

# La Roya del Cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.

Por: Sección de Fitopatología \*

La roya del cafeto es causada por el hongo ***Hemileia vastatrix*** Berk. y Br. Este hongo pertenece al orden de los uredinales que es uno de los órdenes fungosos más grandes, ya que comprende más de 5.00 especies, muchas de ellas de gran importancia económica como las royas de los cereales y son parásitos en más de 200 familias de plantas vasculares (Ainsworth y Sparro 1973).

Las royas son parásitos ecológicamente obligados y aparentemente con una estricta especialización de hospedante. Su ciclo de vida completo nunca ha sido obtenido en medio de cultivo axénico.

Las características más destacadas de las royas son su basidio y su nutrición parasítica con su morfología vegetativa asociada y especializada.

El género ***Hemileia*** fue propuesto por Berkeley para la roya del cafeto. Las características más notables para su diferenciación son el modo de esporulación estomática y las uredosporas característicamente reniformes, con la mitad verrugosa (equinulada) y la otra mitad lisa (**Hemi** = medio, **leios** = liso). La descripción fue la siguiente:

“***Hemileia*** Berkeley y Broome. Soros un poco circinados, hipofilos desnudos; agregados diferenciados, no articulados, flexuosos. Esporas reniformes, al principio lisas, después granuladas - verrugosas por un lado, unidas oblicuamente en la base mediante un punto pequeño, papiliforme”. (Rayner, 1972).

En la mayoría de los casos, las fructificaciones se forman en el envés del follaje del hospedante. Las diferencias morfológicas entre las especies descritas son frecuentemente muy pequeñas y podrían limitarse al tamaño de las esporas, o se refieren casi exclusivamente a diferencias entre hospedantes.

El Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto reportó en 1965 que pruebas de inoculación cruzada llevadas a cabo en ese Centro, demostraron que ninguna roya que ataca ***Coffea*** puede atacar otros hospedantes de rubiáceas fuera de ***Psilanthopsis kapakata*** Hirsch., una planta que es considerada por algunos autores como una especie del género ***Coffea*** (***C. kapakata*** Hirsch). También se encontró que ninguna de las royas de estos hospedantes ataca ***Coffea*** (Rayner, 1972).

Una segunda especie de ***Hemileia*** que ataca ***Coffea*** es ***H. coffeicola*** Maublanc & Roger, registrada en Camerún en 1934. Difiere de ***H. vastatrix*** en una serie de características. Las diferentes principales son: el soro se forma de manera diferente, los haustorios tienen forma distinta, las uredosporas son más cortas y más anchas con una mayor parte de su superficie recubierta de protuberancias y la infección es del tipo que se extiende difusamente.

Todas las especies cultivadas de café son atacadas en mayor o menor grado por ***H. vastatrix***. Además un número de especies silvestres de ***Coffea*** también es atacada en condiciones naturales. (Rayner, 1972).

Recientemente Harr y Euggnheim (1978), con la ayuda de un microscopio de barrido realizaron detalladas observaciones de ***H. vastatrix***, las cuales comprobaron la descripción realizada por otros investigadores en el pasado, y que se resume en los siguientes términos: Las uredosporas de ***H. vastatrix*** germinan en uno o varios poros germinativos. Muy a menudo la germinación puede ser simultánea en 3 ó 4 de los poros. Después de la germinación los tubos normalmente se ramifican y forman un apresorio sobre o cerca a un estoma. Después de es-

\* Revisión bibliográfica efectuada por: Luz Angela Jaramillo R., I.A., Bibliografía de su trabajo de tesis de Ing. Agr. Universidad de Caldas; Jairo Leguizamón C., I.A. PH.D, Jefe Sección de Fitopatología y Gabriel Cadena G., I.A. M.S. (En comisión de estudios en Estados Unidos).

te proceso, frecuentemente se forma una vesícula en el lado dorsal del apresorio. En esta vesícula se encuentra la mayoría del citoplasma del tubo germinativo. A continuación se forma una hifa de infección que penetra a la cavidad subestomatal e induce la descarga del contenido de la vesícula, la cual finalmente se colapsa completamente y se inicia el proceso de colonización de los tejidos internos de la hoja.

Después del período de incubación, determinado principalmente por los factores climáticos, **H. vastatrix** empieza a formar uredosporas en el envés de las hojas. Al contrario de la mayoría de las royas, la epidermis no es rota por este proceso ya que **H. vastatrix** cruza la epidermis solamente a través de los estomas. (Guggenheim y Harr 1978).

Las esporas de una pústula (originada en un solo estoma) difieren con respecto a su estado de desarrollo, las más viejas se encuentran en la periferia y las más jóvenes generalmente están localizadas en el centro u opuestas a las más viejas. Las esporas cerca a la madurez, son prominentemente equinuladas dorsalmente pero son lisas ventralmente (Guggenheim y Harr, 1978).

## FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD

El conocimiento de los factores que afectan el desarrollo de la enfermedad es de suma importancia, una vez que ellos condicionan su distribución, incidencia y severidad. El sistema y estado del cultivo, así como las condiciones micro y topoclimáticas son específicas para cada región, por consiguiente, el estudio del comportamiento del patógeno, con respecto a esas condiciones, puede ayudar a la comprensión de la ocurrencia de epidemias, la evaluación del potencial de inóculo y consecuentemente, permitir la aplicación de medidas de control. (Oseguera, 1980).

La ocurrencia de una enfermedad de carácter epidémico, como es el caso de la roya del cafeto, está relacionada con factores bióticos (condiciones del hospedante y del patógeno) y factores abióticos (ambiente), los cuales se describen a continuación:

### 1. Factores bióticos:

En general, todas las especies cultivadas de café son atacadas en mayor o menor grado por **H. vastatrix**, como también lo son las especies silvestres. (Rodrigues, et al, 1977).

En las variedades que poseen genes específicos de resistencia, cuando son infectadas por la raza del hongo no compatible, se crea una zona de tumefacción, que evita el avance del micelio. En estas variedades no se presenta esporulación y por lo tanto el proceso de reproducción se interrumpe, reduciendo el inóculo potencial. (Rodriguez, et al. 1977; Rijo y Rodriguez, 1978).

En variedades de café con resistencia incompleta (horizontal), el patógeno se establece, pero, el número de lesiones es menor, el período de latencia más prolongado, o la cantidad de esporas producidas por lesión es menor que en una variedad susceptible. En estas plantas se reduce la tasa de infección y también algunas veces el inóculo potencial indirectamente. (Rodriguez et al, 1977; Rijo y Rodriguez, 1978).

Además de los factores genéticos, existen otros que inciden en la mayor o menor infección en poblaciones de plantas, tales como la cantidad de follaje, la producción y la edad de la hoja.

Alfonsi, et al (1977), utilizando plantas del cultivar Mundo Nuvo de 12 años de edad, observaron que existe una estrecha relación entre el área foliar y la infección por **H. vastatrix**. Encontraron que a mayor área foliar, mayor es el nivel de infección. Bock (1962) constató para cafetos con baja y alta densidad foliar, niveles máximos de 2 y 7 lesiones por hoja respectivamente.

Se ha comprobado en el Brasil, una relación significativa entre la producción y la incidencia de la roya. En cafetales con mayor producción la enfermedad expresada tanto en porcentaje de hojas con lesiones, como lesiones por hoja, es mayor que en cafetales con producción media o baja. (Mónaco, 1977).



Otro factor que afecta el nivel de infección, lo constituye la edad de la planta o de sus órganos, factor éste que se analizará detalladamente.

#### Edad de la Hoja:

La edad fenológica de una hoja influye en los componentes de la resistencia como son: tasa de infección y en los períodos de incubación y latencia. (Zadoks y Schein, 1979). Este comportamiento diferencial se ha explicado en parte por: el aumento en el espesor de la pared celular, el proceso de lignificación, el aumento de la presión osmótica y la acumulación de sustancias como fenoles y enzimas. (Agris, 1980).

Nunes (1968) anota que las diferencias en hidratación potencial de turgencia y presión osmótica en hojas de café de diferente edad, no es muy acentuada, pero no rechaza la hipótesis de que las características hídricas de los tejidos foliares estén relacionados con el grado de susceptibilidad a la infección por *H. vastatrix*. El efecto de una menor cantidad de agua disponible en hojas adultas y particularmente una más elevada presión osmótica, puede en principio constituir condiciones desfavorables para el crecimiento del hongo.

Ward, citado por Rayner (1972) encontró que se podía infectar hojas de cualquier edad; sin embargo, la esporulación ocurría más temprano y era más abundante cuando se empleaba hojas jóvenes. El podía detectar la presencia de micelio en las hojas dentro de un lapso de 3 o 4 días después de la inoculación.

Bajo condiciones de invernadero Oliveira (1955), encontró que el estado de desarrollo de las hojas de café en el cual las inoculaciones tienen mayor éxito, es aquel en que están casi o completamente desarrolladas, pero aún con apariencia brillante; en hojas viejas fué difícil obtener infección.

Rayner (1961), observó infecciones naturales en hojas de todas las edades, con excepción de aquellas con apariencia juvenil (brillantes) y concluyó que la susceptibilidad y el período de latencia son afectados por la variedad de café y el biotipo de la roya, pero no por la edad de la hoja o el tamaño del cultivo. Posteriormente inoculó hojas en diversos estados de desarrollo, árboles de alto y bajo rendimiento y no detectó diferencia alguna entre hojas de distintas edades ya que se logró igual porcentaje de infección en todas ellas. Sólo fué bastante difícil inocular hojas muy jóvenes con un tamaño menor de cinco centímetros. Puesto que el período de incubación es en promedio de cinco semanas, se puede deducir que la infección natural puede ocurrir mientras las hojas estén todavía brillantes, pero no antes de que hayan alcanzado su tamaño casi adulto. (Rayner, 1972).

Se puede concluir que las hojas nuevas, son probablemente, las más susceptibles y las más frecuentemente infectadas bajo condiciones de campo; esa susceptibilidad decae con el avance en edad y la infección en hojas muy jóvenes es probablemente baja o sin importancia debido a las propiedades físicas de su superficie. (Rayner 1972).

Nutman y Roberts (1970), encontraron que la germinación de urediniosporas sobre hojas jóvenes fué 2 a 4 veces más alta que sobre hojas adultas. La producción de urediniosporas es más rápida en hojas jóvenes (20 a 22 días), que en hojas adultas (25 a 28 días); en hojas viejas las lesiones se forman entre 30 y 35 días. (Saccas y Charpentier, 1971).

Waller (1982), anota que las hojas jóvenes, las cuales no han alcanzado su completa expansión, son muy resistentes a la infección y las hojas viejas son más susceptibles. El autor expresa que el período de latencia es más corto en hojas jóvenes de cultivares susceptibles y bajo condiciones ambientales adecuadas.

Eskes (1983) estudió la influencia de la edad de la hoja en la resistencia incompleta y completa de la raza II de la roya del café, en invernadero y en el campo. Separó tres estados de hojas: hojas jóvenes, las cuales estaban abiertas y tenían aún apariencia brillante en el día de la inoculación; hojas adultas, de 1 a 4 meses de edad y hojas viejas de 6 a 12 meses. Los resultados obtenidos por este investigador indican que en cultivares susceptibles de *Coffea arabica* L., variedad Mundo Nuvo y Catuaí, no se observa un efecto importante de la edad de la hoja en el período de latencia y en el tipo de reacción. Sin embargo, observó que en *C. canephora* variedad Co-

nylon, las hojas adultas parecen ser más resistentes que las jóvenes y viejas. En hojas adultas la resistencia fué expresada por una baja densidad de lesiones, pero siempre con un largo período de latencia y un bajo tipo de reacción. Con los híbridos Icatú y Catimor con resistencia completa, la resistencia fué mayor en hojas jóvenes que en hojas adultas.

Los resultados obtenidos por Mahlow (1983) en plantas de vivero, demostraron que las hojas más nuevas (primero y segundo par) son más susceptibles a la infección.

## 2. Factores abióticos:

### A. Efecto de la temperatura:

La temperatura afecta el desarrollo epidémico de la roya del cafeto debido a su acción directa sobre el proceso de germinación e infección del hongo, y una vez establecido éste sobre el período de incubación y latencia. Temperaturas por debajo del óptimo tienden a inhibir el crecimiento del hongo, prolongan el tiempo de germinación de las urediniosporas, la formación de apresorios, la penetración y colonización del hospedante, haciendo más largo el ciclo epidémico de la roya. Temperaturas por encima del óptimo, alteran el metabolismo y disminuyen el poder germinativo. (Nutman y Roberts, 1963; Rayner, 1972; Ortolani, 1973; Montoya, 1974; Ribeiro, et al, 1969).

Bajo condiciones de laboratorio, Nutman y Roberts (1963) estudiaron los efectos de la temperatura sobre la germinación, en PDA y en discos de hoja. En PDA, la temperatura óptima para la germinación fué de 22 °C, con una mínima de 15 °C y una máxima de 28 °C. Sobre discos de hojas, encontraron un comportamiento bi-modal con dos picos: uno a los 21 °C y otro a los 25 °C, separados ambos por una marcada depresión de la germinación entre los 23 y 24 °C. Encontraron además que, cuando las urediniosporas son sometidas a temperaturas bajas, seguidas por temperaturas más elevadas y humedad favorable, hay un sensible aumento en la capacidad de germinación comparadas con temperaturas constantes.

Montoya (1974) observó que la temperatura óptima para la germinación, sobre el tejido foliar, fué de aproximadamente 24 °C. Temperaturas por encima de la óptima afectan más severamente la germinación que aquellas por debajo de ésta. Al contrario de la germinación, la elongación del tubo germinativo aumenta siempre con la temperatura; esto puede compensar en términos de infectividad, el porcentaje de germinación levemente disminuido.

Bajo condiciones controladas, Ribeiro et al (1979) estudiaron el efecto de altas temperaturas, sobre el desarrollo y esporulación de *H. vastatrix*. Observaron que una temperatura de 40 °C durante cuatro horas en cuatro días consecutivos fué suficiente para impedir la evolución de la roya en plantas que ya presentaban síntomas de la enfermedad. Bajo condiciones de campo y en los meses de verano, temperaturas de 40 °C ocurren a menudo en el haz de hojas expuestas a luz solar directa.

Alfonsi et al (1974), observaron que con altas temperaturas (35 °C) y con condiciones óptimas de humedad, los niveles de infección se estacionaron alrededor de 0.2 lesiones por hoja. En meses cuya temperatura media osciló entre 19 °C a 22 °C, el nivel de infección alcanzó 2.3 lesiones por hoja, aún bajo condiciones de baja pluviosidad.

### B. Efecto de la luz:

De acuerdo con los estudios de la biología de *H. vastatrix*, la luz es un factor determinante para la germinación de las urediniosporas, para el inicio del proceso infectivo y para la sobrevivencia o viabilidad de las esporas producidas, o sea, para la cantidad de inóculo efectivo disponible para la iniciación de una epidemia. (Rayner, 1961; Nutman y Roberts, 1970; Montoya, 1974).



Montoya (1974), estudió la influencia de la luz sobre la germinación, infectividad y período de latencia de la roya del café y encontró que existe un efecto negativo de la luz sobre la germinación. Los resultados mostraron que la ausencia de luz estimula la germinación y el crecimiento del tubo germinativo.

La intensidad de luz es crítica para *H. vastatrix*. Una intensidad superior a 2.5 bujías/pie, reducen gradualmente el desarrollo de las lesiones y de la germinación, sin embargo, ésta aún se realiza bajo una intensidad de 10 bujías/pie. La duración del período de oscuridad para obtener un máximo de germinación es de cuatro horas, siendo en cambio necesarias, nueve horas para un máximo de infección. (Hocking, 1968).

Ribeiro et al (1979) encontraron que cafetos inoculados y dejados a pleno sol siempre presentan un menor número de lesiones por hoja que en cafetos sombreados. En condiciones de campo, los mayores niveles de infección se presentan en poblaciones con autosombreamiento y excesivamente cerrados. (Machado y Matiello, 1983; Ortolani, 1973).

Eskes (1983) encontró que altos niveles de intensidad lumínica disminuyen la resistencia potencial. Algunos genes para resistencia completa (Icatú SH<sub>4</sub>) también se vuelven menos eficientes bajo condiciones de alta intensidad lumínica.

### C. Efecto de la humedad:

Ward, citado por Rayner (1972) fue uno de los primeros autores en verificar la acción ejercida por la humedad y observar que la germinación ocurría a 24 °C, siendo indispensable el contacto con agua en estado líquido.

Rayner (1961), comprobó que las humedades relativas al aire del 95 y 98% son inadecuadas para estimular la germinación.

Nutman y Roberts (1963) estudiaron la influencia de períodos alternos de humedecimiento y secamiento de cinco minutos, en la viabilidad de las urediniosporas, observando una reducción del porcentaje de germinación de 37 a 5%. Estas reducciones son del mismo orden para períodos alternos de mayor duración para humedecimiento (una hora) y secamiento (15 minutos).

Alfonsi et al (1974) encontraron que las partes sur y oeste del café siempre se caracterizan por presentar mayor nivel de infección con relación a las partes norte y este. Estas diferencias en índices de infección están relacionadas con la exposición de las plantas al proceso nocturno de enfriamiento y con la energía disponible en el proceso de evaporación del agua condensada en las hojas. La trayectoria del sol posibilita menor duración de la humedad en las partes este y norte de las plantas.

## PERIODOS DE INCUBACION Y LATENCIA

La importancia de los períodos de incubación (PI) y latencia (PL) en el comportamiento epidémico de una enfermedad reside en el hecho que ellos determinan el número de generaciones del patógeno que se puedan producir durante una determinada fase del cultivo y por lo tanto, son básicas en el incremento de la tasa de infección y en el daño que la enfermedad puede causar sobre la cosecha. (Cadena, 1982).

El período de incubación es el tiempo necesario para el desarrollo de los síntomas (Van Der Plank, 1963). La duración de este período depende de la naturaleza genética del hospedante, de la agresividad del patógeno y de los factores ambientales que los rodeen. (Cadena, 1982).

Entre los investigadores existen diversidad de conceptos para definir el período de incubación. Algunos autores consideran el PI como el tiempo que transcurre desde la penetración hasta que el 50% de las lesiones comienzan a esporular (Rayner, 1972; Moraes, et al, 1975; Figueiredo, et al, 1977). Para Kushalappa y Martins (1980), es el espacio de tiempo transcurrido hasta aparecer el 5 y 95% de las lesiones en el 50% de las hojas.

Después de la aparición de los primeros síntomas visibles transcurre un lapso antes de iniciarse la producción de esporas. La suma de estos dos períodos: período de incubación más el tiempo desde que se completó el PI hasta la esporulación, se denomina período de latencia. Los distintos autores lo relacionan indistintamente como la primera esporulación o cuando el 50% de las lesiones han esporulado. (Cadena, 1982; Kushalappa y Martins, 1980; Leguizamón, 1983).

En la relación café-roya, el PI y el PL han sido estudiados profusamente y su variación es muy amplia dependiendo de la región y de las condiciones ambientales durante el año. En la Tabla 1 se observa la variación de los períodos de incubación y latencia en diferentes localidades del Brasil.

Tabla 1. Períodos de incubación y latencia en diferentes localidades del Brasil.

| Lugar        | PI (Días) | PL (Días) | Cita Bibliográfica |
|--------------|-----------|-----------|--------------------|
| Vicosa, M.G. | 29-62     | 38-70     | *                  |
| Sao Paulo    |           |           | **                 |
| Franca       |           | 28-62     |                    |
| Pinhal       |           | 25-56     |                    |
| Campinas     |           | 26-53     |                    |
| Veracruz     |           | 22-37     |                    |
| Votuporanga  |           | 26-67     |                    |

\* (Kushalappa y Martins, 1981)

\*\* (Figueiredo, et al, 1977)

En Colombia, Leguizamón (1984) ha observado en las localidades de El Jazmín (1.600 m.s.n.m.), Santágueda (1.010 m.s.n.m.) y CENICAFE (1.310 m.s.n.m.), la variación de los períodos de incubación y latencia. En la Tabla 2 se presentan los resultados preliminares.

Tabla 2. Períodos de incubación y latencia al sol y a la sombra en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

| Lugar                       | PI (Días) | PL (Días) |
|-----------------------------|-----------|-----------|
| El Jazmín (1.600 m.s.n.m.)  |           |           |
| Sol                         | 22-36     | 32-46     |
| Sombra                      | 21-43     | 36-47     |
| CENICAFE (1.310 m.s.n.m.)   |           |           |
| Sol                         | 23-31     | 31-44     |
| Sombra                      | 20-31     | 31-37     |
| Santágueda (1.010 m.s.n.m.) |           |           |
| Sol                         | 19-28     | 32-41     |
| Sombra                      | 17-24     | 28-37     |



## BIBLIOGRAFIA

- AGRIOS, G.N. Escape from disease. In: Horsfall, J.G. Cowling, E.B. Plant disease an advanced treatise. Volume V. How plants defend themselves. New York. Academic Press, Inc., 1980, pp. 17-37.
- ALFONSI, R. R. et al. Associação entre nível de infecção da ferrugem do cafeeiro, variáveis climáticas e área foliar, observados em *Coffea arabica* L. In: Congresso Brasileiro sobre Pesquisas Cafeeiras, 2. Pocos de Caldas, M.G., Brasil, 1974. Resumos. Rio de Janeiro, IBC., 1974 pp 80-83.
- AINSWORTH, G.C. et al (eds.) The fungi and advances treatise. Vol IV B. A taxonomic review with keys. Basidiomycetes and lower fungi. Academic Press. New York. 504 p. 1973.
- BOCK, K.R. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya colony. Control of coffee leaf rust in Kenya colony. Transaction of British Mycological Society (Inglaterra) 45(3): 289-300. 1962.
- CADENA G., G. Diseminación de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. In: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Taller de roya del cafeto *H. vastatrix* Berk. y Br. Manizales, Colombia, abril 12-17 de 1982. Chinchiná Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFE, 1982, p.v.
- ESKES, A.B. The effect of leaf age or incomplete resistance of coffee to *Hemileia vastatrix*. In: Eskes, A.B. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Doctoral Thesis. Instituto of Plant Breeding of the Agricultural University. Wageningen. The Netherlands. 1983. pp. 49-62.
- \_\_\_\_\_. The effect of light intensity on incomplete resistance of coffee to *Hemileia vastatrix*. In: Eskes, A.B. Incomplete resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Doctoral Thesis. Instituto of Plant Breeding of the Agricultural University. Wageningen. The Netherlands. 1983. pp. 33-48.
- HOCKING, D. Effects of light on germination and infections of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). Transactions of British Mycological Society (Inglaterra) 51: 89-93. 1968.
- KUSHALAPPA, A.C.; MARTINS, C.P. Incubation and generation periods for *Hemileia vastatrix* on coffee in Viçosa, M.G. Fitopatologia Brasileira 5 (2): 177-183. 1980.
- LEGUIZAMON C., J. Avances de investigación en roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE. Sección de Fitopatología, 1984. 6 p.
- \_\_\_\_\_. Contribution a la connaissance de la resistance incomplete du caféier a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Tesis Docteur Ingénieur en Agronomie. Ecole Nationale Supérieure agronomique de Montpellier. Montpellier (France). 1983. 183 p.
- MACHADO, J.R.M.; MATIELLO, J.B. Curva epidemiológica do ferrugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiros sombreados e a pleno sol, na Ibiapaba, noroeste do Ceara. In: Simposio sobre Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras (Portugal), 17-20 de outubro 1983. Sumários dans comunicacoes, Oeiras. Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro - CIFIC. 1983. p. 18.
- MAHLOW P., M.F. Dinâmica de infecção. Thesis Magister Scientiae (sin publicar). Instituto Biológico de Sao Paulo. Brasil, s.f. 72 p.
- MONACO, I.c. Consequences of the introduction of coffee leaf rust into Brasil. Annals of the New York Academic of Sciences (New York) 287:57-71. 1977.

- MONTOYA H., R. Influencia da temperatura e da luz na germinacao, infectividade e periodo de geracao de **Hemileia vastatrix** Berk. et Br. Tesis Magister Scientiae. Universidade Federal de Vicosa. Vicosa (Brasil) M. G., 1974. 60 p.
- MORAES, S.A. et al. Período de incubacao de **Hemileia vastatrix** Berk. et Br. em tres regioes do estado de Sao Paulo. Summa Phytopathologica (Brasil) 2: 32-38. 1975.
- NUNES, M.A. Economía de agua no cafeeiro. Estudos Agronómicos (Portugal) 9 (1/4): 15-20. 1968.
- NUTMAN, F.J.; ROBERTS, F.M. Coffee leaf rust. Pans 16 (4): 606-624. 1970.
- \_\_\_\_\_. Studies on the biology of **Hemileia vastatrix** Berk. & Br. Transaction of British Mycological Society (Inglaterra) 46 (1): 27-48. 1963. In: Maya M., L.A. La roya del cafeto (**Hemileia vastatrix** Berk. et Br.) Resúmenes analíticos. Chinchiná. Centro Nacional de Investigaciones de Café. 1984. Ref. 312. p. 105.
- OLIVEIRA, B.D. As ferrugens do cafeeiro. Revista do Café português (Portugal) 2(5): 5-12: 1955.
- ORTOLANI, A.A. Contribuicao ao estudo ecológico da ferrugen do cafeeiro (**Hemileia vastatrix** Berk. et Br.) em diferentes populacoes de **Coffea arabica** L. da regio de Pindorama. S.P., Brasil. Botucatu, Tese Doutor em Ciencias. Faculdade da Ciencias Médicas e Biológicas. (Brasil). 1973 91 p.
- OSEGUERA V., S.H. Efeito de factores biológicos e climáticos sobre o desenvolvimento da ferrugem (**Hemileia vastatrix** Berk. et Br.) do cafeeiro. Tese Magister Scientiae. Universidad Federal de Vicosa (Brasil), 1980. 57 p.
- RAYNER, R.W. Germination and penetration studies on coffee rust (**Hemileia vastatrix** Berk. & Br.). Annals of Applied Biology (Inglaterra) 49: 497-503. 1961.
- \_\_\_\_\_. Micología, historia y biología de la roya del cafeto. Turrialba (Costa Rica). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA-IICA. Publicación Miscelánea N° 94. 1972. 68 p.
- RIBEIRO, J.J.A. et al. Efeito de alta temperatura no desenvolvimento de **Hemileia vastatrix** em cafeeiro susceptível. Bragantia (Brasil) 37(2): 11-16. 1978.
- RIJO, L.; RODRIGUEZ JUNIOR, C.J. Processo de infeccao da **Hemileia vastatrix** Berk. et Br. em cultivares susceptíveis e resistentes de **Coffea arabica** L. Estudos Agronomicos (Portugal) 5 (1-2): 23-24. 1978.
- RODRIGUES Jr., C.J. et al. Razas del patógeno y resistencia a la roya del café. In: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-IICA. Contribuciones del IICA al conocimiento de la roya del cafeto. San José, Costa Rica. IICA-OEA. Publicación Miscelánea N° 134. 1977 p.v.
- SACCAS, A.M.; CHARPENTIER, J. La rouille des caféiers due a **Hemileia vastatrix** Berk. et Br. Institut Francais du Café et du Cacao. Bulletin N° 10. 1971. 123 p.
- VAN DER PLANK, J.E. Plant diseases: Epidemics and control. New York, Academic Press. 1963. 340 p.
- WALLER, J.M. Coffee rust -Epidemiology and control. Cop Protection 1 (4): 385-404. 1982.
- ZADOKS, J.C.; SCHEIN, R.D. Epidemiology and plant disease management. Oxford University Press. 1979. 426 p.



# Avance de las Investigaciones sobre Roya del Cafeto en Colombia

## 1984 - 1985

Por: Sección de Fitopatología\*

Las investigaciones relacionadas con la roya del cafeto en el país se iniciaron a mediados de 1984, para dar respuesta principalmente a los siguientes interrogantes:

- Cómo es el comportamiento de la enfermedad en la zona cafetera colombiana?
- Cuáles son las épocas y frecuencias más adecuadas para controlar la enfermedad?
- Qué fungicida aplicar para combatirla?
- Cómo realizar las aspersiones y con qué equipos?

El avance de estas investigaciones es el siguiente:

### A – BIOLOGIA Y EPIDEMIOLOGIA

- Los estudios de diseminación de la enfermedad a nivel de finca demostraron que ésta se presenta inicialmente por focos, moviéndose por la acción combinada de los siguientes factores: hombre, animales y vientos fuertes, cuando éstos coinciden con los períodos de mayor producción de esporas del hongo (5).
- A nivel de árbol el factor de diseminación más importante es la lluvia y a nivel de finca el hombre (5).
- En las condiciones de CENICAFE, el rocío como fuente de agua para mojar las hojas se presenta muy esporádicamente y su permanencia en ellas es baja; por lo tanto, la causa de la humedad foliar la constituye la lluvia (2).
- Los aguaceros mayores de 5 milímetros, caídos después de las 5 de la tarde, garantizan 6 horas de permanencia de agua libre sobre las hojas. Esta es necesaria para la germinación de las esporas. Si además, coincide con penumbra y temperaturas superiores a 16°C, garantizarán condiciones óptimas para iniciar el proceso infectivo. Esto es común en nuestra zona cafetera (2).
- Los estudios sobre influencia de la temperatura en el desarrollo de la enfermedad en el campo, considerada desde el momento de la infección hasta la aparición de los primeros síntomas (período de incubación) y hasta la formación de esporas del hongo (período de latencia), indican que estos períodos varían de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar y con el sistema de cultivo (sol y sombra).
- En las localidades de CENICAFE (1320 m.s.n.m.) y Santágueda (1010 m.s.n.m.) los períodos de incubación y de latencia son más cortos a la sombra que al sol. Por el contrario, en El Jazmín (Santa Rosa de Cabal, 1600 m.s.n.m.) estos períodos son más cortos al sol que a la sombra, pero más prolongados que en las otras dos localidades. Esto nos indica que la roya tiende a ser más severa en las zonas de menor altitud y menos severa en las zonas de mayor altitud.

El estudio de la curva epidemiológica (comportamiento de la enfermedad a través del tiempo) de la roya del cafeto en la zona central cafetera durante 1984, mostró que los niveles más bajos de la enfermedad ocurrieron hasta el mes de junio, incrementándose en julio y agosto, alcanzando los mayores valores en

\* Carlos Baeza Aragón, Jairo Leguizamón Caycedo, César A. Sierra Sanz, Octavio Fernández Borrero, Diógenes A. Villalba Gault, Carlos A. Rivillas Osorio, Francisco Grisales López y Fernando Gil Vallejo.

ramas y hojas en octubre. A partir de este mes, a causa de la caída del follaje infectado y a la cosecha, se reduce drásticamente la enfermedad.

- Para evitar que se afecte la producción, es conveniente mantener la enfermedad en niveles bajos (menos del 10% de hojas afectadas).
- Con base en el estudio de la curva epidemiológica y con el apoyo de los técnicos del Servicio de Extensión se están determinando las épocas más adecuadas para el control de la enfermedad en diferentes condiciones ecológicas y de sistemas de cultivo.
- Se están adelantando investigaciones a nivel de campo, para determinar los niveles de enfermedad (número de árboles, ramas y hojas afectadas) y su severidad (porcentaje de área foliar afectado ó número de pústulas por hoja y su tamaño). Esta información, permitirá a los técnicos de campo tomar decisiones sobre control químico.
- Los mayores porcentajes de ramas y hojas afectadas se presentaron en el tercio bajo del árbol tanto al sol como a la sombra. En consecuencia, en este lugar debe hacerse el muestreo para determinar las medidas más convenientes de control.
- La enfermedad es menos severa en cafetales menores de 2 años.
- Las distancias de siembra influyen en la tasa de desarrollo de la enfermedad.
- A mayor densidad de siembra mejores condiciones para el desarrollo de la enfermedad.

## B— CONTROL QUIMICO

- Los mejores resultados en el control químico de la enfermedad, se han obtenido con el fungicida oxiclورو de cobre; las dosis recomendadas por la Federación se presentan en la tabla N° 1.
- Los fungicidas cúpricos aplicados por el envés de las hojas tienen una acción similar a la de los fungicidas sistémicos (detención del desarrollo de las pústulas).

Tabla N° 1. Dosis del fungicida cúprico del 50% P.M. para cafetales de diferentes edades y densidades de siembra por hectárea, aplicado con boquillas de baja descarga.

| Edad del cultivo (años) | Area foliar (m <sup>2</sup> ) | Volumen de la mezcla fungicida (cc/cafeto) | N° plantas var. Caturra (hectárea) | Oxicloruro de cobre 50% P.M. |         |
|-------------------------|-------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------|---------|
|                         |                               |  |                                    | (gramos/litro)<br>*          | (kg/Ha) |
| Menores de 1            | 1.1                           | 15   | 10.000                             | 4.5                          | 0.680   |
|                         | 1.1                           | 15   | 5.000                              | 4.5                          | 0.340   |
|                         | 1.1                           | 15   | 2.500                              | 4.5                          | 0.170   |
| De 1 a 2                | 4.2                           | 25   | 10.000                             | 10.0                         | 2.5     |
|                         | 4.2                           | 25   | 5.000                              | 10.0                         | 1.3     |
|                         | 4.2                           | 25   | 2.500                              | 10.0                         | 0.6     |
| Mayores de 2            | 10.0                          | 50   | 10.000                             | 12.0                         | 6.0     |
|                         | 10.0                          | 50   | 5.000                              | 12.0                         | 3.0     |
|                         | 10.0                          | 50   | 2.500                              | 12.0                         | 1.5     |

\* Los cálculos de fungicida cúprico se hicieron con base en 30 miligramos de cobre por m<sup>2</sup> de área foliar.



- Algunos fungicidas sistémicos controlan satisfactoriamente la roya, pero debido a su alto costo únicamente se recomendarían para tratamientos de focos, cuando éstos presentan niveles altos de enfermedad. El tratamiento de las áreas contiguas se realiza con fungicidas cúpricos.
- Se ha comprobado que no se justifica utilizar adherentes, ni dispersantes, ni emulsificantes con el oxiclورو de cobre Federacafé, ni con el Triadimefon.
- Las mezclas de fungicidas cúpricos y sistémicos formulados como polvos mojables son incompatibles. La mezcla de oxiclورو de cobre polvo mojable y triadimefon concentrado emulsionable se separan 30 minutos después de preparada la mezcla. En consecuencia, este tipo de mezcla requiere una agitación permanente.
- No se recomiendan mezclas de fungicidas sistémicos.
- En la floración del cafeto, no se han observado efectos indeseables de los fungicidas recomendados para el control de la roya.
- Las hojas nuevas son menos susceptibles al ataque de la roya que las adultas. Sin embargo, las aspersiones deben dirigirse tanto a las unas como a las otras (3).
- Se están evaluando fungicidas sistémicos granulados aplicados al suelo, en diferentes dosis por cafeto, con resultados promisorios hasta el presente.
- En condiciones de laboratorio se ha desarrollado una metodología para estudiar la eficacia de los fungicidas sistémicos (1).

#### C— TECNOLOGIA DE APLICACION DE AGROQUIMICOS:

- La tecnología desarrollada por CENICAFE para el control de la roya viene siendo aplicada por los caficultores. En un cafetal tecnificado, con 5.000 plantas por hectárea en plena producción, se asperjan 250 litros de la mezcla fungicida con la nueva tecnología, mientras que con el sistema tradicional se consumen 1.000 litros de la mezcla para obtener el mismo resultado. Además, en el primer caso se necesitan solo 2.5 jornales y en el segundo 10 jornales.
- Se continúan evaluando nuevos equipos y desarrollando nuevas tecnologías de aplicación de fungicidas en diferentes condiciones y edades del cultivo, con el propósito de disminuir costos.
- Con los equipos semi-estacionarios los consumos y rendimientos de aplicación, experimentalmente han resultado similares a los obtenidos con el aguilón vertical (250 litros por 5.000 cafetos en 2.5 jornales).
- Las aplicaciones con termonebulizador, hasta ahora, han dado resultados inconsistentes, tanto en fungicidas cúpricos como con sistémicos.

#### D— RESISTENCIA GENETICA

- Hasta el presente, solo se ha registrado la raza II del hongo **Hemileia vastatrix**, agente causal de la roya del cafeto.
- La variedad Colombia -resistente a la roya- desarrollada por los investigadores de CENICAFE, no difiere de la variedad Caturra en cuanto a producción, tamaño de grano y calidad de la bebida (4).

La variedad Colombia viene sufriendo un proceso de selección agronómica y genética, eliminando progenie del grupo E (susceptibles) e incorporando a la variedad grupos resistentes (A y 1 preferentemente), con características agronómicas deseables (4).

## BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ G., I.C. Efecto de fungicidas sistémicos en el ciclo de reproducción de **Hemileia vastatrix** Berk. y Br. Manizales, Colombia. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. 1985. (sin publicar).
2. GOMEZ G., L. Película de agua sobre las hojas de los cafetos. *Cenicafé (Colombia)* 35 (4): 94-101. 1984.
3. JARAMILLO R., A. Susceptibilidad de hojas de **Coffea arabica** var. Caturra de diferente edad a **Hemileia vastatrix** Berk. y Br. Manizales, Colombia. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía. 1985. (sin publicar).
4. MORENO R., G. y CASTILLO Z., J. La variedad Colombia. Una variedad de café con resistencia a la roya (**Hemileia vastatrix** Berk. y Br.). *Boletín Técnico N° 9, Cenicafé* 25 p. 1984.
5. VILLEGAS G., C. Velocidad de dispersión de la roya del cafeto **Hemileia vastatrix** Berk. y Br. a partir de un foco. Manizales, Colombia. Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, 1985. (sin publicar).



# Estudio Epidemiológico de la Roya del Cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Cafetales al Sol y a la Sombra en Colombia

Jairo Leguizamón -C. \*

Lucelly Orozco - G. \*\*

Lucía Gómez - G. \*\*\*

## Curva epidemiológica en cafetales a libre exposición solar:

Este ensayo se viene adelantando en tres localidades cercanas entre sí, ubicadas dentro de un mismo sistema montañoso, en la vertiente occidental de la Cordillera Central Andina Colombiana, con climas diferentes solamente, por su posición dentro de la franja altitudinal de la montaña (Tabla 1).

Tabla 1. Condiciones meteorológicas de las localidades de El Jazmín, Cenicafé y Santágueda, ubicadas en los Departamentos de Risaralda y Caldas (Colombia).

| Localidad  | Altura<br>m.s.n.m. | Latitud | Longitud | Temperatura °C  |                 |       | Precipitación |                 |
|------------|--------------------|---------|----------|-----------------|-----------------|-------|---------------|-----------------|
|            |                    |         |          | Mínima<br>media | Máxima<br>media | Media | Total mm.     | Días<br>lluvias |
| El Jazmín  | 1.600              | 4-55 N  | 75-38 W  | 14.7            | 24.5            | 19.1  | 2740          | 233*            |
| Cenicafé   | 1.310              | 5-00 N  | 75-36 W  | 16.7            | 27.5            | 21.1  | 2540          | 245             |
| Santágueda | 1.010              | 5-05 N  | 75-40 W  | 17.5            | 29.3            | 22.7  | 2443          | 216             |

En cada localidad diariamente se registra la información meteorológica en estaciones de primer orden.

Quincenalmente, en treinta árboles a libre exposición solar por localidad, seleccionados al azar por parcela de 1 hectárea de superficie, y en seis ramas marcadas por árbol, se registra: el número total de hojas; número de hojas nuevas; número de hojas enfermas; área foliar infectada, con base en la escala de evaluación de Kushappa y Chaves (1978); número de hojas caídas sanas y número de hojas caídas enfermas.

El área foliar se toma mensualmente en cada una de las hojas, midiendo su largo y ancho. Posteriormente, mediante la ecuación:  $Y = 0.615 X - 0.417$  donde  $X = \text{largo} \times \text{ancho}$ , se calcula el área foliar. (Huerta, A. 1972).

\* Ingeniero Agrónomo, PHD. Jefe Sección de Fitopatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE-, Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\* Ingeniero Agrónomo. Jefe (3) Sección de Biometría del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE-, Chinchiná, Caldas, Colombia.

\*\*\* Ingeniero Agrónomo. Jefe Sección de Agroclimatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café -CENICAFE-, Chinchiná, Caldas, Colombia.

Los resultados obtenidos en el primer año de observaciones, considerando la variable de porcentajes mensuales de hojas con roya, muestran que los valores más altos para la localidad de Santágueda (1.010 m.s.n.m.) se obtuvieron en el mes de octubre de 1984 y se mantuvieron altos hasta el mes de diciembre. A partir del mes de enero de 1985 los niveles de enfermedad van descendiendo hasta alcanzar su valor más bajo en el mes de mayo de 1985. A partir del mes de junio se observa un paulatino incremento de la enfermedad (Figura 1).

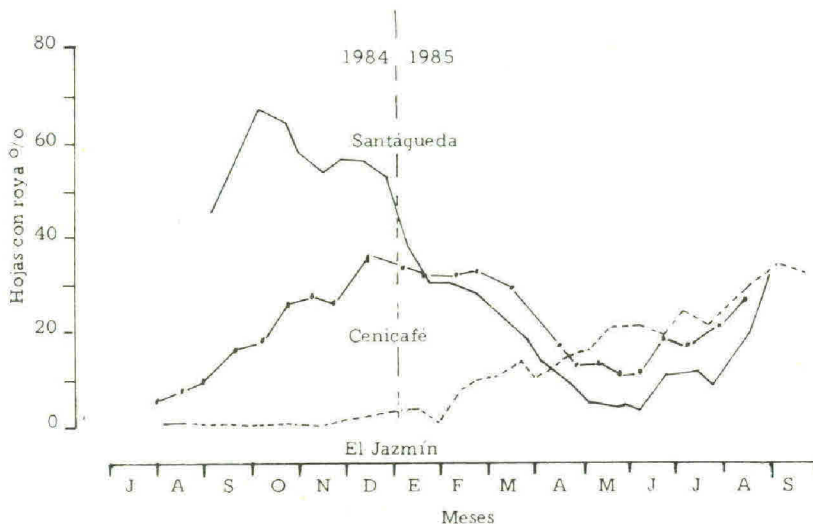


Figura 1. Evolución de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en cafetales al sol de la variedad caturra en Santágueda, Cenicafé, Jazmín.

Para la localidad de Cenicafé (1.320 m.s.n.m.) en el mes de diciembre de 1984 se observaron los porcentajes más altos de hojas con roya. Estos niveles se mantuvieron relativamente altos hasta el mes de marzo de 1985. A partir del mes de abril se observó un marcado descenso, hasta alcanzar su valor más bajo en el mes de mayo. A partir del mes de junio se viene observando un incremento progresivo de la enfermedad (Figura 1).

El incremento de la enfermedad en la localidad de El Jazmín (1.600 m.s.n.m.) ha sido muy lento, tal como se aprecia en la figura 1. Los porcentajes más altos de hojas con roya se observaron en los meses de mayo y junio/85.

Los resultados obtenidos hasta el presente, expresados por el porcentaje de hojas con roya, indican que la incidencia de la enfermedad es menor a medida que se asciende altitudinalmente y que las curvas de crecimiento de la enfermedad, medidas por el porcentaje mensual de hojas con roya, son diferentes para cada una de las localidades estudiadas.

#### Curva epidemiológica en cafetales al sol y a la sombra:

Este estudio se viene adelantando en la localidad de Naranjal (1.400 m.s.n.m.) 4-58 latitud N y 75-42 Longitud W. en zocas de *Coffea arabica* L. de las variedades Caturra y Típica, a libre exposición solar y con sombrío de *Inga* spp.



En 30 árboles por condición y por variedad se viene tomando la información de crecimiento del hospedante y de la enfermedad, con la metodología descrita anteriormente, y se viene registrando la información de las variables climatológicas en una estación meteorológica de primer orden ubicada en esa localidad.

Los resultados del primer año de observaciones expresados por el porcentaje de hojas con roya recopilados en la figura 2, indican que inicialmente en el primer semestre de 1985, los niveles de la enfermedad en la variedad Caturra son mayores a la sombra, con un valor máximo alcanzado a finales de enero de 1985 y con un posterior descenso, hasta alcanzar los niveles más bajos a mediados de septiembre del mismo año. La tendencia de la curva no es la misma en esta variedad al sol. En estas condiciones, en el primer semestre de 1985 se observó que los niveles de enfermedad son más bajos a la sombra, con un máximo valor obtenido a mediados de marzo de 1985, con una posterior disminución en los niveles de la enfermedad hasta alcanzar el valor más bajo a finales de mayo/85. A partir de ese mes se observa un cambio en la tasa de incremento de la enfermedad, la cual va progresando hasta alcanzar en septiembre - fecha de la última calificación - su máximo valor.

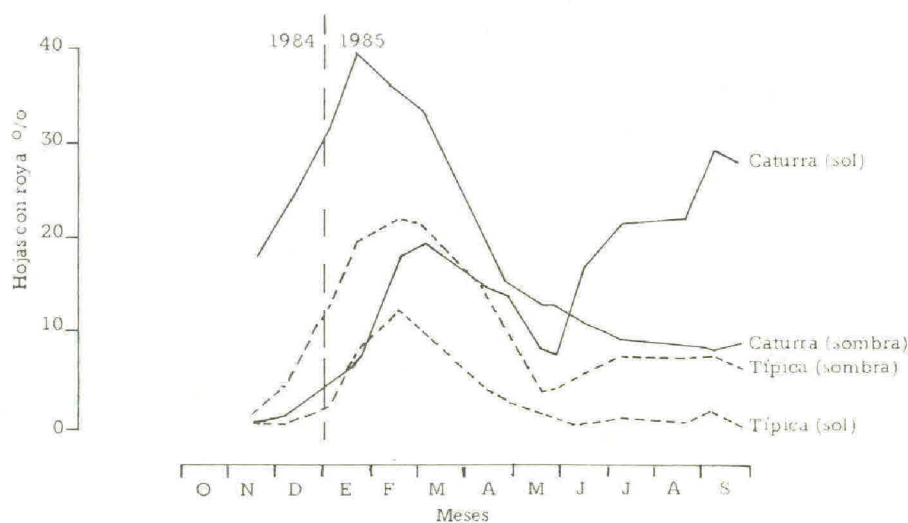


Figura 2. Evolución de la roya del cafeto *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en cafetales al sol y a la sombra de las variedades caturra y típica en Naranjal.

En la variedad típica la tendencia de la curva, como se aprecia en la figura 2, es la misma a la sombra como al sol. Sin embargo, los porcentajes de hojas con roya son siempre mayores a la sombra. En ambas condiciones, los máximos valores de enfermedad se obtuvieron en marzo de 1985 y los más bajos a finales de junio/85.

#### Estudio de los períodos de incubación y latencia:

En las mismas localidades se estudia la longitud de los períodos de incubación y latencia en plantas de la variedad Caturra al sol y a la sombra.

Para cada localidad y mensualmente, se inoculan las hojas verdaderas de 50 plantas de la variedad Caturra por aspersión de una suspensión de  $80 \times 10^4$  uredosporas por mililitro de agua destilada. Después de la inoculación se dejan en cámara húmeda a  $24^\circ\text{C}$  y en completa oscuridad durante 16 horas. Las plantas inoculadas en estas condiciones, se llevan a cada una de las localidades al sol y a la sombra. Quince días después de la inoculación y posteriormente cada dos días en 30 plantas se adelantan las siguientes observaciones: aparición de los

primeros síntomas visibles de la enfermedad, número de manchas producidas por hoja y número de manchas esporuladas. Con estos registros se calculan los períodos de incubación y latencia y se relacionan con las variaciones de las temperaturas medias mínima y máxima mensual.

Los resultados obtenidos hasta el presente, indican que los períodos de incubación y latencia son más cortos en la localidad de Santágueda (1.010 m.s.n.m.) que en las otras localidades, y que estos períodos son más prolongados en El Jazmín (1.600 m.s.n.m.) (Tabla 2, figuras 3 y 4). En todas las localidades estudiadas se encontró que los períodos de incubación y latencia son siempre más cortos a la sombra (Tabla 2, figuras 3 y 4).

Tabla 2. Períodos de incubación y latencia de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en diferentes localidades de la zona central cafetera colombiana\*.

| Localidad  | Altura<br>m.s.n.m. | Período de incubación<br>(días) |        | Período de latencia<br>(días) |        |
|------------|--------------------|---------------------------------|--------|-------------------------------|--------|
|            |                    | Sol                             | Sombra | Sol                           | Sombra |
| El Jazmín  | 1.600              | 27                              | 25     | 39                            | 38     |
| Cenicafé   | 1.310              | 27                              | 23     | 35                            | 33     |
| Santágueda | 1.010              | 23                              | 18     | 33                            | 28     |

\* Promedio de 9 lecturas (1984-1985) sobre plantas de *Coffea arabica* var. Caturra.

Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que de manera general los períodos de incubación y de latencia aumentan progresivamente cuando se asciende altitudinalmente dentro de una misma vertiente montañosa y que estos dos períodos son más cortos a la sombra.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- HUERTAS, A.S. Comparación de métodos de laboratorio y de campo para medir el área foliar del café. *Cenicafé* 13 (1): 33-42. 1962.
- KUSHALAPPA, A.C. et CHAVES, G.M. Escala para avaliar a porcentagem de area foliar com ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira* 3: 119. 1978.



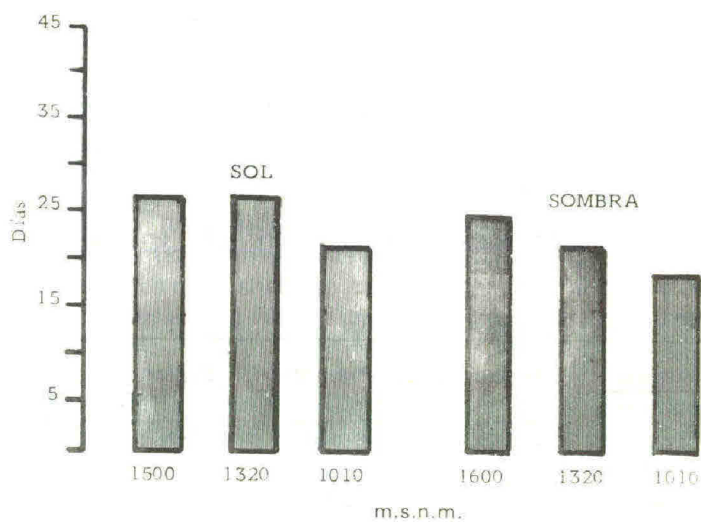


Figura 3. Periodos de incubación al sol y a la sombra de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en diferentes altitudes de la zona cafetera Colombiana.

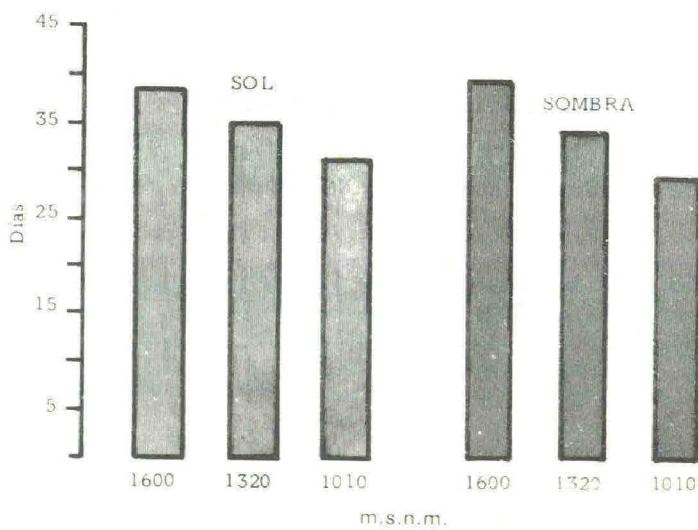


Figura 4. Periodos de latencia al sol y a la sombra de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en diferentes altitudes de la zona cafetera de Colombia.

# Velocidad de Dispersión de la Roya del Cafeto

## *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. A partir de un Foco

Clemencia Villegas - G. \*  
Carlos A. Baeza - A. \*\*

El presente trabajo se realizó en la hacienda Naranjal, ubicada en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas, durante los meses de abril a diciembre de 1984 y en cafetos de la variedad Caturra.

Los objetivos que se persiguieron fueron los siguientes: Diseñar una escala para evaluar la roya del cafeto *H. vastatrix*; estudiar la velocidad de dispersión de la enfermedad en tiempo y espacio a partir de un foco natural y en un área determinada; estudiar la dispersión a nivel del árbol y estudiar algunos factores que intervienen en la dispersión de esporas como son: la lluvia, el viento y los insectos.

Para el diseño de la escala se midió, por medio de una plantilla, el área de cada una de las hojas y el área enferma.

Para estudiar tanto la velocidad de dispersión en los lotes de estudio como en los árboles, se escogieron dos lotes (uno de quinta cosecha y otros de segunda zoca primera cosecha), los cuales presentaban un total de 5 focos, cada foco con un número de árboles que oscilaban entre 4 y 5. Los lotes se mapificaron y se registró la enfermedad cada mes.

En los lotes se estudiaron también algunos de los factores que intervienen en la dispersión: lluvia, teniendo en cuenta agua captada diariamente en la gotera de árboles enfermos, durante 4 meses consecutivos. El factor viento se estudió colocando portaobjetos como trampa de esporas, distribuidos de una manera radial en el lote y a partir del foco. Y la captura de insectos, se efectuó por medio de trampas y de jama.

Los resultados nos permiten concluir: Los valores obtenidos permitieron agrupar los porcentajes de área enferma en 6 grados a saber: Grado 1 = hoja sana; Grado 2 =  $\leq 5\%$ ; Grado 3 = 6 - 10%; Grado 4 = 11-25%; Grado 5 = 26-50%; Grado 6 =  $\geq 50\%$  del área de la hoja con roya. Figura 1.

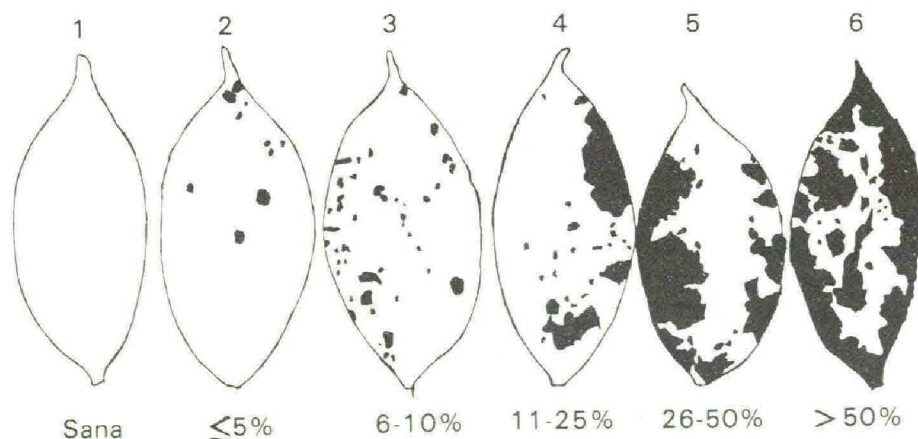


Figura 1. Escala de evaluación de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br.

\* Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

\*\* Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Jefe (E) Sección de Fitopatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFE - , Chinchiná, Caldas, Colombia



En el Lote C-54, parcelas B, C y D, se observó en la evaluación de árboles con roya, que la enfermedad presentó niveles bajos en los meses de abril y mayo, alcanzando consistentemente en las tres parcelas porcentajes cercanos al 10% en el mes de junio (Figura 2). En cambio el incremento de la enfermedad empieza a partir del mes de julio, alcanzando los mayores porcentajes en el mes de agosto. A partir de este mes, la curva acumulada de la enfermedad tiende a estabilizarse debido a que progresivamente hay menor número de árboles sanos. Se observó que la enfermedad se dispersó al total de la población de árboles en 9 meses.

En cuanto a la evaluación en ramas con roya, se observó que al igual que en los árboles, estas presentan porcentajes bajos en los meses de abril a junio y solo a partir del mes de julio ocurre un mayor incremento de la enfermedad. A partir de este mes la curva de la enfermedad tiende a estabilizarse hasta el mes de diciembre. (Figura 2).

El comportamiento de la enfermedad en porcentaje de ramas con roya es semejante en el foco, en el resto de la población (otros árboles) y en el total de la población (foco + otros árboles), ocurriendo el incremento de la enfermedad consistentemente en las tres parcelas en los meses de julio y agosto. La evaluación indicó que nunca se alcanzan valores mayores al 60% en cada una de las parcelas.

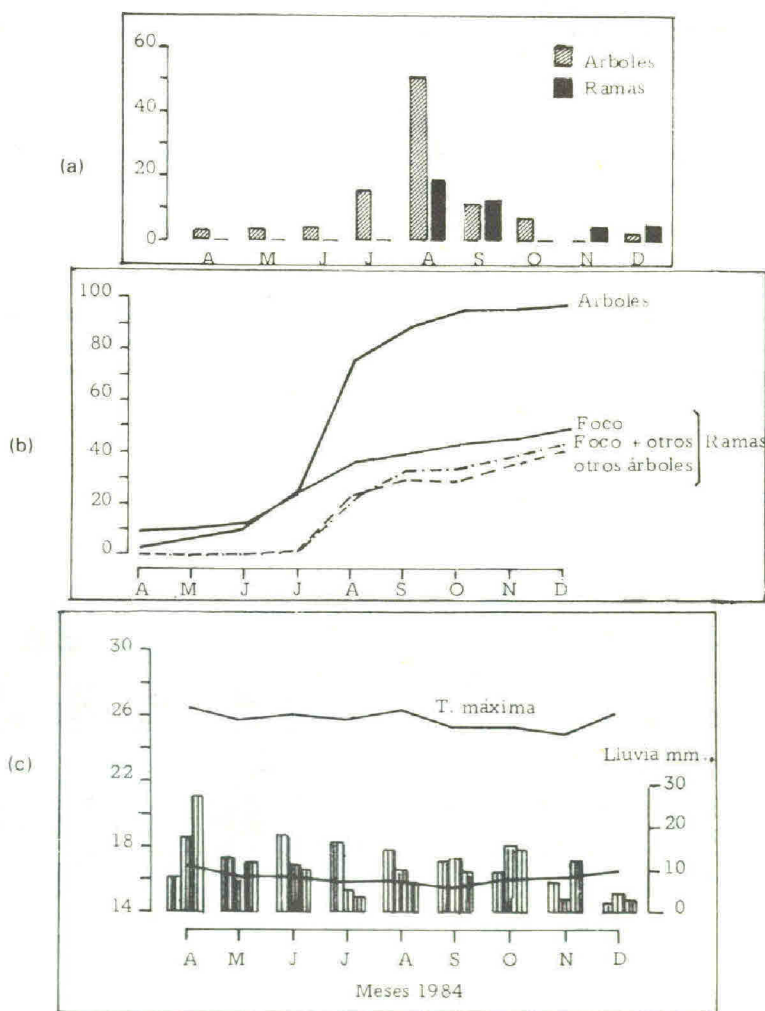


Figura 2. Evolución de la enfermedad expresada en porcentaje de árboles y ramas con roya, mensual (a), acumulada (b) y condiciones meteorológicas de temperatura y precipitación (c), en el Lote C-54, parcela B, durante los meses de abril a diciembre de 1984.

En el lote C-27 parcelas A y B, la evaluación de árboles alcanzó sus mayores valores en el mes de agosto, al igual que en el lote C-54 (Figura 3). En este lote solo tardó 4 meses en dispersarse la enfermedad en el 100% de los árboles.

Al hacer la evaluación de ramas y de hojas con roya, se observó que estas presentaron valores bajos en el mes de mayo a junio al igual que en el Lote C-54 en porcentaje de ramas con roya, en el período de julio-agosto se incrementó la enfermedad, obteniéndose los mayores valores en el mes de noviembre (Figura 3). A partir de este mes a causa de la caída del follaje se redujo la enfermedad.

El comportamiento del foco, resto de la población (otros árboles) y del total de la población (foco + otros árboles), son semejantes (Figura N° 3). El porcentaje mensual de árboles tuvo sus mayores incrementos en el mes de agosto, en cambio en hojas y en ramas, los mayores porcentajes ocurrieron en el mes de noviembre. En este lote se alcanzaron mayores porcentajes de ramas con roya (80-90%) que en el lote C-54 (60%), probablemente relacionado con el óptimo estado de desarrollo del follaje y la mayor densidad de tallos por hectárea. El nivel de la enfermedad en hojas alcanzó valores cercanos al 70%.

El porcentaje de área de la hoja con roya, alcanzó sus mayores valores (90%) en el mes de noviembre. (Figura 3).

El comportamiento de los focos en el lote C-54 fué diferente a los focos del lote C-27. En las tres parcelas del lote C-54, el foco consistentemente presentó mayores niveles de enfermedad (Figura 2) que en el resto de la población. Por el contrario en el lote C-27, ambos focos presentaron niveles de enfermedad coincidentes en el total de la población. (Figura 3).

Se puede deducir de la comparación anotada anteriormente que como criterio de evaluación de la dinámica de la enfermedad a nivel de lote, bastaría con efectuarla en el foco; también se deduce que la dinámica a nivel de foco está en relación a la densidad de la plantación y del follaje, ya que esta dinámica fué menor en el lote C-54 donde la plantación estaba constituida por árboles con un solo tallo, equivalente a una densidad de 10.000 árboles por hectárea, mientras que el lote C-27 estaba constituido por dos tallos, equivalentes a una densidad de 20.000 árboles por hectárea.

La velocidad de la dispersión en el lote es rápida a partir del primer mes de establecido el foco, luego esta velocidad disminuye, ya que los nuevos árboles afectados se convierten en focos secundarios. La velocidad de dispersión posterior en un lote, dependerá del número de nuevos focos que se establezcan.

La dispersión de nuevos focos ocurrió en forma discontinua y variable en distancia (Tabla 1 figuras 4 y 5). Así, por ejemplo en el lote C-54, parcela B, en la lectura efectuada 30 días después de detectado el foco se encontraron 10 nuevos árboles afectados a 8.30 metros en promedio desde el foco, con un máximo de 17 metros; el nivel promedio de la enfermedad en estos nuevos árboles (ramas con roya), fué de 3% (Tabla 1, figura 6), mientras que en el foco había aumentado el 9.18% a 19.75%. En la parcela C del mismo lote, en la lectura efectuada 30 días después de detectado el foco, se encontraron 5 nuevos árboles afectados a 3.6 metros en promedio desde el foco, con un máximo de 7 metros, la enfermedad en estos nuevos árboles se encontraba en 4.87%, mientras que el foco había aumentado de 11.3% a 11.98% (Tabla N° 1). En parcela D (lote C-54), se encontraron 6 nuevos árboles afectados a 5.5 metros en promedio del foco, con un máximo de 11 metros: la enfermedad se encontraba en estos nuevos árboles en un 2.56%, mientras que el foco había aumentado de 6.67% a 10.35% (Tabla N° 1). En el lote C-27 (parcelas A y B), la variación fué mínima entre las dos parcelas, los primeros árboles afectados a partir del foco fueron 37 en la parcela A y 19 en la parcela B y se encontraron a una distancia promedio de 7 metros del foco, con un máximo de 15 metros; la enfermedad en los nuevos árboles afectados en la parcela A, se encontró en un 7.0%; mientras que en el foco había aumentado de 9.4 a 14.28% (Tabla N° 1. Figura 7).



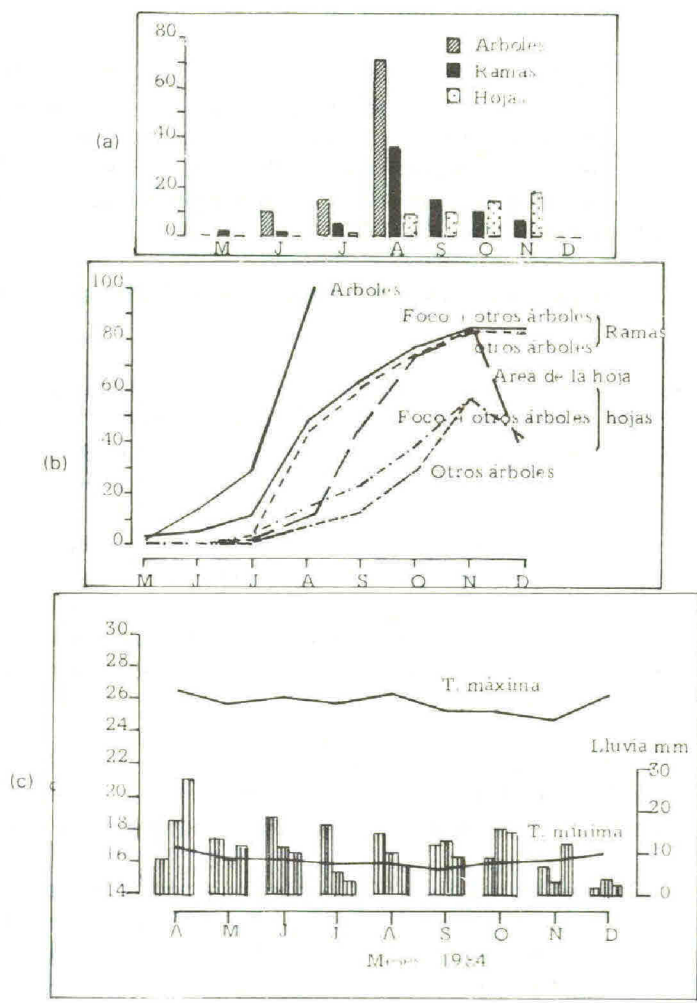


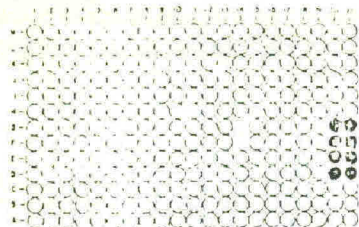
Figura 3. Evolución de la enfermedad expresada en porcentaje de árboles, ramas, hojas y área de la hoja con roya mensual (a), y acumulada (b), y condiciones meteorológicas de temperatura y precipitación (c) en el Lote C-27 parcela A., durante los meses de abril a diciembre de 1984.

Tabla N° 1. Distancias promedio (en metros) y máxima (al mes de establecido el foco), de dispersión de la roya *H. vastatrix* medida en porcentaje de ramas enfermas en los lotes C-54 y C-27 y en el foco, a través del tiempo en meses.

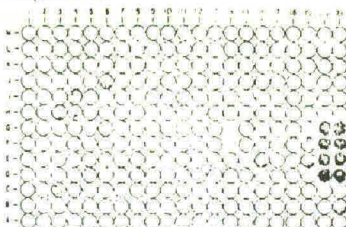
| Lote | Parcela | % de ramas con roya |       |                    |       | Foco         |           |       |   |
|------|---------|---------------------|-------|--------------------|-------|--------------|-----------|-------|---|
|      |         | Mes                 | Foco  | Resto de población |       | Ramas roya % | Dist. (m) |       |   |
| C-54 | B       | Abril               | 9.18  |                    |       |              | 29.3      | 0     |   |
|      |         | Mayo                | 10.75 | 3.0                |       |              | 8.2       | 1     |   |
|      |         | Junio               | 13.00 | 7.33               | 5.41  |              | 1.55      | 2     |   |
|      |         | Julio               | 13.58 | 11.37              | 11.30 | 3.68         |           |       |   |
|      |         | Dist. prom. (m)     | 1.00  | 8.30               | 8.63  | 12.17        |           |       |   |
|      |         | Dist. Máx. (m)      |       | 17.00              |       |              |           |       |   |
| C-54 | C       | Abril               | 11.31 |                    |       |              | 27.27     | 11.42 | 0 |
|      |         | Mayo                | 11.98 | 4.87               |       |              | 10.77     | 8.62  | 1 |
|      |         | Junio               | 15.64 | 6.88               | 2.81  |              |           | 2.38  | 2 |
|      |         | Julio               | 18.00 | 8.65               | 4.35  | 4.30         |           |       |   |
|      |         | Dist. prom. (m)     | 1.00  | 3.60               | 3.66  | 3.77         |           |       |   |
|      |         | Dist. Máx. (m)      |       | 7.00               |       |              |           |       |   |
| C-54 | D       | Abril               | 6.67  |                    |       |              | 10.16     |       | 0 |
|      |         | Mayo                | 10.35 | 2.56               |       |              | 7.38      |       | 1 |
|      |         | Junio               | 14.41 | 5.50               | 2.75  |              | 1.78      |       | 2 |
|      |         | Julio               | 16.53 | 11.43              | 6.62  | 3.82         |           |       |   |
|      |         | Dist. prom. (m)     | 1.00  | 5.50               | 10.5  | 9.8          |           |       |   |
|      |         | Dist. máx. (m)      |       | 11.00              |       |              |           |       |   |
| C-27 | A       | Mayo                | 9.40  |                    |       |              | 21.79     |       | 0 |
|      |         | Junio               | 14.28 | 7.24               |       |              | 5.93      |       | 1 |
|      |         | Julio               | 27.58 | 12.66              | 10.64 |              | 3.79      |       | 2 |
|      |         | Agosto              | 59.69 |                    |       | 44.82        |           |       |   |
|      |         | Dist. prom. (m)     | 1.00  | 7.00               | 7.34  | 9.60         |           |       |   |
|      |         | Dist. máx. (m)      |       | 15.00              |       |              |           |       |   |
| C-27 | B       | Mayo                | 5.51  |                    |       |              | 11.50     |       | 0 |
|      |         | Julio               | 42.71 | 15.88              | 14.76 |              | 4.32      |       | 1 |
|      |         | Sept.               | 79.9  |                    |       |              |           |       |   |
|      |         | Nov.                | 82.72 |                    |       |              |           |       |   |
|      |         | Dist. prom. (m)     | 1.00  | 6.15               | 7.48  | 11.40        |           |       |   |
|      |         | Dist. máx. (m)      |       | 15.00              |       |              |           |       |   |



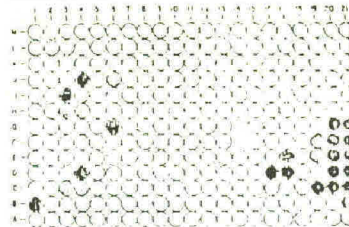
Lote C-54 Parcela B  
Abril 0 Días



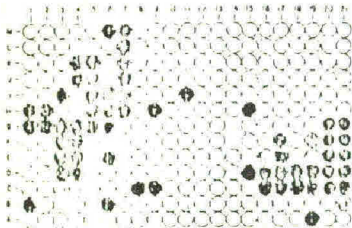
Mayo 30 días



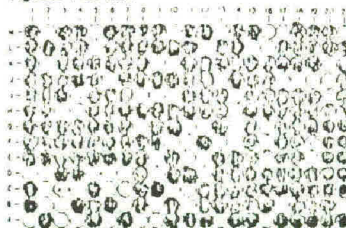
Junio 60 días



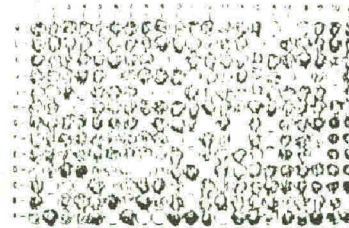
Julio 90 días



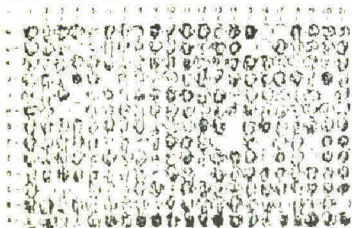
Agosto 120 días



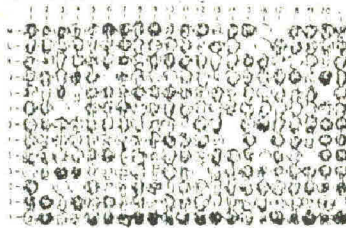
Septiembre 150 días



Octubre 180 días



Noviembre 210 días



Diciembre 240 días

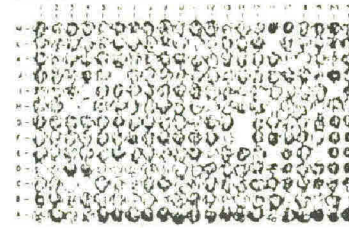
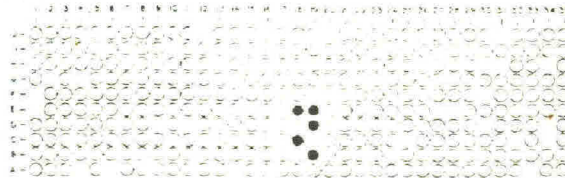


Figura 4. Dispersión de la roya del café (*H. vastatrix*) en tiempo y espacio, a partir de un foco natural en el lote C-54, parcela B.

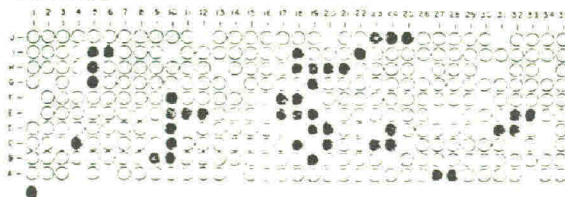
Lote C-27 Parcela A

Mayo 0 Días

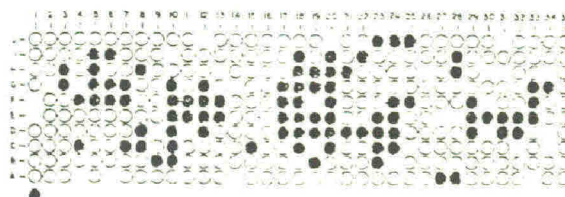


• Foco

Junio 30 días



Julio 90 días



Agosto 120 días

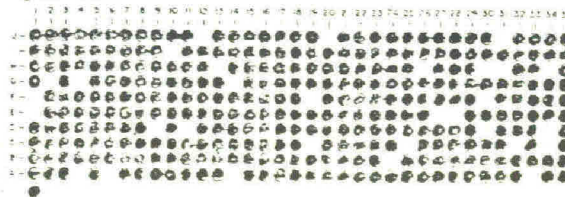


Figura 5. Dispersión de la roya del café (*H. vastatrix*) en tiempo y espacio, a partir de un foco natural en el lote C-27 parcela A.

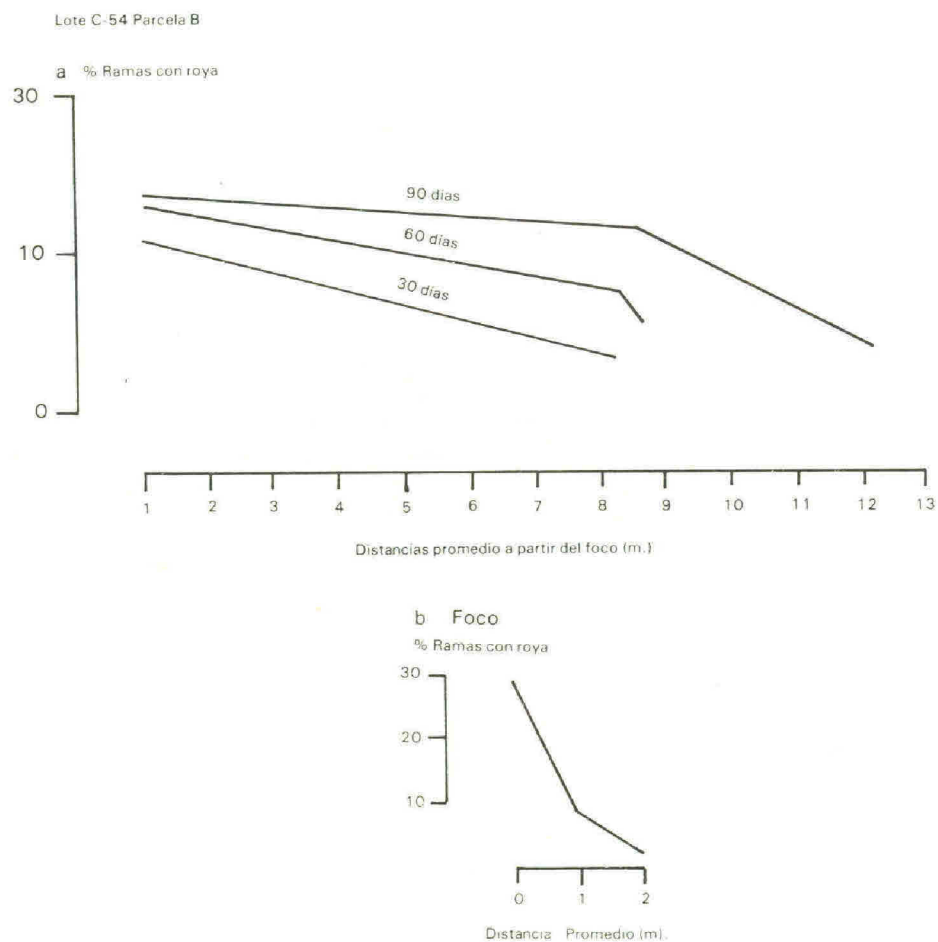


Figura 6. Distancia promedio en metros de dispersión de la roya del café (*H. vastatrix*), medida en porcentaje de ramas en el Lote C-52, parcela B (a) y en el foco (b), durante los 3 primeros meses.

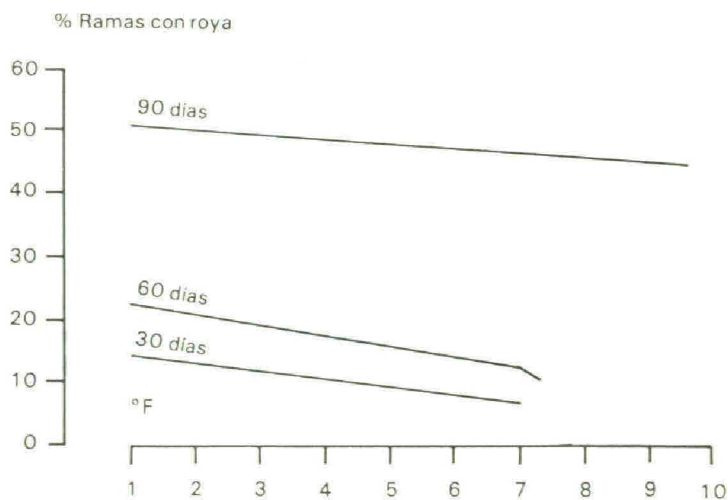


La cuantificación de la enfermedad a nivel de la planta y analizada en tercios, indicó que la fase inicial de la enfermedad se establece en el tercio bajo, desplazándose en forma ascendente y discontinua a través del tiempo (Figura 8).

La dispersión de la enfermedad dentro del árbol, concuerda con el desarrollo de la enfermedad en la plantación, puesto que el máximo de enfermedad en la planta corresponde al período julio-agosto al igual que en el lote. Por consiguiente la evaluación en condiciones de campo podría reducirse al conteaje del tejido enfermo en árboles foco y en ellos en el tercio inferior a través del tiempo.

En el lote C-27, parcela A (Figura 8), se observa que en la evaluación inicial, la enfermedad se encuentra en el tercio bajo hasta la rama N° 17 en promedio; como la enfermedad se distribuye en forma discontinua, el porcentaje de ramas afectadas alcanzó en este mes el 23%; en el tercio medio, la enfermedad se encontró durante este mismo período en las ramas N° 31 y 32 que corresponden al 1% de las ramas con roya. En los meses siguientes los valores se incrementan hasta 58% en el tercio bajo, encontrándose la enfermedad hasta la rama 30, en el tercio medio se encontró la enfermedad hasta la rama N° 17 y la proporción de ramas enfermas fué de 12%. En el mes de agosto, la enfermedad se encontró en el 29% de las ramas del tercio bajo, en el 60% del tercio medio y en el 4% del tercio superior, encontrándose roya hasta la rama N° 68. En este mes se presentaron los mayores incrementos de la enfermedad en el tercio bajo y medio, coincidiendo con el período de máximos incrementos de la enfermedad en la población de árboles de los dos lotes C-54 y C-27; a partir de este mes es evidente la defoliación reduciendo el nivel de enfermedad. En este período se observó que la enfermedad se encontró hasta la rama N° 79, siendo la proporción de ramas enfermas de 32%. En el mes de noviembre continuó la defoliación y el nivel de la enfermedad se redujo hasta el 69% de las ramas con roya en el tercio bajo y simultáneamente en el tercio medio se inició también la defoliación, reduciendo en 6% la enfermedad con respecto al mes anterior. En el tercio superior, la enfermedad se incrementó en 12% a pesar de alcanzar solamente hasta la rama N° 80. En el mes de diciembre la defoliación en el tercio bajo fué drástica y la enfermedad se redujo al 45% de las ramas con roya, en el tercio medio de reducción ocurrió hasta el 65% de las ramas con roya y en el tercio superior, el máximo valor alcanzado fué de 49%. Sin embargo los máximos valores acumulados ocurrieron para el tercio bajo en septiembre, y para el tercio medio en octubre, equivalentes a 94% y 95% de las ramas respectivamente.

(a) Lote C-27 Parcela A



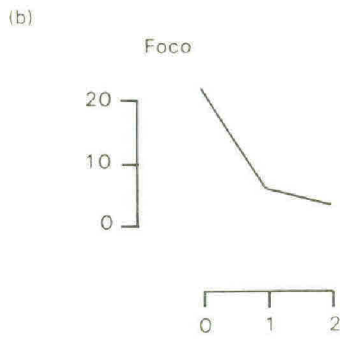


Figura 7. Distancia promedio en metros, de dispersión de la roya del caféto (*H. vastatrix*), medida en porcentaje de ramas en el lote C-27, parcela A (a) y en el foco (b), durante los 3 primeros meses.

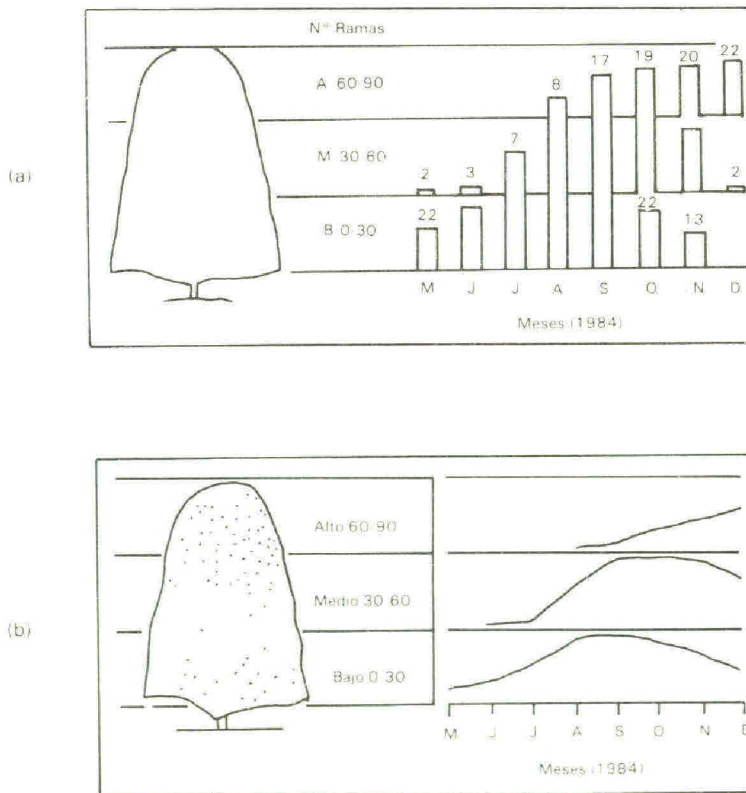


Figura 8. Dispersión de la roya del caféto (*H. vastatrix*), en los diferentes niveles en caféto de la variedad Caturra, expresados en porcentaje de ramas con roya mensual (a) y acumulado (b), en el Lote C-27, parcela A.

En cuanto a los factores naturales que intervienen en la dispersión se encontró lo siguiente:

**Lluvia:**

La cantidad de esporas captadas diariamente están en función de la cantidad de inóculo presente, el cual se ve alterado por las lluvias ocurridas en los días anteriores y la intensidad de las mismas. Aguaceros hasta de 1.6 mm. en agosto arrastraron esporas en valores de 1.600 encontradas en 0.2 mm captadas en la gotera del árbol (Figura 9).

Se puede observar que el mayor número de esporas captadas se encontraron en el mes de agosto, coincidieron con la fase exponencial de la enfermedad medida en árboles.

**Viento:**

Se ve una tendencia marcada en el factor viento, en cuanto a la dispersión en el lote. Los mayores vientos ocurridos en el mes de agosto dispersaron la mayor cantidad de esporas (Figura 10), encontrándose en las trampas, mayor número de la dirección predominante de los vientos en la zona (suroeste). Las cantidades de esporas encontradas en las trampas, no presentan relación en cuanto a distancia a partir del foco, ni en los niveles del mismo árbol, ocasionado tal vez, por las turbulencias de vientos que ocurren a nivel de cultivo.

**Insectos:**

De los insectos capturados por medio de la cinta atrapa-esporas y con la jama, después de su respectivo análisis se encontraron las siguientes familias con esporas de roya: Lancheidae, Staphilinidae, Specidae, Apidae, Drosophilidae, y la larva de un díptero, posiblemente de la familia Mycetophilidae, la cual se alimenta de esporas de roya.



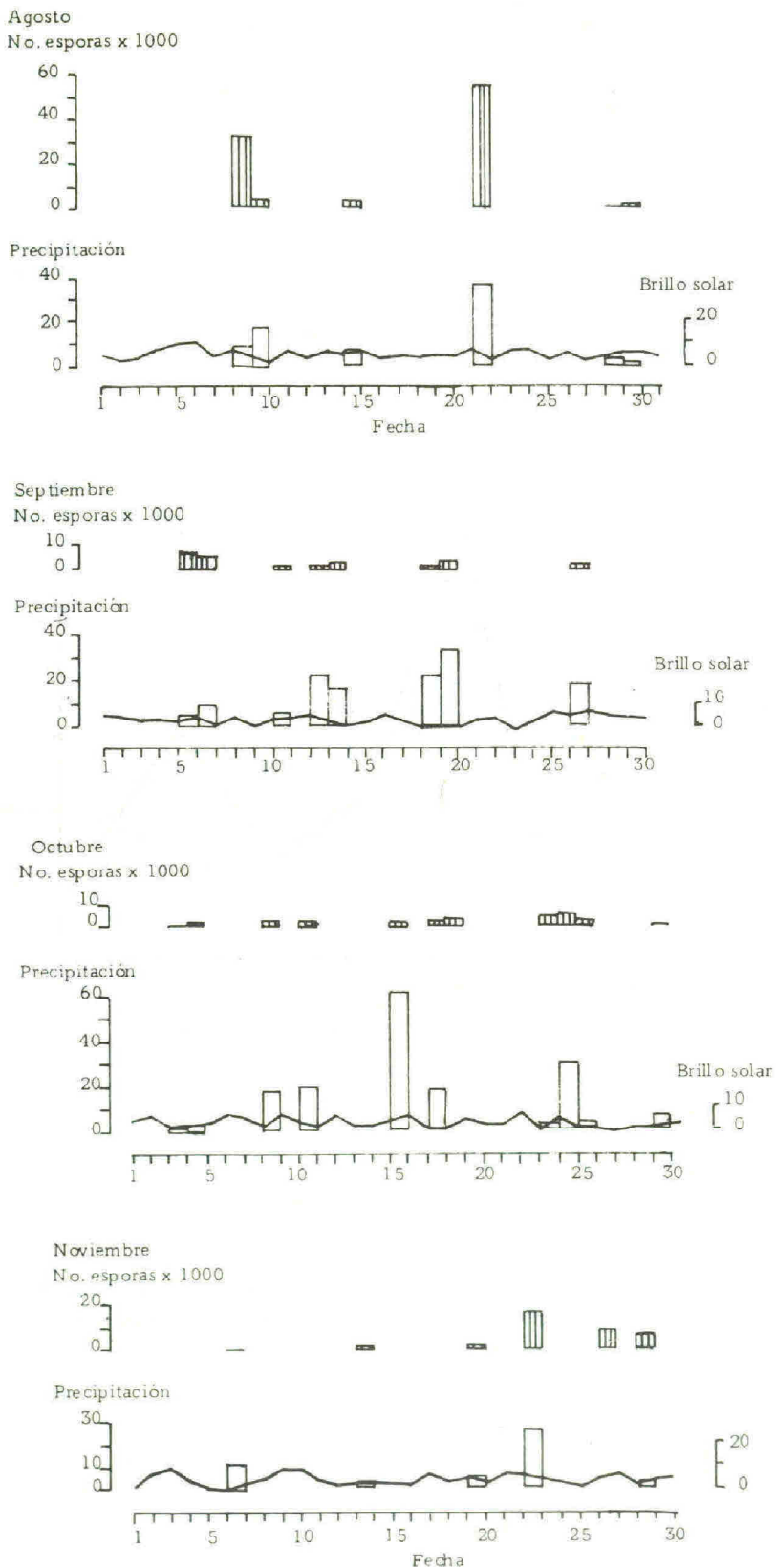


Figura 9. Número de esporas de *H. vastatrix* captadas en promedio de 8 pluviómetros; lluvia y brillo solar, durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de 1984.

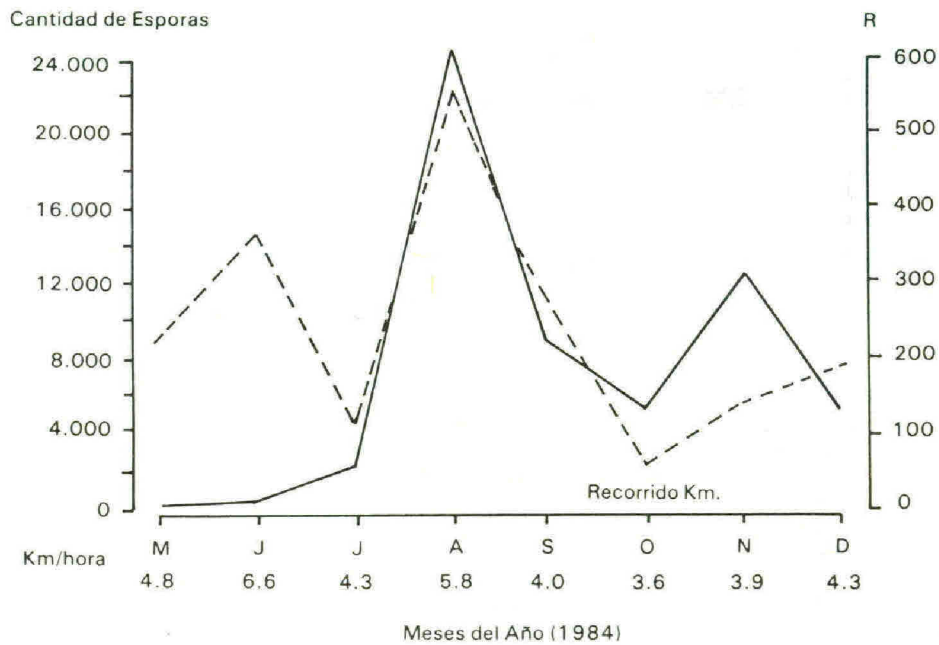


Figura 10. Cantidad de esporas de *H. vastatrix* capturadas en placas de vidrio durante los meses de mayo a diciembre de 1984. Recorrido y velocidad del viento en los nueve períodos analizados.