

# RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE LA ROYA DEL CAFETO EN COLOMBIA

Carlos Alberto Rivillas Osorio  
Jairo E. Leguizamón Caycedo  
Luis Fernando Gil Vallejo  
Hernando Duque Orrego

GERENCIA TÉCNICA  
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ  
"Pedro Uribe Mejía"

**Cenicafé**

Chinchiná - Caldas - Colombia

Boletín Técnico

Nº 19

2a Ed. 2005





## FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

### COMITE NACIONAL DE CAFETEROS

Ministro de Hacienda y Crédito Público  
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural  
Ministro de Comercio Exterior  
Director del Departamento de Planeación Nacional

### Miembros elegidos para el período 1999-2001

#### PRINCIPALES

---

Luis Ignacio Múnera Cambas  
Mario Gómez Estrada  
Alfonso Jaramillo Salazar  
Rodrigo Múnera Zuloaga  
Julio Ernesto Marulanda Buitrago  
Diego Arango Mora  
Floresmiro Azuero Ramírez  
Carlos Alberto Martínez Martínez

#### SUPLENTES

---

Jorge Alberto Uribe Echavarría  
Jorge Cala Robayo  
Ramón Campo González  
Rodolfo Campo Soto  
Edgar Dávila Muñoz  
Alfredo Yañez Carvajal  
Luis Ardila Casamitjana  
Ernesto Sayer Martínez

Gerente General  
**JORGE CARDENAS GUTIERREZ**

Subgerente General  
**HERNAN URIBE ARANGO**

Gerente Técnico  
**ANTONIO HERRON ORTIZ**

Director Programa de Investigación Científica  
Director Centro Nacional de Investigaciones de Café  
**GABRIEL CADENA GOMEZ**

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.

## UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

Editor: Héctor Fabio Ospina Ospina, I.A., MSc.  
Mecanografía: Carlos A. Zuluaga E.  
Diseño y Diagramación: Ángela C. Miranda C.  
Fotografía: Carlos Alberto Rivillas Osorio  
Jairo E. Leguizamón Caycedo  
Luis Fernando Gil Vallejo  
Diogenes A. Villalba Gault  
Gonzalo Hoyos Salazar

---

Editado en abril de 1999  
3.500 ejemplares



**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA**

**GERENCIA TÉCNICA  
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

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

**Cenicafé**

**RECOMENDACIONES  
PARA EL MANEJO DE LA ROYA  
DEL CAFETO EN COLOMBIA**



Por:

Carlos Alberto Rivillas Osorio. I.A., M. Sc.  
Jairo E. Leguizamón Caycedo. I.A., Ph. D.  
Luis Fernando Gil Vallejo. I.A., M. Sc.

Chinchiná - Caldas - Colombia

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
<hr/>	
CRITERIOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA INICIAR UN PROGRAMA DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFETO	8
<hr/>	
Epidemiología.....	8
Distribución de la cosecha.....	9
Tipo de fungicida.....	10
EFFECTO DE LA ROYA SOBRE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA	12
<hr/>	
CONTROL QUÍMICO DE LA ROYA DEL CAFETO	14
<hr/>	
Sistema de calendarios fijos.....	14
Sistema con base en niveles de infección.....	22
CALIBRACIÓN DE UNA ASPERSIÓN	23
<hr/>	
Determinación del volumen de aspersión por café y por hectárea.....	23
Dosis del fungicida.....	24
Selección del equipo de aspersión.....	24
Sistemas de aspersión.....	26
Velocidad de aspersión.....	27

**COSTOS DEL CONTROL DE LA ROYA CON DIFERENTES FUNGICIDAS  
Y EQUIPOS DE ASPERSIÓN** 28

---

Fungicidas protectores. .... 28

Fungicidas protectores en mezcla con fungicidas sistémicos. .... 28

Fungicidas sistémicos. .... 28

**ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS ASPERSIONES PARA EL CONTROL  
DE LA ROYA DEL CAFETO** 30

---

**LITERATURA CITADA** 33

---



# INTRODUCCIÓN

En Colombia tradicionalmente se siembran variedades de café de la especie *Coffea arabica* como son: Típica, Borbón y Caturra, susceptibles a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) y desde la década de los 80, luego de un proceso de mejoramiento genético, se entregó a los caficultores la variedad Colombia, material con resistencia a esta enfermedad.

La roya del cafeto, la cual está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo, y a la distribución y cantidad de lluvia, continúa siendo el principal problema patológico en el cultivo del café. A pesar de la información técnica generada y divulgada por Cenicafé (4, 9, 15, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28), se ha detectado que los caficultores no están realizando el control adecua-

do de la enfermedad. Cuando el control se realiza sólo en presencia de altos niveles de infección, se afecta drásticamente la acción protectora o curativa de los fungicidas y por tanto, el control resulta ineficiente.

Un control inoportuno e inadecuado de la enfermedad compromete seriamente la cantidad y calidad de la cosecha en la finca y por tanto en el país (Figura 1).

Los resultados experimentales obtenidos por la Disciplina de Fitopatología de Cenicafé y la presencia de la enfermedad con características epidémicas en materiales susceptibles como las variedades Caturra y Típica principalmente, ameritan la ampliación de la información técnica sobre el manejo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en las condiciones de la zona cafetera colombiana.

En esta publicación, se ratifica la necesidad de establecer un control de la roya del cafeto y se presentan criterios de manejo, dependiendo de la distribución de la cosecha, la evaluación de la enfermedad, las condiciones climáticas, el manejo agronómico del cultivo y la tecnología de aspersión utilizada.



**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".

# CRITERIOS BÁSICOS A CONSIDERAR PARA INICIAR UN PROGRAMA DE MANEJO DE LA ROYA DEL CAFETO

La razón fundamental para controlar la roya del cafeto radica en la necesidad de proteger el follaje durante el período de llenado de granos. El logro de este propósito garantiza no sólo la cantidad y calidad de la cosecha para un mismo ciclo productivo, sino el desarrollo armónico de la plantación para las cosechas posteriores.

Como criterios básicos a tener en cuenta para el manejo de la roya del cafeto, están los siguientes:

## Epidemiología.

El progreso de la enfermedad depende de las condiciones de clima, especialmente la cantidad y distribución de las lluvias, de la predisposición del hospedante susceptible y de la presencia del patógeno.

La cantidad de inóculo residual (hojas con roya) presente en las épocas de mayor formación de follaje y de frutos, determinan la tasa de crecimiento de la epidemia y la severidad de ésta (5, 6, 10, 11, 21). La roya del cafeto es una enfermedad cíclica ligada a la producción; años de alta producción coinciden con epidemias severas y para el siguiente año, disminuyen la producción y la presencia de la enfermedad (5, 7, 9, 15, 21, 22). Las evaluaciones de campo han demostrado una alta asociación entre la incidencia (No. de hojas con roya) y la severidad de la enfermedad (% de área enferma/hoja) en el ciclo de una epidemia (6) (Figura 2).



**Figura 2.** Obsérvese la asociación entre la incidencia y la severidad. A mayor número de hojas enfermas, mayor área foliar afectada.

Estos criterios permiten orientar al Asistente Técnico en la toma de decisiones para el inicio y la frecuencia de las aspersiones de fungicidas.

La distribución y cantidad de las lluvias, son igualmente factores epidemiológicos, que deben considerarse en el manejo de la enfermedad, ya que favorecen la germinación, el proceso infectivo y la diseminación del patógeno (6, 8). Si los periodos lluviosos coinciden con las etapas de formación del fruto y de abundante follaje, período de mayor susceptibilidad del follaje a la infección, se hace indispensable aplicar las medidas de control químico. El 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 3).

La zona óptima de producción de café en Colombia está ubicada en el rango óptimo de desarrollo de la enfermedad (16 a 28°C),

**Figura 3.** 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.



con un promedio de 22°C; temperaturas superiores o inferiores a éstas pueden afectar la epidemia. Plantaciones de café al sol y a la sombra establecidas por encima de 1.600 msnm de altitud que corresponde a 19°C y que no presentan déficit hídrico, **no requieren control de la enfermedad**. Sin embargo, con el incremento parcial de la temperatura debido al Evento Cálido del Pacífico, la enfermedad presentó niveles epidémicos en algunas zonas con las características antes mencionadas. En la medida que se desciende en altitud y se incrementa la temperatura, el seguimiento y control de la enfermedad debe ser riguroso (6, 8).

## Distribución de la cosecha.

En los últimos años Cenicafé ha venido insistiendo en la importancia del manejo de la roya del cafeto y sus efectos sobre la producción, cuando este control no se efectúa en forma oportuna y adecuada (5, 9, 21). 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.

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 baja y años de alta presencia de la enfermedad, debido a abundantes cosechas (5, 7, 15, 16, 17).

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

tanto para plantas de café procedentes de siembra como aquellas renovadas por zoca, el inicio del control de la enfermedad debe hacerse a partir de los 16 meses (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17). Posteriormente, el número de aspersiones dependerá del criterio de manejo adoptado.

### Tipo de fungicida.

En la experimentación realizada en Kenya, Brasil y Colombia (4, 15, 16, 17, 20) 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 protectores para el control preventivo de la roya del café. Éstos ejercen un efecto protector solamente inhibiendo la germinación del patógeno (Figura 4) y por tanto, el programa de control debe iniciarse antes que el patógeno se establezca en los tejidos foliares.

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 (2). 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 (2, 3). Por lo anterior, para incrementar la persistencia de los fungicidas cúpricos y sistémicos en el control de la roya del café con tecnología de alto y medio volumen (mayor de 100 litros/ha) no se necesita el uso de adherentes ni de aceites.

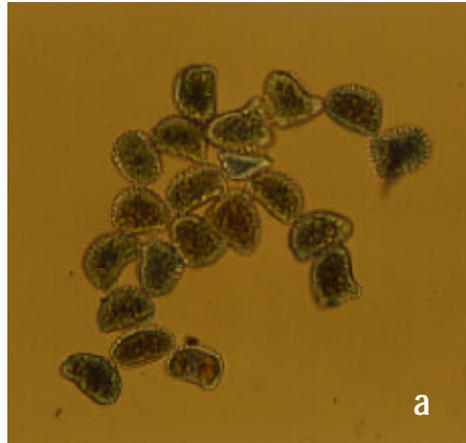
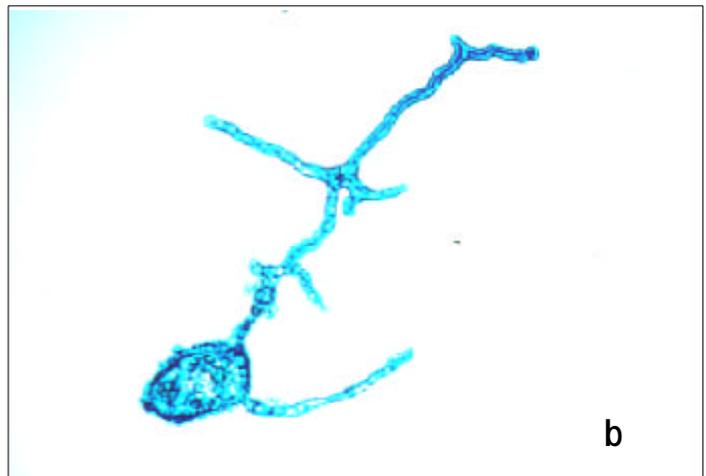


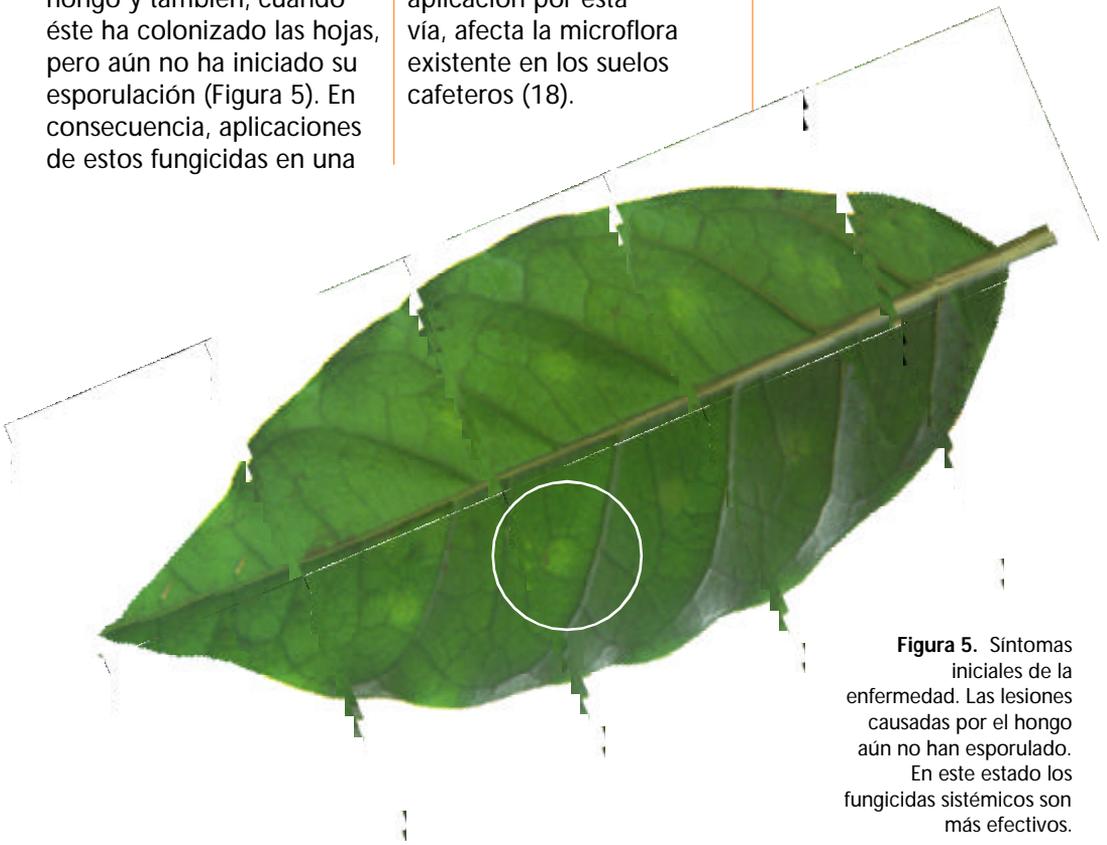
Figura 4. a) Inhibición de la germinación por efecto protector del fungicida cúprico. b) Urediniospora de *Hemileia vastatrix* germinada.



Los fungicidas sistémicos han mostrado un importante efecto sobre la enfermedad y consecuentemente sobre la producción, cuando se utilizan los del grupo de los Azoles aplicados sobre el follaje (cyproconazol, triadimefon, hexaconazol) (7, 9).

El efecto protector y curativo de los fungicidas sistémicos 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 5). En consecuencia, aplicaciones de estos fungicidas en una

fase más avanzada del proceso infectivo no ejercen ningún control sobre la enfermedad. Con aplicaciones de fungicidas sistémicos al suelo en forma líquida o granular no se logra el control de la enfermedad. Estos fungicidas no tienen la suficiente capacidad para translocarse del suelo al follaje (7). El fungicida además se ve sometido en el suelo a la biodegradación y la aplicación por esta vía, afecta la microflora existente en los suelos cafeteros (18).



**Figura 5.** Síntomas iniciales de la enfermedad. Las lesiones causadas por el hongo aún no han esporulado. En este estado los fungicidas sistémicos son más efectivos.

## EFFECTO DE LA ROYA SOBRE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA

Los estudios realizados por Cenicafé han permitido caracterizar y cuantificar los factores que determinan el progreso de la enfermedad y su efecto en la producción (Figura 6) (5, 6, 7, 8, 9, 16, 21, 22). En un año considerado de epidemia severa

(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 también la cosecha del año siguiente. En diferentes ensayos llevados a cabo en la zona cafetera colombiana, las pérdidas ocasionadas por la enfermedad han alcanzado hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas (5, 7, 9, 16, 17, 21, 22).



Figura 6. Efecto de la roya del cafeto sobre la cantidad y calidad de la cosecha. A la izquierda una variedad susceptible a la enfermedad (var. Caturra), con control químico. A la derecha la misma variedad sin control.

La relación **café cereza : 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 se incrementa hasta el 67% (Figura 7) (10, 11, 21, 22).

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



# CONTROL QUÍMICO DE LA ROYA DEL CAFETO

Como se ha divulgado anteriormente, el control químico de la roya del café puede realizarse con base en un programa de calendario fijo de aspersiones de fungicidas (23, 24, 25, 26, 27, 28) o empleando el criterio de niveles de

infección (21). Con el criterio de manejo de la enfermedad utilizando calendario fijo, el número de aspersiones siempre será el mismo, a diferencia del manejo de la enfermedad empleando niveles de infección, donde el número de aspersiones dependerá de la evolución de la enfermedad.

Las aspersiones de fungicidas contra la roya del café, además del oportuno cumplimiento del calendario y del claro criterio de manejo utilizando niveles de infección, necesariamente deben ser complementadas **con un buen cubrimiento del follaje con el fungicida, una adecuada fertilización y un oportuno manejo de arvenses.**

## Sistema de calendarios fijos.

El programa de control de la roya del café empleando el sistema de calendarios fijos, se estableció con base en el desarrollo fenológico del cultivo, la evaluación de la enfermedad y la distribución de la cosecha. En este sentido se tienen previstos 4 calendarios de control de la roya con fungicidas protectores y sistémicos (Tablas 1, 2 y 3) (Figuras 8, 9, y 10).



## TABLA 1. COSECHA PRINCIPAL EN EL SEGUNDO SEMESTRE DEL AÑO

LAS ASPERSIONES DEBEN REALIZARSE DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE CRONOGRAMA.

ÉPOCAS DE  
ASPERSIÓN CON  
FUNGICIDAS A  
BASE DE COBRE

<b>PRIMERA</b> May 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> Jun 15 - 30	<b>TERCERA</b> Ago 1 - 15	<b>CUARTA</b> Sept 15 - 30
------------------------------	-------------------------------	------------------------------	-------------------------------

ÉPOCAS DE  
ASPERSIÓN CON  
EL FUNGICIDA  
SISTÉMICO  
Cyproconazol  
(Alto 100SL)

<b>PRIMERA</b> May 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> Jul 1 - 15	<b>TERCERA</b> Sept 1 - 15
------------------------------	------------------------------	-------------------------------

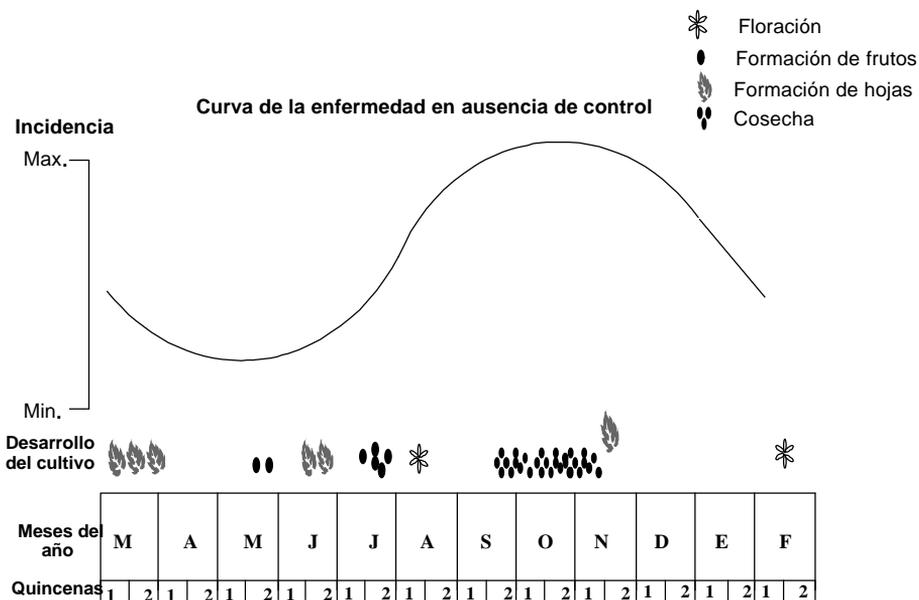
ÉPOCAS DE  
ASPERSIÓN CON  
LOS FUNGICIDAS  
SISTÉMICOS  
Hexaconazol  
(Anvil 5%CE)  
ó  
Triadimefon  
(Bayleton 25% SC)

<b>PRIMERA</b> May 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> Jun 15 - 30	<b>TERCERA</b> Ago 15 - 30
------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

ÉPOCAS DE  
ASPERSIÓN CON  
LA MEZCLA DEL  
FUNGICIDA  
SISTÉMICO  
Triadimefon  
(Bayleton 25%SC)

+  
Oxicloruro de Cobre (50%PM)

<b>PRIMERA</b> <b>PRECOSECHA</b> May 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> <b>POSTCOSECHA</b> Feb 1 - 15
---	--



### EPOCAS DE ASPERSIÓN

Fungicida O. de cobre  
(50% PM)



Fungicida sistémico  
Cyproconazol  
(Alto 100 SL)



Fungicidas sistémicos  
Hexaconazol  
(Anvil 5% CE)  
ó



Triadimefon  
(Bayleton 25% SC)

Mezcla Fungicida  
Oxicloruro de cobre  
(50% PM) +  
Sistémico Triadimefon  
(Bayleton 25% SC)

↑ Precosecha

Postcosecha ↑

**Figura 8.** Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año).

## TABLA 2. COSECHA PRINCIPAL EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO.

LAS ASPERSIONES DEBEN REALIZARSE DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE CRONOGRAMA

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON FUNGICIDAS A BASE DE COBRE

<b>PRIMERA</b> Sept 15 - 30	<b>SEGUNDA</b> Nov 1 - 15	<b>TERCERA</b> Dic 15 - 30	<b>CUARTA</b> Feb 1 - 15
--------------------------------	------------------------------	-------------------------------	-----------------------------

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON EL FUNGICIDA SISTÉMICO Cyproconazol (Alto 100SL)

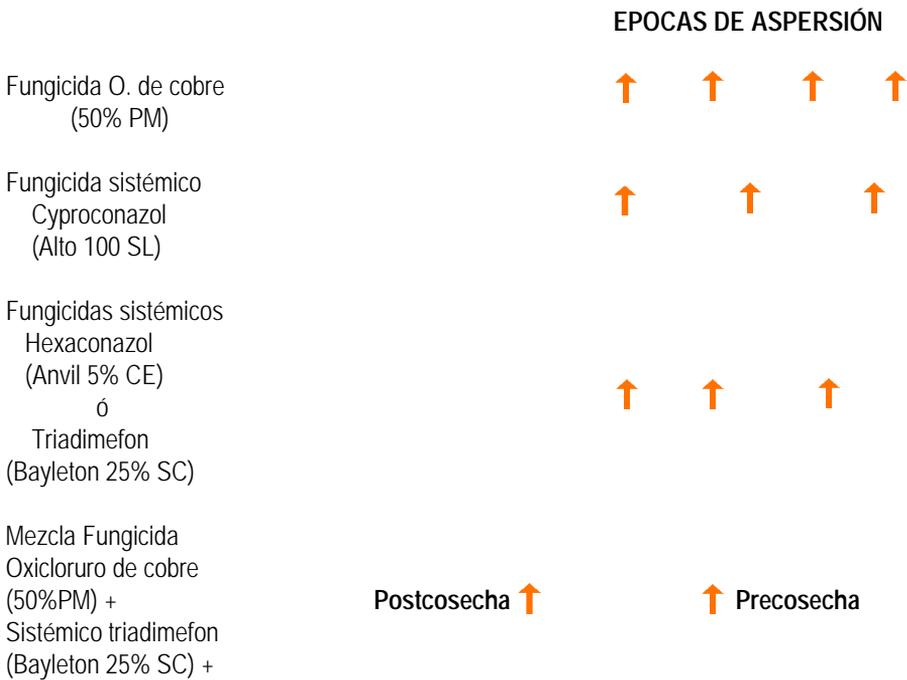
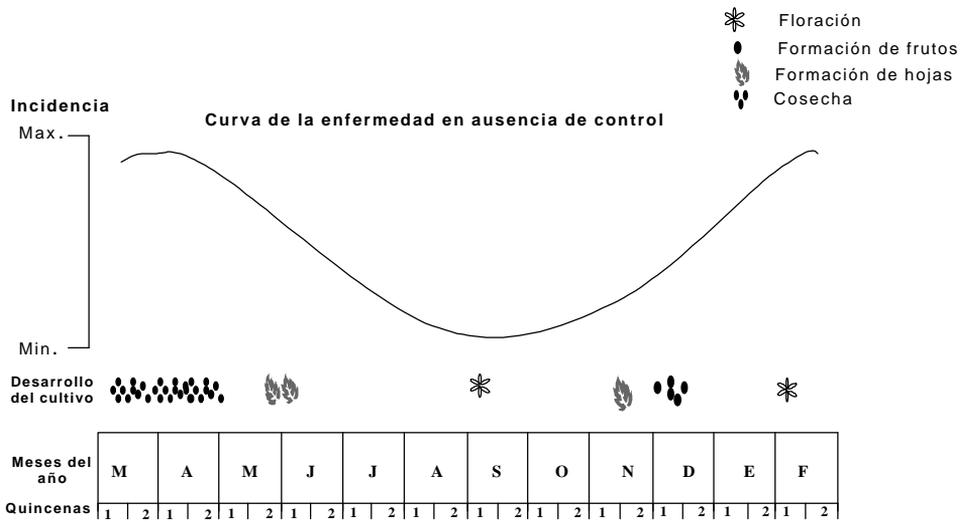
<b>PRIMERA</b> Sept 15 - 30	<b>SEGUNDA</b> Nov 15 - 30	<b>TERCERA</b> Ene 15 - 30
--------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS Hexaconazol (Anvil 5%CE) ó Triadimefon (Bayleton 25% SC)

<b>PRIMERA</b> Sept 15 - 30	<b>SEGUNDA</b> Nov 1 - 15	<b>TERCERA</b> Ene 1 - 15
--------------------------------	------------------------------	------------------------------

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON LA MEZCLA DEL FUNGICIDA SISTÉMICO Triadimefon (Bayleton 25%SC) + Oxiclورو de Cobre (50%PM)

<b>PRIMERA</b> <b>PRECOSECHA</b> Nov 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> <b>POSTCOSECHA</b> Ago 1 - 15
---	--



**Figura 9.** Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del cafeto (zonas con cosecha principal en el primer semestre del año).

### TABLA 3. COSECHA IMPORTANTE EN LOS DOS SEMESTRES DEL AÑO.

LAS ASPERSIONES DEBEN REALIZARSE DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE CRONOGRAMA.

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON FUNGICIDAS A BASE DE COBRE

<b>PRIMERA</b> Feb 1 - 15	<b>SEGUNDA</b> Mar 15 - 30	<b>TERCERA</b> Jul 1 - 15	<b>CUARTA</b> Ago 15 - 30
------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON EL FUNGICIDA SISTÉMICO Cyproconazol (Alto 100SL)

<b>PRIMERA</b>		<b>OPCIONAL</b>	
Zonas con Mayor cosecha en el 1er semestre Feb 1 - 15	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Jul 1 - 15	Zonas con mayor cosecha en el 1er semestre Mar 15 - 30	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Ago 15 - 30
<b>SEGUNDA</b>			
Zonas con Mayor cosecha en el 1er semestre Jul 1 - 15	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Feb 1 - 15		

Continúa ...

## COSECHA IMPORTANTE EN LOS DOS SEMESTRES DEL AÑO.

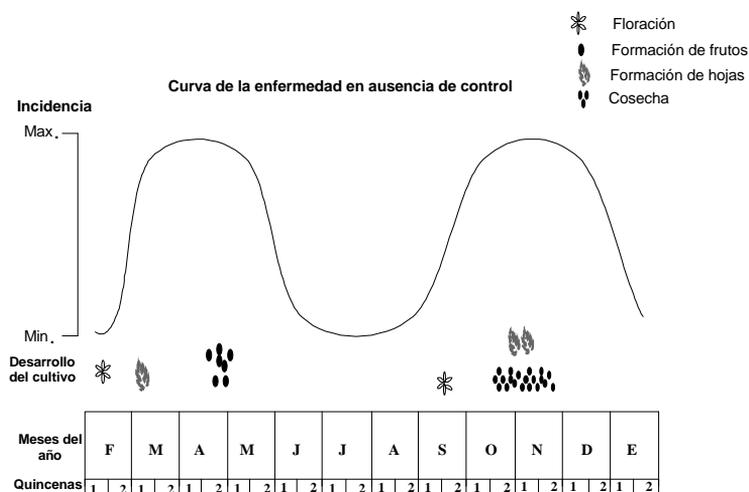
LAS ASPERSIONES DEBEN REALIZARSE DE ACUERDO CON EL SIGUIENTE CRONOGRAMA.

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN CON LOS FUNGICIDAS SISTÉMICOS Hexaconazol (Anvil 5% C.E) ó Triadimefon (Bayleton 25% SC)

PRIMERA		OPCIONAL	
Zonas con Mayor cosecha en el 1er semestre Feb 1- 15	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Jul 1 - 15	Zonas con mayor cosecha en el 1er semestre Mar 15 - 30	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Ago 15 - 30
SEGUNDA			
Zonas con Mayor cosecha en el 1er semestre Jul 1 - 15	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Feb 1 - 15		

ÉPOCAS DE ASPERSIÓN DEL FUNGICIDA SISTÉMICO Triadimefon (Bayleton 25%SC) + Oxicloruro de Cobre (50%PM)

PRIMERA		SEGUNDA	
Zonas con Mayor cosecha en el 1er semestre En 1- 15	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre May 15 - 30	Zonas con mayor cosecha en el 1er semestre Ago 15 - 30	Zonas con mayor cosecha en el 2do semestre Feb 1 - 15
PRECOSECHA		POSTCOSECHA	



### EPOCAS DE ASPERSIÓN

Fungicida O. de cobre  
(50% PM)



Fungicida sistémico  
Cyproconazol  
(Alto 100 SL)



Fungicidas sistémicos  
Hexaconazol  
(Anvil 5% CE)  
ó  
Triadimefon  
(Bayleton 25% SC)



Mezcla Fungicida  
Oxicloruro de cobre  
(50%PM) +  
Sistémico triadimefon  
(Bayleton 25% SC)



↑ Aspersión Recomendada

↑ Aspersión opcional dependiendo de la cantidad de la cosecha y presencia de la enfermedad.

✘ Programa de control para zonas con cosecha en el segundo semestre del año.

● Programa de control para zonas con cosecha en el primer semestre del año.

**Figura 10.** Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (zonas con cosecha importante en los 2 semestres del año).

## Sistema con base en niveles de infección.

Para definir el momento de control existe una segunda opción de manejo de la roya del cafeto, con fungicidas protectores, sistémicos sólo o en mezcla con protectores, usando el criterio de niveles de infección encontrados en el lote afectado (21). 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 las características de acción de los fungicidas sistémicos, e igualmente, disminuir el número de aspersiones. Con ello se logra la reducción de costos de control y de producción.

En este sistema es necesario considerar que, fungicidas sistémicos como el Alto 100 SL y el Anvil 5% CE no se deben utilizar en mezcla con el protector.

Para determinar el porcentaje medio de infección por lote de cafetal, se seleccio-

nan 10 plantas al azar en el lote y en cada una de ellas 10 ramas en la zona productiva, que presenten más de 10 hojas. En cada rama se cuenta el número de hojas presentes y con roya. Con esta información se realiza la siguiente relación:

$$X_1: \text{Infección en el árbol } 1 (\%) : \frac{\text{Total de hojas con roya en 10 ramas}}{\text{Total de hojas presentes en 10 ramas}} \times 100$$

Se suman los porcentajes obtenidos en cada uno de los árboles y se divide por 10, así:

$$\text{Infección promedio por lote } (\%) : \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{10}}{10}$$

Este valor del porcentaje medio por lote, se ubica en la Tabla 4 y de acuerdo con el tiempo transcurrido desde la floración, hasta la estimación de este porcentaje, se determina la necesidad de efectuar el control químico (21).

**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 (21).

Días Después de la floración	Infección promedio por lote (%)				
	Menor del 5	5,0 - 10	10,1 - 15	15,1 - 20	Mayor del 20
90	-	P/S	P/S	S	S
135	-	P/S	P/S	S	S
180	-	-	-	P/S	S

- = No requiere aspersión  
 S = Fungicida sistémico. Seleccione en el grupo de los azoles  
 P = Fungicida protector

# CALIBRACIÓN DE UNA ASPERSIÓN

Una vez definida la época de inicio de las aspersiones y seleccionado el fungicida, es necesario considerar los siguientes aspectos para tener éxito en la aspersión:

## Determinación del volumen de aspersión por cafeto y por hectárea.

El fungicida debe aplicarse en el volumen adecuado de agua, dependiendo del equipo de aspersión que se utilice y de la edad del cultivo, y debe quedar distribuido por igual en todo el follaje de la planta (4, 12, 13). De esta manera se garantiza una mejor penetración, permanencia del fungicida sobre la hoja y por tanto, una eficacia biológica mayor (2, 3).

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 fungicida, así (12):

- Plantaciones de uno a dos años: 25cc/planta.
- Plantaciones mayores de dos años: 50cc/planta
- Plantaciones mayores de dos años y en cafetales tradicionales: 75cc/planta

Con estos volúmenes de aspersión se garantiza una adecuada distribución y penetración del fungicida en la planta y se logra un



cubrimiento mínimo en el follaje de 50 gotas/cm<sup>2</sup>. Conocida la edad del cultivo (en años) y por tanto, el volumen de aspersión por cafeto se multiplica este valor por el número de cafetos por hectárea y se obtiene así el volumen total de la mezcla requerida por hectárea de cafetal.

## Dosis del fungicida.

### Fungicidas protectores

Con base en las investigaciones adelantadas en Colombia (4, 13, 16, 20), se recomienda como máximo, un depósito de 30 miligramos de cobre metálico por metro cuadrado de área foliar. Estas dosis de fungicidas por hectárea se definieron de acuerdo con los resultados del trabajo efectuado por Valencia (29), sobre determinación de área foliar según la edad del cultivo y su densidad de siembra por hectárea. Dependiendo de la edad de la plantación se establecieron para la variedad Caturra los siguientes valores de área foliar por planta:

De 1 a 2 años: 4,2m<sup>2</sup>

Mayor de 2 años (tecnificado): 10m<sup>2</sup>

Mayor de 2 años (tradicional): 15m<sup>2</sup>

Si un cafeto tiene 10m<sup>2</sup> de área foliar, es necesario aplicar 0,6 gramos de fungicida cúprico del 50%, por cafeto. Con una densidad de siembra de 5.000 cafetos por hectárea, se requieren por tanto 3kg de fungicida protector por hectárea, en cada aspersión. Si el número de plantas por hectárea es mayor de 5000, **la cantidad del fungicida protector no debe exceder esta dosis de 3kg/ha.** En este caso se debe disminuir la concentración del fungicida, aumentando el volumen de agua por hectárea.

Las dosis de fungicidas cúpricos dependen por tanto, de la edad del cultivo y la densidad de siembra del lote de café (13).

### 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 1,5L/ha de producto comercial del fungicida sistémico, más 3kg/ha del fungicida cúprico (precosecha) y de 1L/ha de producto comercial del

fungicida sistémico más 3kg/ha del fungicida cúprico (postcosecha) (7) (Figuras 8, 9 y 10).

### Fungicidas sistémicos

Se puede usar el fungicida cyproconazol (Alto 100 SL) en dosis de 250cc de producto comercial por hectárea y por aspersión (9).

Los fungicidas hexaconazol (Anvil 5%CE) y triadimefon (Bayleton 25% SC) son también efectivos en dosis de producto comercial de 1L/ha y por aspersión (7).

## Selección del equipo de aspersión.

Se recomienda la utilización, preferiblemente, de las aspersoras de presión previa retenida de 10 litros de capacidad, dotadas con boquillas de baja descarga (menos de 200cc/min) y reguladores de presión (12, 13, 14, 30). 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 esas aspersoras más eficientemente (12, 13, 14, 30):

- 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 al de las convencionales de espalda (12). 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 4 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 11) (20).

Las aspersiones a bajo volumen (menores de 50L/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 10cc/café (1). Con el equipo Motax® se debe asperjar empleando máxima aceleración.

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



**Figura 11. a)** Hojas con cubrimiento inadecuado de fungicida por efecto de una deficiente calibración de la aspersión. **b)** Hojas con cubrimiento adecuado.



## 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 (4, 12, 13).

En plantaciones de café sembradas en surcos y con cualquier distancia de siembra, se pueden utilizar equipos de espalda, cubriendo medias caras de los cafetos a través del surco que se está asperjando (Figura 12).

En cafetales sembrados irregularmente, con amplias distancias de siembra y con sombrío, sólo es posible asperjar con equipos convencionales (árbol por árbol), según las dosis y volúmenes de aspersión recomendados (4, 12).

En cafetales mayores de 16 meses y en cualquier pendiente de terreno, se sugiere el aguilón vertical para asperjar simultáneamente dos medios surcos (Figura 13). Igualmente se recomienda este sistema de aspersión a bajo volumen con el equipo MOTAX® (Figura 14).

Con los equipos semi-estacionarios, se recomienda aplicar el fungicida por encima de la copa de los

árboles, cubriendo simultáneamente 2 surcos en el desplazamiento del operario (30) (Figura 15).

**Figura 12.** Aspersión dirigida a media cara del café con la aspersora de presión previa retenida (PPR).



**Figura 13.** Aspersión con el aguilón vertical, dirigida simultáneamente a dos medias caras de los cafetos a lo largo del surco.

**Figura 14.** Aspersión simultánea de dos medias caras de los cafetos a lo largo del surco, con el equipo "Motax®".



**Figura 15.** Aspersión por encima de la copa de los cafetos, con un equipo semiestacionario, cubriendo dos surcos simultáneamente.

## Velocidad de aspersión.

Una vez definido el equipo que se utilizará, el tipo de boquilla y flujo por minuto a

una presión recomendada y las características del cultivo y el sistema de aspersión, se define en el lote el tiempo de aspersión por cafeto de la siguiente manera (13):

Luego de realizado el cálculo del tiempo de aspersión por cafeto, se debe explicar 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.

No. de cafetos por minuto:  $\frac{\text{Flujo de la boquilla/minuto}}{\text{Mezcla fungicida por cafeto}}$

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

Si en 60 segundos se asperjan **N** cafetos  
En cuantos segundos **X** se asperja 1 cafeto?

**X**= (Tiempo por cafeto):  $\frac{60 \text{ segundos} \times 1 \text{ cafeto}}{\text{N cafetos asperjados}}$

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

# COSTOS DEL CONTROL DE LA ROYA CON DIFERENTES FUNGICIDAS Y EQUIPOS DE ASPERSIÓN

## Fungicidas protectores.

El costo del control de la roya del café con los fungicidas protectores varía notablemente dependiendo de la tecnología de aspersión utilizada; el más bajo corresponde al equipo semi-estacionario y el más alto ocurre cuando se utilizan equipos de presión neumática o presión hidráulica (Tabla 5).

La selección del equipo más adecuado para reducir el costo de las aspersiones depende del programa de control (calendario fijo o niveles de infección) y la extensión de la finca.

Con 4 aspersiones de oxiclورو de cobre (50%PM) por año/ha y utilizando el equipo de presión neumática (PN) o presión hidráulica (PH) el costo es de \$409.432 y con la aspersora de presión previa retenida (PPR) de \$330.232. Utilizando el aguilón vertical, asperjando simultáneamente dos

medias caras de los cafetos, a lo largo del surco, el rendimiento de aplicación por jornal se incrementa, sin detrimento en la calidad de la aspersión (20). Con el equipo semi-estacionario y asperjando por encima de la copa de los cafetos simultáneamente dos hileras de surcos, también se reduce el costo de aspersión. Este costo de control de la enfermedad con 4 aplicaciones de oxiclورو de cobre y el aguilón vertical es de \$206.888 y de \$178.316 con el equipo semi-estacionario (Tabla 5).

## Fungicidas protectores en mezcla con fungicidas sistémicos.

Con la utilización de cualquier tecnología de aspersión, el costo del control de la roya del café/ha es más alto si se utiliza el fungicida protector en mezcla con un fungicida sistémico (Bayleton) (Tabla 5). Las aspersiones de medio y alto volumen

presentan los costos mayores debido al bajo rendimiento de aspersión por jornal (aspersiones dirigidas árbol por árbol) y a una menor calidad (menor densidad de gotas y mayor tamaño de ellas).

## Fungicidas sistémicos.

El costo de control de la roya del café/ha es más bajo con el fungicida Alto 100 SL que con los fungicidas Anvil 5% CE y Bayleton 25% SC. Para estos fungicidas el costo de control se reduce, cuando la tecnología de aspersión utilizada incrementa el rendimiento de aplicación por jornal (Tabla 5).

El costo más bajo se obtiene cuando se utiliza el fungicida Alto 100 SL aplicado con el equipo MOTAX® con un valor de \$158.274 por hectárea/año, y el más alto, cuando se utiliza el fungicida Bayleton con las aspersoras de presión neumática o hidráulica (\$547.974); con estas últimas el rendimiento es menor y la calidad del cubrimiento y la penetración de los fungicidas es deficiente. Con el equipo de presión previa retenida, el costo de las aspersiones es de \$488.574 (Tabla 5).

**TABLA 5.** Costos del control de la roya del café con diferentes equipos de aspersión.

ASPECTO CONSIDERADO	EQUIPO DE ASPERSIÓN					
	PN – PH	PPR	PPR + AV	SE	MT	
<b>PESOS ( \$ ) * * *</b>						
<b>Mano de Obra *</b>	78000	60000	30000	24000	8000	
<b><u>Fungicida Protector</u></b>						
Oxicloruro de Cobre 50% PM <sup>1</sup>	11940	11940	11940	11940	**	
<b><u>Fungicidas Sistémicos</u></b>						
Alto 100 SL <sup>2</sup>	36890	36890	36890	36890	36890	
Anvil 5% CE <sup>3</sup>	52800	52800	52800	52800	52800	
Bayleton 25% SC <sup>4</sup>	84940	84940	84940	84940	84940	
<b><u>Fungicida Protector + Sistémico</u></b>						
Oxicloruro de Cobre + Bayleton						
Precosecha	139350	139350	139350	139350		
Postcosecha <sup>5</sup>	96880	96880	96880	96880		
Depreciación Equipo Aspersión	1000	1000	2500	1066	640	
Financiación Equipo Aspersión	300	300	750	320	192	
Reparación Equipo Aspersión	213	213	230	1600	640	
Mantenimiento Equipo Aspersión	1600	1600	1600	1600	1600	
	1	9305	7505	4702	4053	**
	2	11800	10000	7197	6548	4796
Imprevistos (10%)	3	13391	11591	8788	8139	6387
	4	16605	14805	12002	11353	9601
	5	31734	29934	27131	26482	**
	1	102358	82558	51722	44579	**
Costo aspersión / ha.	2	129803	110003	79167	72024	52758
	3	147304	127504	96668	89525	70259
	4	182658	162858	132022	124879	105613
	5	349077	329277	298441	291298	**
Costo 4 aspersiones	1	409432	330232	206888	178316	**
Costo 3 aspersiones	2	389409	330009	237501	216072	158274
Costo 3 aspersiones	3	441912	382512	290004	268575	210777
Costo 3 aspersiones	4	547974	488574	396066	374637	316839
Costo 2 aspersiones	5	698154	658554	596882	582596	**
* Valores constantes para cada equipo						
** El fungicida cúprico empleado debe ser líquido, de fina granulometría y debe aplicarse con aceite. Este tipo de formulación no está disponible en el mercado nacional.						
*** Precios a abril de 1999.						
PN - PH: Presión neumática o presión hidráulica		PPR: Presión previa retenida			MT: Motax	
PPR + AV: Presión previa retenida + Aguilón vertical		SE: Semi-estacionaria				

# ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS ASPERSIONES PARA EL CONTROL DE LA ROYA DEL CAFETO.

El análisis financiero de dos experimentos realizados en condiciones favorables para el ataque de la roya del cafeto (7, 9), indicó que el control de la enfermedad es económicamente posible y rentable cuando se comparan producciones de plantas

tratadas, con las producciones de los testigos sin control químico (Tablas 6 y 7). En el primer experimento, el costo anual de las aspersiones y el costo de la recolección y postcosecha, deducido del aumento de la producción de café con



respecto al testigo, generó mayores ganancias, las cuales fueron más altas cuando se utilizó el fungicida sistémico Alto 100 SL, comparadas con las obtenidas con el Oxicloruro de cobre. Estas ganancias netas anuales por hectárea representan en promedio 26 arrobas de café pergamino seco entre el control realizado con el Cobre y el testigo (mínimo de 18 @ y máximo de 34@/ha) y de 81 arrobas de café pergamino seco entre las plantas tratadas con 3 aspersiones de Alto 100 SL y el testigo (mínimo de 79 @ y máximo de 83@/ha) (Tabla 6).

En este ciclo productivo de 3 cosechas, las pérdidas promedio por efecto de la roya del cafeto fueron de 78 arrobas de café pergamino seco para plantaciones de café, sin control químico, comparadas con el control realizado con Oxidloruro de cobre y de 243 arrobas por hectárea de café pergamino seco, cuando el control se efectuó con un programa de calendario fijo con el fungicida Alto 100 SL (Tabla 6).

El análisis financiero en otro experimento, donde se compararon los fungicidas Oxidloruro de cobre, Anvil y Oxidloruro de cobre en mezcla con el Bayleton, mostró menores ganancias netas a las obtenidas

cuando se comparó el fungicida Alto 100 SL con el testigo (Tabla 7). En este experimento, las diferencias de ganancias netas anuales con el testigo fueron las siguientes:

- Oxicloruro de cobre vs Testigo = 40@ cps/año/ha (mínimo de 37@ y máximo de 43@/ha).
- Anvil vs Testigo = 34@ cps/año/ha (mínimo de 19@ y máximo de 49@/ha).

- Oxicloruro de Cobre+Bayleton vs Testigo = 23@ cps/año/ha (mínimo de 11@ y máximo de 35@/ha).

Para el ciclo productivo de 4 cosechas las diferencias fueron las siguientes:

- Oxicloruro de cobre vs Testigo = 160@ cps/ en el ciclo productivo/ha.
- Anvil vs Testigo = 136@ cps/en el ciclo productivo/ha.

- Oxicloruro de Cobre+Bayleton vs Testigo = 92@ cps/en el ciclo productivo/ha.

Para las aspersiones con el fungicida Bayleton 25% SC, no se dispone de suficiente información de producción, por lo cual, no se presenta el análisis financiero. **Los resultados de los análisis financieros confirman la necesidad de controlar la roya del café, si se quiere ser más competitivo y evitar pérdidas económicas.**

**TABLA 6.** Análisis financiero de las aspersiones para el control de la roya del café con los fungicidas Oxicloruro de cobre y Alto 100 SL, realizadas con el equipo de presión previa retenida\*

COMPONENTES DEL ANÁLISIS	Control de la roya del café		
	Oxicloruro de cobre 50% PM	Alto 100 SL	Testigo (sin aspersión)
Costo anual de aspersiones para el control de roya (\$ / ha)	330232	330009	0
Promedio de producción anual de cps (@ / ha)**	521 ± 37	613 ± 21	460 ± 24
Aumento producción café pergamino seco (@/ha) con respecto al testigo	61 ± 14	153 ± 3	0
Valor incremento producción deducido costo de recolección y postcosecha (\$ / ha)	1.143.750 ± 262.500	2.868.750 ± 56.250	0
Ganancia neta (aumento de la producción menos costo aspersiones) (\$ / ha)	813.518 ± 262.500	2.538.741 ± 562.500	0
* Precios a abril de 1999	\$31.250 / @ cps		
** Confiabilidad 95%			

**TABLA 7.** Análisis financiero de las aspersiones para el control de la roya del cafeto con los fungicidas Oxicloruro de cobre, Anvil y Oxicloruro de cobre + Bayleton, realizadas con el equipo de presión previa retenida\*

COMPONENTES DEL ANÁLISIS	Control de la roya del cafeto			Testigo (sin aspersión)
	Oxicloruro de cobre 50% PM	Anvil 5% CE	Oxicloruro de cobre 50% PM + Bayleton 25% SC	
Costo anual de aspersiones para el control de roya (\$ / ha)	330232	382512	651706	0
Promedio de producción anual de cps (@ / ha)**	422 ± 31	415 ± 51	411 ± 45	338 ± 26
Aumento producción café pergamino seco (@/ha) con respecto al testigo	84 ± 5	77 ± 25	73 ± 20	0
Valor incremento producción deducido costo de recolección y postcosecha (\$ / ha)	1.575.000 ± 93.750	1.443.750 ± 468.750	1.368.750 ± 375.000	0
Ganancia neta (aumento de la producción menos costo aspersiones) (\$ / ha)	1.244.768 ± 93.750	1.061.238 ± 468.750	717.044 ± 375.000	0
* Precios a abril de 1999	\$31.250 @/cps			
** Confiabilidad 95%				

## LITERATURA CITADA

1. 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.
2. 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, CENICAFE, 1987.
3. 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.
4. 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.
5. LEGUIZAMÓN C., J. E. Efecto de la roya del cafeto sobre la producción de *Coffea arabica* L. *In*: CENTRO Nacional de Investigaciones de Café. Cenicafé. Informe Anual de labores de la Disciplina de Fitopatología en el periodo de Octubre de 1988 a Septiembre de 1989. Chinchiná, Cenicafé, 1989.
6. LEGUIZAMON C., J. E.; OROZCO G., L.; GOMEZ G., L. Estudio de la curva epidemiológica de la roya del cafeto a libre exposición solar en tres localidades de la zona cafetera Colombiana. Informe final de investigación en epidemiología de la roya del cafeto en Colombia. Chinchiná, Convenio JUNAC–FEDERACAFE. Cenicafé, 1990. 188 p.
7. LEGUIZAMÓN C., J. E. Control químico de la roya del cafeto *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 periodo Octubre 1993 a 1994. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 25 p.

8. LEGUIZAMON C., J. E.; OROZCO G., L.; GOMEZ G., L. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del caféto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. Cenicafé 49(4), 1999.
9. LONDOÑO B., G.; LEGUIZAMÓN C., J. E.; MONTOYA R., E. C. Evaluación del fungicida sistémico Cyproconazol para el control de la roya del caféto. Cenicafé 46(1):56-62. 1995.
10. MONTOYA R., E. C.; SIERRA S., C. A. Desarrollo matemático e implantación del modelo de simulación de la roya del caféto en Colombia. Cenicafé 44(2):56-67. 1993.
11. MONTOYA R., E. C.; SIERRA S., C. A. Estudio de un modelo de simulación de la roya del caféto en Colombia: desarrollo matemático e implantación del modelo. Fitopatología Colombiana 17(1):2-11. 1993.
12. 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).
13. RIVILLAS O., C. A. VILLALBA G., D. A. Calibración de una aplicación. *In: TECNOLOGIA del cultivo del café.* Chinchiná, Cenicafé, 1988.p.211-216.
14. RIVILLAS O., C. A. VILLALBA G., D. A. Boquillas para la aspersión del cafetales. *In: TECNOLOGIA del cultivo del café.* Chinchiná, Cenicafé, 1988.p. 223-225.
15. RIVILLAS O., C. A. Dosis y frecuencia de aplicación de fungicidas cúpricos para el control de la roya del caféto. *In: CENTRO Nacional de Investigaciones de Café.* Cenicafé. Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología del periodo Octubre de 1988 a Septiembre de 1989. Chinchiná, Cenicafé, 1989. 37 p.
16. RIVILLAS O., C. A. Evaluación de dosis de fungicidas cúpricos en el control de la roya del caféto. Hacienda Campo Alegre. Municipio de Santa Rosa, Risaralda. *In: CENTRO Nacional de Investigaciones de Café.* Cenicafé. Informe Anual de Labores de la Disciplina de Fitopatología del periodo Octubre de 1991 a Septiembre de 1992. Chinchiná, Cenicafé, 1992. 22 p.
17. RIVILLAS O., C. A. Control químico de la roya del caféto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en las variedades Caturra y Típica a la sombra *In: CENTRO Nacional de Investigaciones de Café.* Cenicafé. Informe Anual de la Disciplina de Fitopatología del periodo Octubre de 1994 a Septiembre de 1995. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 12p.

18. 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).
19. SIERRA S., C. A.; CHAVES C., B. Epocas 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.
20. SIERRA S., C. A.; MARTINS, G.; CRUZ FILHO, J. DA. Control de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. por aspersión de fungicidas cúpricos con aguilón vertical. *In*: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 6. Santa Marta, mayo 30 – junio 2, 1984. Resúmenes. p.50.
21. SIERRA S., C. A.; MONTOYA R., E. C. Control de la roya del cafeto con base en los niveles de infección. *Avances Técnicos Cenicafé* N°195:1-4. 1993.
22. 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.
23. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON 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* N°156: 1-5. 1991.
24. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON 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* No157: 1-4. 1991.
25. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON 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* No158: 1-5. 1991.
26. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON 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* No183: 1-3. 1992.

27. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del café para 1993 (zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No186: 1-2. 1993.
28. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GOMEZ G., L.; LEGUIZAMON C., J. E. Recomendaciones para el control químico de la roya del café para 1993 (zonas con cosecha principal en el primer semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé No 191: 1-2. 1993.
29. VALENCIA A., G. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del café. Cenicafé 24(2):78-89. 1973.
30. VILLALBA G., D. A.; RIVILLAS O., C. A. Equipos recomendados para el control de la roya del café. *In: TECNOLOGIA del Cultivo del Café*. Chinchiná. Cenicafé, 1988. P.217-222.

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

