

La Roya del Cafeto en Colombia

Impacto, manejo y costos del control
Resultados de investigación

Carlos A. Rivillas Osorio
César A. Serna Giraldo
Marco A. Cristancho Ardila
Alvaro L. Gaitán Bustamante



Boletín Técnico
Cenicafé

36



Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministro de Comercio, Industria y Turismo
Director del Departamento Nacional de Planeación

Comité Nacional (período 1° Enero/2011 – Diciembre 31/2014)

Álvaro Peláez Gómez
Mario Gómez Estrada
Carlos Alberto Gómez Buendía
Carlos Roberto Ramírez Montoya
Luis Javier Trujillo Buitrago
Darío James Maya Hoyos
Jorge Julián Santos Orduña
Fernando Castro Polanía
Fernando Castrillón Muñoz
Javier Bohórquez Bohórquez
Crispín Villazón de Armas
Iván Pallares Gutiérrez
Jorge Cala Robayo
Camilo Gómez Montero
Alfredo Yáñez Carvajal

Gerente General

LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

Gerente Administrativo

LUIS FELIPE ACERO LÓPEZ

Gerente Financiero

JULIÁN MEDINA MORA

Gerente Comercial

ANDRES VALENCIA PINZÓN

Gerente Comunicaciones y Mercadeo

LUIS FERNANDO SAMPER GARTNER

Gerente Técnico

RICARDO VILLAVECES PARDO

Director Programa de Investigación Científica
Director Centro Nacional de Investigaciones de Café

FERNANDO GAST HARDERS

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

El uso de nombres comerciales en esta publicación tiene como propósito facilitar su identificación y en ningún momento constituye su promoción

UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor: Sandra Milena Marín, I.A.

Diseño Carátula Carmenza Bacca R.

Diseño y

Diagramación: María del Rosario Rodríguez Lara

Fotografía: Gonzalo Hoyos
Archivo Cenicafé

Imprenta:

ISSN 0120 - 047 X

Editado en febrero de 2011
30.000 ejemplares

©FNC- Cenicafé 2011



**GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ
"Pedro Uribe Mejía"**

Cenicafé

La Royá del Cafeto en Colombia

Impacto, manejo y costos del control

Carlos A. Rivillas Osorio*

César A. Serna Giraldo**

Marco A. Cristancho Ardila***

Alvaro L. Gaitán Bustamante*

*Investigador Científico III. Disciplina Fitopatología

**Investigador Científico I. Disciplina Economía

***Investigador Científico II. Disciplina Fitopatología

Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé.

Chinchiná, Caldas, Colombia.

Chinchiná - Caldas - Colombia

Contenido



- 6 I. Introducción**

- 7 II. Condiciones para la aparición y desarrollo de la roya del café**
 - 8 A. El hospedero**
 - 8 B. El patógeno**
 - 10 C. Condiciones climáticas**
 - 12 D. Manejo agronómico**

- 13 III. Desarrollo de la epidemia de roya**
 - 13 • Curva de progreso de la enfermedad**
 - 14 • Tasa de progreso de la enfermedad**

- 15 IV. Efecto de la roya sobre la cosecha**

- 16 V. Criterios básicos para iniciar un programa de manejo de la roya del café**

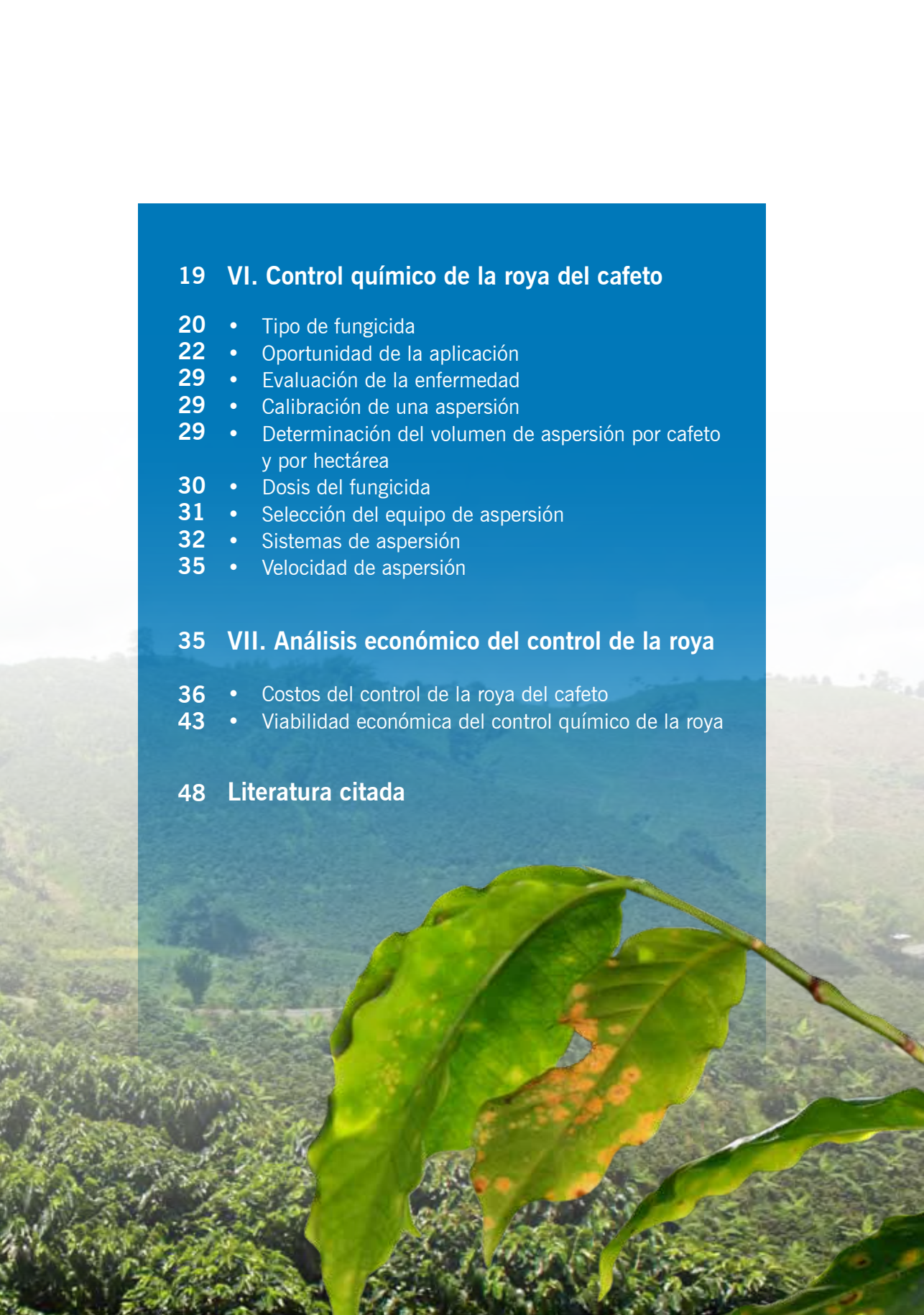
19 VI. Control químico de la roya del café

- 20** • Tipo de fungicida
- 22** • Oportunidad de la aplicación
- 29** • Evaluación de la enfermedad
- 29** • Calibración de una aspersión
- 29** • Determinación del volumen de aspersión por café y por hectárea
- 30** • Dosis del fungicida
- 31** • Selección del equipo de aspersión
- 32** • Sistemas de aspersión
- 35** • Velocidad de aspersión

35 VII. Análisis económico del control de la roya

- 36** • Costos del control de la roya del café
- 43** • Viabilidad económica del control químico de la roya

48 Literatura citada



I. Introducción

En Colombia, tradicionalmente se han sembrado las variedades de café Típica, Borbón y Caturra, pertenecientes a la especie *Coffea arabica*, de excelente comportamiento agronómico pero susceptibles al hongo causante de la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix*. Ante la aparición de esta enfermedad en Brasil, en 1970, y aprovechando el recurso genético de la resistencia presente en el Híbrido de Timor, Cenicafé inició el desarrollo de la variedad Colombia, la cual se entregó a los caficultores en 1982 y se mejoró continuamente hasta el año 2005. A partir de entonces, con la incorporación de nuevos derivados del cruzamiento del Híbrido de Timor, Cenicafé liberó la Variedad Castillo®, en la que se incorporaron atributos genéticos de resistencia a la roya, tamaño de grano, calidad y productividad, en relación con la variedad Caturra. También se obtuvieron las Variedades Castillo® Regionales, que son selecciones de materiales con mejor desempeño en ambientes específicos. Sin

embargo, en Colombia, pese a disponer de materiales resistentes a la enfermedad, todavía tres cuartas partes del área sembrada en café tienen variedades susceptibles, que están expuestas a ataques de roya, dependiendo de las condiciones ambientales y de la agronomía del cultivo, y donde epidemias severas pueden afectar de manera importante la producción.

La roya del cafeto continúa siendo el principal problema patológico en el cultivo del café. Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, al nivel de producción de la planta y a la distribución y cantidad de lluvia. A pesar de la información técnica generada y divulgada por Cenicafé, se ha encontrado que los caficultores no están controlando adecuadamente la enfermedad. Cuando el control solo se realiza en presencia de altos niveles de infección, se limita drásticamente la acción protectora o curativa de los fungicidas y, por tanto, las medidas tomadas resultan ineficientes. Un control

inoportuno e inadecuado de la enfermedad compromete seriamente la cantidad y calidad de la cosecha en la finca y en su conjunto afecta la producción del país (Figura 1).

Entre los años 2008 y 2010 se han presentado de forma reiterada alteraciones en las condiciones climáticas de la zona cafetera (precipitación, temperatura y humedad relativa, entre otros factores), que han generado estrés en las plantaciones de café y han favorecido circunstancias propicias para magnificar el desarrollo de epidemias de roya en las variedades susceptibles Caturra y Típica. Las observaciones y análisis sobre el comportamiento de la enfermedad, así como los resultados experimentales obtenidos por la Disciplina de Fitopatología de Cenicafé, en los últimos 4 años, ameritan la ampliación de la información sobre el manejo de la roya del cafeto en las condiciones de la zona cafetera colombiana.

En este nuevo Boletín, y soportando las recomendaciones emitidas en el Boletín Técnico No.

19 (41, 42), se ratifica la necesidad de realizar un manejo integrado de la roya del café en plantaciones con variedades susceptibles y se presentan criterios para adelantar acciones de control oportunas, que consideran el manejo agronómico del cultivo y la distribución de la cosecha, la evaluación del desarrollo de la enfermedad, las condiciones climáticas y un adecuado control químico con fungicidas y tecnologías de aspersión apropiadas.



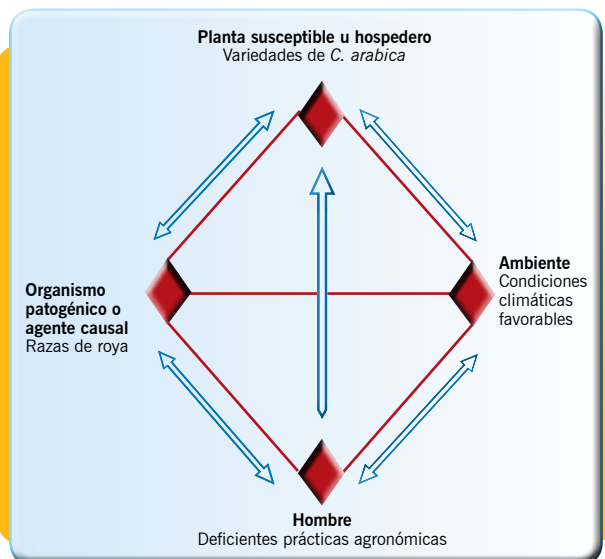
Figura 1. Cafeto de la variedad Caturra con abundante e intensa defoliación por efecto de la roya. El crecimiento del fruto se detiene, no llega a la maduración, se secan las ramas y ocurre el paloteo.

II. Condiciones para la aparición y desarrollo de la roya del café

El brote de un ataque de roya y el posterior progreso de la enfermedad dependen de la ocurrencia simultánea de cuatro factores (Figura 2):

A continuación se amplían las características de estos factores, en lo que refiere a la caficultura colombiana.

Figura 2. Interrelación de factores para que se presente una epidemia de roya en café.



A. El hospedero

En Colombia se cultiva la especie *Coffea arabica*, que produce los llamados cafés suaves. Dentro de la especie existe una gran cantidad de variedades, entre las que se cuentan las tradicionales como Típica, Borbón y Caturra, todas ellas carentes de resistencia genética a la roya y en cuyas plantaciones se pueden presentar fuertes ataques de la enfermedad.

En otros países han sido utilizadas variedades de *C. arabica*, entre las que resaltan Catuai y Mundo Novo en Brasil, Blue Mountain en Jamaica, así como Laurina y Maragogipe, que por provenir de las variedades tradicionales también son susceptibles a la roya. Existen otras especies del género *Coffea* que también pueden padecer ataques de la roya, entre las que se destaca *C. canephora*, que produce el denominado café Robusta, y que se utiliza principalmente en plantaciones por debajo de los 1.200 m de altitud, en Brasil y en países de África y Asia.

Además de la ausencia de resistencia genética en estas variedades, el estado fisiológico de la planta puede reducir o incrementar la susceptibilidad a la

enfermedad. Es así, como plantas con limitado desarrollo de raíces, por efecto de suelos arcillosos, ataque de nematodos o palomilla, o malformaciones desde el almácigo, con estrés en el sistema radical por exceso de agua en el suelo, o con deficiencias nutricionales por escasa o ninguna fertilización, son más propensas a padecer fuertes ataques de roya.

Dentro del mismo estado fisiológico debe considerarse la cantidad de frutos que produce el árbol, debido a que altas producciones tienen altas exigencias para las hojas en el proceso de llenado de los granos (14), y bajo estas condiciones los ataques de roya pueden ser mayores si no se compensa a la planta con una adecuada fertilización. Esta relación entre la roya del café y la producción es la razón por la cual luego de un año de alta producción, que coincide con una epidemia severa, siga un año de producción disminuida, donde la presencia de la enfermedad es reducida (32, 47, 48).

Por su parte, tanto las plantaciones de variedad Colombia como de Variedad Castillo® (3, 36) y sus derivadas regionales (4), siguen mostrando en el campo una alta resistencia a la roya del café, y aunque pueden encontrarse árboles

afectados por roya, la severidad de la enfermedad es muy baja y no amerita que se incluya un plan de control químico dentro de su manejo.

B. El patógeno

El agente causal de la roya del café es el hongo *Hemileia vastatrix*, de la familia de los uredinales, que se especializa en parasitar células vegetales vivas, lo que implica unos requerimientos nutricionales muy especiales, que hacen de este hongo un parásito obligado, que no puede sobrevivir en suelo o en material vegetal inerte, y que hasta ahora ha sido imposible de cultivar en el laboratorio.

Ciclo de vida del hongo

Etapa de diseminación.

Se realiza por medio de esporas de tamaño microscópico (30 micras de largo por 20 micras de ancho), denominadas urediniosporas (Figura 3a), que producidas en grandes cantidades corresponden al polvillo amarillo o naranja que se visualiza en el envés de las hojas de café y que es característico de esta enfermedad.

Etapa de germinación. Es el proceso donde la espora una

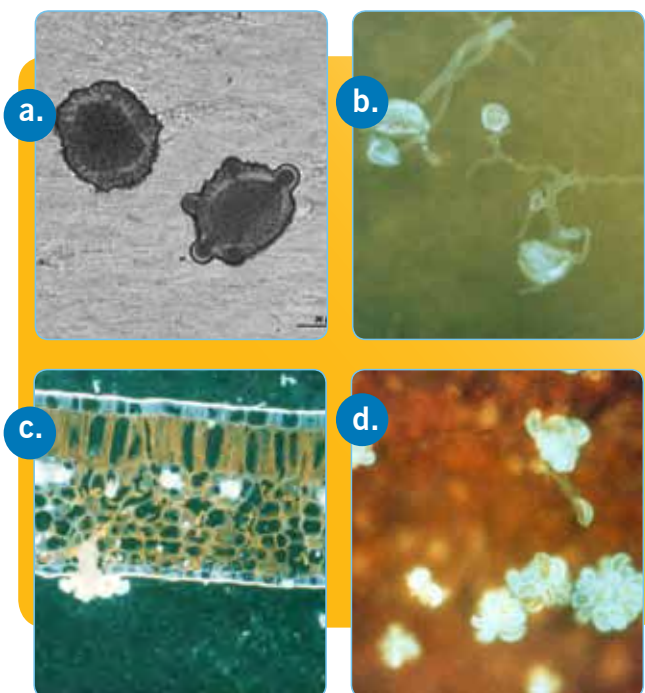


Figura 3. Proceso infectivo de la roya del café.
a. Diseminación; **b.** Germinación; **c.** Colonización;
d. Reproducción.

vez depositada en el envés de la hoja emite de uno a cuatro tubos germinativos, en un período de 6 a 12 horas. Para esta etapa, el hongo requiere de una capa de agua, condiciones de poca o ninguna luminosidad, y temperaturas inferiores a 28°C y superiores a 16°C (23). El tubo germinativo crece hasta encontrar los estomas, que son aberturas naturales de la hoja para el intercambio gaseoso en la respiración (Figura 3b).

Etapa de colonización.

Una vez ha penetrado al interior de la hoja, el hongo desarrolla unas estructuras denominadas haustorios, los cuales entran en contacto con las células de la planta, y con los que extraen los nutrientes para su crecimiento. Las células de café parasitadas pierden su coloración verde y, en este momento, se aprecian zonas cloróticas o amarillentas en la hoja, que corresponden a la aparición de los síntomas de la enfermedad (Figura

3c). El tiempo transcurrido hasta ese instante se denomina *período de incubación*, el cual varía de acuerdo con la temperatura, que en la zona cafetera central de Colombia, puede estar entre 21 y 24 días al sol y entre 18 y 22 días a la sombra (19).

Etapa de reproducción.

Luego de transcurridos 30 días, después de la colonización, el hongo está lo suficientemente maduro como para diferenciarse en estructuras llamadas soros (Figura 3d), que son las encargadas de producir nuevas urediniosporas, a razón de 1.600 por milímetro cuadrado (mm²) de hoja, por un período de 4 a 5 meses (25, 26), y que serán dispersadas para iniciar el nuevo ciclo. El tiempo transcurrido desde la infección hasta la producción de esporas se denomina *período de latencia*. Para la zona cafetera de Colombia, el período de latencia puede fluctuar entre 34 y 37 días al sol y entre 31 y 35 días a la sombra. En investigaciones recientes realizadas por Cenicafé, en esos mismos lugares (19), se apreció el efecto de las variaciones climáticas de los últimos años sobre la roya, en particular sobre esos períodos de incubación y de latencia, los cuales transitoriamente sufren aumentos o disminuciones,

comparados con los valores anteriores, dependiendo de las condiciones ambientales, como la temperatura en este caso.

El ciclo de vida del hongo se alcanza a repetir muchas veces dentro de un cultivo durante el mismo período de cosecha, por lo que se considera a la roya del café como una enfermedad policíclica.

Diversidad genética y razas de roya. Así como existen variedades de café susceptibles y resistentes a la roya, en el hongo *Hemileia vastatrix* ocurren variantes genéticas que pueden atacar a unas variedades de café, pero a otras no. Estas variantes se denominan razas fisiológicas, y en Colombia, desde la llegada de la roya en 1983, la raza II ha sido la predominante, a pesar de existir más de diez razas del patógeno en el país (13). La raza II también es la más frecuente en casi todos los países cafeteros del mundo. La mayoría de razas que han aparecido en Colombia, distintas a la raza II, han sido relativamente débiles y no se han logrado establecer.

Cenicafé ha realizado un seguimiento de las razas de roya presentes en el país, estudiando la diversidad de los aislamientos inoculados en epidemias anteriores y

posteriores a 2008. Para esto, se realizaron estudios de diversidad genética, de agresividad y de virulencia, tomando muestras en diferentes altitudes, de 1.200 a 2.000 m, y en los departamentos de Antioquia, Tolima, Cauca y Caldas. Para todos los aislamientos, se apreció que las mayores temperaturas aceleraban el ciclo de vida del hongo, pero no se encontraron diferencias entre aislamientos en los períodos de incubación y de latencia, por lo que hasta el momento no se puede hablar de aislamientos más agresivos a los ya conocidos. Los análisis con marcadores moleculares indican que la raza o razas predominantes en el campo están relacionadas genéticamente entre sí y con las razas presentes antes de la epidemia del año 2010. Todos estos aislamientos parecen ser derivados de la raza II (10).

Dentro de las características biológicas de *H. vastatrix* que explican su baja diversidad genética están la carencia de un huésped alterno donde se desarrolle su estado sexual, dado que solo se conocen estructuras asexuales como urediniosporas y teliosporas. Adicionalmente, la presencia frecuente de áreas sembradas con variedades susceptibles en los diferentes estratos altitudinales diluye

cualquier efecto de presión selectiva sobre la roya del café que favorezca la aparición y proliferación de una raza supervirulenta. Finalmente, la geografía del país, la existencia de áreas con variedades resistentes y el variado uso de los suelos aledaños a los lotes de café, actúan como barreras naturales, que reducen la dinámica de propagación de una posible introducción o mutación reciente del hongo, haciendo que la dispersión de una nueva raza sea un proceso lento (15).

C. Condiciones climáticas

El hongo *Hemileia vastatrix* necesita condiciones muy particulares para parasitar las hojas de la planta de café. En especial, requiere de la salpicadura de la lluvia para iniciar su proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como de la presencia de una capa de agua en el envés de las hojas para germinar, todo esto acompañado de temperaturas entre 16 y 28°C y en condiciones de bajo brillo solar (25,26).

En consecuencia, ambientes con precipitaciones constantes, especialmente en horas de la tarde o en la noche, con ocurrencia de cielos nublados que impidan temperaturas muy altas

después de mediodía, o de temperaturas muy bajas en las horas de la madrugada, son propicios para el desarrollo de epidemias fuertes de roya (18,29,30). Si los períodos lluviosos coinciden con las etapas de formación del fruto y de abundante follaje, momentos de mayor susceptibilidad del follaje a la infección, es indispensable aplicar las medidas de control químico. Este control debe iniciarse cuando la enfermedad se encuentra en su fase inicial

de desarrollo, en la cual se presentan hojas afectadas en bajos porcentajes (Figura 4).

La zona óptima de producción de café en Colombia está ubicada en el rango óptimo de desarrollo de la enfermedad, con un promedio de temperatura de 22°C. Hasta el año 2007, se recomendó que plantaciones de café, a libre exposición solar y a la sombra, establecidas por encima de 1.600 m de altitud, que corresponde a una temperatura promedio de 19°C, no requerían control de la enfermedad;

sin embargo, las variaciones ocurridas desde 2008, han generado en varios sitios del país ambientes con temperaturas y precipitaciones favorables para el desarrollo de la roya. Por ejemplo, en la zona cafetera central, durante los años 2008 y 2010, los registros de lluvia han mostrado incrementos de hasta 40% en relación con los valores históricos, el brillo solar ha disminuido y la humedad relativa estuvo en muchos meses por encima del 85%, condición favorable para la presencia de hongos patógenos de plantas (20, 21). En septiembre del año 2008 no disminuyó la cantidad de lluvia pero sí la distribución, y los días tuvieron horas de lluvia combinados con

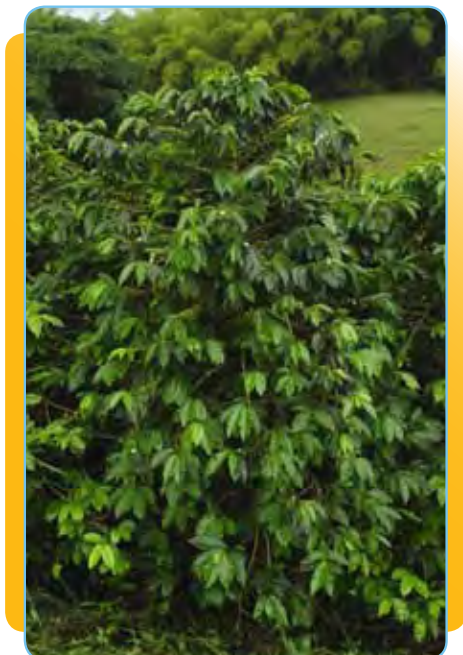


Figura 4. El inicio de las aspersiones debe hacerse en la fase inicial de desarrollo de la enfermedad, es decir, cuando ocurren bajos porcentajes de hojas afectadas.

horas de calor. En estas condiciones, la roya se vio favorecida hasta el punto que, al final de la cosecha, las plantaciones mostraron un reducido follaje con síntomas alarmantes de incidencia y severidad.

En general, la disminución en la diferencia entre temperaturas diarias máximas y mínimas, o amplitud térmica, debidas a la ocurrencia del evento del Fenómeno de La Niña en todas las altitudes de la zona cafetera, y la presencia constante de humedad en las hojas, hizo que la enfermedad presentara altos niveles, con características epidémicas en algunas zonas por encima de los 1.600 m de altitud, llegando en algunos casos a registrarse paloteo por efecto de esta enfermedad, a 2000 m.s.n.m, como ocurrió en los departamentos de Antioquia, Huila, Caldas y Quindío. Por ello, en la actualidad Cenicafe recomienda que el seguimiento y control de la enfermedad sea riguroso en cualquier condición altitudinal donde se cultive café (9, 11).

D. Manejo agronómico

El hombre juega también un papel importante en la

aparición y desarrollo de la enfermedad, cuando ejecuta de manera inapropiada o inoportuna actividades propias del manejo del cultivo (5, 7), entre las que resaltan:

- Permitir el crecimiento descontrolado de arvenses, que además de competir con el café por los nutrientes del suelo, pueden generar condiciones de sombrío y alta humedad en plantaciones de café menores de 24 meses.
- Fertilización escasa o nula, que afecta principalmente a los cafetales bajo plena exposición solar.
- Sombra excesiva, que mantiene rangos de temperatura máxima y mínima muy estrechos, favorece una humedad relativa alta constante y estimula el incremento del área foliar y la vida media de las hojas (5, 7).
- Densidades superiores a 10.000 tallos por sitio, resultado de la proliferación de múltiples chupones, luego de labores de renovación por zoqueo, que crean autosombreamiento,

con las consecuencias anteriormente descritas, aumenta la competencia entre plantas por nutrientes y ofrece una mayor interceptación de esporas. Adicionalmente, las altas densidades dificultan la aplicación y el cubrimiento de los fungicidas sobre el follaje.

- Aplicaciones de fungicidas de manera tardía, por fuera de la epidemia, subdosificadas o sobredosificadas, con equipos inadecuados o sin calibrar, con boquillas de alta descarga o desgastadas, con la utilización de aguas contaminadas o duras, y con recorridos en los lotes que no permiten un cubrimiento completo del follaje de las plantas o usando mezclas con otros productos que reducen la efectividad biológica de los fungicidas.

III. Desarrollo de la epidemia de roya

Se conoce como epidemia a aquella aparición de una enfermedad que se esparce rápidamente y con alta frecuencia entre los individuos de una población o área, al mismo tiempo (1).

Curva de progreso de la enfermedad

Una epidemia avanza progresivamente tanto en el tiempo como en el espacio, con tres fases claramente reconocibles en procesos

policíclicos, como el de la roya del café (23), que se representan en una curva de progreso en las dos dimensiones (Figura 5):

Fase lenta. La epidemia inicia con la infección de

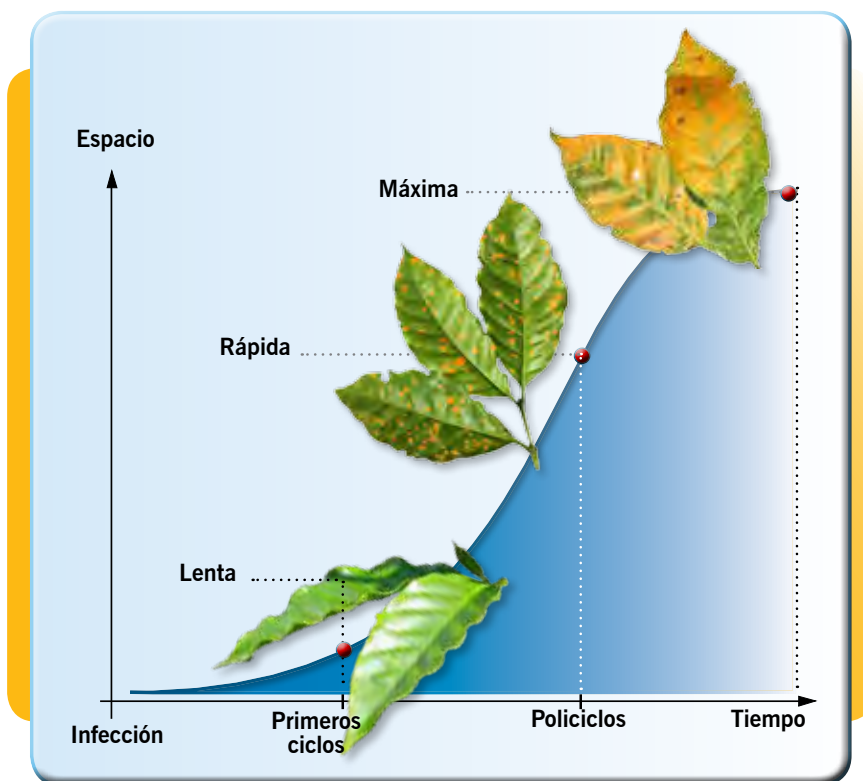


Figura 5. Fases de desarrollo de una epidemia causada por *Hemileia vastatrix* en su hospedante.

unas pocas hojas, en las que no se observan síntomas sino hasta después de haber transcurrido el período de incubación, donde la producción de los primeros soros, que liberan nuevas esporas, confirmará la presencia de la roya. Durante esta fase las infecciones solo se aprecian en menos de 10 de cada 100 hojas en el árbol.

Fase rápida o explosiva. Si las condiciones lo permiten, como resultado de la primera fase ya existe una gran cantidad de inóculo dispersándose dentro del árbol y entre los árboles del lote, de manera que ocurren muchas más infecciones por unidad de tiempo. Durante un período de 2 a 3 semanas la enfermedad puede llegar a estar presente en 30 ó más hojas de cada 100 hojas del árbol.

Fase terminal o máxima. Finalmente, las hojas atacadas severamente van cayendo del árbol, y el número de hojas sanas es muy reducido como para continuar con la alta tasa de infección y reproducción, por lo que la enfermedad llega a su máximo por agotamiento del hospedero y la epidemia termina.

La medición del desarrollo de la epidemia se puede hacer determinando la proporción de hojas con roya en un

árbol y eventualmente en todo el lote, valor conocido como *incidencia*, y también calculando el porcentaje de área enferma en la hoja, valor que se denomina la *severidad*. En el campo, las evaluaciones de roya en variedades susceptibles han evidenciado una alta asociación entre incidencia y severidad (Figura 6).

Tasa de progreso de la enfermedad

La cantidad de inóculo residual (hojas con roya) presente en las épocas de mayor formación de follaje y de frutos, determina la tasa de crecimiento de la

epidemia y la severidad de ésta (24,34). Los estudios de Cenicafe indican que en ausencia de control de la enfermedad y con condiciones climáticas propicias para el desarrollo de la epidemia, la enfermedad se desarrolla a una tasa diaria mayor de 0,19%, que de mantenerse genera efectos negativos sobre la producción en el mismo año (29).

Esto indica que, efectivamente existe una asociación entre los niveles de enfermedad (porcentaje de infección) y el efecto sobre la producción (daño económico), durante el desarrollo de la curva de la enfermedad (48). Así mismo,



Figura 6. Asociación entre la incidencia y la severidad. A mayor número de hojas enfermas, mayor área foliar afectada.

existe una alta predisposición de la planta de café a presentar altos niveles de roya cuando el pronóstico de producción por efecto de una alta y concentrada floración es alto (14).

Tasas diarias de crecimiento de la roya de 0,19% no se presentan siempre, debido a que las condiciones ambientales cambian y el efecto de las lluvias, temperatura, brillo solar y

humedad relativa favorecen o limitan las nuevas infecciones, haciendo que las epidemias de la roya sean unas veces más benévolas, permitiendo incluso reducir el número de aplicaciones, o que en otros casos sean más graves, causando defoliaciones severas.

En los años (2007-2010) se han registrado variaciones en el comportamiento del clima

en el país, las cuales están afectando el comportamiento vegetativo, reproductivo y productivo de las plantas de café y aumentan su susceptibilidad al ataque de enfermedades, en especial a la roya del cafeto. Esto ha permitido que las tasas diarias de crecimiento de la roya en plantas no tratadas en algunas zonas hayan alcanzado valores de 0,38%.

IV. Efecto de la roya sobre la cosecha

Los estudios realizados por Cenicafe han permitido caracterizar y cuantificar los factores que determinan el progreso de la enfermedad y su efecto en la producción, como son la altitud, las condiciones del cultivo (sol o sombra), la fertilización y el balance de nutrientes, la densidad de siembra, el tipo de suelo y el manejo de arvenses (29, 30, 32, 47, 48). En un año considerado de epidemia severa, con una tasa diaria de infección > 0,19%, existe una relación directa entre la infección ocurrida durante

el período de llenado de frutos (a partir de tres meses de ocurrida la floración principal) y la disminución de la producción. De igual manera, esta epidemia compromete la cosecha del año siguiente.

Es así, como con una tasa diaria de crecimiento del hongo se tendría entre los 60 y 90 días después de la floración principal, un nivel de roya mínimo entre 11% y 17%, el cual disminuiría la producción de café de ese año en aproximadamente 17

arrobos de café pergamino seco (@ de c.p.s.). De ser igual esa tasa de la epidemia para el segundo año, la reducción de la producción sería de 29 @ de c.p.s.. En la medida que aumente el nivel de roya, más grave será el impacto acumulado de la enfermedad, limitando la efectividad del control químico.

En diferentes experimentos llevados a cabo en la zona cafetera colombiana, entre los años 1987 y 1995, las pérdidas ocasionadas por la

enfermedad alcanzaron hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas (32,47,48). En experimentos más recientes, estas diferencias han aumentado, llegando a niveles de 28% y 30% de pérdidas.

La relación café cereza a café pergamino seco también se afecta como consecuencia de la epidemia. En el mismo ciclo productivo donde ocurre una epidemia severa, esta relación puede llegar a valores de 5,8 por efecto de la roya del café. En el segundo año, el efecto acumulado de la epidemia aumenta esta relación hasta valores de 8,1 y la proporción de árboles con una relación mayor que 6,0 se incrementa hasta el 67% (Figura 7) (34, 47, 48).

Así mismo, al momento de comercializar el café, es mayor la cantidad de café de menor tamaño y con defectos, lo cual hace que el porcentaje de almendra

sana disminuya, por lo que el caficultor recibe un precio menor al del café de mejor rendimiento y, adicionalmente, no recibe incentivo por calidad.



Figura 7. Efecto de la roya del café sobre la cantidad y calidad de la cosecha en la variedad Caturra.

V. Criterios básicos para iniciar un programa de manejo de la roya del café

La razón fundamental para controlar la roya del café radica en la necesidad de proteger el follaje durante el período de llenado de granos.

La hoja en la planta cumple un papel fundamental en cualquier etapa del cultivo, en la captación de la energía lumínica, pero en la

migración de nutrientes hacia el fruto y en la producción de café es muy necesaria su presencia 60 días después de la floración

principal y hasta 30 días antes del nivel máximo de cosecha (5). El logro de este propósito garantiza tanto la cantidad y calidad de la cosecha para un mismo ciclo productivo, como el desarrollo armónico de la plantación para las cosechas posteriores.

Para el manejo adecuado de una enfermedad deben considerarse los cuatro factores mencionados, que determinan su aparición (hospedero, patógeno, ambiente y manejo agronómico) actuando de manera que puedan romperse o disminuirse las interacciones entre ellos, y así afectar el desarrollo de la epidemia, demorando su aparición en el tiempo o reduciendo su expansión en el espacio.

La situación ideal es aplicar el menor número de medidas para llegar al final de la epidemia con niveles bajos de la enfermedad, de manera que se compensen en producción de café los costos del manejo y que permitan al árbol recuperarse rápidamente, para no comprometer la cosecha siguiente. En términos de sostenibilidad, el manejo de una enfermedad debe tener consecuencias mínimas en el equilibrio del medio ambiente y su aplicación tiene que hacerse sin

presentar riesgos para la salud de los trabajadores en el campo o de aquellos que viven en la cercanía de los lotes.

En los últimos años, Cenicafé ha venido insistiendo en la importancia del manejo de la roya del café y sus efectos sobre la producción, cuando este control no se efectúa en forma oportuna y adecuada (46,47). Se debe recordar que en Colombia existen zonas productoras de café diferenciadas según sus condiciones climáticas; de esta manera, el desarrollo fenológico del cultivo y el comportamiento de la enfermedad tendrán características bien definidas para cada zona. Por ello, es necesario establecer

programas de control para cada una de estas zonas de producción.

Existe una estrecha asociación entre la evolución de la enfermedad y la distribución y cantidad de la cosecha. Este hecho significa que podrían existir años donde la incidencia y severidad de la epidemia es baja, como consecuencia de una cosecha reducida, y años de alta presencia de la enfermedad, debido a cosechas abundantes (14).

Teniendo en cuenta nuevamente aspectos relacionados con las variaciones climáticas, existen estudios (7) que indican que la intensidad de la roya del café está más



Figura 8. Factores locales a nivel del caficultor, que pueden condicionar la presencia y el impacto de la roya del café.

ligada a las características locales, es decir, al manejo que cada caficultor hace de su cultivo y al manejo que realiza de esta enfermedad, que a la influencia de factores regionales (Figura 8). Los últimos estudios de Cenicafé en el manejo de la roya soportan este concepto, debido a que se aprecian plantas de café cuya única diferencia con las de otras fincas de esa misma región es el control oportuno y adecuado de la enfermedad, a diferencia de aquellas plantas que no fueron tratadas adecuada y oportunamente, las cuales presentan un deterioro y una pérdida de producción progresiva.

En este Boletín Técnico se hará énfasis para que los técnicos del Servicio de Extensión de la Federación, los asistentes técnicos particulares y, en general, cada productor de café, revisen y tengan muy presentes los períodos de floración del café, ya que en algunos años es probable que las floraciones principales o aquellas que producen la travesía, sufran cambios, adelantando o retrasando esa actividad reproductiva, generando modificaciones en la distribución de la cosecha, y de este modo repercutiendo en los inicios, intensidad y finales de la epidemia. Con

estos cambios transitorios en la distribución de la cosecha, es probable que se tengan que realizar ajustes en los calendarios de las aplicaciones de fungicidas, y por ello, resulta necesario conocer esta información.

A manera de ejemplo, en el departamento de Caldas, en la zona de Chinchiná y Palestina históricamente la distribución de la cosecha ha sido del 10% al 15% en el primer semestre y del 85% al 90% en el segundo semestre. En los últimos años, en el primer semestre se está produciendo entre el 25% al 28% de café y el segundo semestre entre el 72% y el 75%. Es necesario que estos cambios los conozcan los caficultores, quienes deberán recibir asesoría técnica y estar atentos sobre el comportamiento de las epidemias con base en los cambios fenológicos en el cultivo.

El desarrollo de la enfermedad, observada en experimentos adelantados en Cenicafé, indicó que

tanto para plantas de café procedentes de siembra como para aquellas renovadas por zoca, el inicio del control de la enfermedad debía hacerse a partir de los 16 meses (29, 30, 32, 34). No obstante, en los últimos años, por todo lo expuesto así como por el inadecuado manejo de las arvenses en esta etapa del cultivo, se está permitiendo que éstas compitan con el café y que lo cubran, creando en la planta condiciones de un microclima favorable para el inicio temprano de la epidemia de roya y el consecuente retraso, a veces no recuperable de la planta de café (Figura 9).

Se deberá obviar esta condición propicia para la enfermedad y de ser necesario, por las otras razones ambientales, realizar aplicaciones contra la enfermedad antes de este tiempo. Posteriormente, el número de aspersiones dependerá del criterio de manejo adoptado.



Figura 9. a. Cafetal con adecuado manejo de arvenses; b. Deficiente manejo de arvenses que favorece el inicio temprano de un ataque de la roya del cafeto.

VI. Control químico de la roya del cafeto

El control químico es uno de los componentes más importantes en el manejo integrado de la roya del cafeto cuando se tienen plantaciones de café susceptibles a la enfermedad. El éxito de las aspersiones de fungicidas dependerá del **adecuado manejo agronómico del**

cultivo y de la correcta tecnología de aplicación (calibración, volumen y preparación de las aplicaciones) para lograr una alta efectividad biológica del fungicida y mantener al mínimo los niveles de roya sobre el follaje.

Para lograr esta efectividad biológica es necesario

cumplir con tres requisitos: El primero, consiste en utilizar el tipo de fungicida más adecuado; el segundo, determinar el momento oportuno de la aplicación, con base en la fenología del cultivo; y el tercero, realizar la aspersión con una adecuada tecnología de aplicación.

Tipo de fungicida

Fungicidas cúpricos.

En la experimentación realizada en Kenia, Brasil, Costa Rica y Colombia no se han encontrado diferencias de control entre los fungicidas oxiclورو de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre formulado como caldo bordelés, por lo cual, se pueden utilizar estos fungicidas de contacto protectores o preventivos, para el control de la roya del café (11, 22, 33, 35, 40). Estos fungicidas solamente tienen efecto inhibiendo la germinación del patógeno y, en ocasiones, la penetración, y por tanto, el programa de control debe iniciarse antes de que el patógeno se establezca en los tejidos foliares, ya que estas moléculas no son capaces de traspasar la cutícula foliar.

En Cenicafé se determinó que la primera lluvia después de la aspersión, independiente de su intensidad, ocasiona pérdidas del 50% del fungicida cúprico depositado sobre las hojas, con y sin adherente, afectando igualmente el cubrimiento y la distribución del fungicida en el follaje. Las lluvias posteriores continúan ocasionando pérdidas de esos depósitos (16). Aunque en las partes internas de la planta persiste el fungicida

con actividad biológica, la presencia de nuevas hojas, el follaje desprotegido de fungicida por la acción de las lluvias y la deficiente distribución del mismo, ameritan nuevas aspersiones (16, 17). Por lo anterior, no se necesita el uso de adherentes ni de aceites para incrementar la persistencia de los fungicidas cúpricos y sistémicos en el control de la roya del café, aplicados con tecnología de alto y medio volumen (mayor de 100 L/ha).

Fungicidas sistémicos

triazoles. A diferencia de los productos protectores basados en cobre, los fungicidas sistémicos penetran en la planta y tienen la posibilidad de moverse de manera translaminar, es decir, de la haz al envés de la hoja. Estos fungicidas tienen diferente movilidad en la hoja, es así como el producto tiene la capacidad de desplazarse por el mesófilo, el parénquima y hasta llegar cerca de la endodermis. Esta movilidad se conoce como *Log Kow*.

Estos fungicidas tienen un movimiento acropétalo, es decir, se mueven del sitio donde llegó el producto hacia arriba, así como un movimiento basipétalo, que es la capacidad de desplazarse desde el sitio donde el producto entró

en contacto con la planta hacia abajo. Los fungicidas sistémicos tienen como ventaja que en ciertas circunstancias, como el nivel inicial de la enfermedad, pueden requerir de un menor cubrimiento sobre el follaje, ya que después de su aplicación se movilizan hacia sitios donde incluso no llegó el producto y que en un corto tiempo, después de la aplicación, no son removidos por las lluvias.

Los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles (cyproconazole, triadimefon, hexaconazol, propyconazol, entre otros) han mostrado un importante efecto sobre la roya del café, y consecuentemente sobre la producción, cuando se aplican sobre el follaje (32), con acción preventiva y curativa. Su mecanismo de acción está relacionado con el bloqueo en la formación de una molécula específica del hongo patógeno llamada Ergosterol, mediante un proceso denominado desmetilación (27); por ello, los fungicidas azoles se conocen como Inhibidores de Desmetilación (DMI).

El efecto protector y curativo de los fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles permite el control de la enfermedad en la etapa de germinación del hongo, y también cuando éste ha colonizado las hojas

pero aún no ha iniciado su esporulación (Figura 10). En consecuencia, aplicaciones de estos fungicidas en una fase más avanzada del proceso infeccioso no ejercen ningún control sobre la enfermedad.

Tienen como desventajas sobre los protectores, el costo del producto y la opción de seleccionar y de crear resistencia en el patógeno, especialmente cuando se subdosifica el producto. En la actualidad, son el grupo de fungicidas más utilizados para el control de la roya del café en Colombia y en el mundo, ya que continuamente se están lanzando al mercado nuevas formulaciones. En los calendarios de aplicaciones contra la roya se presentan los fungicidas sistémicos de este grupo recomendados actualmente.

Estrobilurinas. Se trata de sustancias relativamente nuevas en el mercado, encontradas originalmente en el hongo *Strobilurus tenacellus*. Estos fungicidas tienen acción de profundidad o movimiento translaminar y su nombre de "mesostémicos" se refiere a la región en la que actúan (mesófilo foliar). Tienen una translocación vascular mínima. Su actividad tiene lugar en las mitocondrias, donde inhibe el transporte de electrones de la cadena respiratoria, concretamente en la posición del complejo citocromo-bc1(8).

Entre los fungicidas de este grupo se tienen el azoxystrobin y el pyraclostrobin, que han sido evaluados por Cenicafé y, actualmente, son recomendados para el control de la roya (9, 10).

Estos fungicidas tienen la posibilidad de actuar sobre el proceso de esporulación de la roya, razón por la cual se consideran como erradicantes.

Productos fungicidas con otros beneficios para las plantas. En los últimos años, especialmente en los países de mayor adopción tecnológica en el cultivo de café como Brasil, se han estudiado y se utilizan productos aplicados al suelo, que vienen formulados originalmente en mezcla con dos moléculas, una con un ingrediente activo con efecto fungistático, es decir, capaz de controlar enfermedades como la roya del café (cyproconazole) y la otra molécula con un producto bioactivador (neonicotinoide), que beneficia al cultivo, por tener atributos sobre el vigor y la productividad de las plantas. Este producto se llama Verdadero 600 WG y también es recomendado por Cenicafé para el manejo preventivo de la roya (9, 10). Este producto al igual que el pyraclostrobin (Comet), con su efecto "AgCelence", se están evaluando para determinar los beneficios complementarios en el cultivo de café.

Productos biológicos. El manejo biológico de la roya ha sido ensayado desde la década de los



Figura 10. Síntomas iniciales de la enfermedad. Las lesiones causadas por el hongo aún no han esporulado. En este estado los fungicidas sistémicos son más efectivos.

80 principalmente en Colombia, Brasil e India. Los experimentos de manejo biológico de la roya han incluido microorganismos de control biológico, extractos de microorganismos y plantas, y agentes inductores de resistencia. Existe una gran cantidad de trabajos en la búsqueda de la implementación de productos biológicos dentro del manejo integrado de la roya del cafeto, sin que hasta la fecha se haya contado con éxito en esta implementación (12).

El manejo biológico de *Hemileia vastatrix* se convirtió en un gran campo de investigación en Cenicafé entre los años 1990 y 2002; se consideró que la supresión de este hongo patógeno por la acción de microorganismos endofíticos podría ser de utilidad en algunas zonas productoras de café. En ese período se estudió el efecto de organismos como *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenis*, *P. putida* y *Lecanicillium lecanii* (12). La utilidad práctica en el manejo de *H. vastatrix* en el campo con estos organismos no ha sido consistente, presentando limitaciones, en la duración del efecto protector, razón por la cual esta opción de manejo contra la roya no es

recomendada actualmente a los caficultores.

Oportunidad de la aplicación

El momento de iniciar el control químico de la roya del cafeto puede determinarse con base en tres criterios (Figura 11):

1. Un sistema de calendario fijo de aspersiones de fungicidas
2. El período de floración principal
3. El criterio de niveles de infección

Cuando se emplea el criterio de manejo de la enfermedad con

calendario fijo, el número de aspersiones siempre será el mismo, efectuando unas aplicaciones en fechas fijas y, eventualmente, otras opcionales, que serán realizadas por los caficultores con la asesoría del personal técnico del Servicio de Extensión de la Federación.

El conocimiento del período de floración principal permite iniciar las aplicaciones más temprano y ajustar el inicio con las variaciones que se puedan presentar en la fenología del cultivo y en el clima, en cada zona de producción de café.

De otro lado, el manejo de la enfermedad empleando niveles de infección, permite que el número de

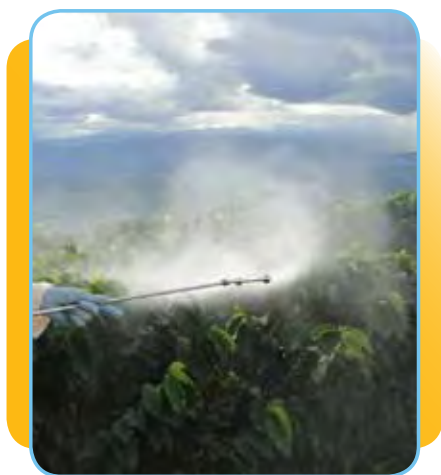


Figura 11. Las aplicaciones de fungicidas contra la roya deben iniciarse en el momento en que la planta dispone de abundante follaje sano.

aspersiones pueda variar en función de la evolución de la enfermedad.

Sistema de calendarios fijos

El programa de control de la roya del cafeto empleando el sistema de calendarios fijos, se estableció con base en el desarrollo fenológico del cultivo, la evaluación de la enfermedad en diferentes zonas productoras de café y la distribución de la cosecha (52, 53, 54). En este sentido se tienen previstos tres calendarios de control de la roya con fungicidas protectores y sistémicos

(Tablas 1, 2 y 3) (Figuras 12, 13 y 14).

Sistema con base en el período de floración principal

Este sistema parte de la posibilidad que tiene el caficultor de conocer los períodos de floraciones principales en su cultivo (Figura 15). A partir de ese momento, se puede determinar cómo será la producción de café teniendo en cuenta esas floraciones en cantidad y en concentración. El potencial productivo da un indicio de cómo será la epidemia de la roya. Por ello,

cuando una floración ha sido abundante y concentrada en relación con el histórico, se recomienda que después de 60 días de ocurrida esa floración, se inicie el manejo de la roya, continuando las aplicaciones a los 90, 120 y 180 días con los fungicidas recomendados.

Si por el contrario, las floraciones son muy dispersas y en baja cantidad, el caficultor debe ceñirse al calendario fijo de aplicación de fungicidas de acuerdo con la distribución de su cosecha de café.

Tabla 1. Calendario fijo de aplicaciones para zonas con cosecha principal en el segundo semestre del año. Las aspersiones deben realizarse de acuerdo con el siguiente cronograma.

Fungicidas	Época de aplicación			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Cúpricos	May 1 – 7	Jun 15 - 21	Ago 1 - 7	Sep 15 - 21
Sistémicos cyproconazol (Alto 100SL) hexaconazole (Mildium 50 SC) triadimefón (Bayletón 25% SC)	May 1 – 7	Jun 15 - 21	Ago 15 – 21	
cyproconazol + thiamethoxam (Verdadero 600 WG)	May 1 – 7	Jun 15 - 21		
Con estrobirulinas cyproconazol + azoxystrobin (AmistarZtra 28 SC)	May 1 – 7	Jun 15 - 21	Ago 1 - 7	
pyraclostrobin (Comet EC)	May 1 – 7	Jun 15 - 21	Ago 15 - 21	
Mezcla sistémico y cobre triadimefón (Bayleton 25%SC) +Oxicloruro de cobre (50%PM)	Precosecha May 1 – 7	Postcosecha Feb 1 - 7		

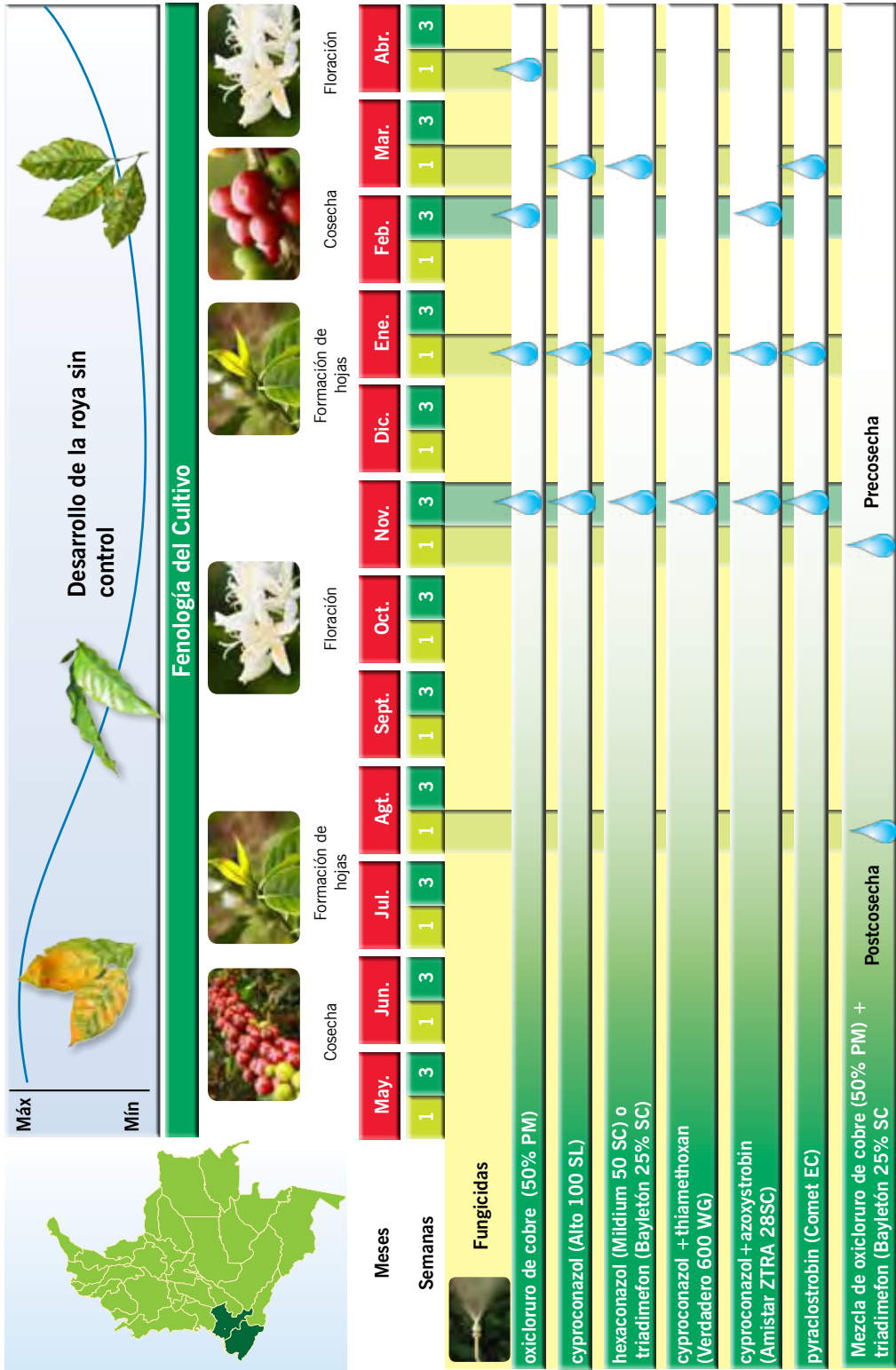
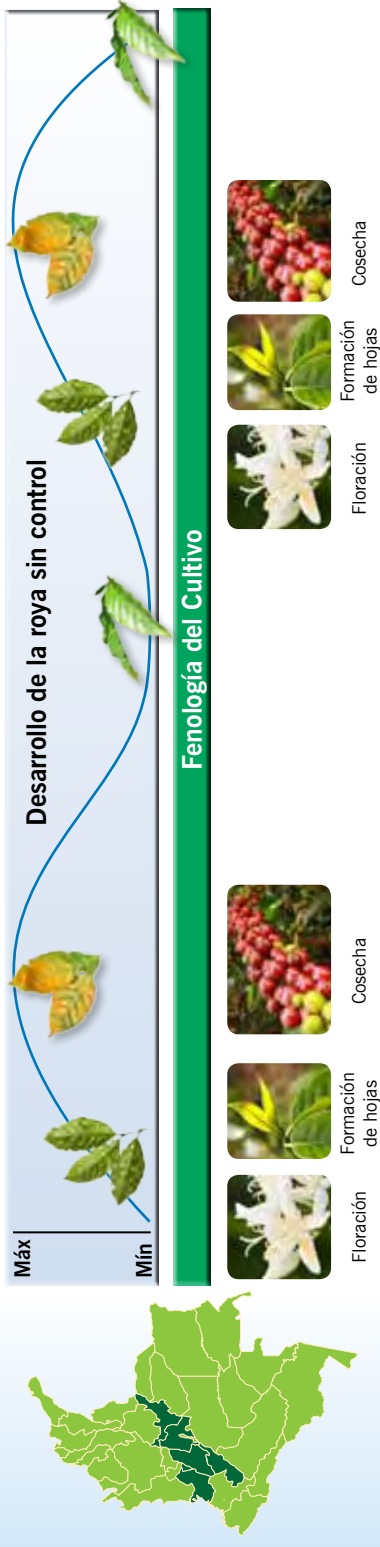


Figura 13. Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (zonas con cosecha principal en el primer semestre del año).



Meses	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.
Semanas	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3	1 3
Fungicidas												
oxiclورو de cobre (50% PM)												
cyproconazol (Alto 100 SL)												
hexaconazol (Milidium 50 SC) o triadimeton (Bayletón 25% SC)												
cyproconazol + thiamethoxan (Verdadero 600 WG)												
cyproconazol + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28SC)												
pyraclostrobin (Comet EC)												
Mezcla de oxiclورو de cobre (50% PM) + triadimeton (Bayletón 25% SC)												

Figura 14. Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (zonas con cosecha importante en los dos semestres del año).

1 Primera semana 3 Tercera semana del mes Asp. recomendada Asp. opcional Control cosecha 2do semestre Control cosecha 1er semestre

Tabla 2. Calendario fijo de aplicaciones para zonas con cosecha principal en el primer semestre del año. Las aspersiones deben realizarse de acuerdo con el siguiente cronograma.

Fungicidas	Época de aplicación			
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta
Cúpricos	Nov 15 – 21	Ene 1 - 7	Feb 15 - 21	Abr 1 - 7
Sistémicos cyproconazol (Alto 100SL) hexaconazole (Mildium 50 SC) triadimefón (Bayleton 25% SC)	Nov 15 – 21	Ene 1 - 7	Mar 1 – 7	
cyproconazol + thiamethoxam (Verdadero 600 WG)	Nov 15 – 21	Ene 1 – 7		
Con estrobirulinas cyproconazol + azoxystrobin (AmistarZtra 28 SC)	Nov 15 – 21	Ene 1 – 7	Feb 15 - 21	
pyraclostrobin (Comet EC)	Nov 15 – 21	Ene 1 – 7	Mar 1 – 7	
Mezcla sistémico y cobre triadimefón (Bayleton 25%SC) +Oxicloruro de cobre (50%PM)	Precosecha Nov 1 - 7	Postcosecha Ago 1 - 7		



Figura 15. Floración abundante y concentrada, utilizada como criterio para el inicio de las aspersiones.

Tabla 3. Calendario fijo de aplicaciones para zonas con cosecha importante en los dos semestres del año. Las aspersiones deben realizarse de acuerdo con el siguiente cronograma.

Fungicidas	Época de aplicación									
	Primera		Opcional		Segunda		Tercera	Cuarta		
	Mayor cosecha 1 ^{er} semestre	Mayor cosecha 2 ^o semestre	Mayor cosecha 1 ^{er} semestre	Mayor cosecha 2 ^o semestre	Mayor cosecha 1 ^{er} semestre	Mayor cosecha 2 ^o semestre				
Cúpricos		Nov 15 - 21				Ene 1 - 7	May 1 - 7	Jun 15 - 21		
Sistémicos cyproconazol (Alto 100SL) hexaconazole (Milidium 50 SC) triadimefón (Bayleton 25% SC)	Nov 15 - 21	May 1 - 7	Ene 1 - 7	Jun 15 - 21		May 1 - 7	Nov 15 - 21			
cyproconazol + thiamethoxam (Verdadero 600 WG)		Nov 15 - 21				May 1 - 7				
Con estrobirulinas cyproconazol + azoxystrobin (AmistarZtra 28 SC)	Nov 15 - 21	May 1 - 7	Ene 1 - 7	Jun 15 - 21		May 1 - 7	Nov 15 - 21			
pyraclostrobin (Comet EC)	Nov 15 - 21	May 1 - 7	Ene 1 - 7	Jun 15 - 21		May 1 - 7	Nov 15 - 21			
Mezcla sistémico y cobre triadimefón (Bayleton 25%SC) + Oxidloruro de cobre (50%PM)	Ene 1 - 7 Precosecha	May 15 - 21 Precosecha	Ago 15 - 21 Postcosecha	Feb 1 - 7 Postcosecha						

Sistema con base en niveles de infección

Para definir el momento de control existe otra opción de manejo de la roya del café, con fungicidas protectores, sistémicos solos o en mezcla con protectores, usando el criterio de niveles de infección encontrados en el lote afectado (47). Este método está basado en el conocimiento del efecto sobre la producción de determinados niveles de hojas afectadas en la planta y permite utilizar racionalmente los fungicidas sistémicos, sin crear condiciones que favorezcan la presencia de nuevas razas del hongo, e igualmente, disminuir el número de aspersiones. Con ello, se logra la reducción de los costos de control de la enfermedad y de producción en el cultivo. **En este sistema es necesario considerar que los fungicidas sistémicos, a excepción del triadimefón, no deben utilizarse en mezcla con fungicidas protectores.**

Evaluación de la enfermedad

El método recomendado de muestreo para la evaluación de la roya del café por lote, en un área igual o menor de una hectárea, es el siguiente:

1. Para evaluar el lote, la persona debe ubicarse en el centro del primer surco, allí selecciona un árbol y en él, escoge la rama con mayor follaje en cada uno de los tercios bajo, medio y alto; en cada rama cuenta el número total de hojas y el número de éstas afectadas por la roya.
2. Posteriormente, la persona recorre el área del lote entre surcos, por el centro de los mismos, y en cada surco selecciona un árbol, hasta completar 60 árboles por lote, recorriendo todos los surcos. Es decir, si el lote tiene 60 surcos, evalúa un árbol por surco; si el lote tiene 30 surcos, evalúa dos árboles por surco; y, si el lote tiene 120 surcos, evalúa un árbol cada dos surcos.
3. Al finalizar el recorrido, se suma el total de hojas

y el número de hojas afectadas por roya de los 60 árboles, y este valor se multiplica por cien, el cual corresponde al porcentaje de hojas afectadas por roya en el lote.

El valor del promedio del porcentaje por lote, se ubica en la Tabla 4, y de acuerdo con el tiempo transcurrido desde la floración y el promedio de la infección por lote, se determina el tipo de fungicida para efectuar el control de la enfermedad.

Calibración de una aspersión

La calibración es el proceso por medio del cual se determinan y relacionan los factores para la ejecución correcta de una aplicación.

Determinación del volumen de aspersión por café y por hectárea

El fungicida debe aplicarse en el volumen adecuado de agua, dependiendo del equipo de aspersión que

$$\text{Promedio de infección en el lote (\%)} = \frac{\text{Total de hojas con roya en los 60 árboles}}{\text{Total de hojas presentes en los 60 árboles}} \times 100$$

Tabla 4. Recomendaciones para el control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y el período de desarrollo de los frutos (24).

Días después de la floración	Promedio de la infección por lote (%)			
	<5,0 – 10,0	10,1 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,0
60	P/S	S	S	-----
90	P/S	S	S	S
120	P/S	S	S	S
180	-	P/S	S	S

-No requiere aspersión; P:Fungicida protector; S: Fungicida sistémico; ---- Inicio de aplicaciones con niveles de roya que podrían tener escaso efecto biológico de los fungicidas sobre la enfermedad.

se utilice y de la edad del cultivo, y debe quedar distribuido de manera homogénea en todo el follaje de la planta. Así se garantiza una mejor penetración y permanencia del fungicida sobre la hoja y, por tanto, una eficacia biológica mayor (39).

Para diferentes edades de las plantaciones de café tecnificadas y utilizando boquillas de baja descarga (hasta 200 cc/min.), se recomienda aplicar tres volúmenes de mezcla del fungicida, así (38):

- Plantaciones menores de un año: 15 cc/planta
- Plantaciones de uno a dos años: 25 cc/planta
- Plantaciones mayores de dos años: 50 cc/planta

- Plantaciones mayores de dos años y en cafetales tradicionales: 75 cc/planta

Con estos volúmenes de aspersión se garantiza una adecuada distribución y penetración del fungicida en la planta y se logra un cubrimiento mínimo de 50 gotas/cm². Conocida la edad del cultivo (en años) y, por tanto, el volumen de aspersión por cafeto, este valor se multiplica por el número de árboles por hectárea y se obtiene así el volumen total de la mezcla requerida por hectárea de cafetal.

Dosis del fungicida

Fungicidas Cúpricos.

Con base en las

investigaciones adelantadas en Colombia (31, 43), se recomienda como máximo, un depósito de 30 mg de cobre metálico por metro cuadrado de área foliar. Estas dosis de fungicidas por hectárea se definieron de acuerdo con los resultados del trabajo sobre la determinación de área foliar según la edad del cultivo y su densidad de siembra por hectárea (55). Dependiendo de la edad de la plantación, para la variedad Caturra, se establecieron los siguientes valores de área foliar por planta:
De 1 a 2 años: 4,2 m²
Mayor de 2 años (tecnificado): 10 m²
Mayor de 2 años (tradicional): 15 m²

Si una plantación de café tiene 10 m² de área foliar,

es necesario aplicar 0,6 g/planta de fungicida cúprico del 50%. Con una densidad de siembra de 5.000 plantas por hectárea, se requieren 3 kg/ha de fungicida protector, en cada aspersión. Si el número de plantas por hectárea es mayor de 5.000, **la cantidad del fungicida protector no debe exceder la dosis de 3 kg/ha.** En este caso se debe disminuir la concentración del fungicida, aumentando el volumen de agua por hectárea. Las dosis de fungicidas cúpricos dependen de la edad del cultivo y de la densidad de siembra del lote de café (55).

Fungicidas sistémicos. Existe una cantidad importante de fungicidas sistémicos pertenecientes a diferentes grupos, algunos de los cuales se han evaluado en Cenicafé, sin resultados confiables para el manejo de la roya por parte del caficultor, así como otros cuya efectividad contra *Hemileia vastatrix* no se ha evaluado. En general, los fungicidas más estudiados son los triazoles aplicados al follaje, que inhiben la biosíntesis del ergosterol. Otros fungicidas de este grupo como los imidazoles, las morfolininas, las pirimidinas y las piperacinas, no tienen respaldo experimental en café, ya que no se han estudiado.

En la década de los 90, se evaluaron las aplicaciones de fungicidas sistémicos al suelo en forma líquida o granular,

sin obtener un control eficiente de la enfermedad. Los resultados indicaron que estos fungicidas no tenían la suficiente capacidad para trasladarse del suelo al follaje debido a su formulación y además el producto se vio sometido a biodegradación en el suelo (28, 37).

Actualmente se recomienda usar el fungicida cyproconazole (Alto 100 SL), aplicado al follaje, en dosis de 250 cc de producto comercial por hectárea y por aspersión (32).

El fungicida triadimefon (Bayleton 25% SC), también es efectivo sobre las hojas en dosis de 1 L/ha de producto comercial por aspersión (28).

El fungicida hexaconazole (Mildium 50 SC) actúa de manera preventiva y curativa contra *Hemileia vastatrix* empleando una dosis comercial de 1 L/ha por aspersión.

Los fungicidas cyproconazole + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28 SC) ofrecen eficiencia en el control de la roya cuando se aplica sobre las hojas a una dosis de 750 cc de producto comercial por hectárea y aplicación (9,10).

El fungicida pyraclostrobin (Comet EC) permite un adecuado control de la roya aplicado sobre las hojas a una dosis de 600 cc de

producto comercial por hectárea y por aspersión (10).

El producto compuesto por cyproconazole + thiamethoxam (Verdadero 600 WG) ofrece alta protección contra la roya cuando se aplica al suelo (*drench*) (lanza sin boquilla dirigida al tallo, 10 cm por encima de la superficie de éste), empleando una dosis de 1 kg/ha de producto comercial, por aplicación. Este fungicida se debe aplicar utilizando un volumen de 50 cc/planta (10).

Mezcla de fungicidas sistémicos y protectores.

Un tratamiento efectivo lo constituye la aspersión de la mezcla del fungicida sistémico triadimefon (Bayleton 25% SC) con un fungicida cúprico, en dosis de 1,5 L/ha de producto comercial del fungicida sistémico más 3 kg/ha del fungicida cúprico (pre cosecha), y 1 L/ha de producto comercial del fungicida sistémico más 3 kg/ha del fungicida cúprico (post cosecha) (28) (Figuras 12, 13 y 14).

Selección del equipo de aspersión

Preferiblemente, se recomienda utilizar aspersoras de presión previa retenida de 10 L de

capacidad, dotadas con boquillas de baja descarga (menos de 200 cc/min) y reguladores de presión (38, 43, 44). Con este equipo se trabaja a una presión constante de 40 libras por pulgada cuadrada (PSI), desde que se inicia la aspersión hasta que se desocupa el tanque de agroquímico. La mayoría de las aspersoras de espalda que poseen los caficultores (presión hidráulica y presión neumática), presentan fallas que las hacen menos eficientes, pero se pueden utilizar con mayor eficiencia si se acogen a las recomendaciones técnicas para mejorarlas. Las siguientes modificaciones permitirían utilizar estas aspersoras más eficientemente (38, 43, 44):

- Cambio de las boquillas de alta descarga (flujos de 400cc/min) por las de baja descarga.
- Adición de filtros adecuados y reguladores de presión.

En los cafetales de topografía muy pendiente, las aspersoras motorizadas de espalda tienen un rendimiento por jornal muy similar a las convencionales de espalda (38). Este hecho sumado a su alto valor, limita su uso solamente a fincas de topografía plana o poco pendiente.

Los equipos semi-estacionarios, los de presión previa retenida dotados de un aguilón vertical con cuatro boquillas de baja descarga y el equipo motorizado de espalda con bomba de presión, dotado con aguilón vertical, aumentan la eficiencia de la aspersión por jornal. Mediante una adecuada calibración se logra un eficiente cubrimiento y penetración del producto (Figura 16).

Las aspersiones a bajo volumen (menores de 50 L/ha), utilizando el equipo comercial Motax[®], (Figura 14), mostraron alto rendimiento (1,5 ha/jornal) y un eficiente resultado en el control de la roya, con un volumen de 10 cc/planta (6). Con el equipo Motax[®] se debe hacer la aspersión empleando la máxima aceleración.

Con los equipos semi-estacionarios, se debe trabajar preferiblemente empleando una presión de 200 PSI y un caudal no mayor de 2,2 L/min.

Sistemas de aspersión

Con el propósito de obtener un máximo rendimiento por jornal, los sistemas de aspersión buscan aumentar la eficiencia sin afectar el

cubrimiento, distribución y persistencia del producto en el follaje (31).

En plantaciones de café sembradas en surcos y con cualquier distancia de siembra pueden utilizarse equipos de espalda, cubriendo medias caras de las plantas a través del surco que se está asperjando (Figura 17).

En cafetales sembrados irregularmente, con amplias distancias de siembra y con sombrío, solo es posible asperjar con equipos convencionales (árbol por árbol), según las dosis y volúmenes de aspersión recomendados (31, 38).

En cafetales mayores de 16 meses y en cualquier pendiente de terreno, se sugiere el aguilón vertical para asperjar simultáneamente dos medios surcos (Figura 18). Este sistema de aspersión, a bajo volumen, se recomienda con el equipo Motax[®] (Figura 19).

Con los equipos semiestacionarios, se recomienda aplicar el fungicida por encima de la copa de los árboles, cubriendo simultáneamente 2 surcos en el desplazamiento del operario (39) (Figura 20).



Figura 16. a. Hojas con cubrimiento inadecuado de fungicida por efecto de una deficiente calibración de la aspersión; **b.** Hojas con cubrimiento adecuado.



Figura 17. Aspersión dirigida a media cara de la planta, con la aspersora de presión previa retenida (PPR).



Figura 18. Aspersora de presión previa retenida (PPR) con aguilón vertical de una sola barra.

Figura 19. Aspersión de medias caras de plantas a lo largo del surco, con el equipo motorizado.



Figura 20. Aspersión por encima de la copa de los árboles, con un equipo semiestacionario, cubriendo dos surcos simultáneamente.

Velocidad de aspersión

Una vez definido el equipo, el tipo de boquilla y flujo por minuto a una presión recomendada, así como las características del cultivo y el sistema de aspersión, se debe definir en el lote el tiempo de aspersión por cafeto, de la siguiente manera (39):

Después de realizar el cálculo del tiempo de aspersión por planta, debe explicársele al operario, en el lote que se va a asperjar y con el equipo de aspersión seleccionado, la velocidad de aspersión (m/seg) a lo largo del surco.

También se debe definir la concentración del producto (g/L), la cual depende del volumen de aspersión por planta y la capacidad del tanque de agroquímico de la aspersora que se va a emplear.

Una vez conocido el número de plantas que se asperjan por minuto, se efectúa la siguiente relación:

Si en **60** segundos se asperjan **N plantas**, en cuántos segundos (**X tiempo**) se asperja **1 planta**?

Número de plantas por minuto: $\frac{\text{Flujo de la boquilla/minuto}}{\text{Mezcla fungicida por planta}}$

$X = (\text{Tiempo por cafeto}): \frac{60 \text{ segundos} \times 1 \text{ planta}}{N \text{ plantas asperjadas}}$

VII. Análisis económico del control de la roya del cafeto

El objetivo fundamental de este análisis es orientar al caficultor sobre los costos del control químico de la roya, mostrar la variación y el impacto económico según la opción seleccionada, que facilite la alternativa más adecuada con base en las condiciones de cada productor de café. Para ello, se parte de las

recomendaciones técnicas indicadas, sobre los tres sistemas para controlar la roya en Colombia, así: 1. Con base en un calendario fijo; 2. Considerando el período de floración principal; 3. Teniendo en cuenta niveles de infección.

Una vez evaluada la situación específica del

cafetal por parte del productor, se debe definir el tipo de fungicida y el equipo de aspersión adecuado o disponible en su finca, con el cual realizará la aplicación en el momento oportuno (39). Con estos criterios claros, el caficultor podrá consultar la información económica, que le permita tener una base confiable de

los costos del control de la roya en su finca, de acuerdo con la información que se presenta en este documento, buscando los mejores rendimientos económicos a los menores costos posibles, y los resultados más efectivos en el control de este hongo.

Costos del control de la roya del café

En la Tabla 5 se presentan las variables requeridas para establecer los costos y realizar el análisis económico; con esta información y los indicadores

registrados en cada uno de los costos del control de la enfermedad, el caficultor podrá ajustarlos fácilmente y actualizarlos anualmente, teniendo en cuenta el índice de inflación o índice de precios al consumidor, para incrementar los costos de

Tabla 5. Variables consideradas en el análisis económico.

Variable	Unidad de medida	Valor (\$)⁴
Mano de obra¹	Jornal	29.144
Costo recolección café cereza²	Kilogramo	285
Costo beneficio completo (húmedo y seco) del café²	@ c.p.s.	2.390
Café pergamino seco³	@	70.307
Royal Cóndor	Unidad	210.000
Triunfo 40 -100 -10	Unidad	600.000
Maruyama MS 330 EAB	Unidad	3.789.500
Maruyama MS 073 D	Unidad	1.688.960
Aguilón vertical	Unidad	250.000
Motorizado de espalda – Motax 33	Unidad	3.158.067
Fumigadora Jacto PJH	Unidad	220.000
Equipo de protección personal (completo)	Unidad	161.000
Oxicloruro de Cobre 50% PM	Kilogramo	13.650
Mildium 50 SC	Litro	82.000
Amistar ZTRA 28 SC	Litro	174.900
Verdadero 600 WG	Kilogramo	285.800
Alto 100 SL	Litro	165.350
Comet EC	Litro	150.000
Bayletón 25% SC	Litro	98.600

¹ Valor jornal calculado con base en el salario mínimo mensual legal vigente año 2011; incrementado en un 12% por las características de la labor, tanto en la normatividad legal como por sus condiciones especiales.

² Datos suministrados por Gerencia Técnica - FNC, Noviembre 25 de 2010.

³ Precio interno promedio ponderado por producción año cafetero 2009/2010, datos de Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

⁴ Precios a Enero de 2011. Costo aguilón suministrado por el Dr. Diógenes Villalba, los restantes del Almacén del Café y casas comerciales.

los fungicidas, equipos y accesorios; así mismo, con el porcentaje de incremento del salario mínimo, podrá actualizar el valor del jornal.

Para la aplicación del fungicida elegido por el caficultor, se recomienda utilizar agua tratada o de acueducto, debido a que por sus características de calidad, pueden lograrse óptimos rendimientos de aplicación y eficientes resultados biológicos. Es

decir, debe evitarse la mezcla de los fungicidas con otros insumos o con aguas de nacimientos, conocidas como duras, así como la mezcla de los fungicidas con aguas que sean impuras o recolectadas por lluvias, las cuales pueden contaminar y alterar el modo de acción de los ingredientes activos de estos productos. El costo del agua no se consideró en el cálculo del control de la roya, pero el caficultor podrá conocerlo y estimarlo

fácilmente de acuerdo con la tarifa que paga por este servicio en su finca.

En las Tablas 6 a 12 se presentan los costos del control de la roya por hectárea de café, para cada aplicación y por año, con cada fungicida o mezcla recomendada y según el tipo de equipo de aspersión utilizado: Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR],

Tabla 6. Costos del control de la roya del cafeto para una hectárea, por aplicación y por año, con el fungicida oxiclورو de cobre y con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión				
		PH – Royal Cándor	PPR – Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D
Mano de Obra	Jornal	6,50	6,00	3,00	2,00	0,67
	\$	189.433	174.861	87.431	58.287	19.526
Fungicida	Kilogramo	3	3	3	3	3
	\$	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950
Equipos (Uso y mantenimiento)	Horas	39	36	18	12	4,02
	\$/uso	5.526	14.575	10.324	2.557	764
	\$/mantenim.	17.639	16.321	8.306	8.885	2.114
Insumos: equipo de protección personal; combustibles y lubricantes	gasolina (cc)	0	0	0	1.753	1.000
	aceite (cc)	0	0	0	70	40
	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880
Costo por aplicación		255.667	248.663	147.989	116.117	66.234
Costo por año (4 aplicaciones)		1.022.666	994.652	591.955	464.468	264.938

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

Tabla 7. Costos del control de la roya del cafeto para una hectárea, por aplicación y por año, con el fungicida cyproconazol (Alto 100 SL) y con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión					
		PH - Royal Córdor	PPR - Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D	MT - Motorizado de espalda – Motax 33
Mano de Obra	Jornal	6,50	6,00	3,00	2,00	0,67	0,67
	\$	189.433	174.861	87.431	58.287	19.526	19.526
Fungicida	Litro	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	\$	41.338	41.338	41.338	41.338	41.338	41.338
Equipos (Uso y mantenimiento)	Horas	39,00	36,00	18,00	12,00	4,02	4,02
	\$/uso	5.526	14.575	10.324	2.557	764	1.428
	\$/mantenim.	17.639	16.321	8.306	8.885	2.114	2.114
Insumos: equipo de protección personal; combustibles y lubricantes	gasolina (cc)	0	0	0	1.753	1.000	1.000
	aceite (cc)	0	0	0	70	40	40
	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880	2.880
Costo por aplicación		256.054	249.050	148.376	116.504	66.622	67.286
Costo por año (3 aplicaciones)		768.162	747.151	445.128	349.513	199.866	201.858

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

Tabla 8. Costos del control de la roya del café para una hectárea, por aplicación y por año, con el fungicida cyproconazol + thiamethoxan (Verdadero 600 WG) al suelo.

Concepto	Unidad de medida	Aspersora Jacto PJH
Mano de Obra	Jornal	1,13
	\$	32.787
Fungicida	Kilogramo	1,00
	\$	285.800
Equipo Jacto (Uso y mantenimiento)	Horas	6,75
	\$/uso	1.072
	\$/mantenimiento	3.053
Insumos	\$/insumos	367
Costo por aplicación		323.078
Costo por año (2 aplicaciones)		646.157

presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

La metodología empleada se basó en el cálculo de los costos directos para el control de la roya, en los cuales incurre el caficultor. Los rendimientos de la mano de obra en la aplicación de fungicidas con cada equipo de aspersión, se establecieron con base en los registros de diferentes investigaciones realizadas en Cenicafé y validados con datos de sus Estaciones de Experimentación Regional.

Se aplicó un criterio similar para calcular el consumo de gasolina y aceite de los equipos motorizados. La cantidad del fungicida corresponde a la dosis recomendada por Cenicafé para cada producto comercial.

Se consideró el costo del uso y mantenimiento de los equipos con base en la vida útil indicada por cada fabricante, en función de las horas de utilización del mismo por cada aplicación. Además, para el mantenimiento se consideraron los repuestos y accesorios que se deben

reemplazar periódicamente por el deterioro o funcionamiento inapropiado, como es el caso de boquillas, empaques y mangueras, entre otros. Se debe aclarar que la selección del sistema de aplicación está sujeta a la edad del cultivo y al equipo de aspersión utilizado. Así mismo se estimó el uso del equipo completo de protección personal ajustado a las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), y así evitar el riesgo para la salud de los trabajadores al manipular los diferentes fungicidas. Este equipo se requiere para la protección de las vías respiratorias, de la cabeza,

Tabla 9. Costos del control de la roya del café para una hectárea, por aplicación y por año, con el fungicida cyproconazol + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28 SC), con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión					
		PH - Royal Cóndor	PPR - Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D	MT - Motorizado de espalda - Motax 33
		6,50	6,00	3,00	2,00	0,67	0,67
		189.433	174.861	87.431	58.287	19.526	19.526
Insumos (Fungicida)	Kilogramo	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	\$	131.175	131.175	131.175	131.175	131.175	131.175
Equipos (Uso y mantenimiento)	Horas	39,00	36,00	18,00	12,00	4,02	4,02
	\$/uso	5.526	14.575	10.324	2.557	764	1,428
	\$/mantenim.	17.639	16.321	8.306	8.885	2.114	2.114
Insumos: equipo de protección personal; combustibles y lubricantes	gasolina (cc)	0	0	0	1.753	1.000	1,000
	aceite (cc)	0	0	0	70	40	40
	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880	2,880
Costo por aplicación		345.892	338.888	238.214	206.342	156.459	157.124
Costo por año (3 aplicaciones)		1.037.675	1.016.664	714.641	619.026	469.378	471.371

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

de los ojos y del cuerpo, en general, por lo que también consta de guantes, botas de caucho y ropa especial con resistencia a los compuestos e ingredientes activos de los productos. Estos elementos por higiene deben ser de uso personal.

La variación en los costos del control de la roya está en función de las diferentes variables consideradas. En estos resultados se destaca el uso del equipo motorizado de espalda Maruyama y Motax® 33, por tener menores costos asociados

al rendimiento de la mano de obra requerida para las aplicaciones de fungicidas. Es decir, que el costo de la mano de obra se disminuye cuando se emplean equipos de aspersión de mayor rendimiento y viceversa;

Tabla 10. Costos del control de la roya del cafeto para una hectárea, por aplicación y por año, con el fungicida pyraclostrobin (Comet EC), con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión					
		PH - Royal Cónдор	PPR – Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D	MT - Motorizado de espalda – Motax 33
1. Mano de Obra	Jornal	6,50	6,00	3,00	2,00	0,67	0,67
	\$	189.433	174.861	87.431	58.287	19.526	19.526
2. Insumos (Fungicida)	Litro	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	\$	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000	90.000
3. Equipos (Uso y mantenimiento)	Horas	39,00	36,00	18,00	12,00	4,02	4,02
	\$/uso	5.526	14.575	10.324	2.557	764	1,428
	\$/mantenim.	17.639	16.321	8.306	8.885	2.114	2.114
4. Insumos: equipo de protección personal; combustibles y lubricantes	gasolina (cc)	0	0	0	1.753	1.000	1.000
	aceite (cc)	0	0	0	70	40	40
	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880	2,880
Costo por aplicación		304.717	297.713	197.039	165.167	115.284	115.949
Costo por año (3 aplicaciones)		914.150	893.139	591.116	495.501	345.853	347.846

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

condiciones que están directamente relacionadas con el cambio en la tecnología de aspersión de equipos de presión hidráulica y presión previa retenida a equipos motorizados.

Otro factor que muestra diferencias en los costos totales por año, es el número de aplicaciones requeridas con base en las recomendaciones de Cenicafé para cada producto.

De allí que se indiquen todas las opciones para que el caficultor conozca anticipadamente el costo de la labor durante el año y pueda planear sus gastos, de acuerdo con las

Tabla 11. Costos del control de la roya del café para una hectárea, por aplicación y por año, con los fungicidas hexaconazol (Mildium 50 SC) o triadimefón (Bayletón 25% SC), con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión					
		PH – Royal Cándor	PPR - Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D	MT - Motorizado de espalda - Motax 33
Mano de Obra	\$/jornal	189.433	174.861	87.431	58.287	19.526	19.526
Insumos (hexaconazol)	\$/litro	82.000	82.000	82.000	82.000	82.000	82.000
Insumos (triadimefón)	\$/litro	147.900	147.900	147.900	147.900	147.900	147.900
Equipos (Uso y mantenimiento)	\$	23.165	30.896	18.630	11.442	2.878	3.542
Insumos	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880	2.880
Costo aplicación con hexaconazol		296.717	289.713	189.039	157.167	107.284	107.949
Costo por año con hexaconazol (3 aplicaciones)		890.150	869.139	567.116	471.501	321.853	323.846
Costo aplicación con triadimefón		362.617	355.613	254.939	223.067	173.184	173.849
Costo por año con triadimefón (3 aplicaciones)		1.087.850	1.066.839	764.816	669.201	519.553	521.546

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®

condiciones de su finca en cuanto a tamaño, área cultivada con variedades susceptibles y nivel de la enfermedad. La selección del manejo de la roya por parte del caficultor, está sujeta a la condición que mejor se adapte a las características socioeconómicas de su

finca, atendiendo las recomendaciones del Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros.

Cenicafé mantiene vigente la recomendación del uso del aguilón vertical y del equipo Motax®, basado en los

rendimientos de aplicación obtenidos con esos equipos y en la adaptabilidad a las buenas prácticas agrícolas, debido a que el operario disminuye su riesgo al contacto con los fungicidas.

Tabla 12. Costos del control de la roya del café para una hectárea, por aplicación y por año, con mezcla de los fungicidas oxiclورو de cobre (50% PM) + triadimefón, con diferentes equipos de aspersión.

Concepto	Unidad de medida	Equipo de aspersión				
		PH – Royal Cándor	PPR - Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D
Mano de Oobra	\$/jornal	189.433	174.861	87.431	58.287	19.526
Insumos (Fungicida)	\$/mezcla	188.850	188.850	188.850	188.850	188.850
Equipos (Uso y mantenimiento)	\$	23.165	30.896	18.630	11.442	2.878
Insumos	\$/insumos	2.118	1.955	978	5.437	2.880
Costo por aplicación		403.567	396.563	295.889	264.017	214.134
Costo por año (2 aplicaciones)		807.133	793.126	591.777	528.034	428.269

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

Viabilidad económica del control químico de la roya

Controlar la roya del café es viable económicamente, hecho que ha sido ampliamente demostrado en diferentes investigaciones de Cenicafé (38, 48). Los experimentos reportan que las pérdidas por roya, estimadas inicialmente en un promedio de 23% de la producción acumulada

de cuatro cosechas, actualmente superan el 28%, es decir, casi una tercera parte de la cosecha de un ciclo productivo. Estos datos se corroboran con los resultados negativos surgidos por la alta presencia de la enfermedad en la cosecha del año 2010.

Existen diversas formas para evaluar la viabilidad económica del control químico de la roya del café. En este Boletín se

aplicará el concepto del punto de equilibrio en volumen de producción y la técnica de presupuestos parciales.

El punto de equilibrio establece la cantidad de arrobas de café pergamino seco que se requieren para realizar el control y se calcula mediante la división entre los costos del control por hectárea y el precio de venta de la arroba de café pergamino seco. Su cálculo

se presenta para todos los fungicidas o mezclas recomendadas, especificado para cada equipo de aspersión (Tabla 13).

El punto de equilibrio más bajo, es decir, aquel con el cual se requiere menor volumen de café pergamino seco para controlar la enfermedad, se obtuvo para el control con equipos motorizados de espalda, con un promedio de 5,2 @.ha⁻¹.año⁻¹ de c.p.s., seguido del uso de equipo

semiestacionario, con un promedio de 7,3 @.ha⁻¹.año⁻¹ de c.p.s., el equipo de PPR con aguilón vertical con 8,7 @.ha⁻¹.año⁻¹ de c.p.s., y finalmente, los equipos de PPR y de PH con un volumen promedio de 13,1 @.ha⁻¹.año⁻¹ de c.p.s.

En Cenicafé se evaluó (años 2007 a 2009) el producto comercial Verdadero 600 WG (cyproconazole + thiamethoxan) para el control de la roya del cafeto realizando la aplicación

al suelo con un equipo de espalda Jacto PJH con regulador de presión (sin boquilla), con resultados biológicos satisfactorios en el control de la enfermedad y en la producción de café en las plantas tratadas. En estos estudios se alcanzó un promedio de producción de 475 @ cps.ha⁻¹.año⁻¹, que lo presenta como una alternativa económica, debido a que los costos del control de roya con este producto son menores a los costos con otros fungicidas

Tabla 13. Punto de equilibrio por volumen de producción para el control de la roya del cafeto, con diferentes equipos para aplicación de fungicidas al follaje.

Fungicidas	Punto de equilibrio (@.ha ⁻¹ año ⁻¹ de c.p.s.) según el equipo aspersión					
	PH - Royal Cónдор	PPR - Triunfo 40 -100 -10	PPR + AV	SE - Maruyama MS 330 EAB	ME - Maruyama MS 073 D	MT - Motorizado de espalda – Motax 33
oxicloruro de cobre (50% PM)	14,5	14,1	8,4	6,6	3,8	3,8
cyproconazol (Alto 100 SL)	10,9	10,6	6,3	5,0	2,8	2,9
cyproconazol + azoxystrobin (Amistar ZTRA 28 SC)	14,8	14,5	10,2	8,8	6,7	6,7
pyraclostrobin (Comet EC)	13,0	12,7	8,4	7,0	4,9	4,9
oxicloruro de cobre (50% PM) + triadimefón = Mezcla	11,5	11,3	8,4	7,5	6,1	6,1
hexaconazol (Mildium 50 SC)	12,7	12,4	8,1	6,7	4,6	4,6
triadimefón (Bayletón 25% SC)	15,5	15,2	10,9	9,5	7,4	7,4

Presión hidráulica [PH], presión previa retenida [PPR], presión previa retenida más aguilón vertical [PPR + AV], semiestacionaria [SE], motorizada de espalda [ME] y motorizada Motax®.

evaluados, al sólo requerir de dos aplicaciones al año. El punto de equilibrio con este producto, bajo las condiciones evaluadas, fue de 9,2 @ cps ha⁻¹.año⁻¹.

La técnica de presupuestos parciales es una de las herramientas que sirve para la toma de decisiones en la adopción de nuevas tecnologías, por parte de los productores a nivel de finca (2). Este método compara los beneficios económicos de una tecnología, en este caso, si su implementación o aplicación justifica el costo del control de la roya. En

las Tablas 14, 15 y 16 se presentan los resultados experimentales de Cenicafé, para evaluar el efecto de algunos fungicidas para el control de la roya del café (9, 10). En cada caso, se aplicó el producto comercial para comparar los resultados de producción frente a un cultivo sin control de roya, que actuó como testigo absoluto, con el fin de medir los resultados finales sobre la variable producción de café pergamino seco.

En los resultados anteriores la producción corresponde al promedio de tres cosechas,

durante los años 2007 a 2009; la información que se presenta para el fungicida Comet EC (Tabla 12), muestra la producción del promedio de los años 2009 y 2010. En el año 2010 en este experimento se tuvo una alta presencia de roya, situación que se evidenció en la baja producción de café en las plantas del cultivo no tratadas contra la roya (testigos) (Tabla 16), comparadas con la producción de los árboles testigos de las investigaciones adelantadas durante los años 2007 a 2009 (Tablas 14 y 15).

Tabla 14. Análisis de presupuesto parcial por hectárea para el control de la roya del café con el fungicida Verdadero 600 WG aplicado al suelo con el equipo Jacto PJH.

Componente	Verdadero 600 WG	Testigo absoluto (sin control roya)
Promedio anual de producción (@.ha ⁻¹ de c.p.s.) ¹	475 ± 11	338 ± 19
Variación en producción por efecto del fungicida (@.ha ⁻¹ de c.p.s.)	137	0
Variación en costos e ingresos (Impactos negativos)		
1. Costo anual por hectárea del control roya	646.157	0
2. Incremento en el costo de recolección por cambio en la producción	2.440.313	
3. Aumento del costo de beneficio por cambio en la producción	327.430	
Total Impactos Negativos [A]	3.413.899	0
Variación en costos e ingresos (Impactos positivos)		
1. Aumento de ingresos por mayor producción	9.632.059	
Total Impactos Positivos [B]	9.632.059	0
Cambio en el Ingreso Neto [B-A]	6.218.160	0

¹ Se expresa dentro de su correspondiente intervalo de confianza.

Tabla 15. Análisis de presupuesto parcial por hectárea, para el control de la roya del café con el fungicida Amistar ZTRA 28 SC, aplicado con el equipo motorizado de espalda Maruyama MS 073 D.

Componente	Amistar ZTRA 28 SC	Testigo absoluto (sin control roya)
Promedio anual de producción (@.ha ⁻¹ de c.p.s.) ¹	423 ± 11	310 ± 9
Variación en producción por efecto del fungicida (@.ha ⁻¹ de c.p.s.)	113	0
Variación en costos e ingresos (Impactos negativos)		
1. Costo anual por hectárea del control roya	469,378	0
2. Incremento en el costo de recolección por cambio en la producción	2,012,813	
3. Aumento del costo de beneficio por cambio en la producción	270,070	
Total Impactos Negativos [A]	2,752,261	0
Variación en costos e ingresos (Impactos positivos)		
1. Aumento de ingresos por mayor producción	7,944,691	
Total Impactos Positivos [B]	7,944,691	0
Cambio en el Ingreso Neto [B-A]	5,192,430	0

¹ Se expresa dentro de su correspondiente intervalo de confianza.

Tabla 16. Análisis de presupuesto parcial por hectárea, para el control de la roya del café con el fungicida Comet EC, aplicado con un equipo de presión previa retenida.

Componente	Comet EC	Testigo absoluto (sin control roya)
Promedio anual de producción (@.ha ⁻¹ de c.p.s.)	362 ± 11	224 ± 13
Variación en producción por efecto del fungicida (@.ha ⁻¹ de c.p.s.)	138	0
Variación en costos e ingresos (Impactos negativos)		
1. Costo anual por hectárea del control roya	893.139	0
2. Incremento en el costo de recolección por cambio en la producción	2.449.219	
3. Aumento del costo de beneficio por cambio en la producción	328.625	
Total Impactos Negativos [A]	3.670.982	0
Variación en costos e ingresos (Impactos positivos)		
1. Aumento de ingresos por mayor producción	9.667.213	
Total Impactos Positivos [B]	9.667.213	0
Cambio en el Ingreso Neto [B-A]¹	5.996.230	0

¹ Se expresa dentro de su correspondiente intervalo de confianza.

En estos tres análisis de presupuesto parcial la información hace referencia a los recientes resultados experimentales con estos tres fungicidas. En estudios de Cenicafé (42), al evaluar el oxiclورو de cobre y el Alto 100, se concluyó que el control de la enfermedad con estos fungicidas era viable desde el punto de vista económico, ya que los ingresos netos siempre fueron positivos, es decir, que fueron mayores los impactos positivos sobre los negativos, al obtener la diferencia por el efecto de la aplicación de esos fungicidas, con respecto al testigo, en el cual no se controló la enfermedad.

En este sentido, los resultados de las nuevas investigaciones llevadas a cabo en Cenicafé, permiten apreciar cómo las plantas sin tratamiento contra la roya del cafeto sistemáticamente han venido perdiendo producción a través del tiempo, con un efecto más evidente y drástico ante la mayor presencia de la roya en los cafetales, en los años 2009 y 2010, debido entre otras razones a las variaciones climáticas y al deficiente

manejo agronómico de esos cultivos.

El control de la roya, aunque se podría obviar si los caficultores sembraran variedades de café con resistencia a esta enfermedad, no es tan costoso ni tiene un peso de gran significado en la composición total de los costos de producción de café, que sea determinante para que el caficultor no realice oportuna y adecuadamente las aplicaciones de los fungicidas recomendados para el control en las variedades susceptibles, y de este modo, no se vea afectada la sanidad y producción de las plantaciones de café por el impacto de esta enfermedad, lo cual compromete la sostenibilidad y el bienestar del caficultor y de su familia, por la pérdida progresiva de rentabilidad de su cultivo.

No obstante, en cuanto a la viabilidad económica

del control de la roya, la mejor alternativa para el caficultor es la renovación con variedades resistentes, de allí que la Federación Nacional de Cafeteros y el Gobierno Nacional busquen, a través de todos los recursos técnicos disponibles, mantener la caficultura colombiana en un nivel mínimo de presencia de este hongo patógeno, y para ello se invita y orienta a los cafeteros a renovar sus cultivos con variedades de alta productividad y resistentes a la enfermedad como son las Variedades Castillo® y Castillo® Regionales.

Literatura citada

1. AGRIOS, G.N. Plant pathology. 5. ed. Elsevier Academic Press (Estados Unidos), 2005. 922 p.
2. ALIMI, T; MANYONG, V.M. Partial budget analysis for on-farm research. IITA, (Nigeria) 2000. 55 p
3. ALVARADO G.; POSADA H.E.; CORTINA H.A. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. Avances Técnicos Cenicafé No. 337:1-8. 2005.
4. ALVARADO G.; POSADA H.E.; CORTINA H.A. Las variedades Castillo regionales : Variedades de café *Coffea arabica* L. con alta productividad elevada resistencia a enfermedades y adaptación específica. Fitotecnia colombiana 8(1):22-38. 2008.
5. ARCILA P, J.; FARFÁN V, F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., E. Sistemas de producción de café en Colombia: Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 2007. 309 p.
6. ASTON, R. Report on low volume spraying project motax validation trial. 2 month extension may – june 1992. Chinchiná, Caldas. National Coffee Federation – ODA, 1992. p 12-33.
7. AVELINO J.; WILLOCQUET L.; SAVARY S. Effects of crop management patterns on coffee rust Plant Pathology 53, 541–547. 2004
8. BARTLETT, D., J.M.CLOUGH, J.GODWIN, AHALL, M. HAMER AND B. PARR-DOBRA NSKI. Review: The strobilurin fungicides. Pest Management Science 58:649-662. 2002.
9. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 2009-2009: Chinchiná, Cenicafé, 2009. 222 p.
10. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 2009-2010 Chinchiná, Cenicafé, 2010. 168 p.
11. CHAVES, G.M.; MATSUOKA, K.; CARVALHO, M.G. DE; CRUZ FILHO, J. DA. Ferrugem do cafeeiro *Hemileia vastatrix* Berk. and Br. Resultados preliminares de ensaios sobre avaliacao de fungicidas, em Minas Gerais, e recomendacoes para o controle químico da enfermidade. Seiva (Brasil) 31(73):120-137. 1971.
12. CRISTANCHO A., M.A. Control biológico de enfermedades. In: ENFERMEDADES del cafeto en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 2003. p. 55-63.
13. CRISTANCHO A., M.A.; ESCOBAR O., C.; OCAMPO M., J.D. Evolución de razas de *Hemileia vastatrix* en Colombia. Cenicafé 58(4):340-359. 2007
14. COSTA M; ZAMBOLIM L.; RODRIGUES F. Efeito de Níveis de Desbaste de Frutos do Cafeeiro na Incidência da Ferrugem, no teor de Nutrientes, Carbohidratos e Açúcares Redutores. Fitopatol. Bras. 31(6): 564 – 571. 2006
15. GAITÁN B., A.L. Manejo genético y biológico en patosistemas limitantes del cultivo del café en América. Fitotecnia

- colombiana 8(2):1-8. 2008.
16. GIL V., L. F.; RIVILLAS O., C.A. Persistencia de depósitos de dos fungicidas cúpricos en condiciones de campo. In: Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Informe de labores de la Disciplina de Fitopatología en el período 1985 - 1987. Chinchiná, Cenicafé, 1987.
 17. GIL V., L. F.; SIERRA S., C.A. Persistencia de fungicidas cúpricos con y sin adherente en condiciones de campo. In: Centro Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Informe de labores de la Disciplina de Fitopatología en el período 1985 - 1987. Chinchiná, Cenicafé, 1987.
 18. GÓMEZ L. Película de agua sobre las hojas de los cafetos. Cenicafé 35(4):94-101. 1984.
 19. GUZMAN O.A. Evaluación de la resistencia parcial a la roya del caféto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en tres localidades con diferente condición ambiental. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2008. 96 p.
 20. JARAMILLO R., A.; ARCILA P., J. Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de la niña y su efecto en la caficultura. Avances Técnicos Cenicafé No. 389:1-8. 2009.
 21. JARAMILLO R., A.; ARCILA P., J. Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento de El Niño y su efecto en la caficultura. Avances Técnicos Cenicafé No. 390:1-8. 2009.
 22. JAVED, Z.U.R. Efficacy of various 50 per cent formulations of cupric chloride against leaf rust in Kenya. Kenya Coffee 47(551):51-56. 1982.
 23. JONG, E.J. DE; ESKEs, A.B.; HOOGSTRATEN, J.G.J.; ZADOKS, J.C. Temperature requirements for germination, germ tube growth and appressorium formation of *Hemileia vastatrix*. Netherlands Journal of Plant Pathology 93(2):61-71. 1987.
 24. KUSHALAPPA, A.C.; AKUTSU, M.; LUDWIG, A. Application of survival ratio for monocyclic process of *Hemileia vastatrix* in predicting coffee rust infection rates. Phytopathology 73(1):96-103. 1983.
 25. KUSHALAPPA A. C.; ESKEs A. B. Advances in Coffee Rust Research Annual Review of Phytopathology. 27: 503-531. 1989
 26. KUSHALAPPA, A.C.; ESKEs, A.B. Coffee rust: epidemiology, resistance, and management. Boca Raton, FL (Estados Unidos), CRC Press, 1989. 345 p
 27. LEROUX P.; BACH J.; DEBIEU D.; FILLINGER S.; FRITZ R.; WALKER A.-S. Mode of Action of Sterol Biosynthesis Inhibitors and Resistance Phenomena in Fungi . In: Modern Fungicides and Antifungal Compounds V, Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, Germany, 2008 p 85-92
 28. LEGUIZAMÓN C., J. E. Control químico de la roya del caféto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. con fungicidas sistémicos aplicados al suelo y al follaje. In: CENTRO Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología del período Octubre 1993 a 1994. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 25 p.
 29. LEGUIZAMÓN C., J. E.; OROZCO G., L.; GÓMEZ G., L. Estudio de la curva epidemiológica de la roya del caféto a libre exposición solar en tres localidades de la zona cafetera Colombiana. Informe final de investigación en epidemiología de la roya del caféto en Colombia. Chinchiná, Convenio JUNAC-FEDERACAFÉ. Cenicafé, 1990. 188 p.

30. LEGUIZAMÓN C., J. E.; OROZCO G., L.; GÓMEZ G., L. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Colombia. *Cenicafé* 49(4), 1999.
31. LEGUIZAMÓN C., J. E.; SIERRA S., C. A.; CADENA G., G. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*. No. 93: 1-4. 1979.
32. LONDOÑO B., G.; LEGUIZAMÓN C., J. E.; MONTOYA R., E. C. Evaluación del fungicida sistémico cyproconazol para el control de la roya del cafeto. *Cenicafé* 46(1):56-62.1995.
33. MASABA, D.M. Efficacy of reduced rates of copper formulations against coffee leaf rust in Kenya. *Kenya Coffee* 52(606):65-71. 1987.
34. MONTOYA R., E. C.; SIERRA S., C. A. Estudio de un modelo de simulación de la roya del cafeto en Colombia: desarrollo matemático e implantación del modelo. *Fitopatología Colombiana* 17(1):2-11. 1993.
35. MORA M., J.E. Evaluación de fungicidas cúpricos para el combate de enfermedades del cafeto. *Investigación Agrícola* 2(1):25-28. 1998.
36. MORENO R., L.G.; CASTILLO Z., J. La variedad Colombia; una variedad de café con resistencia a la roya *Hemileia vastatrix* Berk y Br. *Boletín Técnico Cenicafé* No. 9:1-25. 1984.
37. RIVILLAS O., C. A. The effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Two Different Coffee Varieties from Colombia and their Biochemical Detection in Roots. *Canterbury, Research School of Biosciences. University of Kent*, 1995. 88 p. (Tesis: Magister Science).
38. RIVILLAS O., C. A. Estudio económico y técnico de aspersiones fitosanitarias en cafetales comerciales. *Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía*, 1977. 225 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
39. RIVILLAS O., C.A. Tecnología de aplicación de plaguicidas en el cultivo del café. In: *ENFERMEDADES del cafeto en Colombia. Chinchiná (Colombia), Cenicafé*, 2003. p. 75-82.
40. RIVILLAS O., C.A. Manejo de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. y otras enfermedades en Colombia. In: *TALLER sobre la Roya del Cafeto (Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) para técnicos del Comité de Cafeteros de Antioquia. *Medellín (Colombia)*, Mayo 23-24, 2006. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 2006.
41. RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V., L.F. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. *Boletín Técnico Cenicafé* No. 19:1-36. 1999.
42. RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V., L.F.; DUQUE O., H. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. 2. ed. *Boletín Técnico Cenicafé* No. 19:1-36. 2005.
43. RIVILLAS O., C. A. VILLALBA G., D. A. Calibración de una aplicación. In: *TECNOLOGÍA del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé*, 1988.p.211-216.
44. RIVILLAS O., C. A. VILLALBA G., D. A. Boquillas para la aspersión del cafetales. In: *TECNOLOGÍA del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé*, 1988.p. 223-225.
45. SIERRA S., C. A.; CHAVES C., B. Épocas de control de la roya del cafeto en Colombia. In: *CENTRO Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología del período Octubre de 1988 a Septiembre de 1989.*

- Chinchiná, Cenicafé, 1989. 89 p.
46. SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E.C. Control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y su efecto en la producción. Cenicafé 46(2):69-80. 1995.
47. SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E. C. Control de la roya del cafeto con base en los niveles de infección. Avances Técnicos Cenicafé No.195:1-4. 1993.
48. SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E. C.; VÉLEZ R., C. Nivel de daño y umbral económico para la roya del cafeto. Fitopatología Colombiana 19 (2):43-48. 1995.
49. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1991 (zonas con cosecha importante en ambos semestres del año). Avances Técnicos Cenicafé No.156: 1-5. 1991.
50. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1991 (zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No.157: 1-4. 1991.
51. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1991 (zonas con cosecha principal en el primer semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No.158: 1-5. 1991.
52. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1993 (zonas con cosecha principal en ambos semestres del año). Avances Técnicos Cenicafé No.183: 1-3. 1992.
53. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1993 (zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No.186: 1-2. 1993.
54. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del cafeto para 1993 (zonas con cosecha principal en el primer semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No. 191: 1-2. 1993.
55. VALENCIA A., G. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del cafeto. Cenicafé 24(2):78-89. 1973.



Cenicafé

Ciencia, tecnología
e innovación
para la caficultura
colombiana