



Proyecto Chocolate4all

Manual

Manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao

Contenido

INTRODUCCIÓN	3
SÍNTOMAS Y CICLOS DE VIDA DE LAS ENFERMEDADES MÁS COMUNES DEL CACAO EN LA REGIÓN	4
Moniliasis	4
Síntomas	5
Ciclo de vida	8
Factores que favorecen al desarrollo de la enfermedad	10
Mazorca negra	11
Síntomas	11
Ciclo de vida	14
Factores que favorecen al desarrollo de la enfermedad	15
Escoba de bruja: Alerta ante su posible llegada	16
Principales síntomas y ciclo de vida	16
MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS	18
Componentes de un Manejo Integrado de Plagas	21
Hospedero	21
Patógeno	22
Ambiente	23
Beneficios económicos del MIP	27
ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES	28
Prácticas recomendadas para el combate de las plagas y enfermedades del cacao	28
Uso e importancia de las variables climáticas y fenológicas	30
laboración del plan de manejo del cacaotal con énfasis en prevención y control de enfermedades	32
Interpretación del plan de manejo	33
Indicadores de efectividad del plan de manejo	34
Bibliografía	35

INTRODUCCIÓN

Según la Asociación Nacional de Productores de Cacao de Honduras (APROCACAHO), en este país hay más de 3700 productores de cacao en aproximadamente 4400 hectáreas de cultivo, que producen en conjunto alrededor de 5000 toneladas métricas.

El cultivo de cacao en Honduras ha estado siempre concentrado en la costa atlántica del país, ya que, en esta región, se cuenta con las condiciones climáticas ideales para su producción. El apogeo de la actividad cacaotera hondureña tuvo sus inicios en la década de los 80 y hasta el año 1997, cuando se confirma la entrada de la moniliasis al país. El impacto de esta enfermedad produjo una caída en la producción promedio de 3600 a 1700 toneladas métricas por hectárea en 1997 (Figura 1), seguida por el paso del Huracán Mitch, en 1998.

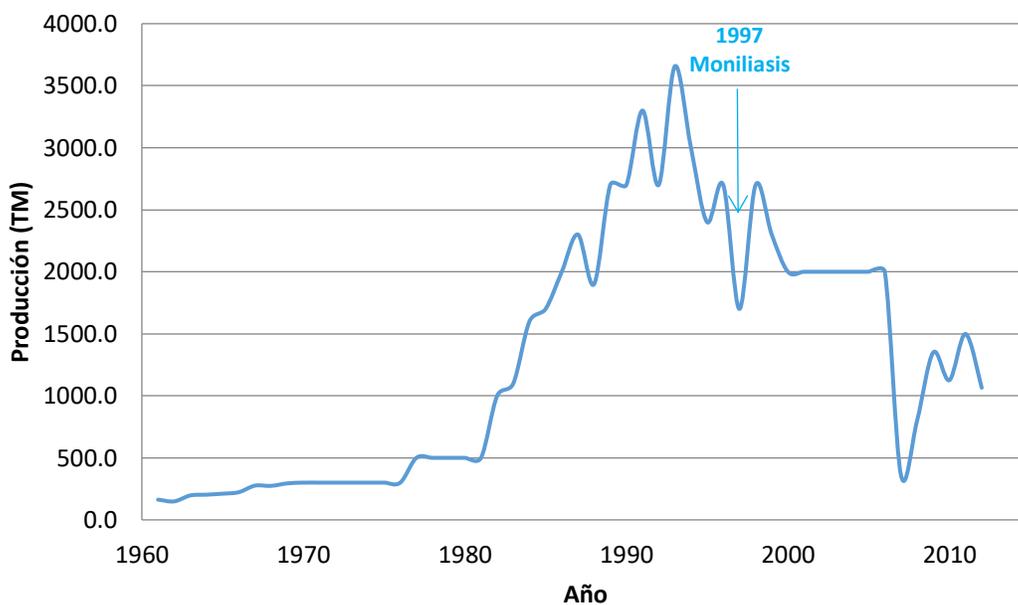


Figura 1. Efecto de la llegada de la moniliasis sobre la producción en Honduras.

La destrucción de los cacaotales y los cambios en el microclima fueron clave para extender la epidemia de la moniliasis, por lo que se desencadenó una crisis en el sistema cacaotero nacional. Las pérdidas en la producción continuaron hasta el año 2000, cuando se determinó una reducción en las áreas de cultivo de casi 6000 Ha a 1400 Ha. Esto, más la baja de los precios internacionales del producto provocaron la caída del sector cacaotero a nivel nacional.

Actualmente, se considera que la producción de cacao va en incremento, gracias a la recuperación de los precios a partir del año 2006 y a la llegada de programas de apoyo para los productores de este sector. La proyección del cultivo es prometedora ya que apunta al mercado de cacao fino de aroma, sin embargo, de acuerdo a eventos del pasado, como el ingreso de la moniliasis del cacao al país seguida de la destrucción que dejó el Huracán Mitch es necesario mantener un balance adecuado del sistema y tener estrategias claras para enfrentar con éxito cualquier tipo de desafío que se puedan enfrentar. Para esto es de suma importancia manejar los cacaotales de manera integral y organizada, idealmente siguiendo protocolos de Manejo Integrado de Plagas (MIP) bien claros y diseñados específicamente para la región. Este manejo no consiste solamente en atacar al patógeno o a la amenaza en el momento de su aparición, sino que es un manejo integral, tanto preventivo como curativo, que se ajusta de acuerdo a las variaciones del sistema a través del tiempo. De ahí es que se considera de suma importancia la elaboración de un manual como este para lograr crear la conciencia necesaria en los productores sobre las estrategias MIP y su importancia, además de generar conocimiento sobre los componentes de este manejo y exponer sus principales prácticas.

SÍNTOMAS Y CICLOS DE VIDA DE LAS ENFERMEDADES MÁS COMUNES DEL CACAO EN LA REGIÓN

Moniliasis

El agente causal de la moniliasis del cacao es el hongo *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans *et al.*, (Basidiomicete, Marasmiaceae). Colombia es su centro de origen, pero su rango de diseminación ya abarca a otros 11 países en América Tropical: Ecuador (antes considerado su lugar de origen), Venezuela, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Perú, Honduras, El Salvador, Guatemala, Belice y México (Phillips-Mora *et al.* 2006).

Este patógeno ha causado una gran devastación en Latinoamérica debido a su rápida dispersión. Esto se debe a que este hongo se encuentra en una fase invasiva muy intensa, y la mayoría de los genotipos comerciales de cacao sembrados en la región son susceptibles.

El manejo adecuado de esta enfermedad es posible siempre y cuando haya un reconocimiento oportuno de los síntomas en el cacaotal.

Síntomas

Los frutos son el único órgano susceptible a esta enfermedad (Desrosiers y Suárez 1974). El éxito de la infección se da en las primeras etapas de crecimiento de los frutos, quienes, conforme van creciendo, se vuelven más resistentes (Enríquez 2004). La aparición de los síntomas externos tarda entre 40 a 60 días, pero cuando el fruto es joven y las condiciones ambientales son ideales para el hongo (incremento de la lluvia y la temperatura), este período se acorta. La infección por moniliasis se dice que ocurre de adentro hacia afuera, debido a que, en las etapas iniciales de la infección el hongo invade el interior del fruto de manera intercelular y una vez adentro sus hifas rompen las paredes celulares, causando destrucción de tejidos internos. Posteriormente aparecen los síntomas externos, los cuales pueden aparecer hasta que la mazorca esté completamente desarrollada (Bejarano Villacreces 1961).

Por esta razón es que muchas veces, al abrir frutos aparentemente sanos, estos ya se encuentran internamente podridos en mayor o menor grado y pesan más que los frutos sanos (Enríquez 2004). A continuación, se muestra y se describe la sintomatología de esta enfermedad.



Gibas

En mazorcas jóvenes, de menos de tres meses de edad, el primer síntoma en aparecer es el desarrollo de una hinchazón del tejido que provoca protuberancias, gibas o tumores.



Amarillamiento prematuro

Ocurre en frutos jóvenes, los cuales comienzan a madurarse sin alcanzar el tamaño ni desarrollo esperado. Su coloración varía de verde a amarillo o de rojo a anaranjado.



Puntos aceitosos

En frutos más desarrollados, el primer síntoma de la infección es la aparición de pequeños puntos traslúcidos, amarillos en mazorcas verdes y anaranjados en mazorcas rojas. Como podemos observar en la mazorca de lado izquierdo, debajo de esos puntos, ya se encuentra una mayor cantidad de tejido necrosado.



Mancha chocolate

Los puntos aceitosos van aumentando de tamaño, juntándose hasta formar una mancha irregular de color marrón en la parte central que puede mostrar un halo amarillento. Este síntoma se conoce como mancha chocolate.

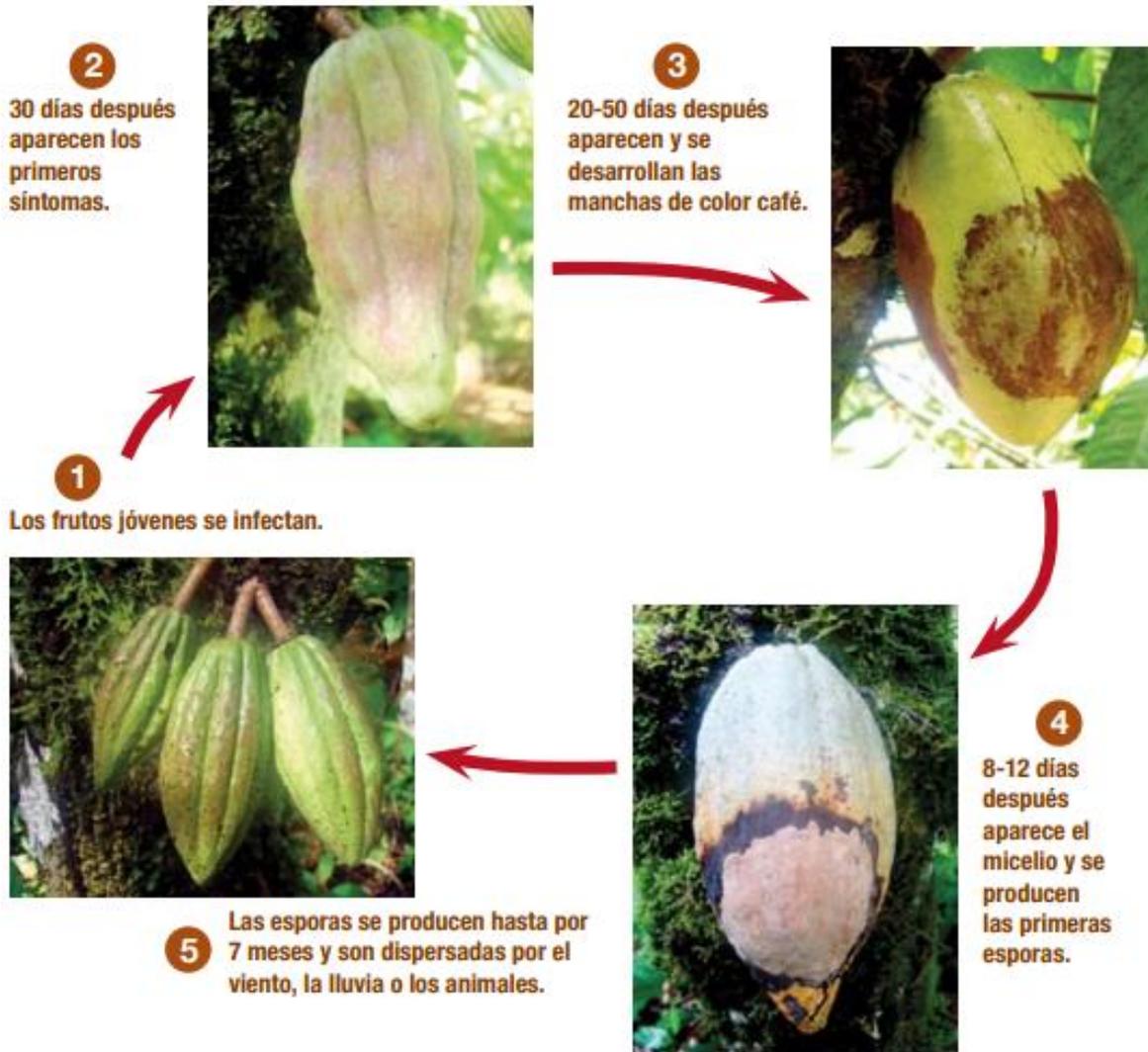


Esporulación

Bajo condiciones húmedas y calurosas aparecen, sobre la mancha chocolate, los signos del patógeno. Inicia con el desarrollo de una felpa dura y blanca, que constituye el micelio del hongo. Sobre este micelio se desarrollan una gran cantidad de esporas que forman una masa color crema o marrón claro.

Ciclo de vida

M. royeri es un hongo hemibiótrofo, ya que su ciclo pasa por dos fases: una fase biotrófica, que va desde la germinación de las esporas hasta la invasión intercelular de la epidermis de las mazorcas; y una fase necrótica que ocurre cuando el crecimiento de la mazorca disminuye y el hongo invade el interior de las células, provocando la aparición de necrosis interna y externa (Thévenin y Trocmé 1996).



La **fase 1** constituye la etapa de mayor susceptibilidad de los frutos (**2-3 meses de edad**) y el momento en donde se deben intensificar las medidas de control: poda sanitaria semanal y aplicación de protectantes.

Figura 2. Ciclo de vida del hongo *Moniliophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao.

Fase biotrófica

La infección inicia con la deposición de las esporas sobre las mazorcas (figura 2.1), las cuales deben permanecer viables y adheridas a esta superficie hasta que se den las condiciones climáticas necesarias para la germinación. Este proceso puede tardar hasta 30 días. Para esto, es necesario que haya un incremento en la humedad relativa ambiental para que se forme una película de agua sobre el fruto, la cual es fundamental para el desarrollo del tubo germinal y las hifas del hongo que lo van a ayudar a

penetrar de manera intercelular la cáscara del fruto, es decir a través de los espacios entre las paredes celulares (Campuzano 1981).

Fase necrótica

Una vez que el hongo coloniza el interior de la mazorca inicia su actividad química y enzimática para la obtención de los nutrientes que requiere para su desarrollo. De esta manera se rompen las paredes celulares e inicia la descomposición interna del fruto. Esta descomposición se va haciendo evidente poco a poco en el exterior de la mazorca, dando paso a la expresión de los síntomas externos típicos de la enfermedad. Este paso tarda alrededor de 20 a 50 días (Figura 2).

La colonización hongo culmina con el desarrollo de la mancha chocolate en los frutos. en ese momento se inicia con la etapa reproductiva del patógeno, dando paso a la esporulación. Este proceso tarda entre 8 y 12 días, dependiendo del ambiente. Finalmente, y una vez que aparecen las esporas, inicia la diseminación de las mismas, principalmente por el viento.

Factores que favorecen al desarrollo de la enfermedad

Las variables ambientales que más influyen en desarrollo epidemiológico del hongo son la lluvia y la temperatura. De manera general, la incidencia de la moniliasis se incrementa considerablemente si la humedad relativa y la temperatura se mantienen altas durante largos períodos del día. Esto ocurre cuando en el cacaotal hay sombra excesiva, falta de ventilación, encharcamiento por falta de drenajes, entre otros. La distribución heterogénea de la sombra también incrementa la incidencia, ya que los parches de sombra excesiva se convierten en un foco de infección al tener el microclima ideal para el patógeno. A su vez, los parches con alto exposición a la luz solar provocan el debilitamiento de los árboles expuestos, haciéndolos menos tolerantes a la moniliasis. Los períodos largos de lluvia ininterrumpida también tienen favorecen a la enfermedad, ya que su ciclo de vida puede repetirse indefinidamente, provocando así una epidemia (Maddison *et al.* 1995).

La fenología del cacao también muestra un efecto directo, ya que los genotipos que producen todo el año proveen de material susceptible de forma continua, favoreciendo el establecimiento de la enfermedad.

Mazorca negra

La mazorca negra del cacao es una enfermedad de distribución mundial causada por el oomicete *Phytophthora palmivora*. Sin embargo, otras especies de este mismo género causan esta misma enfermedad en otras partes del mundo. La tabla 1 resume esta distribución.

Tabla 1. Especies del género *Phytophthora* y su distribución de ataque.

<i>Phytophthora</i> spp.	Región
<i>P. palmivora</i>	Mundial
<i>P. megakarya</i>	África
<i>P. citrophthora</i>	Brasil
<i>P. capsici</i>	México, Guatemala, Brasil y El Salvador
<i>P. megasperma</i>	Venezuela

En la región centroamericana la mazorca negra es la segunda enfermedad más importante, después de la moniliasis y afecta a la planta sistémicamente.

Síntomas

La mazorca negra afecta al árbol de manera general, es decir, sus síntomas se pueden observar en el tronco, ramas, hojas y frutos. Además, afecta las plántulas de cacao a nivel de invernadero. Sin embargo, el mayor impacto de esta enfermedad se da en los frutos, donde la aparición de estos síntomas es muy rápida, alrededor de 5 días. Los eventos de lluvia pueden acelerar este proceso. El daño que produce esta enfermedad inicia, contrario a la moniliasis, de afuera hacia adentro, por lo que algunos frutos enfermos pueden tener en su interior semillas y mucílago sano, sin embargo, no es recomendable cosechar esas semillas. Este patógeno ataca principalmente mazorcas cercanas a la madurez, sin embargo, puede infectar frutos de cualquier edad (Phillips Mora y Cerda Bustillo 2009). A continuación se muestra y se describe la sintomatología de esta enfermedad.



Mancha parda

Mancha color café con bordes bien definidos. Estas manchas normalmente inician en los extremos del fruto (ápice y pedicelo), donde hay acumulación de agua.



Aparición del micelio

Los signos del patógeno aparecen de manera muy rápida iniciando con su micelio, el cual forma un ralo algodoncillo blancuzco. En esta etapa ya es perceptible un olor a pescado que es muy característico de esta infección.



Esporulación

Una vez desarrollado el micelio, este es cubierto por una gran cantidad de zoosporas, que son las estructuras reproductivas del patógeno. Estas zoosporas son flageladas, por lo que pueden desplazarse fácilmente nadando en el agua.



Muerte descendente

Tanto las plantas de vivero como las hojas jóvenes de los árboles empiezan a marchitarse y a morir de arriba abajo, es decir, de forma descendente. Los chupones de los árboles de cacao son muy propensos a presentar este síntoma.



Cáncer en las ramas y tronco

Inicia con una lesión circular sobre los troncos o ramas que, al remover la corteza, evidencia lesiones rojizas mucho más grandes. En las raíces produce lesiones marrones. Ambas pueden producir la muerte del árbol.

Ciclo de vida

El ciclo de vida, en las mazorcas, se completa en un período muy corto, que puede tardar de 9 a 11 días (Figura 3). El patógeno alcanza frutos susceptibles de cualquier edad, ya sea por medio del agua, viento o insectos dispersores (hormigas). Una vez que las zoosporas se depositan sobre la mazorca, estas germinan, favorecidas por un incremento de la temperatura. Alrededor de 5 días después de la infección aparecen los síntomas visibles, que son las manchas pardas. Entre dos y tres días después, estas manchas ya pueden cubrir completamente la mazorca, y en cuestión de tres días más el fruto está totalmente esporulado.



Figura 3. Ciclo de vida del oomicete *Phytophthora palmivora*, agente causal de la mazorca negra del cacao.

Factores que favorecen al desarrollo de la enfermedad

Al igual que la moniliasis, el agua y la temperatura son las variables que afectan principalmente el desarrollo epidemiológico. Su dispersión se da principalmente por medio del agua, ya sea por escorrentía o salpique. Sus zoosporas o estructuras reproductivas son flageladas, por lo que se desplazan nadando cuando hay agua disponible. Los períodos intensos de lluvia y el encharcamiento es uno de los factores detonantes de la epidemia.

La temperatura también juega un papel muy importante para el desarrollo de esta enfermedad. Para que las zoosporas puedan llegar hasta la epidermis de los frutos e infectarlos es necesario que estas se liberen de los esporangios, que son estructuras que los contienen y los protegen hasta que haya un incremento considerable de la temperatura. El aumento de la temperatura eleva las probabilidades de infección.

Escoba de bruja: Alerta ante su posible llegada

La escoba de bruja del cacao es una de las enfermedades fúngicas más importantes del cultivo. Es ocasionada por el hongo *Moniliophthora perniciosa* y se encuentra presente en varios países de Suramérica, entre ellos Panamá, algunas islas del Caribe y en Belice (CABI 2020). Su eventual llegada al resto de países centroamericanos puede ocasionar un detrimento significativo en la producción y ante este panorama el sector productivo debe estar preparado. Para esto, el reconocimiento certero de los síntomas y signos de esta enfermedad y su ciclo de vida es fundamental.

Principales síntomas y ciclo de vida

Este patógeno afecta a los árboles de manera sistémica, desarrollando crecimientos anormales en ramas, brotes, cojines florales y frutos, tal y como se observa en la siguiente figura (Phillips Mora y Cerda Bustillo 2009).



Figura 4. Síntomas y signos de la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*) en ramillas y frutos.

Las deformaciones y las manchas pardas de los frutos pueden confundirse con síntomas de la moniliasis, sin embargo, el acortamiento de los entrenudos en las ramillas y la formación de “sombrillas” (cuerpos fructíferos o basidiocarpos) debajo de los cuales se forman las esporas o estructuras reproductiva, son muy característicos de esta enfermedad.

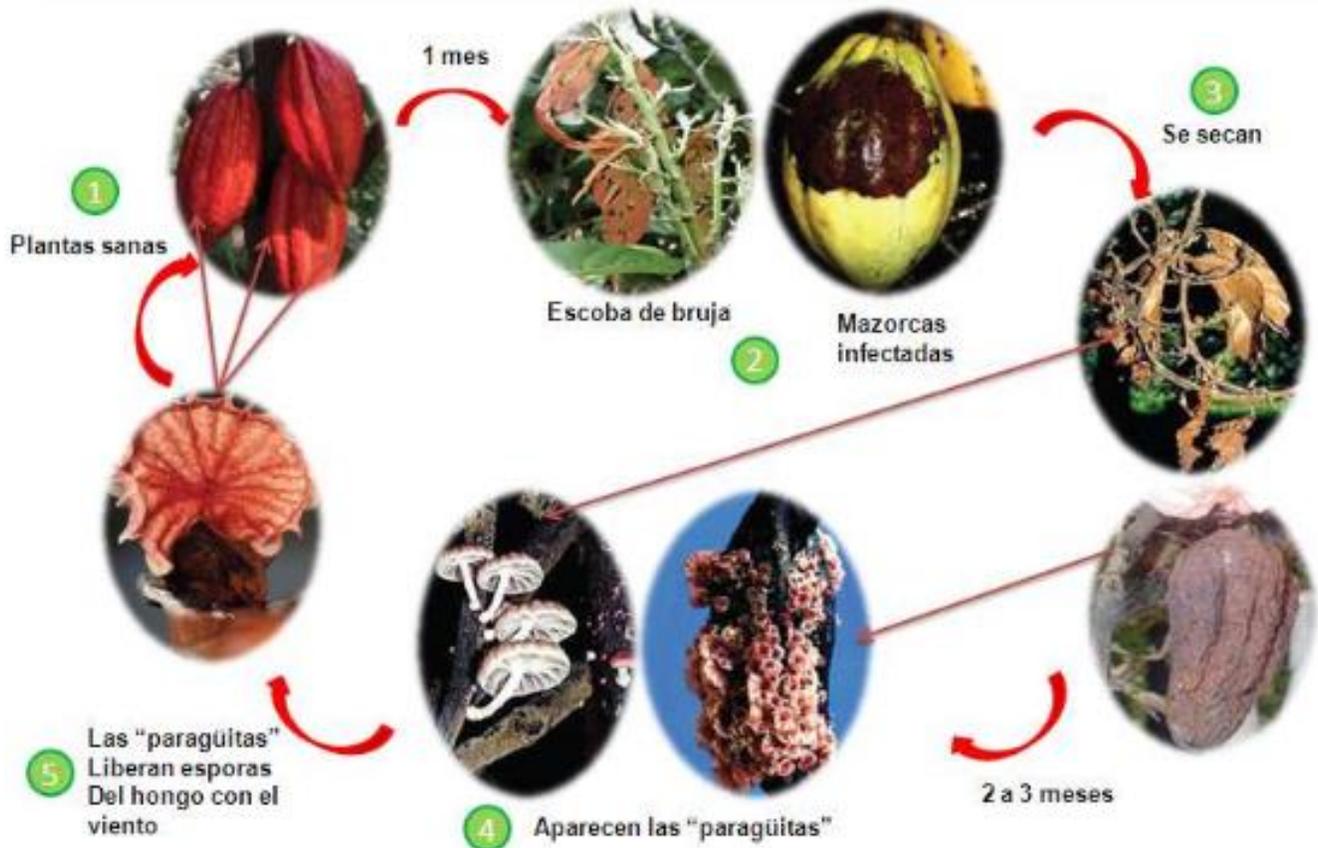


Figura 5. Ciclo de vida del hongo *Moniliophthora perniciosa*, agente causal de la escoba de bruja del cacao. Fuente: Carvajal Velasco (2014).

El ciclo de vida de la escoba de bruja puede tardar de 5 a 6 meses en completarse y su período de latencia también es largo, lo que permite tomar acciones de control antes de la esporulación y la liberación de las esporas.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Una de las principales limitantes para la producción de cacao tanto en Honduras como en todo Latinoamérica son las enfermedades fungosas en frutos, principalmente la moniliasis y mazorca negra. Estas provocan pérdidas que oscilan entre 30 y 80% de la producción, y en ocasiones, cuando las variables climáticas son favorables alcanzan un 100%.

Ante este panorama, las prácticas de control cultural son las tradicionalmente se recomiendan, entre ellas las remociones frecuentes de frutos enfermos. Sin embargo, estas prácticas no son atractivas para los pequeños productores, que generalmente son de bajos recursos, ya que su ejecución demanda mucho tiempo, el cual se traduce en dinero. De ahí que se requiere presentar a los productores no solamente planes de manejo, sino estrategias metodológicas que les permita crear su propio plan de manejo, de acuerdo a sus posibilidades y a su contexto. Además, debemos brindarles herramientas que les permita probar la efectividad de sus planes de manejo, con el fin de asegurar el control de las enfermedades y el aumento de sus rendimientos.

Por esto, es de suma importancia proponer, implementar, probar y reportar protocolos MIP que resulten en una en una reducción tangible y significativa de las pérdidas de cosecha por estas enfermedades y así lograr aumentos importantes en los rendimientos e ingresos de los productores. Dichos protocolos deben combinar prácticas culturales (como la remoción semanal de frutos enfermos) con otras medidas de control directo de las enfermedades (por ejemplo, uso de químicos aceptados en la agricultura orgánica), prácticas para mejorar la nutrición (vigor) de los árboles y regular el microclima para reducir la incidencia/severidad de los patógenos, entre otros. Logrando así motivar y generar interés y compromiso de los productores en cuestión.

En sistemas agroforestales (SAF), como en el caso de cacao, es muy importante considerar el microclima y otros elementos del paisaje, como el suelo, la sombra y todas las interacciones de los elementos del agroecosistema. Cualquier cambio o alteración de cualquier elemento de estos sistemas va a desencadenar una reacción que puede tener efecto directo en la productividad y de esta manera generar pérdidas económicas a los productores. Es por esto que se considera de carácter urgente que los protocolos MIP incluyan aspectos más allá del manejo directo del patógeno, permitiendo a los agricultores estar al tanto de cualquier desequilibrio en su sistema de cultivo para así poder tomar decisiones en cuanto a la implementación de prácticas de control efectivas.

Para entender cuáles son los elementos del paisaje que se involucran ante la llegada de un patógeno y sus interacciones (patosistema), y cuáles son los componentes que entran en juego en el desarrollo de una epidemia, es necesario conocer el llamado tetraedro de la enfermedad (Figura 4).

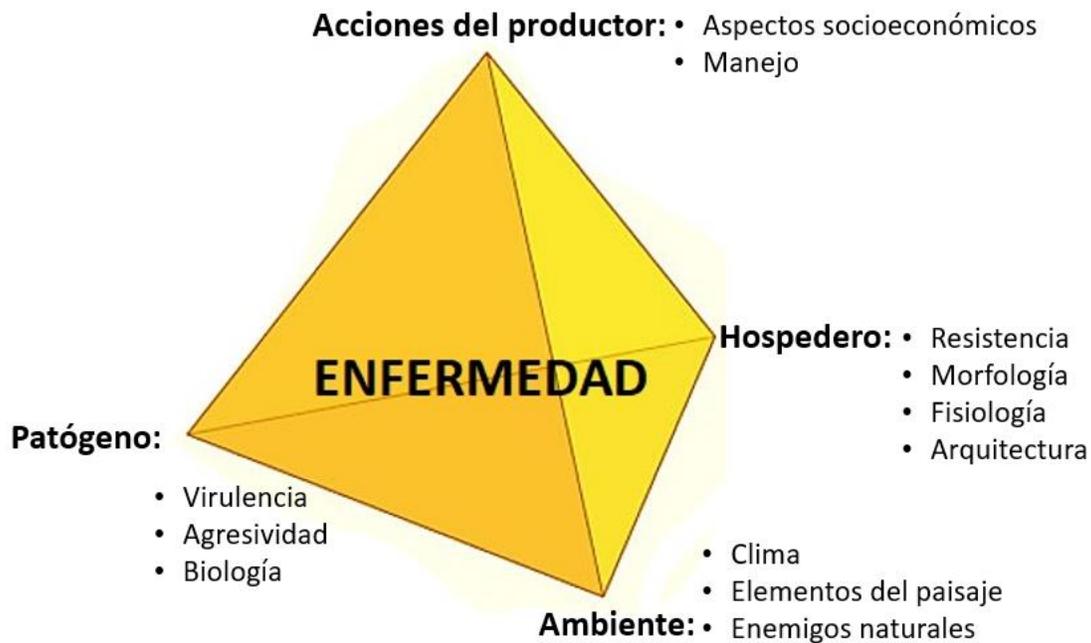


Figura 6. El tetraedro de la enfermedad y sus componentes.

El éxito en el establecimiento de una enfermedad en un cultivo se da cuando un patógeno activo está presente en el sistema bajo un ambiente ideal para su desarrollo, ante un hospedero susceptible y un manejo ineficiente del productor.

Se conoce como un patógeno biológicamente activo a cualquier agente causal de una enfermedad (hongo, bacteria, virus, protozoos) que se encuentre en fase de virulencia y que sea lo suficientemente agresivo para infectar un hospedero y reproducirse. En este caso el cultivo hospedero debe de ser susceptible ante esta enfermedad, y dicha susceptibilidad depende principalmente de su genética, su morfología, fisiología y arquitectura. Ambos componentes, el patógeno y el hospedero deben de estar bajo un ambiente ventajoso para el primero y detrimental para el segundo. Dentro del ambiente se incluyen factores como el microclima, los enemigos naturales y todos los elementos del paisaje. Todos los anteriores constituyen los componentes biológicos para el desarrollo de una enfermedad en un cultivo, sin embargo, el cuarto componente, que son las acciones del productor, es de suma importancia y debe de considerarse siempre. La intervención de un productor en su sistema de cultivo depende completamente de su condición socioeconómica y del tipo de manejo que decida darle a la plantación.

Cualquier estrategia de manejo que se plantee para mitigar los efectos de una enfermedad debe considerar estos cuatro componentes y apuntarles como puntos de combate o acción. Se debe atacar uno o varios de estos componentes para romper esta interacción que puede desencadenar una epidemia. Las estrategias MIP consideran y trabajan sobre estos cuatro componentes, ya que, entre más componentes se ataquen, más efectiva va a ser la estrategia.

Los componentes: acciones del productor, el hospedero y el ambiente pueden considerarse y actuar en ellos antes de que aparezca el patógeno, elevando así el porcentaje de efectividad del manejo, ya que es más fácil prevenir la eventual llegada de una enfermedad que curarla una vez que esta se establece en el sistema.

Componentes de un Manejo Integrado de Plagas

Hospedero

Uso de mejores variedades mejoradas resistentes a enfermedades

El cacao en América Latina tiene una amplia diversidad genética. De acuerdo con Phillips-Mora *et al.* (2013), esta diversidad se ha conservado en colecciones; sin embargo, no todo este “pool” genético ha sido explotado sistemáticamente. La mayoría de las variedades comerciales tienen una base genética estrecha que las hace vulnerables a enfermedades. De ahí que se insta a todos los productores que están iniciando la actividad cacaotera a establecer sus parcelas con materiales genéticos mejorados que presenten resistencia a estos patógenos. En el caso de productores con cacaotales viejos, se les recomienda ir renovando el material sembrado con variedades resistentes mediante injertos.

La mejora genética convencional de cultivos perennes como el cacao es un desafío, ya que lleva décadas lanzar una nueva variedad. Sin embargo, gracias a la identificación de marcadores de rasgos cuantitativos, se ha acelerado el mejoramiento de la resistencia. Clones como CATIE-R4 y CATIE-R6 se encuentran actualmente disponibles para todos los productores de la región. Estos se consideran altamente resistentes a la moniliasis y a la mazorca negra, además presentan buenas características de producción y calidad.

Patógeno

Prevención y control

Para prevenir o controlar los impactos negativos del brote de una plaga o enfermedad es necesario tener un claro conocimiento de las características biológicas y epidemiológicas del patógeno en cuestión. Conocer a fondo cada etapa de su ciclo de vida y reconocer fácilmente su sintomatología son ventajas clave para los productores.

Una vez que el patógeno se encuentre presente en el sistema es necesario atacarlo realizando acciones preventivas y curativas, ya sea mediante el control cultural como la remoción de mazorcas enfermas como el empleo de productos convencionales y orgánicos.

Las acciones preventivas se llevan a cabo antes de que los síntomas aparezcan o antes de tener un pico de material en estadio susceptible, que para el caso de la moniliasis es cuando las mazorcas están jóvenes (alrededor de los dos meses), entre ellas se encuentran:

La purga total de mazorcas: Consiste en eliminar todas las mazorcas (sanas y enfermas) que se hayan quedado remanente en los árboles. Se realiza antes de que se empiecen a formar las mazorcas del nuevo ciclo productivo y antes de las lluvias.

Aplicación de fungicidas protectantes: Se pueden utilizar productos químicos o biológicos. Estos se aplican durante los dos primeros meses después de la floración. Comúnmente se ha utilizado el Oxiclورو de cobre, pero ahora existe una mayor variedad de productos de ambas categorías de manejo. Las opciones de protectantes que existen en el mercado varían en cada país o región, por lo que se invita a los productores a que prueben con los productos que tengan disponibles y que evalúen su efectividad.

Es importante mencionar que, la práctica más efectiva para controlar las enfermedades de fruto en cacao sigue siendo la remoción de las mazorcas enfermas. La aplicación de protectantes o curativos son labores alternativas que refuerzan a esta práctica.

Ambiente

Mejorar la fertilidad de suelos

El balance adecuado de nutrientes en el suelo es determinante en el estado general del cultivo. El faltante o exceso de nutrientes disponibles para las plantas repercute directamente en su desempeño ante los factores externos. Demasiados nutrientes en el suelo son tan malos como la falta de estos. Por lo anterior es necesario conocer el balance de nutrientes de un cacaotal y determinar una adecuada fertilización (orgánica o inorgánica). Otro aspecto que se debe considerar en la viabilidad de los suelos es la determinación de la concentración de metales pesados, especialmente del cadmio. Es muy importante realizar un buen manejo de la fertilización para evitar aumento en la concentración de dichos metales.

Un suelo fértil favorecerá el vigor de las plantas y por tanto serán más tolerantes a enfermedades e inclusive a nuevas razas de los patógenos. El cultivo en SAF pueden contribuir a reducir la acidez del suelo, ya que en ellos hay mayor presencia de materia orgánica y nutrientes en el suelo, sin embargo, es necesario planear un adecuado esquema de fertilización.

Se recomienda realizar 3 fertilizaciones por período productivo, de una fórmula completa, iniciando al realizarse la purga total, o sea antes de la primera floración. Las otras dos se realizan dos y cuatro meses después de la primera fertilización.

Un árbol bien nutrido va a tener sin duda un mejor desempeño ante la amenaza de plagas y enfermedades,

Regulación de sombra

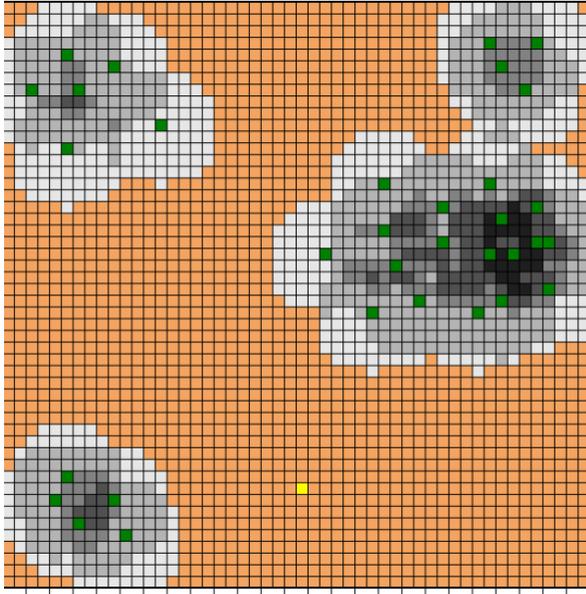
En los sistemas agroforestales de cacao, la sombra tiene un efecto importante en las condiciones microclimáticas. Estas condiciones afectan directamente a todos los componentes de estos sistemas: los cultivos, plagas y enfermedades y enemigos naturales.

Para implementar la sombra como una estrategia para estabilizar el sistema, su nivel debe optimizarse ya que puede influir en la interacción entre la planta huésped y las enfermedades a través de una gran

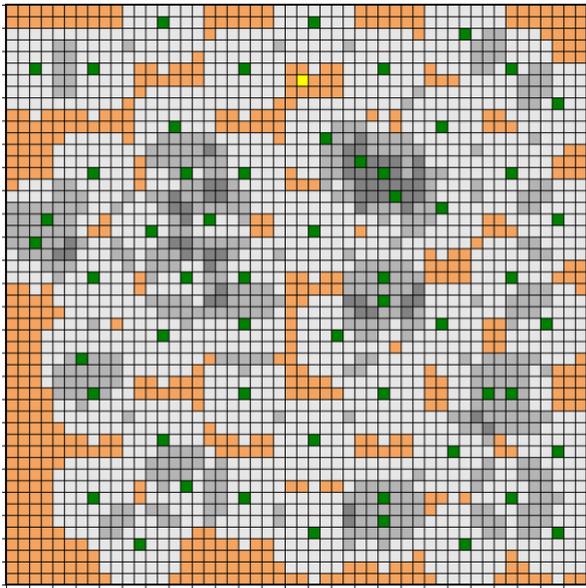
cantidad de mecanismos que a menudo actúan simultáneamente. Para establecer un nivel de sombra específico para un determinado cultivo, es necesario tener en cuenta su manejo, las condiciones ambientales locales y las principales plagas y patógenos del cultivo en el sitio respectivo.

De ahí que se recomienda regular la sombra, podando los árboles de cacao y los árboles de sombra, y mantenerla entre un 30 y un 50%. Este porcentaje permite una ventilación adecuada del cacaotal, que regula a su vez la temperatura y la humedad relativa.

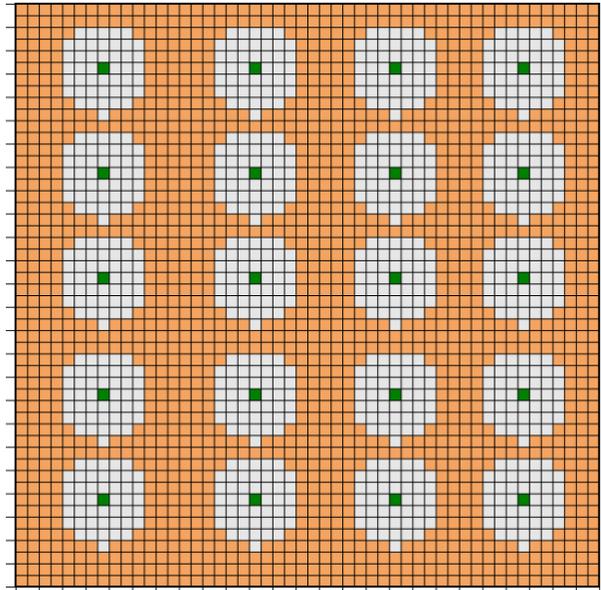
Otro aspecto importante de la sombra es la estructura y distribución de los árboles de sombra y autosombra. Se debe procurar que el dosel de sombra rala y uniforme, es decir, que los árboles de sombra también estén distribuidos uniformemente dentro de las parcelas, ya que no es conveniente tener baches de sombra excesiva y baches con mucha exposición solar, ya que esto incrementa la incidencia de enfermedades. La siguiente figura presenta diferentes ejemplos de distribución de sombra.



a



b



c

Figura 7. Distribución y proporción de los árboles de sombra en parcelas de cacao. **a.** Sombra aleatoria, parches densos de sombra y amplias zonas expuestas al sol. **b.** Sombra uniforme muy densa, no recomendada. **c.** Sombra uniforme y de proporción adecuada.

En la figura 7a se aprecia un porcentaje de sombra adecuada, pero con una distribución aleatoria no recomendada ya que en los focos de exceso de sombra se favorece el rápido desarrollo de enfermedades que se van a propagar fácilmente por la parcela. Además, los parches de alta exposición solar pueden ser

detrimentales para los árboles de cacao que allí se encuentren, aumentando así su susceptibilidad ante los patógenos.

La distribución de la sombra mejora en la figura 7b, sin embargo, el porcentaje de sombra es bastante alto, limitando así la buena aireación de la parcela, propiciando un ambiente ideal para el desarrollo de plagas y enfermedades.

Contrario a los anteriores escenarios, la figura 7c representa una distribución bastante uniforme y un porcentaje de sombra adecuado, constituyendo así una parcela con un microclima ideal para maximizar la productividad.

Impacto del cambio climático sobre las plagas y enfermedades

El cultivo, los patógenos, el ambiente y el manejo agronómico son factores que interactúan entre sí como un sistema, y por ende son afectados simultáneamente por los cambios en el entorno. Efectos climáticos como el incremento de la temperatura y el cambio en el patrón de las lluvias son los efectos más reconocidos del cambio climático, y a su vez, estas son las variables que tienen más influencia en el desarrollo de las plagas y enfermedades. Estos fenómenos pueden desencadenar en el desplazamiento de plagas y enfermedades a nuevas regiones, el fortalecimiento de determinados patógenos secundarios y en limitaciones de las medidas de control actualmente implementadas.

El incremento de la temperatura tiene efecto directo en las implicaciones señaladas anteriormente. El desplazamiento de las plagas y las enfermedades se da debido a cambios permanentes en el ambiente, es decir, que en regiones donde haya un incremento sostenido de la temperatura se va a favorecer la sobrevivencia de nuevos agentes patógenos e insectiles. Sus ciclos de vida van a ser acortados y poco a poco se van a ir adaptando a nuevas zonas, ampliando así su distribución espacial. De acuerdo con Leandro-Muñoz et al. (2017), la temperatura es el factor más determinante para la aparición de los síntomas y signos de la moniliasis. Temperaturas cálidas favorecen la aparición de los síntomas y reduce significativamente el período de latencia de este hongo, lo cual trae consigo fuertes implicaciones en el manejo de la enfermedad, ya que van a haber un mayor número de ciclos de la enfermedad en un menor período de tiempo. Por su parte, la prolongación de períodos secos favorece la dispersión de este hongo y afecta la sincronía del cultivo y el clima. Para un cultivo perenne como el cacao, esta sincronía es de

vital importancia, ya que se ha reportado que variedades que producen durante la época seca presentan una menor incidencia de enfermedades fúngicas, ya que “escapan” de la enfermedad al producir durante una época donde las condiciones climáticas no son ideales para los patógenos (Maddison et al. 1995).

Flood y Gilmour (2017) también sostienen que el cambio en la dinámica de las lluvias puede favorecer a los patógenos más dependientes del agua, como la mazorca negra, el cáncer de tronco y otras enfermedades vasculares. Además, que la sequía afecta el estado integral de los árboles, limitando sus mecanismos de defensa y alterando la presencia de enemigos naturales, lo que provoca la aparición de nuevas enfermedades como los virus.

Finalmente, el cambio climático también va a tener efecto en estabilidad y la durabilidad de la resistencia de las variedades de cacao ante distintos patógenos, ya que se ha comprobado que los factores climáticos son capaces de quebrar la resistencia de los clones de resistencia intermedia (Leandro-Muñoz et al. 2017).

Beneficios económicos del MIP

La estrategia del MIP tiene como prioridad mejorar el ingreso económico del productor, bajo una conciencia social y ambiental. De ahí que se hace necesario mejorar las condiciones del productor incrementando su productividad empleando de manera óptima todas las prácticas de control. Para esto, es necesario hacer un análisis sobre el daño económico que producen las enfermedades en las fincas y las opciones que se tienen para mitigar ese impacto. La determinación del daño económico por enfermedades toma en cuenta los siguientes criterios:

1. Tipo de daño (frutos, hojas, tallo, sistémico)
2. Porcentaje de pérdidas en la producción
3. Costo de implementación de las medidas de control
4. Eficiencia de la acción de control
5. Condiciones ambientales

Para proceder con los dos primeros puntos, es indispensable saber reconocer el agente causal de la enfermedad y su sintomatología. Una vez que la enfermedad fue efectivamente reconocida, esta debe de ser monitoreada, es decir, se debe determinar su abundancia y distribución. Esto con el fin de construir el umbral de la enfermedad, que consiste en determinar cuánto porcentaje de pérdida se puede manejar sin

intervención y cuáles son las prácticas a las que debemos recurrir una vez que sobrepasemos ese umbral. Para que una práctica sea sostenible, debe ser realizada se debe aplicar en el momento más oportuno (momento crítico para el agente causal) y con las condiciones ambientales ideales que optimicen el efecto de la acción.

El manejo MIP de los cacaotales insta a los productores a que calculen y consideren sus ingresos económicos antes de implementar la estrategia, que contabilicen su inversión en la implementación del MIP y el incremento de sus ingresos una vez que la estrategia MIP esté optimizada. Una vez realizada esta evaluación económica, los productores van a tener la capacidad de invertir en sus fincas con cada ciclo de cultivo, lo cual es muy atractivo, devolviendo así el valor a los cacaotales que por el impacto de las enfermedades se había estado perdiendo.

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES

Prácticas recomendadas para el combate de las plagas y enfermedades del cacao

Las medidas de control que se proponen para el manejo de los patógenos del cacao se agrupan principalmente en podas, limpieza del terreno y el control directo de órganos enfermos.

Entre las podas se encuentran:

La poda de rehabilitación, que busca mantener una estructura adecuada de los árboles y un tamaño máximo de tres metros. Esta medida fundamental para facilitar las labores culturales dentro de la parcela y lograr un control efectivo de las enfermedades (Figura 8).



Figura 8. Altura recomendada para los árboles de cacao.

La poda de regulación de la sombra, cuyo objetivo es mantener un porcentaje de sombra uniforme de un 30 a un 50%.

La poda de mantenimiento, que busca abrir espacio entre las filas de árboles de cacao, eliminando ramas muy bajas, ramas entrecruzadas o malformadas y de esta forma favorecer la aireación del cacaotal y la eliminación de humedad. Estas últimos tres tipos de poda se realizan al final del pico mayor de cosecha.

Dentro de las podas o recorte de las plantas también se encuentra la deschupona, que consiste en la eliminación de los brotes jóvenes del tronco y las ramas. Esta acción se realiza simultáneamente con la cosecha de frutos.

Para la limpieza del terreno están la eliminación de malezas que se puede hacer de manera manual o química unas cuatro veces al año. También está el mantenimiento de los drenajes que debe hacerse antes del inicio de la época lluviosa.

Por último, para el control de órganos enfermos, se encuentran:

La purga total de mazorcas, que se realiza al final de la época de mayor cosecha. En ella se eliminan absolutamente todo tipo de frutos (sanos y enfermos) que queden remanentes en los árboles.

La cosecha oportuna de frutos sanos que debe hacerse al menos cada 15 días.

La poda sanitaria de frutos enfermos debe ser realizada en horas de la mañana, semanalmente durante los primeros dos meses desde la formación mayor de frutos y más distanciada en tiempo conforme los frutos van madurando.

Aplicación racional de fungicidas químicos y biológicos durante la época de mayor susceptibilidad de los frutos. Para esta práctica es necesario explorar las diferentes alternativas químicas y biológicas que se encuentra disponibles en el mercado del país y que no necesariamente son de elevado costo económico o de difícil preparación y aplicación.

Uso e importancia de las variables climáticas y fenológicas

El éxito de la implementación de una estrategia MIP radica en la optimización de las prácticas de control, es decir, de su implementación en el momento adecuado y de la utilización de los insumos más efectivos de acuerdo a las condiciones del sistema de cultivo. Para esto es necesario realizar una calendarización de las prácticas, basándose en las variables climáticas, especialmente la temperatura y el régimen de lluvias, quienes son las que definen la fenología del cultivo.

Entonces, para la construcción de un calendario MIP es necesario partir de un gráfico que contenga una curva de la distribución de la lluvia y una curva la temperatura en el año. A partir de estas curvas se puede determinar los procesos fenológicos más importantes del ciclo de cultivo, como los son la

floración, la fructificación (mayor presencia de frutos jóvenes), la maduración de los frutos, entre otros. Una vez ubicada esa información en la gráfica anual se puede proceder a determinar los momentos ideales para aplicar cada una de las prácticas agrícolas y agroforestales de la estrategia MIP. A continuación, un ejemplo de la construcción de un calendario MIP.

Con base en la información que aporta la figura 5, se procede a ubicar los acontecimientos fenológicos y las prácticas MIP en el cronograma presente en la siguiente tabla.

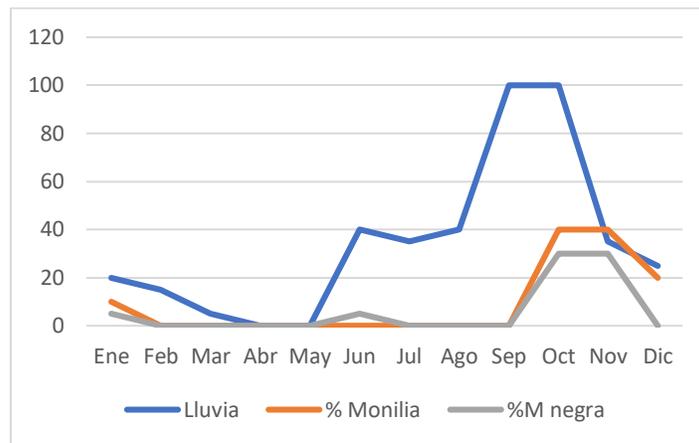
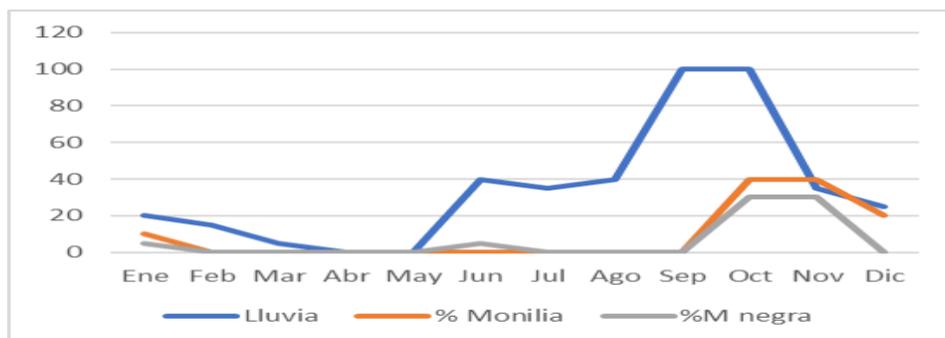


Figura 9. Distribución de la lluvia y los porcentajes de pérdida por monilia y mazorca negra a través del tiempo.

Elaboración del plan de manejo del cacaotal con énfasis en prevención y control de enfermedades

Este cronograma se elabora visualizando el comportamiento de las lluvias, identificando cuándo ocurren las etapas fenológicas y cuándo hay mayor riesgo de incidencia de las enfermedades.



MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
FENOLOGÍA												
Pico de floración								X	X			
Mayor presencia de frutos jóvenes										X	X	X
Maduración	X	X	X									
Mayor crecimiento vegetativo			X	X	X							
PRÁCTICAS												
Poda mantenimiento de cacao					X	X						
Poda suave de cacao (raleo)	X											X
Poda de árboles de sombra					X	X						
Deshierbes (Chapia)		X				X				X		
Deschuponas	X					X						
Inicio de cosecha	X											
Época de mayor cosecha		X	X									
Final de la cosecha				X								
Época de menor cosecha						X	X					
Cosecha cada 15 días		X	X									
Poda fitosanitaria cada 8 días									X	X	X	
Poda fitosanitaria cada 15 días							X	X				X
Poda fitosanitaria cada mes	X	X	X	X	X	X						
Purga				X	X							
Aplicación preventivo									X	X	X	X
Fertilización al suelo				X		X		X				
Fertilización foliar							X			X		
Refalle					X	X						
Injertos en campo					X	X						

Figura 10. Ejemplo de plan de manejo del cacaotal, con énfasis en manejo de enfermedades, con base en la distribución de lluvias, incidencia de enfermedades y fenología del cultivo.

Interpretación del plan de manejo

En el período de descanso, que viene después del pico de cosecha se proceden a realizar todas las labores previas o de preparación para el siguiente ciclo productivo. Entre estas labores preparatorias están la poda de mantenimiento del cacao y la poda de los árboles de sombra, con el fin de regular la sombra del cacaotal a un 30-50% y para corregir la estructura general de árboles de cacao. El refalle y la injertación en campo también se realizan en este punto. En ese mismo momento se hace una deshierba del cacaotal, una deschupona y una purga total de los frutos (sanos y enfermos remanentes). Las deschupona y la chapia se realiza una o dos veces más a través del ciclo productivo. Todas estas acciones se hacen con el fin de reducir al máximo el inóculo natural residual de los patógenos presentes en las parcelas. Una poda de raleo se realiza al finalizar la cosecha para evitar el incremento desfavorable de la sombra.

El programa de fertilización del suelo también inicia en ese momento, y se realiza en tres repeticiones separadas por dos meses, abarcando así los 6 meses que toman el crecimiento y la maduración de las mazorcas. La fertilización foliar se realiza un mes después de la poda estructural, para permitir la recuperación/cicatrización de los árboles y promover la formación de brotes foliares. Esta se repite tres meses después, en caso de determinarse alguna deficiencia nutricional.

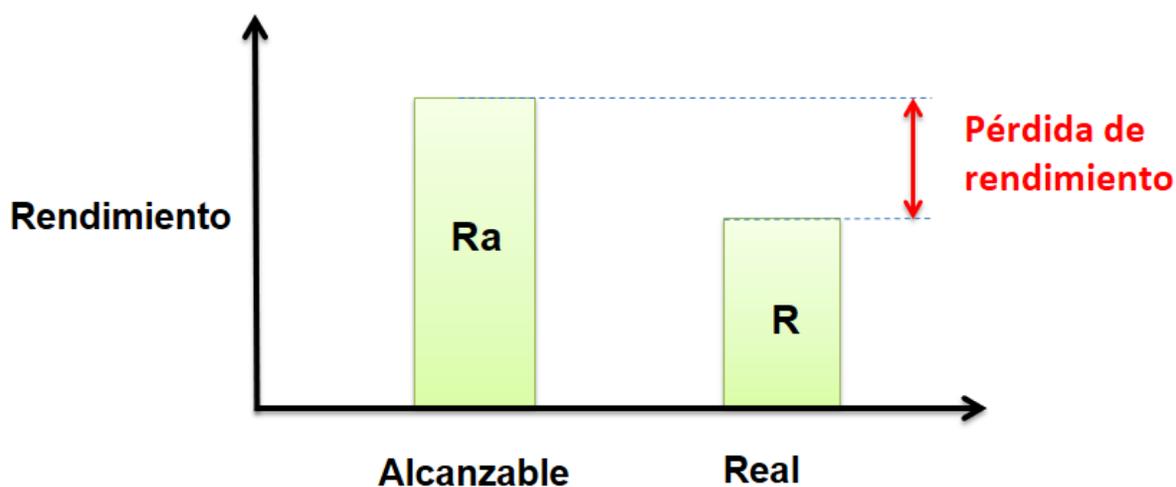
La aplicación de los productos preventivos, ya sea químicos o biológicos, se realizan justo después del pico de floración y se mantienen regularmente por los primeros 4 meses, que consiste en el período donde se concentran la mayor cantidad de frutos jóvenes más susceptible a las enfermedades fungosas. En caso de que se presenten episodios de lluvia abundante inesperada, es necesario aumentar las aplicaciones de preventivos y en caso de notar un incremento en la incidencia de las enfermedades, es necesario aplicar algún producto curativo.

La poda fitosanitaria varía en su frecuencia a través del año. Durante los seis meses de período productivo se deben cosechar frutos enfermos cada 15 días. Sin embargo, durante los primeros dos o tres meses (presencia de frutos jóvenes) se recomienda incrementar la frecuencia a cada 8 días. En el período no productivo se puede hacer cada mes sin falta, para reducir el inóculo residual al máximo.

Todas estas acciones deben de ser calendarizadas por el productor de acuerdo a sus condiciones, necesidades y recursos, sin embargo, cualquier variación marcada en el clima o cualquier desbalance del sistema general ameritan variarlo y acondicionarlo para devolver el balance y evitar eventuales pérdidas.

Indicadores de efectividad del plan de manejo

Para determinar la efectividad del plan de manejo de una finca es necesario conocer más allá que los niveles de incidencia de las plagas y enfermedades y su perfil de daño. De ahí que se hace necesario el cálculo de la pérdida de rendimiento (Figura 10). Para esto es necesario entender los siguientes conceptos: el rendimiento alcanzable, que consiste en el rendimiento teórico que sería alcanzado en la finca ante la ausencia de plagas y enfermedades; el rendimiento real, que consiste en el rendimiento que se reporta normalmente en las fincas bajo el efecto destructivo de los patógenos; y finalmente la pérdida de rendimiento, la cual consiste en la diferencia entre el rendimiento alcanzable y el rendimiento real (Nutter Jr *et al.* 1993; Oerke 1994). Una buena estrategia de manejo MIP debe de reducir sustancialmente mi pérdida de rendimiento.



$$\text{Pérdida de rendimiento} = Ra - R$$

$$\text{Pérdida de rendimiento (\%)} = \frac{Ra - R}{Ra} \times 100$$

Figura 11. Cálculo de la pérdida de rendimiento de un sistema de cultivo.

Bibliografía

- Bejarano Villacreces, G. 1961. Métodos de inoculación artificial y factores favorables para la infección de *Monilia rozeri* Cif y Par. Tesis Quito (Ecuador), (Ecuador).
- CABI. 2020. *Moniliophthora perniciosa* (witches' broom disease of cacao) Crop Protection Compendium (Página web). Disponible en <https://www.cabi.org/isc/datasheet/16054>
- Campuzano, H. 1981. Influencia de la temperatura y la humedad en la germinación de esporas de *Monilia rozeri*. 8th International Cocoa Research Conference Lagos, Nigeria). Cartagena, Colombia, Cocoa Producers' Alliance. 493-497 p.
- Carvajal Velasco, IR. 2014. Evaluación de tres tipos de biofertilizantes líquidos foliares en dos dosis de aplicación en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la estación experimental de Sapecho –Alto Beni. Tesis Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 100 p.
- Desrosiers, R; Suárez, C. 1974. *Monilia* pod rot of cacao. Gregory, PH (ed.). London, Longman. 273-277 p. (*Phytophthora* disease of cacao).
- Enríquez, G. 2004. Cacao Orgánico: Guía para los productores ecuatorianos. . Quito, Ecuador. , Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. 54 p.
- Flood, J; Gilmour, M. 2017. The potential effects of climate change on cacao pest and diseases. *In*. Indonesian International Cacao Symposium. Jakarta, Indonesia. p.
- Leandro-Muñoz, ME; Tixier, P; Germon, A; Rakotobe, V; Phillips-Mora, W; Maximova, S; Avelino, J. 2017. Effects of microclimatic variables on the symptoms and signs onset of *Moniliophthora rozeri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot in cacao PLoS One 12(10):e0184638. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184638> doi 10.1371/journal.pone.0184638
- Maddison, AC; Macías, G; Moreira, C; Arias, R; Neira, R. 1995. Cocoa production in Ecuador in relation to dry-season escape from pod rot caused by *Crinipellis perniciosa* and *Moniliophthora rozeri* Plant Pathology 44(6):982-998. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.1995.tb02657.x> doi 10.1111/j.1365-3059.1995.tb02657.x
- Nutter Jr, F; Gleason, M; Jenco, J; Christians, N. 1993. Assessing the accuracy, intra-rater repeatability, and inter-rater reliability of disease assessment systems Phytopathology 83(8):806-812.
- Oerke, E-C. 1994. Estimated crop losses due to pathogens, animal pests, and weeds Crop Production and Crop Protection. Elsevier Science Publishing, New York, NY:535-597.
- Phillips-Mora, W; Ortiz, CF; Aime, MC. 2006. Fifty years of frosty pod rot in Central America: Chronology of its spread and impact from Panamá to Mexico. 15th International Cocoa Research Conference San José, Costa Rica). San José, Costa Rica., Cocoa Producers' Alliance (COPAL)/CATIE.
- Phillips-Mora, W; Arciniegas-Leal, A; Mata-Quirós, A; Motamayor-Arias, J. 2013. Catalogue of cacao clones selected by CATIE for commercial plantings. 1st ed. Turrialba, CR, Tropical Agricultural Research and Higher Education Center (CATIE). 68 p. (Technical series. Technical manual).
- Phillips Mora, W; Cerda Bustillo, R. 2009. Catálogo de enfermedades del cacao en Centroamérica.
- Thévenin, JM; Trocmé, O. 1996. La moniliose du cacaoyer. La moniliasis del cacao. 397-406 p. (Plantations, recherche, développement).