



Colección Prácticas Agropecuarias

Ofertas tecnológicas
para el manejo de

la monilia y la pudrición parda en cacao

(Theobroma cacao L.)

Eleonora Rodríguez Polanco
Diego Alberto Navarro Niño
Paula Andrea Bermeo Fúquene
Edinson Bayardo Parra Alferes

AGROSAVIA
EDITORIAL

Ofertas tecnológicas
para el manejo de

la monilia y la pudrición parda en cacao

(Theobroma cacao L.)

Eleonora Rodríguez Polanco
Diego Alberto Navarro Niño
Paula Andrea Bermeo Fúquene
Edinson Bayardo Parra Alferes

Colección Prácticas Agropecuarias



Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Ofertas tecnológicas para el manejo de la monilia y la pudrición parda en cacao (*Theobroma cacao* L.). / Eleonora Rodríguez Polanco [y otros tres] - Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2024. 60 páginas (Colección Prácticas Agropecuarias) Incluye gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-681-8

e-Book: 978-958-740-682-5

1. *Theobroma cacao* 2. Factores climáticos 3. Enfermedades de las plantas 4. Monilia 5. Control integrado de enfermedades 6. Prácticas ancestrales I. Rodríguez Polanco, Eleonora II. Navarro Niño, Diego Alberto III. Bermeo Fúquene, Paula Andrea IV. Parra Alferes, Edinson Bayardo.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Nataima, Kilómetro 9 vía Espinal, Ibagué-Tolima.
Código postal 733520.

Esta publicación forma parte de los resultados del proyecto "Plan de vinculación de cacao para el acceso al conocimiento a través de la experiencia. ID 1002648", desarrollado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Colección: Prácticas Agropecuarias

Tipología: Cartilla

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2023

Fecha de evaluación: 1de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 9 de noviembre de 2023

Primera edición: 500 ejemplares

Impreso en Bogotá, Colombia, febrero de 2024

Autores

Eleonora Rodríguez Polanco
Diego Alberto Navarro Niño
Paula Andrea Bermeo Fúquene
Edinson Bayardo Parra Alferes

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección de estilo: Sebastián Montero Vallejo

Diseño y diagramación: Jaime Alexander Wilches Cañón

Impresión: DGP Editores

Citación sugerida: Rodríguez-Polanco, E., Navarro-Niño, D. A., Bermeo-Fúquene, P. A., & Parra-Alferes, E. B. (2024). *Ofertas tecnológicas para el manejo de la monilia y la pudrición parda en cacao* (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

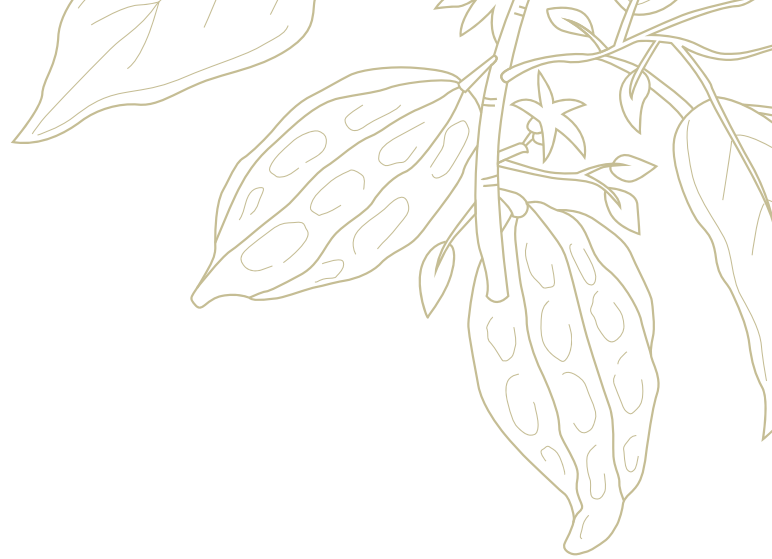
<https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7406825>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co



Contenido

Presentación	5
Introducción	6
Capítulo I	
Estrategias de control integrado de la monilia	9
Importancia	9
Biología y clasificación del hongo	11
Síntomas de la enfermedad	12
Signos del hongo	14
Ciclo de la enfermedad	17
Factores climáticos que favorecen la enfermedad	19
Dispersión	20
Cultivos que ataca	20
Manejo integrado de la moniliasis en el cultivo de cacao	21
Remoción de frutas enfermas	22
Prácticas al cultivo	24
Material de cacao tolerante	25
Beneficio de la oferta tecnológica de AGROSAVIA en el manejo integrado de la moniliasis en cacao	26





Capítulo II	
Estrategias de control integrado de la pudrición parda de la fruta	29
Importancia	29
Biología y clasificación del patógeno	31
Síntomas de la enfermedad	33
Fruto	33
Tejido leñoso y pedúnculo	37
Plantas de propagación	37
Signos de <i>Phytophthora</i>	38
Ciclo de la enfermedad	40
Factores climáticos que favorecen la enfermedad	42
Dispersión	43
Manejo integrado de la pudrición parda en el cultivo de cacao	43
Remoción de frutas enfermas	44
Prácticas culturales de manejo integrado del cultivo	45
Aplicación de fungicidas y potencializador de resistencia	46
Beneficio de la oferta tecnológica de AGROSAVIA en el manejo de la pudrición parda de la mazorca en cacao	48
Conclusiones	50
Glosario	52
Referencias	54
Los autores	58

Presentación

El cultivo de cacao es una de las principales apuestas productivas del país, dado el alto potencial que ofrece a nivel comercial, otorgado por el reconocimiento en el mercado internacional que lo ha denominado “cacao fino de aroma”. Dicha calificación se debe a las cualidades organolépticas únicas de su grano. Adicionalmente, a nivel social ha sido difundido como alternativa en la sustitución de cultivos ilícitos en zonas rurales azotadas por el narcotráfico y el consecuente conflicto armado.

En Colombia, una de las principales limitantes para la producción de cacao es el ataque de la monilia o moniliasis (*Moniliophthora roreri*) y de la pudrición parda (*Phytophthora palmivora*), enfermedades que dañan el fruto durante todas sus etapas de desarrollo y que llegan a causar pérdidas de más del 60 % en la producción de grano seco. Las condiciones ambientales, la susceptibilidad de los materiales y la alta agresividad de los patógenos hacen que las prácticas de manejo resulten ineficientes y que su éxito dependa de las labores en el cultivo, de forma oportuna y periódica, principalmente durante el ciclo de producción del fruto.

Ante la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas que permitan controlar el ataque de la monilia y la pudrición parda en frutos de ca-

cao, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) desarrolló y validó estrategias de manejo integradas para estas dos enfermedades, basadas en la aplicación conjunta de prácticas culturales, biológicas y químicas en plantaciones comerciales. Es así como AGROSAVIA pone a disposición del público en general esta cartilla, con el propósito de promover el uso de las ofertas tecnológicas (OT) denominadas “Esquema para el manejo integrado de la moniliasis en cacao” y “Opciones tecnológicas para el manejo de *Phytophthora* en cacao”. Este material divulgativo permite a los productores, asistentes técnicos y extensionistas orientar la toma de decisiones en plantaciones comerciales de cacao para un manejo eficaz y acertado de estas enfermedades.

Por este motivo, se convoca a todos los productores cacaoteros y demás actores de la cadena del cacao, para que consulten esta información y se apropien de los resultados presentados, de forma que ello les permita mitigar el impacto negativo en la producción y en la calidad debido a las enfermedades del fruto que afectan la competitividad del sector cacaotero en el mercado nacional y exportador.



Introducción

Colombia consume y cultiva cacao desde épocas prehispánicas y en la actualidad ocupa el décimo puesto en la producción mundial, con apenas el 1 % de participación en el mercado. El grano colombiano es reconocido internacionalmente por su sabor fino y aroma, cualidades que solo son atribuidas al 5 % de la producción global.

En ese sentido, existe un alto potencial para incrementar la producción de cacao en el país, mediante la tecnificación del cultivo que, no obstante, mantenga sus características de calidad, lo cual abastecería nuevos mercados y mejoraría las condiciones económicas de los productores nacionales.

Los principales obstáculos para la producción de cacao en Colombia son las enfermedades que afectan el fruto, que llegan a causar pérdidas hasta del 80 % en la producción de grano seco. La monilia o moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, es una enfermedad que ataca exclusivamente los frutos. Este estrés biótico es el más frecuente y limitante, debido a la adaptación del hongo a todos los pisos térmicos donde se siembra cacao, así como a su agresividad, lo que genera una alta susceptibilidad de la mayoría de los genotipos comerciales a la enfermedad. Por su parte, la pudrición parda del fruto, ocasionada por *Phytophthora palmivora*,

popularmente denominada “fitoptora”, puede ser igual o más agresiva que la monilia cuando se establecen plantaciones de cacao a alturas superiores a los 800 m s. n. m. y se emplean clones susceptibles, como el CCN 51 o el ICS 95.

Con el propósito de divulgar los resultados de investigación obtenidos en el manejo de estas enfermedades, AGROSAVIA y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) entregan la presente cartilla, titulada “Ofertas tecnológicas para el manejo de la monilia y la pudrición parda en cacao (*Theobroma cacao* L.)”. En este documento se presentan con claridad y precisión los síntomas para identificar estos dos agentes causales, y además se ofrecen herramientas teóricas y prácticas para determinar el daño que ocasionan, la época de mayor susceptibilidad del fruto, las condiciones ambientales favorables para su desarrollo y las estrategias de manejo validadas en campo para su control.

Aplicar estas prácticas en programas de manejo integrado del cultivo les permitirá a los productores y profesionales del sector cacaotero tomar decisiones acertadas y oportunas, lo cual redundará en un incremento de la producción y la calidad, y por ende en una mayor rentabilidad.





Foto: Eleonora Rodríguez Polanco



Foto: Diego Alberto Navarro Niño

Estrategias de control integrado de la monilia

Importancia

La monilia o moniliasis es considerada la **enfermedad con mayor potencial destructivo para la producción de cacao** en el mundo. Actualmente está presente solo en el continente americano, donde se dispersó en un periodo de 200 años a través de Belice, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú, Panamá, Bolivia, Venezuela, Brasil, y Jamaica, con pérdidas estimadas en más del 60 % de la cosecha anual (Ministério da Agricultura e Pecuária [MAP], 2021; Phillips-Mora et al., 2007).

En Colombia, la moniliasis se halla en todas las áreas productoras de cacao, donde puede llegar a causar **pérdidas hasta del 80 % de las cosechas**, si no se controla correctamente (Federación Nacional de Cacaoteros [Fedecacao], 2023). El agente causal de la enfermedad, *Moniliophthora roreri*, es un hongo con un alto nivel de adaptación a diferentes ambientes, lo que se conoce como aptitud epidémica. Es considerado un patógeno muy severo y con una alta eficiencia de invasión de nuevas regiones geográficas, debido a que produce un gran número de esporas en cada ciclo reproductivo, posee una eficiente dispersión natural y se propaga con facilidad en labores agrícolas inadecuadas. En Colombia, la mayoría de los genotipos comerciales de cacao presentan una elevada susceptibilidad a este patógeno (figura 1) (Phillips-Mora, 2003).



Figura 1. Severidad del daño ocasionado por monilia (*M. roreni*) en frutos. a. Plantaciones comerciales; b. Frutos cosechados.

El control de la monilia en el país está basado en la práctica de **remoción de los frutos enfermos** cuando se observan los primeros síntomas evidentes de la enfermedad. Esta práctica de manejo debe realizarse con una **frecuencia semanal** durante el ciclo productivo del cacao, con el propósito de evitar o disminuir la aparición de estructuras reproductivas del hongo (polvo blanco o ceniza) sobre la superficie de las manchas necróticas (marrón o café) de la mazorca. También se recomienda realizar prácticas de manejo del cultivo basadas, principalmente, en **podas de formación y de mantenimiento**, esta última con el fin de mantener la altura del árbol cercana a los 3 m (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], 2023a).

En el país, la práctica base del manejo conocido como “remoción de frutas enfermas antes de la aparición de la ceniza o polvo en intervalo semanal durante la etapa productiva” ha sido implementada de forma medianamente frecuente por los productores, debido a su dependencia de la mano de obra, al costo de su aplicación y a la escasa concientización sobre la rentabilidad económica que supone. Por lo anterior, la monilia continúa siendo la principal causante del **bajo promedio nacional del rendimiento del cultivo, estimado aproximadamente en 570 kg/ha** (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020).

Para el control de la moniliasis, se hace necesario incluir estrategias complementarias a la práctica sanitaria de remoción de frutos enfermos, como la aplicación de **fungicidas** de última generación con baja trazabilidad, **produc-**



tos biológicos y potencializadores de resistencia, con el propósito de incrementar el control y disminuir la dependencia de mano de obra, especialmente en plantaciones comerciales de cacao de más de una hectárea.

Biología y clasificación del hongo

M. roreri es un hongo hemibiotrófico, es decir, forma una asociación con el tejido que ataca para su desarrollo, inicialmente con el tejido vivo del fruto y, más tarde, con tejido muerto (figura 2) (Griffith et al., 2010).

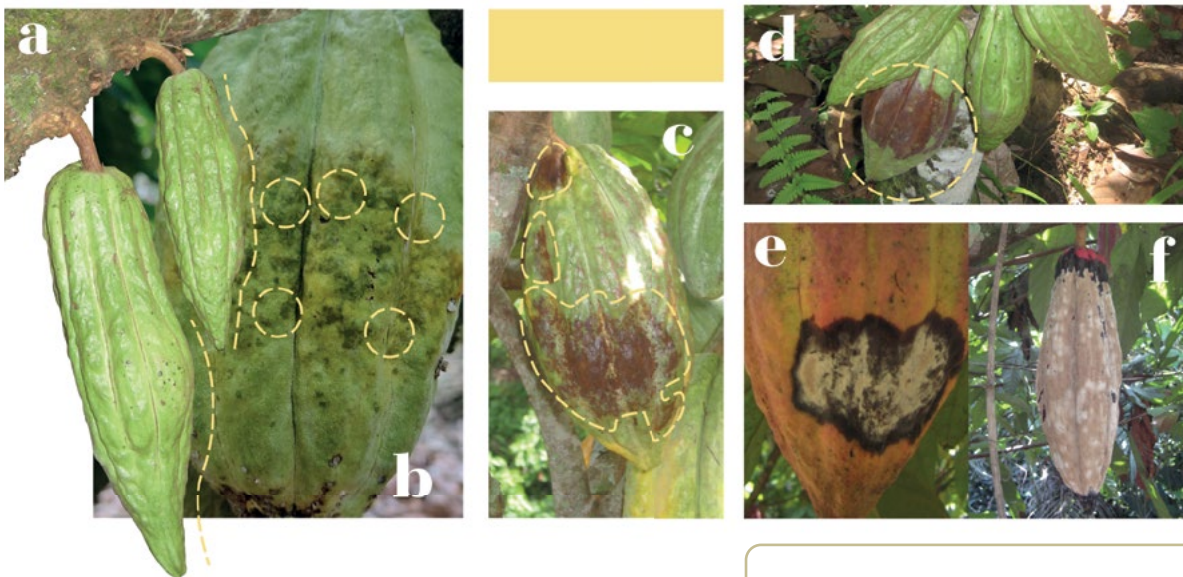


Figura 2. Secuencia de síntomas y signos en tejido vivo y muerto presentes en frutos de cacao infectados con monilia (*M. roreri*). a. Protuberancias o gibas; b. Puntos aceitosos; c. Aparición inicial de la mancha chocolate; d. Mancha chocolate definida; e. Estroma blanco algodónoso (esporas inmaduras); f. Ceniza o polvo de color marrón claro (esporas maduras).

Clasificación taxonómica de *M. roreri*

Clase: Basidiomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Moniliophthora*

Especie: *Moniliophthora roreri*

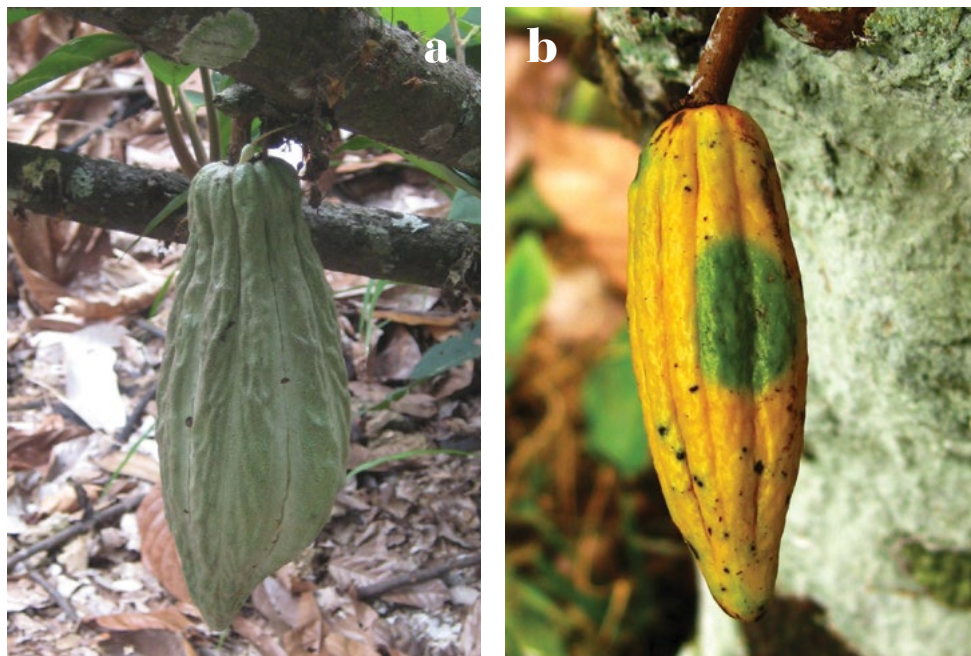
Fuente: Aime & Phillips-Mora (2005)

Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Síntomas de la enfermedad

M. roreri solo ataca frutos, en cualquier estado de su desarrollo, y puede provocar **daños internos y externos** (Phillips-Mora et al., 2007). La infección ocurre generalmente en etapas tempranas y avanza internamente mientras el fruto crece. Los frutos son más susceptibles a la inoculación del hongo cuando son jóvenes, y son más tolerantes a medida que maduran (López-Báez et al., 2015).

Los síntomas varían con la edad del fruto al momento de la infección. En frutos menores de tres meses, ocurre el síntoma de deformaciones o sobrecrecimientos, lo que deja una apariencia de gibas o jorobas (figura 3a). Es poco frecuente que algunos frutos enfermos a esta edad presenten madurez prematura o islas verdes (figura 3b) (Phillips-Mora, 2003).



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Figura 3. Síntomas causados por monilia (*M. roreri*) en frutos de menos de tres meses. a. Deformaciones o gibas; b. Islas verdes.

En frutos de más de tres meses, el primer síntoma es la aparición de pequeñas áreas aceitosas (figura 4a), usualmente de difícil detección de forma visual. Su observación en la superficie se hace posible cuando incrementan en tamaño y forman una mancha de color marrón oscuro o chocolate, de borde irregular, que no necesariamente implica el mismo grado o nivel de daño interno (Phillips-Mora, 2003) (figuras 4b y 4c). En el interior del fruto se evidencia **necrosis marrón o rojiza que afecta los carpelos, la pulpa y los granos**, tornándolos en una masa compacta (Griffith et al., 2010) (figura 4d).

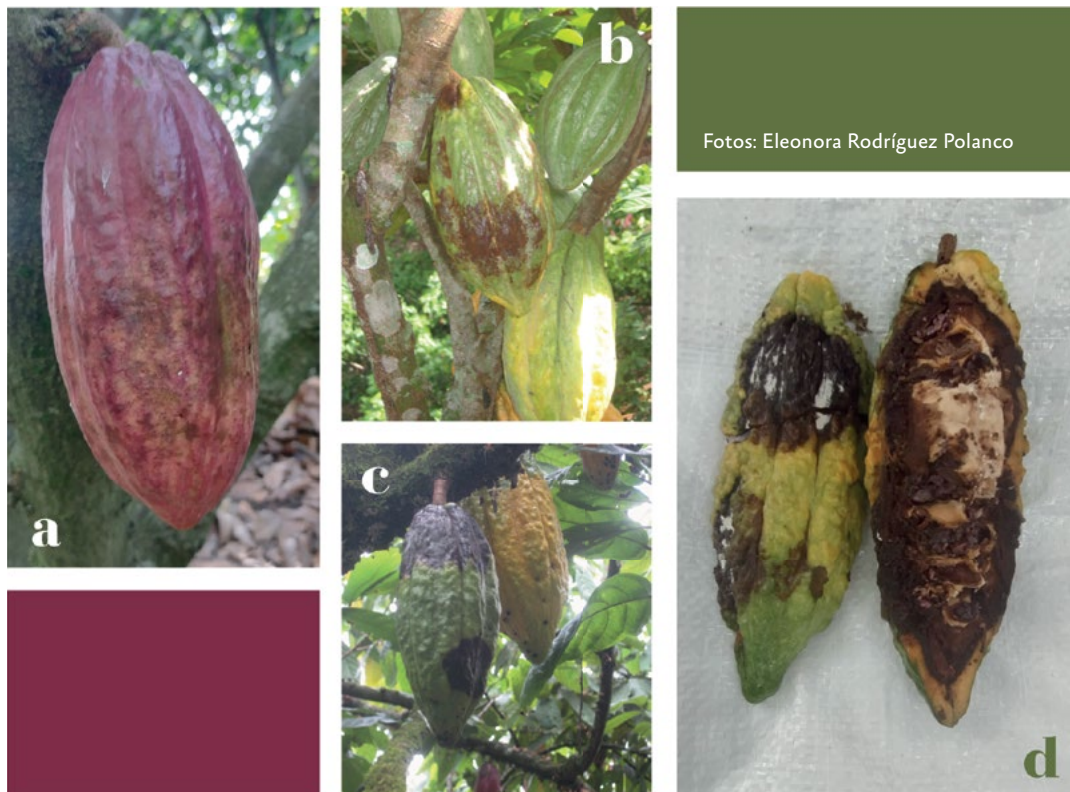


Figura 4. Síntomas causados por monilia (*M. roreri*) en frutos de más de tres meses. a. Puntos aceitosos; b. Aparición de la mancha chocolate. c. Mancha chocolate definida; d. Pudrición o necrosis interna.

En algunos casos, los frutos infectados después de los tres meses de edad no presentan síntomas externos visibles antes de ser cosechados; sin embargo, en su interior se evidencia la necrosis o pudrición en granos, pulpa y carpelos.



Signos del hongo

Los signos se producen durante la etapa reproductiva —o esporulación— del hongo, que inicialmente están presentes en estado vegetativo y se observan sobre la superficie de la mancha como una costra de textura algodonosa. Posteriormente, esta costra algodonosa se convierte en un polvo o ceniza de color marrón claro, que corresponde a las esporas o estructuras reproductivas del hongo en estado maduro. Estas se desprenden y se esparcen fácilmente, lo que constituye la principal fuente de infección dentro de la plantación (Griffith et al., 2010) (figuras 5a y 5b).

Se estima que 1 cm² de este polvo o ceniza contiene aproximadamente 44 millones de esporas (Campuzano, 1976). Un fruto en esporulación puede continuar produciendo esporas hasta que esté completamente seco o momificado, es decir, por aproximadamente tres años (figura 5c).





b

Un fruto en esporulación por *M. roreri* puede producir esporas hasta que esté completamente seco o momificado, es decir, por aproximadamente tres años.



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

c

Figura 5. Signos de monilia (*M. roreri*) en el fruto de cacao. a. Costra algodonosa - estructuras vegetativas (micelio) y reproductivas inmaduras (esporas); b. Polvo o ceniza - estructuras reproductivas maduras (esporas); c. Estructuras reproductivas en fruto momificado.



Foto: Diego Alberto Navarro Niño

Ciclo de la enfermedad

La infección inicia cuando las esporas maduras (estructuras reproductivas) se adhieren a la superficie del fruto, donde germinan y la penetran, en condiciones de ambiente favorables (humedad y temperatura altas), en un tiempo aproximado de 7 horas (Phillips-Mora et al., 2007) (figura 6).

Una vez penetran, las esporas invaden el tejido sin causar daño interno, es decir que las mazorcas infectadas no tienen lesiones visibles. **Los síntomas externos perceptibles aparecen aproximadamente después de los 35 días de infección** y se diferencian según la edad en la que fue infectada la fruta. En frutos de menos de tres meses de edad se presentan las **gibas o islas verdes**, y en edades superiores a los tres meses se observan **pequeñas manchas oscuras**, de aspecto aceitoso, en la superficie de las mazorcas (Phillips-Mora et al., 2007) (figura 6).

Un mes después de la aparición de los primeros síntomas, se observa sobre el fruto una mancha o necrosis de gran tamaño, de color café oscuro. Más o menos 7 días después de observada la mancha, se forma una costra de color blanco y aspecto algodonoso y, 9 días después, esta costra se transforma en un polvo o ceniza de color marrón claro, formado por las esporas o estructuras reproductivas maduras de *M. royeri* (Phillips-Mora, 2003) (figura 6).



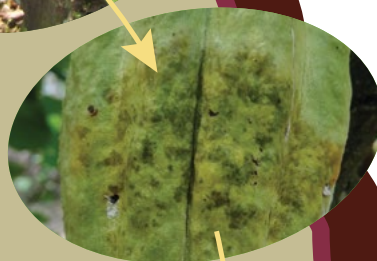
Infección
del fruto



Frutos < 3 meses:
deformaciones,
protuberancias
o gibas
± 30 días



Frutos > 3
meses: puntos
aceitosos
± 30 días



Duración del ciclo
de la **monilia**
68-74
días

Mancha
± 60 días



Inicio de
esporulación
± 67 días



Liberación
y dispersión
de esporas.
Producción de
esporas hasta
la completa
momificación
del fruto



Maduración
de esporas
± 74 días



Figura 6. Ciclo de la monilia causado por el hongo *M. roreri* en cacao. Fuente: Elaboración propia con base en Merchán Vargas (1981) y Rodríguez Polanco et al. (2005). Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco



Foto: Eleonora Rodríguez Polanco

Una vez maduras (polvo color crema), las esporas son liberadas nuevamente e infectan nuevas frutas, con lo que inician un nuevo ciclo de infección (Merchán Vargas, 1981). El ciclo completo, de dispersión a liberación de esporas, es aproximadamente de 68 a 74 días (Arguello, 2000; Merchán Vargas, 1981).

Factores climáticos que favorecen la enfermedad

En general, la **precipitación alta** durante los periodos de formación y desarrollo de los frutos incrementa la presencia y el daño causado por la enfermedad, debido a que el hongo causante de la monilia ataca solo los tejidos en crecimiento (especialmente frutos jóvenes) (Griffith et al., 2010).



Dispersión

La textura polvosa de las esporas le permite al hongo ser dispersado con facilidad por agua, viento y trabajadores (Griffith et al., 2010).

Cultivos que ataca

M. roreri ataca especies de los **géneros** *Theobroma* y *Herrania* (Whitlock & Baum, 1999). *Theobroma cacao* L. es la especie más cultivada, debido a su valor comercial (Phillips-Mora, 2003). Dentro de las especies de *Theobroma* que son atacadas por la monilia están: *T. bicolor*, *T. grandiflorum*, *T. gileri* Cuatr., *T. mammosum*, *T. angustifolium*, *T. simiarum*, *T. sylvestre* y *T. speciosum* (Evans, 1981). En especies del género *Herrania* se han registrado a *H. balaensis*, *H. nitida*, *H. albiflora*, *H. purpurea* y *H. pulcherrima* (Evans, 1981) (figura 7).



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Figura 7. Síntomas del ataque de monilia en frutos de cacao de los géneros *Theobroma* sp. y *Herrania*. a. *T. bicolor*; b. *T. mammosum*; c. *Herrania* sp.



Foto: Eleonora Rodríguez Polanco

Manejo integrado de la moniliasis en el cultivo de cacao

El objetivo del manejo integrado de la moniliasis consiste en mantener la afectación de las frutas en niveles bajos, con el propósito de conservar la rentabilidad económica del cultivo. Este manejo considera la aplicación de diferentes prácticas, como las que se describen a continuación.



Remoción de frutas enfermas

El manejo integrado de la monilia está basado en la remoción de las frutas enfermas cuando se presenten los primeros síntomas visibles, con el propósito de evitar la **formación del polvo o ceniza**, y así disminuir la cantidad de esporas del hongo (inóculo infectivo) presente dentro del cultivo. Con esta medida se pretende reducir la contaminación de las frutas que están en formación (Arguello, 2000; Merchán Vargas, 1981).

La práctica está encaminada fundamentalmente a proteger la cosecha principal y, especialmente, los frutos pequeños, ya que los frutos con menos de tres meses son los más susceptibles al ataque de la enfermedad, debido a que el hongo puede penetrar más fácilmente su epidermis (Sánchez L., 1983) (figura 8)



Foto: Eleonora Rodríguez Polanco

Remover las frutas enfermas busca proteger a las que tienen menos de tres meses de edad, pues el hongo puede penetrar más fácilmente su epidermis.

Figura 8. Remoción de fruta enferma por monilia (*M. roreri*) antes de la producción de conidias (estructuras reproductivas).



La técnica validada por AGROSAVIA consiste en la remoción de mazorcas enfermas una vez cuajada la cosecha, cada 7 días, hasta la finalización de la cosecha. Se confirmó la eficiencia de la práctica, ya que se disminuyó la pérdida en producción ocasionada por monilia en aproximadamente un 40 % en el primer año de su implementación, porcentaje que puede incrementar gradualmente en el tiempo y alcanzar valores hasta del 90 % de disminución de pérdidas a partir del segundo año (AGROSAVIA, 2023a; Rodríguez Polanco, 2006).

Es aconsejable realizar la remoción de mazorcas enfermas temprano en la mañana y **cubrir las frutas enfermas con hojarasca, para evitar la dispersión de las esporas**, lo que acelera el proceso de descomposición del tejido en la fruta.



Prácticas al cultivo

Para incrementar el beneficio de la remoción de fruta enferma en la disminución del daño ocasionado por monilia, debe combinarse con prácticas al cultivo dirigidas a crear condiciones desfavorables para la multiplicación del hongo, a saber:

- *Podas a los árboles:* las podas permiten la circulación del aire para disminuir la humedad en el cultivo, y mantener los árboles a una **altura máxima de 3 m**, con una adecuada arquitectura, facilita localizar la fruta enferma (figura 9) (AGROSAVIA, 2023a; Rodríguez Polanco, 2006).



Figura 9. Poda de mantenimiento al árbol de cacao realizada anualmente, una vez finaliza la cosecha principal.



- *Control de arvenses*: contribuye a disminuir la humedad dentro de la plantación (AGROSAVIA, 2023a; Rodríguez Polanco, 2006).
- *Poda a los sombríos*: permite la entrada de luz, lo que estimula la floración y disminuye la humedad dentro de la plantación (AGROSAVIA, 2023a; Rodríguez Polanco, 2006).

Material de cacao tolerante

En condiciones de ambiente cálido y húmedo, se debe considerar la utilización de genotipos con tolerancia moderada, como ICS 95 y CCN 51 (Aime & Phillips-Mora, 2005; Rodríguez & Medina, 2005).



Foto: Eleonora Rodríguez Polanco



Beneficio de la oferta tecnológica de AGROSAVIA en el manejo integrado de la moniliasis en cacao

El esquema para el manejo integrado de la moniliasis en cacao como OT propuesta por AGROSAVIA contribuye a mejorar la productividad del cultivo de cacao, debido a que recomienda **prácticas de control cultural** basadas en la disminución del inóculo infectivo (remoción de mazorcas enfermas antes de la esporulación), así como a crear condiciones desfavorables para el desarrollo del hongo, como poda a los árboles, poda al sombrío y control de arvenses. Esta estrategia ayuda a mantener los niveles de inóculo infectivo en cantidades que no generen daños económicos (pérdidas hasta del 10 % en producción), ya que **el control ineficiente de la enfermedad puede causar pérdidas hasta del 80 %** (AGROSAVIA, 2023a; Fedecacao, 2023).

Durante el primer año de aplicación de la oferta tecnológica, se obtiene una disminución en pérdidas del 40 %, lo que equivale a cosechar 366 kg más de cacao seco/ha, que, con un precio promedio de COP\$ 8.896 (MADR, 2023), corresponden a COP\$ 3.255.936 de incremento, con una inversión en mano de obra de aproximadamente 20 jornales ha/año, empleados en remoción de frutas enfermas y poda al cultivo, los cuales, con un precio de COP\$ 50.000 diarios, corresponden a COP\$ 1.000.000. La diferencia neta tiene un valor de COP\$ 2.255.936 a favor del agricultor, por lo que la rentabilidad de la práctica medida como la relación costo/beneficio es de 3,25, es decir que, por cada peso invertido, el agricultor obtiene una ganancia de 2,25 pesos (tabla 1). Esta rentabilidad es mayor con el mantenimiento de la práctica a través del tiempo, ya que se disminuye el uso de mano de obra (AGROSAVIA, 2023a).





Foto: Eleonora Rodríguez Polanco

Tabla 1. Relación costo/beneficio por hectárea en un periodo de un año de implementación de la OT. Esquema para el manejo integrado de la *moniliasis* en cacao (*Theobroma cacao* L.)

Costo total (tecnología) COP\$	Ingreso total por ventas COP\$	Beneficio bruto COP\$	Margen de beneficio bruto (%)	Relación C/B	Rentabilidad
1.000.000	3.255.936	2.255.936	69,28	3,25	2,25

Fuente: Elaboración propia

La OT para el control integrado de la monilia puede ser utilizada en todas las zonas agroecológicas indicadas para el establecimiento del cultivo de cacao.



Estrategias de control integrado de la pudrición parda de la fruta

Importancia

En Colombia, el incremento en las áreas sembradas de cacao a partir del año 2000 originó la siembra del cultivo en altitudes superiores a los 800 m s. n. m., condición agroecológica que favorece las temperaturas cercanas a los **15 °C durante la noche y que beneficia la presencia y multiplicación del microorganismo patógeno *Phytophthora palmivora***, causante de la pudrición parda de la fruta.

Además, la preferencia de los productores por plantar los clones CGN 51 e ICS 95, el primero altamente productivo y el segundo tolerante a monilia (Rodríguez Polanco et al., 2022), permitió la combinación de condiciones agroecológicas y genéticas predisponentes que llevaron al incremento de las pérdidas causadas por la pudrición parda de la mazorca o fitoptora. Esta limitante sanitaria llegó incluso a desplazar a la monilia (*Moniliophthora roreri*) en algunas regiones del país (Ramírez Gil, 2016; Rodríguez Polanco et al., 2022) (figura 10).



Figura 10. Severidad del daño ocasionado por la pudrición parda o fitoptora (*Phytophthora palmivora*) en frutos de plantaciones comerciales establecidas por propagación clonal. a. Clon CCN 51; b. Clon ICS 95.

En el país, el manejo de la enfermedad en la actualidad está basado en la remoción de frutas enfermas, principalmente en el periodo de cosecha, con frecuencia quincenal o más amplia, que resulta ineficaz. Por ello, se hace necesario validar y seleccionar **nuevas estrategias, como la aplicación de fungicidas curativos, sistémicos, biológicos y potencializadores de resistencia**, que permitan mejorar el control de la enfermedad y disminuir la dependencia de la mano de obra, hoy de difícil consecución en las zonas productoras.

La validación de estrategias de manejo de la enfermedad basadas en la aplicación conjunta o integrada de prácticas culturales, químicas y biológicas que permitan un manejo sostenible y rentable del cultivo continúa siendo tema de interés para AGROSAVIA.





Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Biología y clasificación del patógeno

El género *Phytophthora* se ubica dentro del reino Chromista (Tyler, 2001), que representa una línea evolutiva única y distante de los hongos verdaderos, y donde se encuentran la mayoría de las algas. Este género pertenece al orden de los oomicetos, que presentan varias características bioquímicas y estructurales semejantes a las plantas y algas.

Phytophthora palmivora (Butler) es capaz de infectar a más de 200 especies de plantas, incluyendo el cacao (*Theobroma cacao* L.); ataca diferentes órganos de la planta y causa un daño económico importante en la producción cacaotera al atacar los frutos (Tyler, 2001) (figura 11).



Clasificación taxonómica de *P. palmivora*

Dominio: Eucarya

Reino: Chromista

Filo: Oomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Peronosporaceae

Género: *Phytophthora*

Especie: *Phytophthora palmivora*

Fuente: Aime & Phillips-Mora (2005)



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco



Figura 11. Secuencia de síntomas en tejido muerto presentes en frutos de cacao infectados con la pudrición parda (*P. palmivora*). a. Mancha circular con borde definido; b. Incremento en el tamaño de la mancha circular; c. Aparición de la costra algodonosa (esporulación) poco densa; d y e. Incremento de la mancha y costra algodonosa hasta el cubrimiento total del fruto.

Síntomas de la enfermedad

La enfermedad ataca diferentes órganos de la planta, como el fruto, el tejido leñoso, el cojín floral, las hojas y la raíz.

Fruto

La infección por *Phytophthora* puede ocurrir en cualquier etapa de desarrollo del fruto, aunque es **más frecuente en frutos maduros**, por ser los más susceptibles a su ataque (McMahon & Purwantara, 2004). El síntoma producido por la pudrición parda es una **mancha de color pardo, de consistencia blanda**, que se observa frecuentemente en los extremos del fruto, área donde se acumula más agua (figura 12). La mancha tiene borde liso y definido.



Figura 12. Síntomas de pudrición parda (*P. palmivora*) en los extremos del fruto del cacao. a. Mancha en el extremo terminal (ápice); b. Mancha en el extremo inicial (pedúnculo).

No obstante, también es común observar el síntoma de mancha con apariencia de círculo, con borde liso y definido, en la región central del fruto (figura 13).

Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco





Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco



Figura 13. Síntomas de pudrición parda (*P. palmivora*) en la región central del fruto de cacao. a. Síntoma inicial de pequeñas manchas necróticas; b. Mancha pequeña de borde liso definido; c. Incremento en el tamaño de la mancha de borde liso definido.

Se estima que la mancha tiene un **crecimiento de 12 mm por día**, aproximadamente (Drenth & Guest, 2004a), y avanza hasta el cubrimiento total del fruto, incluyendo los granos, en un periodo aproximado de **10 a 14 días** (McMahon & Purwantara, 2004) (figura 14).



Figura 14. Avance del síntoma de mancha o necrosis causada por la pudrición par-da (*P. palmivora*) en la superficie del fruto de cacao. a. Incremento de la mancha, necrosis o muerte del tejido en más de la mitad del fruto; b. Necrosis o muerte de la totalidad del fruto.

La lesión necrótica o mancha **crece en el interior del fruto a la misma velocidad que crece la lesión externa**, lo que genera una mancha idéntica por dentro y por fuera, característica que permite diferenciarla de la mancha causada por monilia (figura 15).



Figura 15. Desarrollo de la mancha o necrosis causada por la pudrición parda (*P. palmivora*) en el fruto de cacao. a. Mancha sobre la superficie del fruto; b. Mancha interna que daña la corteza y los frutos. Nótese que la lesión interna tiene forma idéntica a la lesión externa

Tejido leñoso y pedúnculo

Se forman lesiones cancerosas o manchas necróticas circulares, de color marrón rojizo, en la corteza del tallo principal, ramas secundarias y pedúnculo del fruto, en donde se produce una goma de color rojizo, de allí el nombre de *gomosis* (Gregory & Maddison, 1981).

Al raspar la superficie de la corteza afectada, se observa una lesión o necrosis de coloración rojiza que no penetra profundamente, y **el tejido expuesto se torna acuoso y pegajoso** (figura 16). En el tronco principal, esta necrosis puede avanzar hasta rodearlo totalmente y causar la muerte del árbol (Erwin & Ribeiro, 1996).

Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

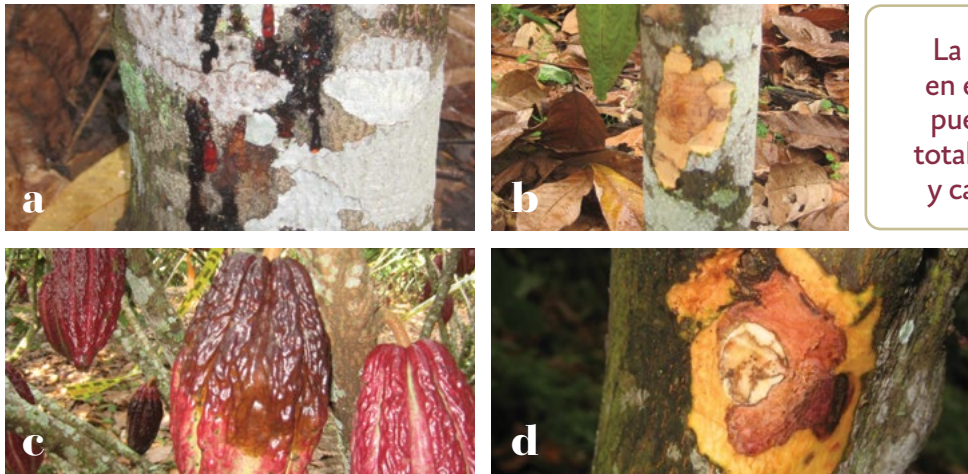


Figura 16. Síntomas de cáncer ocasionado por *P. palmivora* en tronco y pedúnculo en el árbol de cacao. a y b. Lesión cancerosa en la superficie y en el interior de la corteza; c y d. Lesión cancerosa en la superficie, en el interior y en el punto de unión del pedúnculo con el tallo.

Plantas de propagación

En condiciones de alta humedad, *P. palmivora* ataca las plantas en etapa de vivero. Esto provoca síntomas como **quemadura o tizón de la hoja, así como pudrición del sistema radical y del tallo principal**, lo que causa la muerte repentina de las plántulas (figura 17).



Figura 17. Lesión necrótica, quema o tizón causada por el ataque de *P. palmivora* en plantas de propagación (portainjerto).

Signos de *Phytophthora*

Los signos o estructuras visibles del microorganismo patógeno se producen durante su etapa reproductiva —o esporulación—. Inicialmente, están presentes en estado vegetativo y se observan en la fruta sobre la superficie de la mancha, como un algodón poco denso o muy escaso de color blanco. Y es allí



II. Estrategias de control integrado de la pudrición parda de la fruta

donde posteriormente aparecen los esporangios y zoosporas que son las estructuras reproductivas del patógeno, que **se diseminan principalmente por el agua lluvia y constituyen la principal fuente de infección** dentro de la plantación (McMahon & Purwantara, 2004) (figura 18).



Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco

Figura 18. Signos de la pudrición parda (*P. palmivora*) en el fruto de cacao. a. Costra algodonosa - estructuras vegetativas (micelio-clamidosporas) y reproductivas (esporangios-zoosporas); b. Estructuras reproductivas en fruto momificado.

Los frutos enfermos permanecen en el árbol y continúan produciendo estructuras infectivas (inóculo) por un periodo de aproximadamente 3 años, hasta la completa pérdida de agua en los tejidos (momificación). En condiciones de alta humedad, un fruto enfermo puede llegar a producir hasta 4 millones de esporangios (Medeiros, 1976).



Ciclo de la enfermedad

El ciclo de la enfermedad en el fruto se completa en un periodo muy corto, que puede comprender entre **9 a 11 días** (figura 19). El patógeno se deposita en la superficie de los frutos susceptibles, ya sea por medio del **agua, el viento o insectos dispersores** (hormigas).

La alta humedad favorece también la germinación de las estructuras infectivas del patógeno (esporangios o zoospora), así como la posterior penetración e infección del tejido del fruto. Los primeros síntomas se manifiestan aproximadamente a las 30 horas después de ocurrida la infección, como pequeñas manchas de apariencia acuosa en la superficie de los frutos (figura 18).

Alrededor de 5 días después de la infección, aparecen los síntomas visibles, que son las manchas pardas (figura 19). Entre 2 y 3 días después, estas manchas ya pueden cubrir completamente el fruto y, en cuestión de 3 días más, el fruto está totalmente esporulado (McMahon P & Purwantara, 2004; Rodríguez & Vera, 2015).

Duración del ciclo de la pudrición parda: 9-11 días

Infección del fruto



Manchas necróticas de apariencia acuosa ± 3 días

Producción de esporangios y zoosporas hasta la completa momificación del fruto



Mancha parda ± 5 días

Liberación y dispersión de esporangios y zoosporas



Mancha parda cubriendo el fruto e inicio de esporulación ± 8 días

Fruto completamente esporulado ± 11 días

Figura 19. Ciclo de la pudrición parda del fruto causada por el cromista *P. palmivora* en frutos de cacao. Fuente: Elaboración propia con base en Phillips-Mora y Cerda (2009) y Rodríguez y Vera (2015). Fotos: Eleonora Rodríguez Polanco



Foto: Eleonora Rodríguez Polanco



Factores climáticos que favorecen la enfermedad

En general, la presencia de pudrición parda en las mazorcas se incrementa con una alta humedad relativa (superior a 95 %) y baja temperatura (18 a 20 °C) (Enríquez, 1985). La temperatura baja favorece un incremento de 30 veces en las unidades infectivas (inóculo) de *P. palmivora* (Erwin & Bartnicki-García, 1988).

Dispersión

La humedad es el principal agente de dispersión del patógeno, el inóculo pasa de tejidos enfermos o del suelo a los tejidos sanos a través de la lluvia o el salpique. El ser humano es un dispersor rápido de la enfermedad, principalmente por medio del **uso de herramientas de poda y cosecha infectadas**, al pasarlas de árboles enfermos a árboles sanos (Drenth & Guest, 2004b). Insectos como las hormigas también dispersan el patógeno (Drenth & Guest, 2004b).

Manejo integrado de la pudrición parda en el cultivo de cacao

El objetivo del manejo integrado de la pudrición parda es mantener la afectación de las frutas en niveles bajos, con el propósito de conservar la rentabilidad económica del cultivo. Este manejo considera la aplicación de diferentes prácticas al cultivo, como las que se describen a continuación.





Remoción de frutas enfermas

El manejo integrado de la pudrición parda está basado en la remoción de las frutas enfermas cuando se presentan los primeros síntomas visibles, con el propósito de evitar la formación de algodón ralo poco denso y, así, **disminuir la cantidad de esporangios del patógeno** (inóculo infectivo) presente dentro del cultivo, como una estrategia que reduce la contaminación de los frutos en desarrollo (AGROSAVIA, 2023b; Rodríguez-Polanco et al., 2020).

La práctica está encaminada, fundamentalmente, a proteger la cosecha principal y, especialmente, los frutos maduros, ya que los frutos de más de tres meses son los más susceptibles al ataque de la enfermedad.

La técnica de remoción de fruta realizada por AGROSAVIA fue validada en clones más susceptibles (CCN 51 e ICS 95) a la pudrición parda, y consiste en la **remoción de los frutos enfermos una vez cuajada la cosecha, cada siete días, hasta la finalización de esta**. Se constató la eficiencia de la práctica, ya que se obtuvo una disminución del 43 % en fruta enferma en el primer año de su implementación, y **el incremento de fruta sana es gradual en el tiempo** (AGROSAVIA, 2023b; Rodríguez-Polanco et al., 2020).

Es aconsejable realizar la remoción de mazorcas enfermas temprano en la mañana y cubrir las frutas enfermas con hojarasca, para evitar la dispersión





Foto: Eleonora Rodríguez Polanco

de las estructuras reproductivas del patógeno, lo que acelera el proceso de descomposición del tejido en la fruta.

Prácticas culturales de manejo integrado del cultivo

Para incrementar el beneficio de la remoción de fruta enferma en la disminución del daño ocasionado por la pudrición parda, debe combinarse con prácticas culturales integradas de manejo del cultivo, dirigidas a crear condiciones desfavorables para la multiplicación de *P. palmivora*, a saber:

- *Purga o eliminación total de frutos, una vez finaliza la cosecha (periodo de baja producción):* permite la reducción del inóculo o de las estructuras reproductivas del patógeno en la plantación.
- *Poda de formación y mantenimiento (aclareo):* contribuye a la circulación del aire, lo cual disminuye la humedad y permite mantener una correcta arquitectura del árbol y una altura máxima de 3 m, lo que facilita la localización de la fruta enferma.
- *Control periódico de arvenses:* ayuda a disminuir la humedad dentro de la plantación.





Aplicación de fungicidas y potencializador de resistencia

La remoción de fruta enferma cada siete días debe complementarse con la **aplicación, por aspersión con bomba a motor, de productos químicos** como silicato de potasio (100 ml/20 l), cuando el fruto tenga 2 meses de desarrollo; el fungicida protectante manzoceb 80 % (50 g/20 l), cuando el fruto tenga 3,5



Fotos: Diego Alberto Navarro Niño

meses de desarrollo, y, finalmente, cuando el fruto tenga 4 meses de desarrollo, se debe aplicar el fungicida sistémico fosetyl al 80 % (100 g/20 l) —el fungicida sistémico se debe aplicar en la época de mayor susceptibilidad del fruto— (AGROSAVIA, 2023b).

Beneficio de la oferta tecnológica de AGROSAVIA en el manejo de la pudrición parda de la mazorca en cacao

El control integral de la pudrición parda como OT propuesta por AGROSAVIA contribuye a mejorar la productividad del cultivo, al recomendar prácticas de control basadas en la disminución del inóculo infectivo (remoción de mazorcas enfermas antes de la esporulación) y encaminadas a crear condiciones adversas al desarrollo del patógeno. Entre estas prácticas se encuentran la purga de frutos al finalizar la cosecha, la poda del árbol y el control de arvenses. Esta estrategia ayuda a mantener los niveles de inóculo infectivo en cantidades que no generen daños económicos, con pérdidas hasta del 11,13 % en producción, ya que el control ineficiente de la enfermedad puede causar pérdidas hasta del 23 % (Rodríguez-Polanco et al., 2020).

El control ineficiente de la pudrición parda en cacao puede generar pérdidas hasta del 23 %.

La OT es de importancia, dado que el control adecuado y pertinente del patógeno garantiza un incremento de producción de 388 kg/ha en un clon susceptible y disminuye paulatinamente la fuente de inóculo dentro del cultivo.

Durante el primer año de aplicación de la OT, se obtiene una disminución en pérdidas del 43 %, lo que equivale a cosechar 388 kg más de cacao seco/ha, que, a un precio promedio de COP\$ 8.896 (MADR, 2023), corresponden a una ganancia neta de COP\$ 3.451.648, con una inversión de COP\$ 1.096.150, correspondientes a 19 jornales por ha/año empleados en remoción de frutas enfermas y poda al cultivo, los cuales, a un precio de COP\$ 50.000 diarios, serían COP\$ 950.000, y un valor de fungicidas de COP\$ 146.150. La diferencia neta





entre la ganancia neta y la inversión tiene un valor de COP\$ 2.355.498 a favor del agricultor, por lo que la rentabilidad de la práctica medida como la relación costo/beneficio es de 3,14 pesos, es decir que, por cada peso invertido, el agricultor obtiene una ganancia de 2,14 pesos (tabla 2). Esta rentabilidad es mayor con el mantenimiento de la práctica a través del tiempo, ya que se disminuye el uso de mano de obra (AGROSAVIA, 2023b).

Tabla 2. Relación costo/beneficio por hectárea en un periodo de un año de implementación de la OT. Esquema para el manejo integrado de la pudrición parda en cacao (*Theobroma cacao* L.)

Costo total (tecnología) COP\$	Ingreso total por ventas COP\$	Beneficio bruto COP\$	Margen de beneficio bruto (%)	Relación C/B	Rentabilidad
1.096.150	3.451.648	2.355.498	68,24	3,14	2,14

Fuente: Elaboración propia

La OT para el control integrado de la pudrición parda de la fruta puede ser utilizada en todas las zonas agroecológicas indicadas para el establecimiento del cultivo de cacao.



Conclusiones



- La clave para un buen manejo de la moniliasis es la remoción de los frutos enfermos, una vez aparecen los primeros síntomas visibles de la enfermedad (gibas e islas verdes), en frutos de menos de tres meses de desarrollo, y una vez aparece la mancha, en frutos mayores de tres meses, como punto límite para evitar la esporulación del fruto (costra algodonosa y polvo crema).
- Es muy importante identificar los primeros síntomas visibles de la moniliasis, considerar que toda fruta enferma debe ser eliminada y no esperar a cosechar los primeros granos.
- La aplicación correcta del esquema de manejo integrado para el control de la moniliasis basado en la remoción de mazorcas enfermas antes de su esporulación, así como el empleo de ciertas prácticas —como podas de formación y mantenimiento, control de arvenses y poda al sombrío—, incrementan el rendimiento del cultivo, mejoran la calidad del grano cosechado y disminuyen la población del hongo.



Foto: Diego Alberto Navarro Niño

- La clave para un buen manejo de la pudrición parda es la remoción de los frutos enfermos, una vez aparecen los primeros síntomas visibles de la enfermedad. Es importante realizar la remoción cada siete días, debido a que la esporulación del patógeno ocurre a partir del octavo día, y el daño o mancha que se observa en la corteza del fruto es igual a la pudrición interna que ocurre en los frutos.
- En el control de la pudrición parda del fruto, la remoción de fruta enferma cada siete días debe complementarse con la aplicación, por aspersión con bomba a motor, de productos químicos como, con el propósito de incrementar la protección, especialmente en frutos maduros, ya que *P. palmivora* puede causar pudrición de los granos entre 7 y 14 días después de la infección.
- La aplicación de prácticas de manejo culturales, como podas de formación y mantenimiento y control de arvenses, crea condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de *P. palmivora*, lo que disminuye las pérdidas que ocasiona en producción.
- El manejo químico de la pudrición parda de la mazorca basado en la rotación de moléculas químicas de baja trazabilidad, de acuerdo con los estados de mayor susceptibilidad del fruto, permitirá un manejo racional de estos productos.





Glosario

Agente causal: Agente de origen biótico o abiótico que ocasiona la enfermedad.

Ciclo de vida: Estado o estados sucesivos en el crecimiento y desarrollo de un organismo que ocurre entre la aparición y reaparición del mismo estado de dicho organismo.

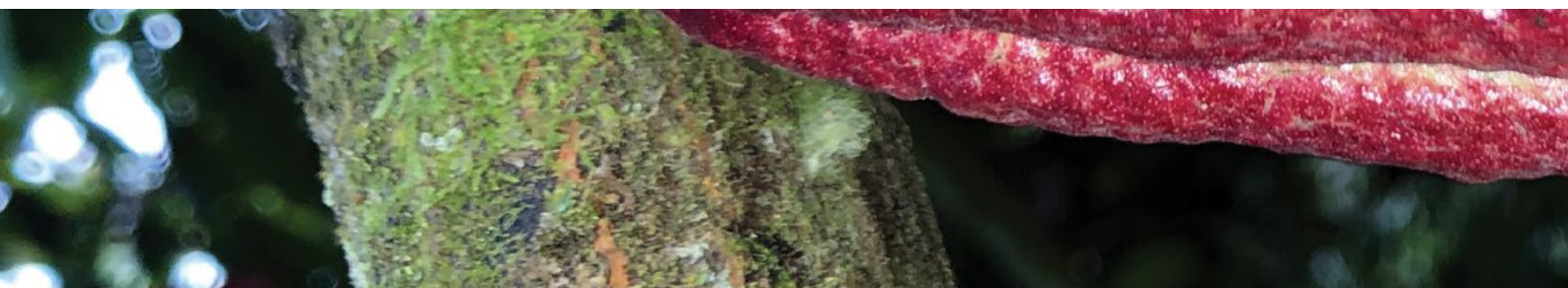
Clamidosporas: Esporas de paredes gruesas de varias clases de hongos. Se trata de una etapa del ciclo vital del organismo que sobrevive en condiciones desfavorables, tales como estaciones secas o cálidas.

Clon: Progenie genéticamente uniforme derivada de un único individuo o de un conjunto de células genéticamente idénticas, producidas por propagación vegetativa o asexual. Población de individuos obtenidos por propagación vegetativa a partir de un único individuo.

Esporangio: Estructura que contiene esporas asexuales.

Germinación: Proceso en el cual un propágulo, por ejemplo, una espora, esclerocio u otra estructura reproductiva, aumenta su actividad bajo condiciones ambientales específicas.

Hemibiotrófico: Organismo que vive parte de su vida como parásito sobre otro organismo y otra parte como saprofito.





Incidencia: Proporción de la enfermedad o entidades enfermas de una unidad de muestreo.

Infección: Fase del ciclo de las relaciones patógeno-hospedero, que inicia con la deposición y germinación del propágulo en la superficie del hospedero (fase de prepenetración) y termina con el inicio de las relaciones parasitarias.

Microorganismos: Organismos de dimensiones microscópicas, como protozoarios, hongos, bacterias, virus u otras entidades bióticas microscópicas, capaces de replicarse o reproducirse.

Necrosis: Fenómeno de muerte usualmente aplicado a células en un área localizada.

Patógeno: Microorganismo o virus capaz de causar enfermedad en un hospedero específico o en una gama de hospederos. Agente causal de enfermedad en planta.

Patogenicidad: Habilidad de un organismo de causar enfermedad.

Propágulo: Parte de un organismo, como una espora o una bacteria, que puede ser diseminada y reproducir un microorganismo.

Síntomas: Reacciones internas y externas o alteraciones de las plantas como resultado de una enfermedad.

Zoosporas: Esporas flageladas que tienen la capacidad de nadar en el agua.



Referencias

Aime, M. C., & Phillips-Mora, W. (2005). The causal agents of witches' broom and frosty pod rot of cacao (chocolate, *Theobroma cacao*) form a new lineage of Marasmiaceae. *Mycologia*, 97(5), 1012-1022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16596953/>

Arguello, O. (2000). Manejo integrado de monilia en cacao (*Theobroma cacao* L.). En Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA] (Ed.), *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao* (pp. 74-84). AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12526>

Campuzano, L. (1976). Fluctuación de poblaciones de esporas de *Moniliophthora roreri* Cif y Par y viabilidad durante un ciclo completo de infección. *Noticias Fitopatológicas*, 5, 107.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2023a). *Esquema para el manejo integrado de la moniliasis en Cacao*. AGROSAVIA. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/l%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/cacao/recomendaciones-protocolos-y-metodolog%C3%ADas/558-esquema-para-el-manejo-integrado-de-la-moniliasis-en-cacao>



- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2023b). *Opciones tecnológicas para el manejo de Phytophthora en cacao*. AGROSAVIA. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/1%C3%ADnea-agr%C3%ADcola/cacao/recomendaciones-protocolos-y-metodolog%C3%ADas/579-opciones-tecnol%C3%B3gicas-para-el-manejo-de-phytophthora-en-cacao>
- Drenth, A., & Guest, D. I. (2004a). *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia*. Australian Centre for International Agricultural Research. https://forestphytophthoras.org/sites/default/files/educational_materials/Drenth%20Diversity%20and%20management%20of%20Phytophthora%20in%20SE%20Asia.pdf
- Drenth, A., & Guest, D. I. (2004b). *Phytophthora in the tropics*. En *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia*. Australian Centre for International Agricultural Research. https://forestphytophthoras.org/sites/default/files/educational_materials/Drenth%20Diversity%20and%20management%20of%20Phytophthora%20in%20SE%20Asia.pdf
- Enríquez, G. A. (1985). *Curso sobre el cultivo del cacao*. Serie Materiales de Enseñanza, 22. Centro Agroquímico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Erwin, D., & Bartnicki-García, S. (1988). *Phytophthora: Its biology, taxonomy, ecology, and pathology*. American Phytopathological Society.
- Erwin, D., & Ribeiro, O. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. APS Press.
- Evans, H. (1981). Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. *Phytopathological Papers*, 24, 44-44. https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Pod_rot_of_cacao.pdf
- Federación Nacional de Cacaoteros [Fedecacao]. (2023, abril 20). *Se lanza “Con mazorcas sanas todos ganan”, campaña nacional para combatir la monilia*. Fedecacao. <https://www.fedecacao.com.co/post/se-lanza-con-mazorcas-sanas-todos-ganan-campa%C3%B1a-nacional-para-combatir-la-monilia>
- Gregory, P. H., & Maddison, A. C. (1981). *Epidemiology of phytophthora on cocoa in Nigeria: Final report of the International Cocoa Black Pod Research Project*. Commonwealth Mycological Institute.
- Griffith, G. W., Nicholson, J., Nenninger, A., Birch, R. N., & Hedger, J. N. (2010). Witches' brooms and frosty pods: Two major pathogens of cacao. *New Zealand Journal of Botany*, 47(3), 423-435. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2003.9512860>
- López-Báez, O., Ramírez-González, S. I., Espinosa-Zaragoza, S., Villarreal-Fuentes, J. M., & Wong-Villarreal, A. (2015). Diversidad vegetal y sustentabilidad del sistema agroforestal de cacao en la región de la selva de Chiapas, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(2), 55-63.



- McMahon P., & Purwantara A. (2004). *Phytophthora* on cocoa. En A. Drenth & D. I. Guest (Eds.), *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia* (pp. 104-115). Australian Centre for International Agricultural Research.
https://forestphytophthoras.org/sites/default/files/educational_materials/Drenth%20Diversity%20and%20management%20of%20Phytophthora%20in%20SE%20Asia.pdf
- Medeiros, A. G. (1976). *Sporulation of Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. in relation to epidemiology and chemical control of cacao black pod disease. Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac); Centro de Pesquisas do Cacao (Brasil).
- Merchán Vargas, V. M. (1981). *Avances en la investigación de la moniliasis del cacao en Colombia*. Fedecacao. <https://repositorio.agrosavia.co/handle/20.500.12324/21917>
- Ministério da Agricultura e Pecuária [MAP]. (2021, julio 8). *Foco de praga que atinge cultivo de cacao e cupuaçu é detectado no Acre*. Ministério da Agricultura e Pecuária. Governo do Brasil. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/foco-de-praga-que-atinge-cultivo-de-cacau-e-cupuacu-e-detectado-no-acre>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). *Evaluaciones agropecuarias municipales*. MADR. <https://upra.gov.co/es-co/Paginas/eva.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2023, agosto 9). *Precio de referencia semanal de compra de cacao - fuente industria - Fedecacao - exportadores*. Agronet. <https://agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Precio-de-referencia-semanal-de-compra-de-cacao---Fuente-Industria.aspx>
- Phillips-Mora, W. (2003). *Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao fungus Moniliophthora roreri as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence* [Tesis doctoral, University of Reading]. https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Origin_biogeography_genetic_diversity_and_taxonomic_affinities_of_the_cacao.pdf
- Phillips-Mora, W., Aime, M. C., & Wilkinson, M. J. (2007). Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant Pathology*, 56(6), 911-922. <https://doi.org/10.1111/J.1365-3059.2007.01646.X>
- Phillips-Mora, W., & Cerda, R. (2009). *Catálogo. Enfermedades del cacao en Centroamérica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Catie). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7753>
- Ramírez Gil, J. G. (2016). Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda Theobroma, Colombia. *Revista de Protección Vegetal*, 31(1), 42-49. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v31n1/rpv06116.pdf>
- Rodríguez, E., & Medina, J. (2005). Caracterización de clones de cacao por respuesta a Monilia *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et al., en Santander. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 61-64.



- Rodríguez, E., & Vera, A. (2015). *Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (Phytophthora sp.) en cacao*. AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13138>
- Rodríguez Polanco, E. (2006). Técnicas de reducción de inóculo para controlar la moniliasis del cacao en Santander. *Revista Innovación & Cambio Tecnológico*, 4(4), 68-78. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/750>
- Rodríguez Polanco, E., Mujica Jaimes, J., & Cubillos, G. (2005). *Manejo integrado de la Moniliasis en el cultivo de cacao*. AGROSAVIA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1203>
- Rodríguez-Polanco, E., Parra, E. B., Bermeo, P. A., Segura, J. D., & Rodríguez, L. A. (2020). Manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora palmivora*) en cacao por aplicación conjunta de prácticas culturales y químicas. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 16(1), 79-94. <https://doi.org/10.18359/RFCB.4887>
- Rodríguez Polanco, L. R., Carrero Gutiérrez, M. L., Parra, E. B., & Dimas, J. (2022). Reaction of detached fruits from selected cocoa clones to artificial inoculation with *Phytophthora palmivora*. *Global Journal of Science Frontier Research*, 20(D9), 9-17. <https://journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/view/2852>
- Sánchez L., J. A. (1983). *Reacción de cultivares de cacao a la inoculación artificial con Monilia royeri* [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica]. Catie. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10520>
- Tyler, B. M. (2001). Genetics and genomics of the oomycete-host interface. *Trends in Genetics*, 17(11), 611-614. [https://doi.org/10.1016/S0168-9525\(01\)02517-3](https://doi.org/10.1016/S0168-9525(01)02517-3)
- Whitlock, B. A., & Baum, D. A. (1999). Phylogenetic relationships of *Theobroma* and *Herrania* (Sterculiaceae) based on sequences of the nuclear gene Vicilin. *Systematic Botany*, 24(2), 128-138. <https://doi.org/10.2307/2419544>



Los autores

Eleonora Rodríguez Polanco

Correo: lrodriguezp@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8553-2449>

Ingeniera agrónoma de la Universidad del Tolima, magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y PhD en Fitopatología de la Universidad Federal de Vicosa MG-Brasil. Tiene diecinueve años de experiencia en el manejo integrado de enfermedades en cultivos, principalmente en cacao y frutales como mango, aguacate, cítricos, pasifloras y plátano. Está enfocada en el desarrollo de programas de manejo integrado de enfermedades foliares y radicales limitantes en cultivos de clima cálido y medio, a partir del conocimiento de la etiología y biología del patógeno, entendiendo procesos de infección, mecanismos de defensa activados por la planta y aplicación de diferentes estrategias de manejo de enfermedades, considerando monitoreo y épocas de mayor susceptibilidad del huésped. Actualmente es investigadora PhD asociada del Centro de Investigación Nataima de AGROSAVIA.



Diego Alberto Navarro Niño

Correo: dnavarro@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3811-1406>

Ingeniero agrónomo de la Universidad del Tolima, especialista en Gerencia de Mercadeo de la Universidad del Rosario y candidato a magíster en Desarrollo Rural de la Universidad del Tolima. Se ha dedicado a impulsar la innovación y la productividad en el sector agrícola, con énfasis en la investigación y el desarrollo, la transferencia de tecnología y la extensión rural. Coordina y lidera procesos de transferencia de tecnología y promoción de la oferta tecnológica del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) de Colombia, particularmente en AGROSAVIA. Sus esfuerzos se han dirigido hacia agricultores, asistentes técnicos, extensionistas y el ámbito académico. En su trabajo ha priorizado los procesos de investigación tanto cuantitativos como cualitativos, especialmente en el análisis de adopción e impacto de tecnologías agropecuarias. Ha estudiado los factores que influyen en los procesos de adopción, la caracterización de los productores y ha desarrollado estrategias para la gestión de la innovación y la formación de redes de conocimiento en diferentes sistemas productivos. Actualmente ocupa el cargo de profesional de transferencia de tecnología en el centro de investigación Nataima de AGROSAVIA.



Paula Andrea Bermeo Fúquene

Correo: pbermeo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6795-8921>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia y maestranda en Producción Vegetal de la Universidad Tecnológica Federal de Paraná. Tiene más de cuatro años de experiencia en microorganismos asociados con enfermedades y biocontrol en cultivos de frutales (asaí, cítricos, mango, plátano, pasifloras), de interés industrial (cacao) y de especies transitorias (arroz, forrajes y sorgo). Su interés se enfoca en el uso de estrategias de diagnóstico molecular para la detección de enfermedades en plantas. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el centro de investigación Nataima de AGROSAVIA.

Edinson Bayardo Parra Alferes

Correo: ebayardo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2494-0120>

Ingeniero agrónomo de la Universidad de Pamplona. Posee once años de experiencia en investigación, identificación, diagnóstico y control de enfermedades mediante esquemas de manejo integrado (control cultural, químico, biológico y genético) y manejo agronómico de sistemas productivos frutales (cacao, guayaba, aguacate, marañón, passifloras y cítricos), así como en el área de agroforestería. Actualmente es profesional de apoyo a la investigación en el centro de investigación Nataima de AGROSAVIA en las líneas de fitopatología, mejoramiento genético y manejo agronómico.



Colombia participa con menos del 1 % del mercado mundial de granos de cacao. El grano colombiano es referenciado internacionalmente como cacao fino y de aroma, características que solo son atribuidas al 5 % de la producción global. Existe una demanda internacional insatisfecha de cacao y sus subproductos, con grandes proyecciones de crecimiento a corto, mediano y largo plazo, por lo que es alto el potencial para incrementar la producción en el país, con miras a mejorar la tecnificación del cultivo y mantener las características de calidad que permitan abastecer nuevos mercados y mejorar las condiciones económicas de los productores. En Colombia, la producción del grano está seriamente disminuida por la moniliasis y la pudrición parda de la mazorca, enfermedades que atacan los frutos en diferentes estados de formación y comprometen directamente la producción y calidad del grano, y que llegan a causar pérdidas hasta del 80 % de la cosecha si no se controlan correctamente. Esta cartilla presenta los resultados de investigación desarrollados por AGROSAVIA a través de la generación de ofertas tecnológicas que permiten identificar estas problemáticas y realizar un manejo integrado basado en el conocimiento de la biología del agente causal y las épocas de susceptibilidad del árbol, específicamente de la fruta. Su aplicación permitirá a productores y técnicos incrementar la productividad, calidad e inocuidad del grano de cacao producido en el país.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



978-958-740-681-8

Distribución gratuita
Prohibida su venta

