenidos en la evaluación del día 65: el material CCN51 con poda presentó los porcentajes de incidencia (18,13) y severidad (14,75) más bajos a lo largo de toda la epidemia (Días 0 al 65), mientras que el material SSC61 fue el más susceptible a moniliasis.

10 RECOMENDACIONES

Realizar un adecuado sistema de drenaje para evitar el encharcamiento de aguas de lluvia y reducir la alta humedad relativa dentro del ambiente de la plantación, así como deshierbas frecuentes y oportunas, para facilitar la libre circulación del aire y hacer que el ambiente se mantenga más seco, pues evita la condensación del rocío durante las noches.

Las podas suaves y frecuentes, que ayuden a mantener los troncos y las ramas principales libres de brotes (chupones) y de ramillas perjudiciales contribuyen a una buena cosecha y a conservar el ambiente seco y fresco.

Regular el sombrero permanente, así se obtiene una apropiada entrada de luz en la plantación y una buena calidad del aire en circulación de esta manera se favorece un rápido escape del vapor de agua. Esta práctica cultural es indispensable para un mejor aprovechamiento del uso de los fertilizantes.

Remover con frecuencia todos los frutos afectados por moniliasis que se encuentren en la plantación. Esta práctica debe ser realizada por lo menos cada semana y tiene como finalidad evitar que el hongo tenga tiempo de formar estructuras reproductivas (esporas) que afectaran otros frutos. Esta práctica es tan importante como las anteriores, pues con ella se impide la formación de fuentes de inóculo.

No mezclar mazorcas enfermas con mazorcas sanas en la cosecha, porque disminuye la calidad de tasa del chocolate y tiene efectos directos en el precio de venta.

11 BIBLIOGRAFIA

Amores, F.; Agama, J.; Suárez, C.; Quiroz, J.; Motato, N. 2009a. *EET 575 y EET 576 nuevos clones de cacao nacional para la zona central de Manabí*. Boletín divulgativo N 346. Estación Experimental Tropical—Pichilinguell. Quevedo, Ecuador. 28 p. An

Aránzazu F. 1990. *Rehabilitación y renovación de Cacao*. Curso Nacional de Cacao. ICA.107-113.

Aránzazu, F. Cubillos, G. 1979. *Comparación de remoción de frutos enfermos en el control de Monilia rozeri Cif*. Periodico Cacaotero Colombiano No. 8: 27-34.

Aránzazu, H. F. Rincón, G. D. Palencia, C. G. 2009. *Manejo de recurso genético para incrementar la producción y productividad del sistema de Cacao en Colombia*. Unión temporal Cacao de Colombia Uno. Fedecacao-Corpoica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. p22

Arciniegas Leal, A. M. 2005. *Caracterización de árboles superiores de cacao (Theobroma cacao L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE*. Tesis de maestría. 144 p.

Arguello O. 2000. *Manejo integrado de la Moniliasis del Cacao en Santander*. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de Cacao. Impresores colombianos. P74-84

Avila A., Campos M., Guharay F., Camacho A., 2013. *Caja de Herramientas para el Cacao: Aprendiendo e Innovando sobre el Manejo Sostenible del Cultivo de Cacao en Sistemas Agroforestales* por Lutheran World Relief. aplicación Cacao Móvil y su versión web han sido liberados bajo Licencia Pública General de GNU versión 3 (GPLv3)

Báez A. N. 2012. *Manejo de la arquitectura del árbol de cacao (Theobroma cacao L). a través de la Poda de Cono Natural*. Federación Nacional de Cacaotero.

Barros, N., 1977. Investigaciones sobre el hongo *Monilia rozeri Cif. & Par.*, Causante de la pudrición acuosa de la mazorca del cacao: sus daños y su control. *El Cacaotero Colombiano* (3) (1977) , pp. 42 – 52

Barros, O. 1966. *Valor de las prácticas culturales como métodos para reducir la incidencia de Monilia en plantaciones de Cacao*. *Agricultura tropical* 22 (12): 605-612

Barros, O. 1977. *Investigaciones sobre el hongo Monilia rozeri Cif. Par. Causante de la pudrición acuosa de la mazorca del Cacao: sus daños y su control*. *Cacaotero Colombiano* No 3: 42-51.

Barros, O. 1980. *El control de la Moniliasis en "Cacaoteras del Dique"*. *Cacaotero Colombiano* No. 5: 31 – 44.

Brown J, Phillips-Mora W, Power E, Krol C, Cervantes-Martinez C, Motamayor J & Schnell J. 2007. *mapping QTLs for resistance to frosty pod and black pod diseases and horticultural traits in Theobroma cacao L*. *Crop Sci*. 47: 1851-1858.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Campbell C, Madden L. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. John Willey and Sons - Interscience, New York. USA. 1990. 532 pp.

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE. 2012, *materiales genéticos de cacao* (*Theobroma cacao*). Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica.

Cubillos G. 1981. *Exploraciones acerca de la importancia que tienen los frutos enfermos dejados sobre el suelo como fuentes primarias de infecciones de Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al. El Cacaotero Colombiano 18:38-43.

Cubillos, G. 2017. *Frosty Pod Rot, disease that affects the cocoa (Theobroma cacao) crops in Colombia*. Elsevier. Crop Protection, Volume 96, page 77-82.

Cubillos, G., 1981. *Exploraciones acerca de la importancia que tienen los animales enfermos en el suelo como fuentes primarias de infección de Moniliophthora roreri* (Cif. Y Par.) Evans et al. El Cacaotero Colombiano (18) (1981) , pp. 38 – 43

Delgado, J. Brenes, O. 1982. *Informe sobre la situación de la Moniliasis del Cacao en Costa Rica y recomendaciones para los grupos de discusión. La Moniliasis del Cacao: Compendio*. CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 28. pp 18 -36

Dostert, N., Roque J., Cano A., La Torre M., Weigend M., 2011. *Hoja botánica: cacao*. Corporación Alemana al desarrollo-Agencia GIZ en el Perú. Primera edición, Lima-Perú.

Evans, H. 1981. *Pod rot of Cacao caused by Moniliophthora (Monilia) roreri*. Phytopathological Pappers N°24. Kew, England. Commonwealth Mycological Institute 44 p.

Evans, H. 1986. *A reassessment of Moniliophthora roreri (Monilia) pod rot of cocoa*. Cocoa Grower's Bulletin 37:34-43

Evans, H. 2007. *Cacao diseases: The trilogy revisited*. Phytopathology 97:1640-1643

Evans, H., & Bastos, C. (1979). *Uma reavaliação do ciclo da vida da vassoura-de-bruxa (Crinipellis perniciosa) do cacau*. (Vol. 4). Fitopatologia Brasileira.

Evans, H., Holmes, K., & Reid, A. (2003). *Phylogeny of the frosty pod rot pathogen of cocoa*. Plant Pathology.

Evans, H., Holmes, K., & Thomas, S. (2003). *Endophytotes and mycoparasites associated with an indigenous forest tree, Theobroma gileri, in Ecuador and a preliminar assessment of their potencial as biological agents of cocoa diseases*. (Vol. 2). Ecuador: Mycological Progress.

Federación Nacional de Cacaoteros FEDECACAO 2013. *Situación mundial y nacional del Cacao*. Septiembre, Bucaramanga, Colombia.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

García J., Romero R, Ortiz L. *Caracterización y zonificación de áreas potenciales para el cultivo del cacao en Colombia*. Convenio CORPOICA - MINAGRICULTURA No 034/2003, Bogotá D.C. FEDECACAO. 2009, p 5

González, L., 1983. *Epifitología y combate de la Moniliasis del cacao*. Proyecto de Investigación. Informe anual 1981. *El Cacaotero Colombiano* (23) (1983) , pp. 40 – 53

Griffith, G., Birch, Nicholson, A., & Nenninger, A. (2003). *Witches' brooms and frosty pods: two major pathogens of Cacao*. New Zealand: *Journal of Botany*.

Hebbar P. 2007. Cacao diseases: A global perspective from an industry point view. *Phytopathology* 97:1658-1663.

Jaimes Suárez, Yeirme; Aranzazu Hernández, Fabio / *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthora roreri)*. Colombia. Corpoica. 2010. 90 p.

Jorgensen, H. 1970. *Monilia pod rot of cacao in Ecuador*. *Cacao (Costa Rica)* 15(4): 4

Krauss, U.; Hoopen, M.; Hidalgo, E.; Martínez, A.; Arroyo, C.; García, J.; Portuguez, A.; Sánchez V. 2003. *Manejo integrado de la Moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao (Theobroma cacao) en Talamanca, Costa Rica*. *Agroforestería en las Américas* 10: 3738.

Lopes M, Martins E. 2005. *Principais doenças do cacaueiro no Brasil*. Ilhéus, EPLAC/CEPEC/SEFIT. 132 p.

Macías R., Grijalva R.L., Núñez F., Robles Contreras, F., López A. 2016. *Eficiencia de diferentes fungicidas en el control de la pudrición rosada en cebolla*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Noviembre-Diciembre, 1933-1943.

Maya S, Cubillos G, Botero A., 2004. *Incidencia, severidad y Edades económicas de las principales enfermedades del cultivo de cacao en Antioquia*. *ICA Inf.*, 31 (2) (2004), pp. 33 – 38.

Merchán V. 1981. *Avances de la investigación de la moniliasis del cacao en Colombia*. *El Cacaotero Colombiano* 16:26-41.

Merchán V., 1980. *Avances en la investigación de la moniliasis del cacao en Colombia*. EN: Enríquez, .A. (edit.) 1982. *La moniliasis del cacao*. Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Serie técnica: Informe técnico No. 28. pp: 63.

Perea A., Martínez N., Aranzazu F, Cadena T., 2013. *Características de calidad del cacao de Colombia*. Universidad Industrial de Santander-Federación Nacional de Cacaoteros (2013), p. 107

Phillips (1986). *Evaluación de la resistencia de cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) a Moniliophthora roreri (Cif. Y Par.)* Evans et al. Tesis M.Sc. Turrialba. Costa Rica. CATIE. p62.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Phillips, Mora, W., J. Castillo, U. Krauss, E. Rodríguez, MJ Wilkinson., 2005 *Evaluación de clones de cacao (Theobroma cacao) contra siete aislados colombianos de Moniliophthora roreri de grupos patógenos*. *Planta Pathol.* , 54 (2005) , pp. 483 – 490

Phillips-Mora, W., Leal A. A., Mata A.Q., Motamayor A.JC. 2012. *Catálogo de Clones de Cacao*. CATIE. Manual técnico. Turrialba-Costa Rica. No. 155

Phillips-Mora, W; Castillo, J; Krauss U; Rodriguez, E; and Wilkinson, M.J. 2005. *Evaluation of Cacao Theobroma cacao L) clones against seven Colombian isolates of Moniliophthora roreri from four pathogen genetic groups*. *Plant Pathology* 54 (3): p483490.

Porras V. 1983. *Epifitología de la moniliasis (Monilia roreri Cif. y Par.) del cacao y su relación con la producción del árbol en la zona de Matina*. *El Cacaotero Colombiano* 25:28-29.

Porras, U.V. y González, L.C. 1984. *Liberación de conidios de Monilia roreri de frutos enfermos de cacao dejados en el árbol*. *Fitopatología*, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza (CATIE).

Porras, V. H. 1985. *Determinación de la estabilidad de la resistencia a Monilia roreri Cif. & Par. en cultivares de Cacao en dos zonas de Costa Rica*. Tesis M.Sc. Turrialba. Costa Rica. UCR-CATIE. p124

Ramirez, S.I. 2013. *Efectividad de extractos vegetales en el manejo de la moniliasis (Moniliophthora roreri) del cacao (Theobroma cacao L) en México*. Tesis para doctorado de ciencias naturales. Universidad nacional de Costa Rica.

Rojas F., Sacristán E. 2013. *Guía ambiental para el cultivo de cacao*. Federación Nacional de Cacaoteros FEDECACAO, Ministerio de agricultura y desarrollo rural. 2da edición.

Rodríguez E., Mujica Jy, Cubillos G., 2005. *Manejo integrado de la Moniliasis en el cultivo del cacao*. Consejo Nacional Cacaotero. CORPOICA, Bucaramanga (2005), p. 24

Sánchez, J., G. Cubillos, G., 1984. *Reacción de una vez árboles híbridos y dos clones de cacao a la inoculación manual con Moniliophthora roreri*. *El Cacaotero Colombiano* (28) (1984), pp. 27 – 36

Suárez, C. 1979. *Las enfermedades del cacao en Latinoamérica*. EN: 7° Conferencia Internacional de investigación en cacao. Douala, Cameroun. pp: 251-254.

Suarez, C.C. 1980. *El problema de la moniliasis y su combate en el Ecuador*. EN: Enríquez, G. A. (edit.) 1982. *La moniliasis del cacao*. Catie, Turrialba, Costa Rica, serie técnica: informe técnico no. 28. pp: 70-87.

Townsend, G. R. and Heuberger, J. V. 1943. *Methods for estimating losses caused by diseases fungicide experiments*. *Plant Dis. Report*. 24:340-343.

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Urquillas L. 2004. *Inducción de la germinación para mejorar la eficiencia de dos agentes antagónicos para el control de la monilia (Crinipellis roleri) del cacao (Theobroma cacao)* (tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 72 p.

<http://cacaomovil.com/guia/5/contenido/el-proceso-de-poda/>