

Roya anaranjada

Hemileia vastatrix Berk. y Br.

Luis Fernando Gil Vallejo

A pesar de los esfuerzos realizados por los países cafeteros desde 1898 para el control de la roya del cafeto, su distribución mundial, los daños económicos que ocasiona y la capacidad del hongo para sobreponer la resistencia de materiales mejorados, hacen que esta enfermedad sea catalogada como la principal del cultivo del café en el mundo.

Síntomas

El hongo afecta hojas de café de todas las edades. Los síntomas iniciales de la enfermedad corresponden a pequeñas áreas cloróticas en el envés de la hoja que coalescen cuando avanza la enfermedad y dan origen a lesiones de forma irregular. Los síntomas finales típicos de la enfermedad los ocasiona la presencia de uredinosporas sobre las lesiones, las cuales se tornan de aspecto polvoso de color amarillo-naranja (Figura 55). Al finalizar el ciclo de la enfermedad el centro de la lesión presenta coloración café oscura y generalmente la hoja cae prematuramente. El tamaño de las lesiones es variable y es posible encontrarlas hasta de un 25% del área de la hoja

Organismo causante

La roya anaranjada del cafeto es ocasionada por el hongo *Hemileia vastatrix*, un basidiomiceto del orden Uredinales y de la familia Pucciniaceae. Según Hennen y Buriticá (1980), se caracteriza por su

ciclo de vida parcialmente expandido por sus soros supraestomáticos y su reproducción clonal por urediniosporas reniformes, con una mitad equinulada y la otra lisa, de donde proviene su nombre (Hemi=mitad, leios=liso), (Figura 56). Este parásito obligado presenta urediniosporas con dimensiones de 25 a 35 x 12 a 28 u (largo por ancho) y micelio localizado completamente dentro del tejido de la hoja, compuesto por hifas hialinas de aspecto tortuoso, con diámetro entre 5 y 6 μ y ramificaciones irregulares. Las hifas penetran en las células del mesófilo mediante

ramificaciones que terminan en expansiones ovaes reniformes de 7 a 8 x 4 a 4,5 μ llamadas haustorios. Las urediniosporas observadas en el envés de la hoja se forman a partir de masas entretrejidas de hifas denominadas soros localizadas en las cavidades subestomáticas (Rayner, 1972).

Epidemiología

En general, además de la presencia del hospedante susceptible y del patógeno, el progreso de la enfermedad depende de las condiciones climáticas, de la cantidad y distribución de las lluvias y de la época y cantidad de la cosecha.

La cantidad de inóculo residual (hojas con roya) presente en las épocas de mayor formación de follaje y formación de frutos determina la tasa de crecimiento de la epidemia y su severidad. Este inóculo residual se conserva en la parte baja interna de la planta y de allí, acompañando el desarrollo del fruto hasta la cosecha, la enfermedad asciende en la planta y sale a la parte externa del follaje (Villegas, 1985).

La distribución y cantidad de lluvias son fundamentales para la germinación, proceso infeccioso y diseminación del patógeno. Si las etapas de formación del fruto y de follaje, y la presencia de abundante inóculo residual coinciden con los períodos lluviosos, la incidencia y severidad de la enfermedad se incrementan (Rivillas *et al.*, 1999).

En la medida en que se desciende en altitud y se incrementa la temperatura, los períodos



Figura 55
Lesión con urediniosporas de roya (*Hemileia vastatrix*) sobre el envés de la hoja de café.



Figura 56
Urediniosporas de *Hemileia vastatrix*. (40X).

de incubación y latencia (PI y PL), se acortan ocasionando mayor número de generaciones del patógeno con el consecuente incremento de la enfermedad.

La zona óptima de producción de café en Colombia está ubicada en el rango óptimo de desarrollo de la enfermedad (16° a 28°C) con un promedio de 22°C ; temperaturas superiores o inferiores al rango óptimo afectan la epidemia, como lo demuestra la baja incidencia de la enfermedad en plantaciones de café al sol y a la sombra sembradas por encima de 1.600 m de altitud que corresponde a 19°C y sin déficit hídrico, en las cuales no se requiere control de la enfermedad (Leguizamón *et al.*, 1999).

Las condiciones climáticas inciden directamente en el desarrollo fenológico del cultivo y en la distribución de la cosecha; por tanto, el comportamiento de la enfermedad tiene variaciones dependiendo de la época de cosecha de cada zona (Rivillas *et al.*, 1999). Existe una estrecha asociación entre la evolución de la enfermedad y la cantidad de la cosecha; años de alta producción coinciden con epidemias severas y para el siguiente año disminuyen la producción y la presencia de la enfermedad (Sierra y Montoya, 1993).

Aunque en ocasiones ocurren niveles altos de la enfermedad, bajo sombra ésta es menos severa que al sol, es decir, se observa menor número de lesiones por hoja, las epidemias se dilatan y los picos máximos generalmente son de menor porcentaje de hojas con roya.

Proceso de infección

Las urediniosporas transportadas por el viento, la lluvia o mediante otro mecanismo, entran en contacto con el agua y en la oscuridad inician la germinación sobre el envés de la hoja. Seis horas después, el tubo germinativo penetra por los estomas y forma un apresorio en la cavidad subestomática donde inicia la invasión del tejido mediante hifas de colonización; 21 horas después de iniciado el proceso se encuentran hifas en el parénquima de empalizada y algunos haustorios dentro de las células. El proceso de colonización de tejido y las células avanza hasta inducir síntomas visibles en el tejido del hospedante (Período de incubación, PI), y finaliza con la presencia de numerosas urediniosporas en lesiones localizadas en el envés de las hojas (Periodo de latencia, PL) (Figura 57) (Rayner, 1972; Kushalappa, 1989; Hoyos *et al.*, 1999).

Efecto sobre la producción

Estudios realizados por Cenicafé han permitido caracterizar y cuantificar los factores que determinan el progreso de la enfermedad y su efecto en la producción. En un año considerado de epidemia severa (tasa diaria de infección $>0,19\%$) hay una relación directa entre la infección ocurrida durante la etapa de llenado de frutos, a los tres meses de ocurrida la floración principal y la disminución de la producción, hasta del 19,5% en el mismo ciclo productivo comprometiéndose la cosecha del año siguiente. En el mismo ciclo productivo la

relación café cereza a café pergamino seco puede alcanzar 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 67% (Rivillas *et al.*, 1999; Sierra y Montoya 1993; Sierra y Montoya, 1995).

La pérdida de capacidad fotosintética de la hoja por efecto de la roya es uno de los factores que afectan la calidad de la producción. El más drástico es la defoliación y su daño es mayor en la medida que sea temprana, en la época de formación y llenado de grano, ya que la planta no produce los nutrientes necesarios para acabar de formar y madurar la cosecha. Por tanto, se producen granos vacíos, mayores porcentajes de pasilla y el secamiento de ramas y granos, con la consecuente pérdida en cantidad y calidad de la cosecha (Figura 58).

Además del daño en la producción, la roya impide el desarrollo normal de la planta lo cual se refleja en las producciones posteriores. El daño por la enfermedad es más grave si se suman otros factores como vejez de los cafetales, deficientes prácticas de fertilización y manejo de malezas, plagas y otras enfermedades, insuficiente sistema radical por fallas en la siembra o debido a condiciones desfavorables del suelo.

Manejo

La incidencia y severidad de las epidemias ocasionadas por *H. vastatrix* desde 1860 en Sri Lanka han ocasionado en los países cafeteros desde el cambio de cultivo hasta la adopción de medidas de control químico, cultural y genético.

Control Químico

Para el control de la roya del café se recomienda el uso de fungicidas protectores, que inhiben la germinación del patógeno

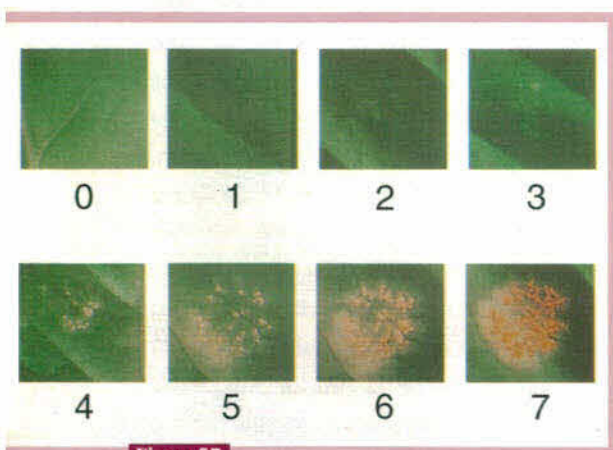


Figura 57
Desarrollo de la lesión individual causada por *Hemileia vastatrix*. (Leguizamón, 1983).



Figura 58
Defoliación, paloteo y pérdida de la producción ocasionados por roya

sobre el hospedante y fungicidas sistémicos que por su efecto protector y curativo afectan la germinación del hongo y detienen el proceso de colonización dentro de los tejidos foliares. Entre los fungicidas protectores, los cúpricos son los más utilizados y no se han encontrado diferencias de control entre oxicloriguro de cobre, óxido cuproso, hidróxido de cobre y sulfato de cobre formulado como caldo bordelés (Rivillas *et al.*, 1999).

Los fungicidas sistémicos han mostrado un importante efecto sobre la enfermedad y la producción, especialmente cuando se aplican al follaje fungicidas del grupo de los Azoles (cyproconazol, triadimefón y hexaconazole); además de su efecto inicial sobre el desarrollo del patógeno estos productos detienen el crecimiento de la lesión pero no su esporulación. Aplicaciones tardías de estos fungicidas no ejercen ningún control sobre la enfermedad (Londoño *et al.*, 1995 y Rivillas *et al.*, 1999).

Experimentalmente se demostró que la primera lluvia después de la aspersión, independiente de su intensidad, ocasiona pérdidas del 50% del fungicida cúprico depositado sobre el follaje, con y sin adherente, y por ello no se recomienda el uso de adherentes ni aceites para incrementar la persistencia de los fungicidas protectores y sistémicos (Rivillas *et al.*, 1999).

Programas para el control

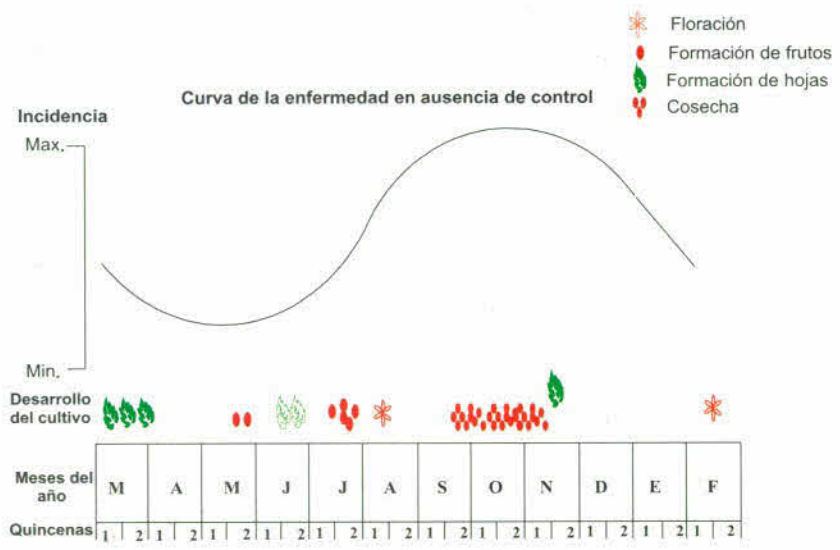
El estudio de la evolución de la enfermedad muestra que su control debe iniciarse a partir de los 16 meses de edad de la plantación. El control químico en Colombia

puede realizarse con base en un programa de calendario fijo de aspersiones o empleando el criterio de niveles de infección (Sierra y Montoya, 1993 y Rivillas *et al.*, 1999).

Con base en estudios sobre el desarrollo fenológico del cultivo, la evaluación de la enfermedad y la distribución de la cosecha, realizados en zonas representativas de la caficultura colombiana, se establecieron cuatro calendarios para el control de la roya con fungicidas protectores y sistémicos (Figuras 59, 60 y 61). En este programa de calendarios fijos el número de aspersiones siempre será el mismo. El manejo de la enfermedad empleando niveles de infección se basa en el conocimiento del efecto sobre la producción de distintos niveles de la infección en hojas y permite utilizar racionalmente las características de acción de los fungicidas sistémicos y disminuir el número de aspersiones, acciones que reducen los costos de control y producción del cultivo. En este sistema el número de aspersiones depende del desarrollo de la enfermedad en cada evaluación Tabla 7 (Sierra y Montoya, 1993).

Para la determinación del porcentaje medio de infección en el lote se seleccionan 10 plantas al azar en el lote y en cada una de ellas 10 ramas de la zona productiva, que tengan más de 10 hojas. En cada rama se cuentan el número de hojas totales y el de hojas con roya, y con esta información se hace la siguiente relación:

$$\% \text{ infección árbol } 1 = \frac{\text{Total hojas con roya en 10 ramas} \times X}{\text{Total hojas presentes en 10 ramas}} \times 100$$



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 Oxiclóruo de cobre (50% PM) + Sistémico Triadimefon (Bayleton 25% SC)	↑ Precosecha Postcosecha ↑

Figura 59 Calendario de aspersiones con diferentes fungicidas para el control de la roya del café (zonas con cosecha principal en el 2° semestre del año).



ÉPOCAS 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) +	Postcosecha ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ Precosecha

Figura 60

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

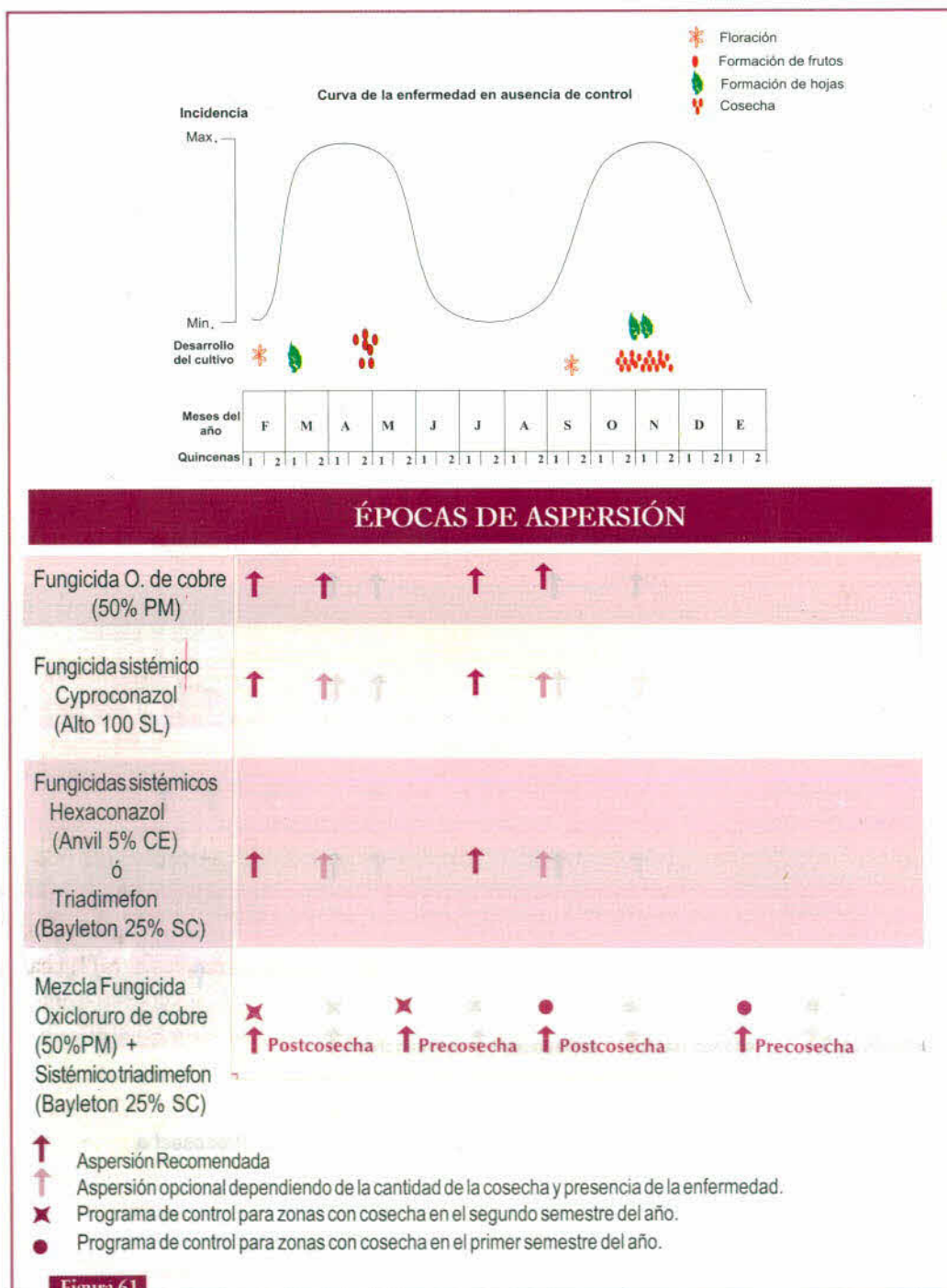


Figura 61

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

Tabla 7. Recomendaciones para el control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y el período de desarrollo de los frutos.

Días después de la floración	Infección promedia 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 aplicación

S = Fungicida sistémico. Seleccione en el grupo de los triazoles

P = Fungicida protector

Se suman los porcentajes obtenidos en cada uno de los árboles y se dividen por 10.

Además del oportuno cumplimiento del calendario y del claro criterio de manejo por niveles de infección, el control químico debe complementarse necesariamente con un buen cubrimiento del follaje, una adecuada fertilización y desyerbas oportunas al cultivo.

Dosis de los fungicidas. Se recomienda la aplicación de fungicidas cúpricos con un depósito máximo de 30 mg de cobre metálico por metro cuadrado de área foliar, y no exceder la dosis de 3 kg/ha (Rivillas *et al.*, 1999).

Las dosis de fungicidas sistémicos varían entre 250 ml (cyproconazol -Alto 100 SL) y 1 litro (hexaconazole - Anvil 5%CE - y triadimefon - Bayleton 25% CE) de producto comercial por hectárea y por aplicación.

Los fungicidas sistémicos aplicados al suelo en formulación líquida o granular han mostrado inconsistencia en el control de la enfermedad y se desconoce su efecto sobre los microorganismos del suelo.

Equipos de aspersión. Para la aplicación del control químico se recomiendan aspersoras de presión previa retenida (PPR), motorizadas de espalda, equipos semiestacionarios y aditamentos como el "aguilón vertical" para incrementar la eficiencia de aplicación (Villalba y Rivillas, 1988). La selección del equipo depende de la topografía del terreno, características del cultivo, área de la finca y capacidad económica del cafetero.

En café, las aplicaciones a bajo volumen (menores de 50 litros/ha), utilizando el equipo comercial "Motax" (Figura 62), demostraron ser de alto rendimiento (1,5 ha/jornal) y con resultados biológicos excelentes en el control de la enfermedad, empleando un volumen de 10 ml/cafeto (Waller *et al.*, 1994). Con una adecuada calibración de estos equipos, se logra un eficiente cubrimiento y penetración del producto y se logra controlar la enfermedad.

Control Genético

En la búsqueda de disminuir el impacto económico de la enfermedad en sus

cultivares, los países cafeteros han utilizado en los programas de mejoramiento genético la resistencia completa presente en las especies *C. arabica*, *C. liberica* y *C. canephora*, y en híbridos espontáneos fértiles entre *C. arabica* con *C. liberica*, *C. dewevrei* y *C. canephora* (Figura 63).



Figura 62
Equipo motorizado de espalda, Motax.

Por su resistencia a la roya y por pertenecer a la especie *C. arabica*, el denominado Híbrido de Timor (HT), ha sido el más utilizado como progenitor en programas de mejoramiento genético de varios países. A partir de este se han obtenido cruzamientos en otros países, denominados como Catimor (HT x Caturra amarillo), Sarchimor (HT x Villa sarchi), Cavimor (Catimor x Catuai), etc., en las cuales se utilizaron las plantas CIFC 832/1 y CIFC 832/2 del HT (CIFC: Centro de Investigaciones de las Royas del Café-Oeiras-Portugal) (Figura 64) Cenicafé desarrolló la variedad Colombia, conformada por la mezcla de semilla de las progenies homocigotas (F5 y F6) más sobresalientes de cruzamientos entre la planta 1343 del HT y Caturra (Castillo y Moreno, 1988 y Moreno y Alvarado, 2000).

No obstante los esfuerzos por obtener y mantener en el campo plantas de café con resistencia durable a *H. vastatrix*, la uniformidad genética de algunas variedades, la presión de selección por virulencia y



Figura 63
Reacciones de susceptibilidad (derecha) y de resistencia (izquierda) a *Hemileia vastatrix*.



Figura 64
Identificación de razas de roya en el CIFC, en Oeiras, Portugal.

fundamentalmente, la alta capacidad de adaptación del hongo a los factores genéticos que se le oponen han ocasionado la denominada "quiebra de la resistencia" en la mayoría de los materiales seleccionados y cultivados comercialmente, incluidas multilíneas con amplia diversidad genética. Esta "quiebra de la resistencia" no implica una susceptibilidad total del material ya que la planta sólo es susceptible a los aislamientos de roya compatibles con sus genes de resistencia.

A partir de 1989 se ha observado en Colombia la presencia de la roya en materiales derivados de cruzamientos del HT, que tienen diversa procedencia: progenies de varias generaciones desarrolladas en Cenicafé; introducciones procedentes del CIFC, y componentes de la variedad Colombia. Esta presencia de roya indica la aparición de nuevos genotipos de virulencia (razas de roya) en Colombia.

Algunas de las características de la enfermedad sobre los materiales resistentes son las siguientes:

- Como resultado del proceso de mejoramiento para obtener la variedad Colombia es normal encontrar en los lotes algunas plantas con porcentajes de hojas afectadas; estas plantas corresponden a segregantes del grupo E (Sh5) (Caturra) que son atacadas por la raza II (v5) predominante en Colombia.
- La adaptación del patógeno al hospedante resistente es un proceso lento que puede tomar varios años por tanto, en los

estados iniciales la enfermedad es imperceptible y se localiza generalmente en la parte baja interna de la planta y sólo es evidente cuando alcanza niveles de incidencia altos.

- Debido a la diversidad genética presente en la conformación de la variedad Colombia la incidencia de la enfermedad no es generalizada en el lote y la severidad entre plantas afectadas presenta igualmente diferencias.

- La mayor incidencia de los nuevos genotipos de roya se presenta en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Antioquia, departamentos con la mayor área sembrada y en los que por mayor tiempo ha estado el hongo en contacto con la variedad Colombia.

- La práctica de obtener semilla para las nuevas siembras directamente de lotes de variedad Colombia reduce la diversidad genética e incide en más altos porcentaje de plantas afectadas en los lotes sembrados con esa semilla.

- La presencia de roya en algunos de los componentes de la variedad Colombia ha permitido poner en práctica uno de los atributos de este tipo de variedades, mediante el cual es posible cambiar cualquiera de ellos cuando sea necesario.

Razas de roya

La hipótesis gen a gen, desarrollada por Flor (1956), para explicar las interacciones hospedante-parásito se ha aplicado con éxito al complejo café-roya (Tabla 8).

Tabla 8. Interacción raza-Diferencial, según el principio de Flor.

RAZA Genotipo de Virulencia	DIFERENCIAL Genotipo de resistencia						
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
a		-		-	-	-	-
b		S		-	-	-	-
c		-		-	-	-	-
ab		S		S	-	-	-
ac		-		-	S	-	-
bc		S		-	-	S	-
abc		S		S	S	S	S

La identificación de genes de resistencia en el hospedante o de virulencia en el patógeno, se realiza con base en los resultados de aplicar un sistema de pruebas cruzadas en el cual se inoculan aislamientos del patógeno sobre "plantas hospedantes diferenciales". Según se trate de determinar el genotipo del patógeno o del hospedante, se utilizarán aislamientos o plantas diferenciales con espectro de reacción conocida.

Usando esta técnica, los investigadores del CIFC han identificado 9 genes de resistencia específica denominados SH1 a SH9. Los genes SH1, 2, 4 y 5 provienen de descendientes de *C. arabica*. El gen SH3 parece provenir de *C. liberica* mientras que los genes SH6 a SH9 se encontraron en materiales, como el HT (Varzea *et al.*, 1989 y Rodrigues *et al.*, 1993).

La inoculación de la colección de aislamientos de roya sobre las plantas hospedantes diferenciales, con genotipos

conocidos, han permitido al CIFC identificar hasta ahora 39 razas del hongo portadoras de genes de virulencia solos o en combinación. Nueve de las razas identificadas presentan combinaciones de genes compatibles con materiales derivados del HT plantas 832/1 y 832/2 (Varzea *et al.*, 1989 y Rodrigues *et al.*, 1993). Investigaciones realizadas en Cenicafé sobre la relación café - roya indican la presencia de nuevos genes de resistencia en materiales derivados del HT planta 1343 y de genes de virulencia desconocidos en los aislamientos afines a esos materiales (Gil y Ocampo, 2000). Las investigaciones sobre este tema continúan con la obtención de los hospedantes diferenciales que permitan identificar las nuevas razas de roya.

Además de la búsqueda de fuentes de resistencia durable en el HT y en materiales con genes diferentes, otra de las alternativas en estudio para el mejoramiento por resistencia a la roya es el uso de la resistencia incompleta demostrada en cultivares de



Figura 65

Niveles de resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*.

C. arabica, *C. canephora*, Icatu (*C. canephora* x *C. arabica*), derivados del HT y otras especies diploides como *C. racemosa* y *C. eugenoides*. Este tipo de resistencia, gobernado poligénicamente se expresa en las plantas que la poseen como un bajo y heterogéneo número de lesiones con esporulación, rápida recuperación a ataques fuertes de la enfermedad, caída rápida de hojas afectadas, y ocasiona un efecto dilatorio en el proceso epidémico y una reducida tasa de desarrollo de la enfermedad (Figura 65) (Cadena y Buriticá, 1981; Eskes, 1989; Castillo y Alvarado, 1997; Leguizamón, 1983; Peláez y Gil, 1999). Para definir la importancia de la resistencia incompleta en el manejo de la enfermedad se están realizando estudios sobre su expresión en

diferentes ambientes, sobre el comportamiento de la enfermedad en variedades compuestas por materiales con resistencia completa e incompleta (Moreno y Alvarado, 2000) y sobre especificidad de razas del hongo.

El control biológico de *H. vastatrix* se convierte en un gran campo de investigación hacia el futuro. En Cenicafé, se tiene información sobre el efecto de control de *H. vastatrix* de las bacterias *Bacillus thuringiensis*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. aureofaciens*, *P. alcaligenes* y *P. putida* y del hongo *Verticillium lecanii*. Su utilidad práctica presenta limitaciones que deberán solucionarse en el futuro (Meza y Leguizamón, 1995; Porras *et al.*, 1999).

Referencias

- CADENA G., G.; BURITICÁ C., P. Determinación cuantitativa de resistencia a *Hemileia vastatrix* en plántulas de *Coffea canephora* variedad Conilón. *Cenicafé* 32 (1): 15-34. 1981.
- CASTILLO Z., J.; MORENO R., G. La Variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del café. Chinchiná, Cenicafé, 1988. 171 p.
- CASTILLO Z., J.; ALVARADO A., G. Resistencia incompleta de genotipos de café a la roya bajo condiciones de campo en la región central de Colombia. *Cenicafé* 48 (1): 40-58. 1997.
- ESKES, A. B. Resistance. *In: Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Raton, CRC Press, 1989. p. 171-191.
- FLOR, H. H. The complementary genetic system in flax and flax rust. *Advances in Genetics* 8: 29-54. 1956.
- GIL V., L. F.; OCAMPO M., J. D. Identificación de aislamientos de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. y comportamiento sobre derivados de Caturra x Híbrido de Timor. *In: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines*, 21. Palmira, Agosto 2 - Septiembre 1, 2000. Memorias. Palmira, ASCOLFI, - CIAT, 2000. p. 7.
- HENNEN, J.F.; BURITICÁ C., P. A brief summary of modern rust taxonomy and evolutionary theory. *Rept. Torrori Mycol. Onst. (Japan)* 18:243-256, 1980.
- HOYOS C., L. M.; GIL V., L. F.; ACUÑA Z., J. R. Detección de proteínas en interacciones compatibles e incompatibles de *Hemileia vastatrix* - *Coffea* spp.: 1. Eventos tempranos en la interacción roya-café. *In: Congreso de la asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines*, 20. Manizales, Junio 30 - Julio 2, 1999. Memorias. Manizales, ASCOLFI, 1999. p. 33.
- KUSHALAPPA, A. C. Biology and epidemiology *In: Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Raton, CRC Press, 1989. p. 171-191.
- LEGUIZAMÓN C., J.E. Contribution a la connaissance de la resistance incomplete du caffeier arabica (*Coffea arabica* L.) a la rouille orange *Hemileia vastatrix*. Berk et Br. Montpellier, Ecole Nationale Superieure Agronomique de Montpellier, 1983. 183 p. (Tesis: Philosophy Doctor).
- LEGUIZAMÓN C., J. E.; OROZCO G., L.; GÓMEZ G., L. Períodos de incubación (PI) y de latencia (PL) de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.) en Colombia. *Cenicafé* 49 (4): 325-339. 1999.
- LONDOÑO B., G.; LEGUIZAMÓN C., J. E.; MONTOYA R., E. C. Evaluación del fungicida sistémico Cyproconazol para el control de la roya del café. *Cenicafé* 46(1):56-62. 1995.
- MEZA M., C. P.; LEGUIZAMÓN C., J. E. Evaluación de formulaciones de *Bacillus thuringiensis* Berliner y *Verticillium lecanii* Simm. (Viegas) en el control de la roya del café *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. *Fitopatología Colombiana* 19 (2): 50-56. 1995.
- MORENO R., G.; ALVARADO A., G. La Variedad Colombia: veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del café. *Boletín Técnico Cenicafé* No. 22: 1-32. 2000.

- PELÁEZ P, M. J.; GIL V, L. F. Evaluación en campo de los componentes de la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*, en progenies de Caturra x Híbrido de Timor. In: Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 20. Manizales, Junio 30-Julio 2, 1999. Memorias. Manizales, ASCOLFI, 1999. p. 109.
- PORRAS V, N. C.; LEGUIZAMÓN C., J. E.; MARTINEZ, M. Inducción de resistencia por cuatro cepas de *Pseudomonas* spp., en plántulas de café contra la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. Ascolfi informa 25 (2): 12-14. 1999.
- RAYNER, R. W. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. Turrialba, IICA - CATIE, 1972. 68 p. (Publicación Miscelánea No. 94)
- 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: 7-36. 1999.
- RODRIGUES JUNIOR, C. J.; VARZEA, V. M. P.; GODINHO, I. L.; PALMA, S.; RATO, R. C. New physiologic races of *Hemileia vastatrix*. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 15. Montpellier, Juin 6-11, 1993. Paris, ASIC, 1993. p. 318-321.
- 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.
- SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E. C. Nivel de daño y umbral económico para la roya del cafeto. Fitopatología Colombiana 19 (2): 43-48. 1995.
- VARZEA, V. M. P.; RODRIGUES JUNIOR, C. J.; PASSO, J. E.; PALMA, S. New rust genotypes and a new coffee genotype in catimor 45. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 13. Paipa, Aout 21-25, 1989. Paris, ASIC, 1989. p. 745-748.
- VILLALBA G., D. A.; RIVILLAS O., C. A. Equipos recomendados para el control de la roya del cafeto. In: Tecnología del cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé, 1988. p. 217-222.
- VILLEGAS G., C. Velocidad de dispersión de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. a partir de un foco. Manizales, Universidad de Caldas. Facultad de Agronomía, 1985. 215 p. (Tesis: Ingeniero Agrónomo)
- WALLER, J. M.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V, L. F.; ASTON, R. P.; COOKMAN, G. P.; SHARP, D. G.; FORD, M. G.; SALT, D. W. Laboratory and field development of a CDA spraying system for control of coffee leaf rust *Hemileia vastatrix*: an overview. In: Comparing glasshouse and field pesticide performance II. Farnham, British Crop Protection Council, 1994. p. 261-266.