

CONTROL DE LA ROYA DEL CAFETO CON BASE EN NIVELES DE INFECCIÓN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN

César Augusto Sierra-Sanz*; Esther Cecilia Montoya-Restrepo**

RESUMEN

SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E.C. Control de la roya del cafeto con base en los niveles de infección y su efecto en la producción. *Cenicafé* (Colombia) 46 (2):69-80. 1995.

Inoculaciones artificiales en el campo sobre plantas de la variedad Caturra fueron realizadas en dos cosechas principales con el fin de definir y cuantificar la relación entre el nivel de infección por roya y la producción. La variedad Colombia, resistente a la roya, fue empleada como testigo absoluto. El análisis de los diferentes niveles iniciales de infección demostró una tendencia lineal de estos tal que a menor nivel inicial de infección mayor producción y menor disminución de la misma. El primer año fue obtenida la función $Y = 1843,99 - 8,5695 X$ ($r^2 = 0,85$), donde Y = producción promedio en gramos de café cereza por árbol y X = porcentaje inicial de infección de la fase lineal de la epidemia. El nivel inicial de la fase lineal ocurre entre cuatro y cinco meses después de la floración responsable de la cosecha principal. Los índices en el segundo año oscilaron entre 7 y 14% hasta el final de la cosecha, lo cual mostró ausencia de la fase logarítmica de la epidemia por condiciones ambientales desfavorables. La producción media disminuyó drásticamente en la segunda cosecha (41%) y en las dos cosechas la disminución media alcanzó el 67,2% con relación al testigo. Este resultado mostró el efecto acumulado de la enfermedad en ausencia de control. Se determinaron además, los niveles de infección a partir de los cuales se debe ejercer el control de la epidemia.

Palabras claves: *Coffea arabica*, roya del cafeto, control químico, niveles de infección, tasa media de infección, producción.

ABSTRACT

In order to define and to quantify the relationship between the coffee rust infection and the production of beans during two main harvests of Caturra variety over their coffee productive cycles, artificial inoculations in field conditions were carried out, based on natural infection levels, allowing different epidemics during the logarithmic phase. *Coffea arabica* var. Colombia, resistant to coffee rust, was selected as control. Initial levels of infection showed a linear relationship, with low infection related to greater production. During the first year the function $Y = 1843.99 - 8.5695X$ ($r^2 = 0.85$) was obtained, where Y is mean production of coffee beans per tree, expressed in grammes, and X is to the initial infection level in the linear phase of the epidemic, expressed as a percentage. The initial level of the linear phase occurred between the fourth and fifth month after the flowering responsible for the main harvest. In the second year the infection levels were between 7 and 14% until the end of the harvest, which demonstrated absence of the logarithmic phase of the epidemic caused by environmental conditions unfavorable to development of the pathogen. Despite the low percentage infection during the second harvest, a drastic mean decrease of the production of 41% was observed in the infection and in the accumulated production values of the two harvest the mean decrease was 67.2% compared with the control. This result shows the cumulative effect of the disease without fungicide treatment. The infection levels to start the control of the epidemic was determined.

Key words: Coffee rust, chemical control, infection levels, infection mean rate, beans production.

* Investigador Científico II. Fitopatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico I. Biometría. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La producción de café está influenciada por factores internos y externos al proceso como: genéticos, agronómicos, de plagas, malezas y patógenos, entre otros. Estos factores interactúan afectando el crecimiento de la planta y su proceso productivo.

La roya del cafeto causada por el hongo *Hemileia vastatrix* es uno de los factores biológicos externos que afecta, tanto el desarrollo de la planta como la producción del grano. La relación entre la producción, los niveles de infección y el grado de ataque de esta enfermedad, es un hecho observado en todos los países cafeteros donde ha estado presente.

Algunos investigadores han cuantificado, en forma general, el impacto nacional de la roya sobre la producción del grano y la relación entre la susceptibilidad al patógeno y la producción. Mónaco (13) considera que es muy difícil cuantificar el efecto de la roya del cafeto sobre la producción total, ya que la acción de las condiciones de clima sobre la producción puede enmascarar el efecto de la enfermedad; concluye que se puede obtener una buena productividad con un 10% de infección por roya. Eskes *et al.* (6) observaron, en ramas marcadas de la variedad Catuaí, la relación de susceptibilidad en ramas con y sin producción y concluyeron que la mayor susceptibilidad al patógeno ocurre en años de alta producción, lo cual supone que el ritmo de crecimiento vegetativo en años de alta y baja producción debe estar ligado a ese fenómeno.

Chalfoun y Carvalho (5) estudiaron el efecto de la intensidad del ataque de la roya del cafeto sobre la producción y la composición química foliar. Observaron un índice de infección en el período de mayor incidencia de 42,5% en plantas con producción, mientras que en plantas sin producción fue de 4,2%, y hallaron en los tratamientos de mayor índice de infección y de mayor producción, la menor

concentración de compuestos fenólicos en cuya fracción monodimérica se encuentran los de más reconocida acción fungitóxica como los ácidos clorogénico, cinámico, y cafeico, entre otros.

El efecto de las aplicaciones de fungicidas de acuerdo con diferentes niveles de infección al inicio del ciclo de la roya del cafeto, ha sido estudiado en algunos países, con el fin de facilitar las recomendaciones para el control. Miguel *et al.* (12), basados en las recomendaciones de calendarios fijos y niveles de infección, en las condiciones de Minas Gerais, Brasil, encontraron que el inicio de las cuatro aspersiones recomendadas con niveles de infección menores del 10% redujeron significativamente la incidencia en el ciclo productivo considerado. Niveles del 10 al 20% fueron considerados intermedios y niveles mayores del 20% muy altos para el inicio de aspersiones con fungicidas protectores.

Posteriormente, Matiello *et al.* (11), basados en el nivel de inóculo y la producción, recomendaron una aspersión con fungicida protector si el nivel de infección alcanza el 5% en años de baja producción garantizando una buena retención foliar y prescindiendo de posteriores aspersiones en ese año, si el nivel de infección permanecía. En años con nivel medio de producción, dos aspersiones de cobre o una de cobre y una de sistémico. En años de alta producción tres aspersiones de fungicida cúprico, en períodos lluviosos de expansión foliar y de formación del grano, si los niveles de infección están entre el 5 y el 10%; o dos aspersiones de sistémico en mezcla con fungicida cúprico iniciando en febrero y cuarenta días de intervalo si el nivel de infección estaba entre el 20 y el 30 %.

La cuantificación del nivel crítico de infección, a partir del cual ocurre una disminución

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Cenicafé, en la Estación Central Naranjal-Chinchiná, Caldas, Colombia, a 4° 58' Lat. N., 75° 42' Long. O. y 1370 m.s.n.m, en un lote de café sembrado el 16 de enero de 1990 con 125 árboles de var. Colombia (testigo absoluto) y 600 árboles de var. Caturra.

En diciembre de 1990, se hizo análisis del estado fenológico de 8 árboles por variedad, seleccionados al azar. De esta evaluación se dedujo que había homogeneidad en el hospedante y en el testigo absoluto, ya que los dos presentaron igual proporción de hojas presentes (98,7% y 98,5%), con un coeficiente de variación de 0,75%.

Para cuantificar la relación entre la presencia de la roya y la producción, fueron propuestos los tratamientos descritos en la Tabla 1.

TABLA 1. Control de la roya del café con base en niveles de infección y su efecto en la producción utilizando diferentes tratamientos. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia. 1991.

Infección Inicial (%) Fase II	Frutos presentes por árbol(%)	Tratamientos
Z_1	0	1
	25	2
	50	3
	100	4
Z_2	0	5
	25	6
	50	7
Z_3	100	8
	0	9
	25	10
	50	11
Z_4	100	12
	0	13
	25	14
	50	15
	100	16
Testigo absoluto (var. Colombia)	100	

de la producción es fundamental para establecer un programa de control de la enfermedad, y muy especialmente cuando está basado en un modelo de previsión que permita el manejo racional de las prácticas de control por disminución de inóculo o de la tasa de infección. Hernández (7), en un intento por explicar la relación de infección por roya y la producción, usó un modelo de previsión para determinar épocas de aspersión basado en un sistema de simulación de tipo explicativo, e introdujo al modelo de Kushalappa. En el desarrollo de su tesis planteó la asociación lineal entre tasa media de infección según el modelo descriptivo y la razón de sobrevivencia líquida del proceso monocíclico (RSLPM), y consideró que debería estudiarse más la relación entre RSLPM con la producción bienal del café.

En Colombia, un estudio sobre épocas de control de la roya del café mediante calendarios fijos (2, 3, 4, 14, 15, 16, 17), no mostró para las zonas en estudio una respuesta consistente en la relación entre producción e incidencia o severidad de la enfermedad, con excepción de algunas localidades. La tendencia general presentada fue una relación inversa de la producción con relación a la infección ocurrida en años anteriores e influenciada por el ciclo bienal de la producción del café.

El efecto directo de la infección por roya del café se observa en las hojas y en la defoliación del árbol. Un efecto indirecto de esta enfermedad ocurre al disminuir la producción. Por tanto, el objetivo de este trabajo consistió en definir y cuantificar la relación entre infección por roya del café y la producción del grano, lo cual ayudaría a tomar decisiones sobre el inicio y frecuencia de los controles de la enfermedad, con el fin de evitar pérdidas en producción. Además, ayudaría al establecimiento de un modelo de previsión basado en la cuantificación de niveles de infección.

En la Tabla 1, Z_i ($i=1...4$) depende del nivel de infección inicial (X) de la fase II de la epidemia en condiciones naturales y corresponde a la fase lineal o logarítmica de la epidemia (Tabla 2).

En el primer año de experimentación (1991), para determinar el nivel de infección inicial natural (X), en 240 árboles de la variedad catuturra seleccionados al azar, se censó rama por rama el número de hojas presentes y el número de hojas con roya, por tanto, la infección aparente por árbol se calculó como la relación entre el total de hojas con roya en el árbol y el total de hojas presente.

Esta información se tomó a mediados de abril, lo cual permitió estimar la infección media por árbol en $X=3,1\%$, correspondiente a la infección inicial natural. Definido este valor, se asignaron aleatoriamente sesenta árboles para los niveles de infección propuestos, según Tabla 2, ($Z_1=3\%$; $Z_2=12\%$; $Z_3=21\%$; $Z_4=36\%$).

Los niveles de infección (Z_1 a Z_4) fueron obtenidos mediante inoculación por gota de cinco microlitros con una concentración de 75×10^3 esporas por mililitro, según metodología descrita por Leguizamón (10) y Jaramillo (8), aplicados al envés de las hojas seleccionadas al azar. El número de hojas dependió del tratamiento y del número de éstas con roya, inicialmente registradas en el árbol. Las inoculaciones

TABLA 2. Niveles de infección artificial de la roya del café según nivel de infección natural. Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

Infección inicial (%) en condición natural	Niveles de infección			
	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
X = 10%	X	2X	3X	4X
X = 7%	X	2X	4X	6X
X = 3%	X	4X	7X	12X

fueron realizadas en las horas de la tarde (5 pm, en adelante), con el fin de garantizar la permanencia del agua y obtener éxito en la germinación y penetración del hongo. El número de gotas aplicadas por tratamiento fue determinado según el promedio de pústulas registradas por hoja (cuatro gotas por hoja).

La inoculación artificial fue realizada en la cuarta semana de abril, un mes antes del inicio de la fase II (lineal) de la epidemia, que coincide con el inicio del llenado del grano.

En la primera semana de junio, de acuerdo con los períodos de incubación y de latencia determinados para la zona según estudios de epidemiología (9), fue evaluada la infección a través de un censo en el árbol y corroborada la efectividad e infectividad de la inoculación. De acuerdo con este resultado fueron redistribuidos los árboles según el criterio de nivel de infección (Z_1 a Z_4) y dentro de cada nivel sorteados los tratamientos correspondientes a frutos presentes por árbol.

La época de retirar los frutos fue definida de acuerdo con los períodos I y II de la formación de granos, según lo descrito por Suárez (18), correspondiente a cuatro o más florescencias que responden por el mayor porcentaje de la producción principal para la zona. Por tanto, en la segunda quincena de junio se retiraron los frutos, nudo por nudo, de los tratamientos propuestos.

La unidad experimental fue el árbol y el número de árboles por tratamiento fue de 15, definido según los errores experimentales encontrados en el estudio sobre épocas de control de la roya del café en Colombia (14) y la diferencia máxima, sin importancia práctica aceptable en producción del 5% del promedio de café cereza por árbol, el nivel de confiabilidad mayor del 90% y el nivel de significancia (probabilidad de error tipo I) del 10%.

La tasa media de infección fue evaluada en hojas con roya y hojas presentes en quince ramas de cada árbol, en la primera semana de cada mes. La producción en gramos de café cereza y la relación café cereza/café pergamino seco (cc/cps), fue registrada árbol por árbol.

El efecto de tratamientos, en el primer año de investigación, fue evaluado mediante un modelo de análisis para el diseño completamente aleatorizado, en arreglo factorial 4 x 4, con 15 repeticiones por tratamiento, en las variables registradas de producción (gramos de café cereza) y en la relación cc/cps, lo mismo que en las variables calculadas de porcentaje de infección por árbol (en la iniciación de la fase lineal de la epidemia), porcentaje de defoliación y tasa media de infección por árbol (en la fase lineal de la epidemia), definida como el cambio de infección por unidad de tiempo (día).

El testigo absoluto (var. Colombia) estuvo constituido por treinta árboles seleccionados aleatoriamente.

El modelo de análisis fue:

$$Y_{ij} = \mu + j_i + \gamma_j + (j_i * \gamma_j) + C_{ij}$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta (tasa media de infección, defoliación, etc.)

μ = Media poblacional

j_i = Efecto del nivel inicial de infección, primer factor

γ_j = Efecto del número de frutos, segundo factor

$j_i * \gamma_j$ = Efecto de interacción

C_{ij} = Error experimental

La comparación de los mejores tratamientos según este modelo, con el testigo absoluto, para la variable producción, fue realizada mediante el estadístico de prueba t, ya que el testigo absoluto no entró en el modelo de análisis para el diseño propuesto. Además fueron evaluadas mediante regresión lineal las siguientes relaciones:

1. Producción vs Infección inicial en la Fase II de la epidemia
2. Porcentaje de disminución de producción con relación al testigo vs Infección inicial en la Fase II de la epidemia

$$\text{Disminución de producción} = \frac{(W1-W2)}{W1} * 100$$

donde:

$W1$ = Producción en el testigo absoluto (Variedad Colombia)

$W2$ = Producción en el tratamiento

3. Nivel inicial de infección en la Fase II vs Tasa media de Infección.

En el segundo año de experimentación (1992) y de acuerdo con los resultados del primer año, no fueron retirados los frutos. Además en este año, en cada nivel fue inoculado el 66% de los árboles y en los restantes se realizó un seguimiento del comportamiento de la epidemia.

El nivel medio de infección natural (X) en evaluaciones a través del censo, para definir los niveles de infección a inducir en el segundo año (Z_1-Z_4) tuvo un valor del 7%, el cual fue considerado en la planeación de esta investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología experimental planteada se obtuvo, en el primer año, en la misma localidad y cosecha, fue lograda la generación de epidemias diferentes mediante inoculación artificial en el período inicial de la fase II ó logarítmica de la epidemia, entre los 90 y 120 días después de la floración principal (Tabla 3), lo cual permitió cuantificar la relación entre infección y producción.

El análisis de varianza no mostró interacción entre niveles iniciales de infección y el número de frutos presentes o segundo factor. La tasa diaria de infección fue menor estadísticamente, en ausencia de frutos (0,317%), que en presencia de estos (0,40%). Esto muestra que en presencia o no de frutos, en condiciones favorables para la infección ocurre la epidemia. Por tanto, fue eliminado el factor de retiro de frutos en los años siguientes de esta investigación.

Este resultado no coincide totalmente con lo descrito por Chalfoun y Carvalho (5) para las condiciones de Brasil, ya que ellos obtuvieron niveles de infección muy bajos (4%) en ausencia de frutos.

Respecto a la epidemia, en general independientemente del nivel inicial de infección, alcanzó el máximo valor en el mismo punto muestral o número de días después de la floración principal (Figura 1). Se observó, además, que a menor nivel de infección la tasa diaria de infección por roya es mayor (Tabla 3), relación descrita mediante la siguiente expresión según una regresión lineal negativa con un coeficiente de correlación $r = -0,998$ significativo al nivel del 5%:

$$\text{Tasa promedio de infección diaria (\%)} = 0,6236 - 0,01072 * X$$

donde:

X = Nivel Inicial de infección, en porcentaje.

TABLA 3. Comportamiento y efecto de la epidemia de la roya del café en 1991, según inoculaciones artificiales para inducir diferentes niveles de infección inicial. Estación Central Naranjal - CENICAFÉ. Control de la roya del café con base en niveles de infección y su efecto en la producción.

NIVEL DE INFECCIÓN INICIAL		TASA DE INFECCIÓN (%)			DEFOLIACIÓN EN DIC. 1991 (%)		
Promedio	C.V. (%)	Bruta	Diaria	C.V. (%)	Total	Efecto roya	C.V. (%)
11,9 (Z ₁)	26,8	33,85A*	0,490	32,5	63,6A*	30,84	21,00
21,1 (Z ₂)	13,7	28,34B	0,410	30,7	64,8AB	32,04	14,96
29,6 (Z ₃)	10,5	21,12C	0,306	46,7	65,4AB	32,64	15,20
40,4 (Z ₄)	10,4	13,06D	0,189	72,6	70,9B	38,14	11,40

INICIAL POR ÁRBOL (%)	TASA DE INFECCIÓN (%)			DEFOLIACIÓN EN DIC. 1991 (%)		
	Bruta	Diaria	C.V. (%)	Total	Efecto roya	C.V. (%)
0	21,90A*	0,317	47,7	58,1A*	25,34	11,4
25	28,02B	0,406	38,1	61,6AB	28,84	13,8
50	28,13B	0,407	43,4	67,7BC	34,94	15,6
100	26,89B	0,389	47,9	71,6C	38,84	16,0

* Promedios con letras iguales no difieren significativamente. Tukey al 5%.

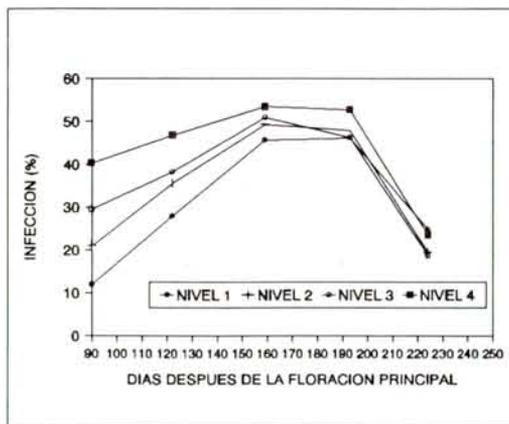


Figura 1. Epidemias inducidas en 1991, según niveles iniciales de infección para roya del café. Estación Central Naranjal - CENICAFE. Control de la roya del café con bases en niveles de infección y su efecto en la producción.

Esta expresión muestra que a mayor infección al inicio de la fase logarítmica, menores es la tasa de infección, dada la poca disponibilidad del hospedante para nuevas infecciones.

Los resultados permitieron evaluar y cuantificar el efecto indirecto de la roya del café sobre la producción, a través de una relación directa entre el nivel inicial de infección en la fase II de la epidemia, que coincide con el período de llenado de frutos (3 a 4 meses después de la floración principal) y la disminución de la producción en el mismo período o cosecha, con una tasa diaria de infección mayor a 0,19%, considerada como una epidemia severa (Figura 2).

En la Figura 2 se observa que si a los tres meses después de la floración hay un nivel de infección del 10%, la disminución media de la producción es del 11%, con un límite inferior de 6,6% y un límite superior de 1,5%, para un nivel de confiabilidad del 95%. Si el nivel de infección, en este mismo período, es del 40%, el límite superior de la disminución media puede llegar a ser del 62%, con una probabilidad del 95%.

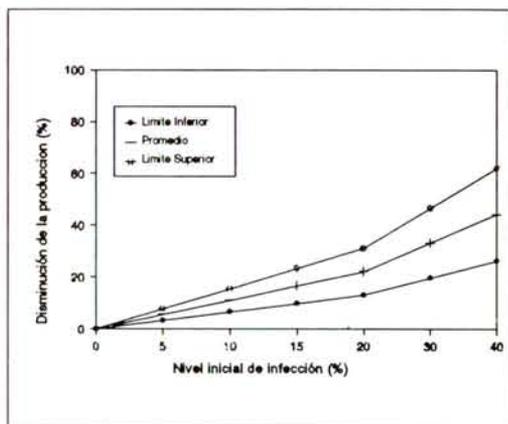


Figura 2. Disminución de producción (%), según el nivel de infección a los 90 días después de la floración principal. Estación Central Naranjal - CENICAFE. Control de la roya del café con base en niveles de infección y su efecto en la producción.

Además, fue hallada una relación inversa entre el nivel inicial de infección en la fase II de la epidemia y la producción, mediante la siguiente expresión de una regresión lineal simple, con un coeficiente de determinación de 0,85:

$$Y = 1843,99 - 8,5695 * X,$$

donde:

- Y** = Producción de café cereza por árbol, en gramos.
- X** = Nivel inicial de infección por árbol en la fase II de la epidemia, en porcentaje.

La relación café cereza a café pergamino seco, como variable que evalúa la calidad, en el mismo período productivo donde ocurre una epidemia severa (tasa diaria mayor del 0,19%), alcanzó valores de 5,8 como efecto indirecto de la roya del café sobre la producción, comparado con el valor medio por árbol de 4,7 del testigo absoluto.

Al finalizar el primer año de investigación, una vez recolectada la cosecha, la defoliación

media, en los árboles con diferentes epidemias, estuvo entre el 63 y el 71%; mientras que en el testigo absoluto resistente a la roya del café (var. Colombia), fue del 32,8%. Este resultado permitió corroborar que un efecto directo de la roya del café es la defoliación (Tabla 3).

En el segundo año, mediante la inoculación artificial realizada en abril de 1992 se generaron diferentes niveles de infección inicial, con valores medios de 7,3% hasta 14,3%, valores (Z_1 a Z_4), inferiores a los propuestos, Tabla 2, de acuerdo con el nivel de infección obtenido a través del censo ($X=7\%$).

En los árboles de seguimiento la infección media en el mes de junio de 1992 osciló entre el 3,4% y el 7%, lo cual evidenció la no ocurrencia de condiciones favorables para el desarrollo de diferentes epidemias inducidas en este período productivo.

No hubo fase lineal de la epidemia en el segundo período productivo experimental, hecho que se evidencia si se observa el máximo de

infección presentado a los 95 días después del nivel inicial (junio/92), con respecto a lo ocurrido en 1991 (Tabla 4).

La disminución en la producción en este período alcanzó valores hasta del 41%, con respecto al testigo absoluto y la relación cc/cps presentó un límite superior para el promedio, de 8,1, con una probabilidad del 95%, en aquellos niveles iniciales de infección más altos.

En este segundo año sin control químico, la proporción de árboles con una relación de cc/cps fue mayor a 6,0, y se incrementó hasta el 67%, lo cual indica un efecto acumulado de la epidemia severa del primer año sobre la producción (Tabla 4).

Para un nivel inicial de infección del 5%, durante el período en el cual ocurrió la fase lineal de la epidemia (1991), la disminución media por árbol de la producción acumulada fue del 8,9%, y para un nivel inicial del 40% la

TABLA 4. Comportamiento y efecto de la infección por roya del café 1991 y 1992. Estación Central Naranjal CENICAFE.

Nivel	1991			1992			Proporción árboles con relación $\leq 6,5$
	Nivel inicial (junio)	Máximo		Nivel inicial (junio)	Máximo		
		\bar{X}	C.V. (%)		\bar{X}	C.V. (%)	
Z_1	11,9A*	45,7	27,0	7,3A*	14,3	16,0	64,2
Z_2	21,1B	49,3	17,4	10,1B	18,5	15,9	57,1
Z_3	29,6C	50,8	18,6	11,7C	17,2	14,5	72,4
Z_4	40,4D	53,4	16,3	14,3D	14,1	11,5	33,3
Testigo							63,3

* Promedios con letras iguales no difieren significativamente. Tukey al 5%.

disminución media por árbol de la producción acumulada fue del 70,3% (Figura 3).

Estos resultados que muestran un efecto indirecto sobre la producción y un efecto directo de defoliación causado por una enfermedad como la roya del cafeto, coinciden con lo observado en estudios sobre productividad del cafeto (1), donde defoliaciones artificiales del 45 al 60%, en el período de mayo a octubre, períodos de la fase lineal de la epidemia en condiciones favorables para su desarrollo, afectaron la producción del mismo año en un 30% o menos y la del año siguiente entre un 20 a 40%.

Además fue observado el efecto que estas defoliaciones artificiales tuvieron sobre la calidad de la cosecha en el mismo año de la defoliación, aumentando la relación café cereza a café pergamino seco, la cantidad de pasilla y el vaneamiento.

Con los resultados de esta investigación se procedió a estimar la proporción de pérdida de producción por efecto de la enfermedad, teniendo en cuenta la disminución de café cereza y el aumento de la relación café cereza a café pergamino seco por árbol, para diferentes niveles de infección inicial de la fase lineal de la epidemia y con tasas diarias mayores a 0,19%.

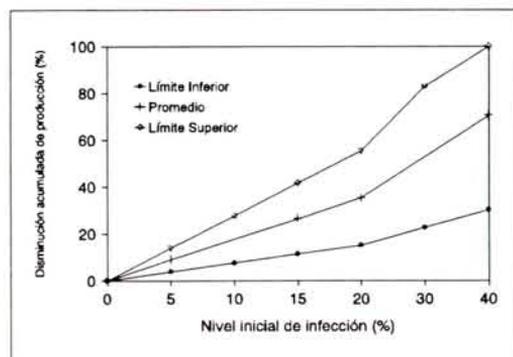


Figura 3. Disminución acumulada (%) de producción según el nivel de infección por roya del cafeto. Estación Central Naranjal - CENICAFE.

Esta relación se describe mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ pérdida} = 1,335538 * X$$

$$(r^2 = 0,99, EE (b) = 0,0489821)$$

donde:

X = Nivel inicial de infección por árbol en la fase II de la epidemia, en porcentaje.

Quantificada la relación de la infección inicial por roya del cafeto (sin control) con la producción, en presencia de una epidemia severa (tasa diaria > 0,19%), teniendo en cuenta el nivel de infección a partir de los 90 días después de la floración principal, período que coincide con la fase inicial de llenado de frutos y con el inicio de la fase lineal de la epidemia, y apoyados en los resultados experimentales de la validación de calendarios fijos, recomendados por Cenicafé para la zona Cafetera, los cuales mostraron disminución de infección por efecto del control (Figura 4), se procedió a determinar los niveles de infección inicial a partir de los cuales se debe ejercer el control de la epidemia (Tabla 5).

Los criterios bajo los cuales se elaboró la Tabla 5, en la cual se recomienda el manejo de

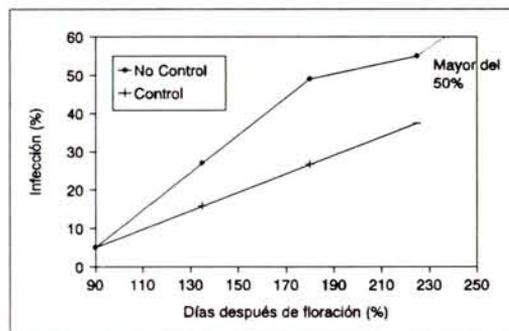


Figura 4. Efecto del control de la roya del cafeto observado en experimentos para la validación de calendarios fijos de aspersión, recomendados por CENICAFE, para diferentes zonas productoras de café en Colombia. CENICAFE

TABLA 5. Recomendación para el control de la Roya del Cafeto con base en niveles de infección y el período de desarrollo de la producción. CENICAFE.

Días después de la floración	Índice de infección (%) (II)				
	Menor del 5	5.1-10	10.1-15	15.1-20	Mayor del 20
90	-	P	P	S	S
135	-	P	P	S	S
180	-	-	-	P	S
225	-	-	-	P	P

- = No control
 S = Fungicida sistémico.
 P = Fungicida protector.

la enfermedad de acuerdo con los niveles de infección, fueron:

1. La disminución de producción ocurrió en presencia de epidemias severas (tasas diarias mayores de 0,19%).
2. En condiciones favorables a la infección por roya del cafeto es necesario disminuir la tasa de crecimiento de la epidemia o retrasar la presencia de niveles que ocasionan pérdida en producción, lo cual se logra con la aplicación de fungicidas protectores con base en cobre y fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles, de probada eficacia en el control de la enfermedad.
3. Valores de infección por roya del cafeto menores del 5%, durante el proceso de formación de los frutos (sin fase lineal de la epidemia), no ocasionan pérdidas en producción.
4. Los costos de control químico de la roya del cafeto se han estimado en el 7% de los costos de la producción
5. El método de control de la roya del cafeto con base en la determinación de niveles de infección y de su efecto detrimental sobre la

producción del grano, permite disminuir el número de aspersiones de fungicidas protectores y curativos respecto al método de calendarios fijos, especialmente en períodos del ciclo productivo con condiciones desfavorables para la infección. Se disminuyen así los costos del control, y como consecuencia, los costos de producción.

La recomendación dada en la Tabla 5 está siendo verificada en diferentes localidades de la zona cafetera de Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo interdisciplinario de investigación sobre simulación del cultivo del café, liderado por el Dr. Francisco Quiroga, por su apoyo durante la realización del presente trabajo.

A los integrantes de la disciplina de Fitopatología, liderado por el Dr. Jairo Leguizamón C., por su constante apoyo y discusión.

A los señores Rubén Darío Ospina T., Carlos Velásquez V., Uriel Gallego T., Iván Villegas L., quienes tomaron la información de campo y

la grabaron; Hernando García O. y Roberto Ospina A., quienes colaboraron en el manejo de archivos, textos y programación.

Al personal auxiliar de la disciplina de Fitopatología, quienes colaboraron en el trabajo de inoculación artificial.

LITERATURA CITADA

1. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ, CENICAFE, DISCIPLINA DE FISIOLÓGIA VEGETAL. CHINCHINÁ (COLOMBIA). Productividad del café. Influencia de las defoliaciones en diferentes estratos de la planta y en diferentes épocas sobre la producción. In: Informe anual de labores Octubre 1988-Septiembre 1989 de la disciplina de Fitofisiología Vegetal Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1989 P. 3-35.
2. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE, CENICAFE. Chinchiná (Colombia). Recomendaciones para el control químico de la roya del café en 1993. (Zonas con cosecha importante en ambos semestres del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 183: 1-3. 1992.
3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE, CENICAFE. Chinchiná (Colombia). Recomendaciones para el control químico de la roya del café en 1993. (Zonas con cosecha principal en el segundo semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 186: 1-2. 1993
4. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE, CENICAFE. Chinchiná (Colombia). Recomendaciones para el control químico de la roya del café en 1993. (Zonas con cosecha principal en el primer semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 191: 1-2. 1993.
5. CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.D.. Efeito de produção e da composição química de folhas de cafeeiros sobre a intensidade de ataque da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.). In: CONGRESSO Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras 14. Campinas (Brasil). Dezembro 1-4 de 1987. Rio de Janeiro (Brasil). IBC-GERCA. 1987. p. 121.
6. ESKES, B.A.; SOUZA, Z. E. Ataque da ferrugem em ramos com e sem produção, de plantas do cultivar Catuaí. In: CONGRESSO Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras 9. São Lourenço (Brasil). Outubro 27-30 de 1981. Rio de Janeiro (Brasil). IBC-GERCA. 1981. p.186.
7. HERNANDEZ T., T.A. Avaliação de modelo de previsão da ferrugem do cafeeiro para determinar épocas de aplicação de fungicida. Vicosa (Brasil), Universidade Federal de Vicosa, 1984. 68 p. (Tesis: Magister Scientiae).
8. JARAMILLOR, L.A. Susceptibilidad de hojas de *Coffea arabica* L. var. Caturra de diferente edad a *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. Manizales (Colombia), Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1985. 141 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo).
9. LEGUIZAMÓN C., J.E.; OROZCO G., L.; GÓMEZ G., L. Períodos de incubación (PI) y latencia (PL) de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Chinchiná (Colombia). Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1993. 35 p.
10. LEGUIZAMÓN C., J.E. Contribution a la connaissance de la resistance incomplete du cafeier arabica (*Coffea arabica* L.) a la rouille orangée (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.). Montpellier (Francia), Ecole National Superieure Agronomic de Montpellier, 1983. 183 p. (These: Docteur ingenieur).
11. MATIELLO, J. B.; MANSK, Z. Estudo de esquemas de controle da ferrugem do cafeeiro em lavouras com alta, media, e baixa produção no estado de E.S. Brasil. In: CONGRESSO de Pesquisas Cafeeiras 11. Londrina (Brasil). Outubro 22-25 de 1984. Rio de Janeiro (Brasil), IBC-GERCA, 1984. 107 p.
12. MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J.B.; REIS, G.N.; MANSK, Z. y ALMEYDA, S.R. Efeito da aplicação de fungicidas cupricos em cafeeiros com diferentes graus de intensidade de ataque de ferrugem. In: CONGRESSO Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras 6, 367. Riberão Preto (Brasil). Outubro 26-27 de 1978. Rio de Janeiro (Brasil), IBC-GERCA, 1978. 367 p.
13. MÓNACO, L. C. Consecuencias de la introducción de la Roya del Café en Brasil San José (Costa Rica) IICA PROMECAFE, 1977. 27 p.
14. SIERRA S., C.A. Epocas de control de la roya del café en Colombia. Chinchiná (Colombia), CENICAFE, 1990. 135 p. (Informe final presentado al convenio Federación Nacional de Cafeteros de Colombia-Junta del Acuerdo de Cartagena).

15. SIERRA S., C.A.; RIVILLASO, C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Epocas de control químico de la roya del café en Colombia para 1991. (Zonas con cosecha importante en ambos semestres del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 156: 1-5. 1991.
16. SIERRA S., C.A.; RIVILLASO, C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Recomendaciones para el control químico de la roya del café para 1991. (Zonas con cosecha principal en el primer semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 158: 1-5. 1991.
17. SIERRA S., C.A.; RIVILLASO, C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Recomendaciones para el control químico de la roya del café para 1991. (Zonas con cosecha principal en el segundo semestre del año). Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N°. 157: 1-4. 1991.
18. SUÁREZ S., J.V. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de café. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) N° 89: 1-4. 1974.