

Publicación miscelánea No. 126

IICA  
PM.126  
C-1

# SIMPOSIO SOBRE LA ROYA DEL CAFE

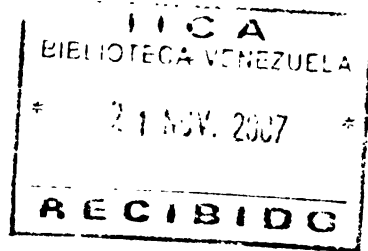
*(Hemileia vastatrix Berk & Br.)*



**IICA** zona norte

México, 1975





**Simposio sobre Roya del Café, organizado por el Comité de Fitopatología Tropical de la American Phytopathological Society, durante su reunión en México, en agosto, 1972.**

**Publicación del Programa Cooperativo contra la Roya y otras enfermedades y plagas de importancia económica del café, del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.**

**Traducción del inglés y edición por Carlos Enrique Fernández, Responsable del Programa Cooperativo.**

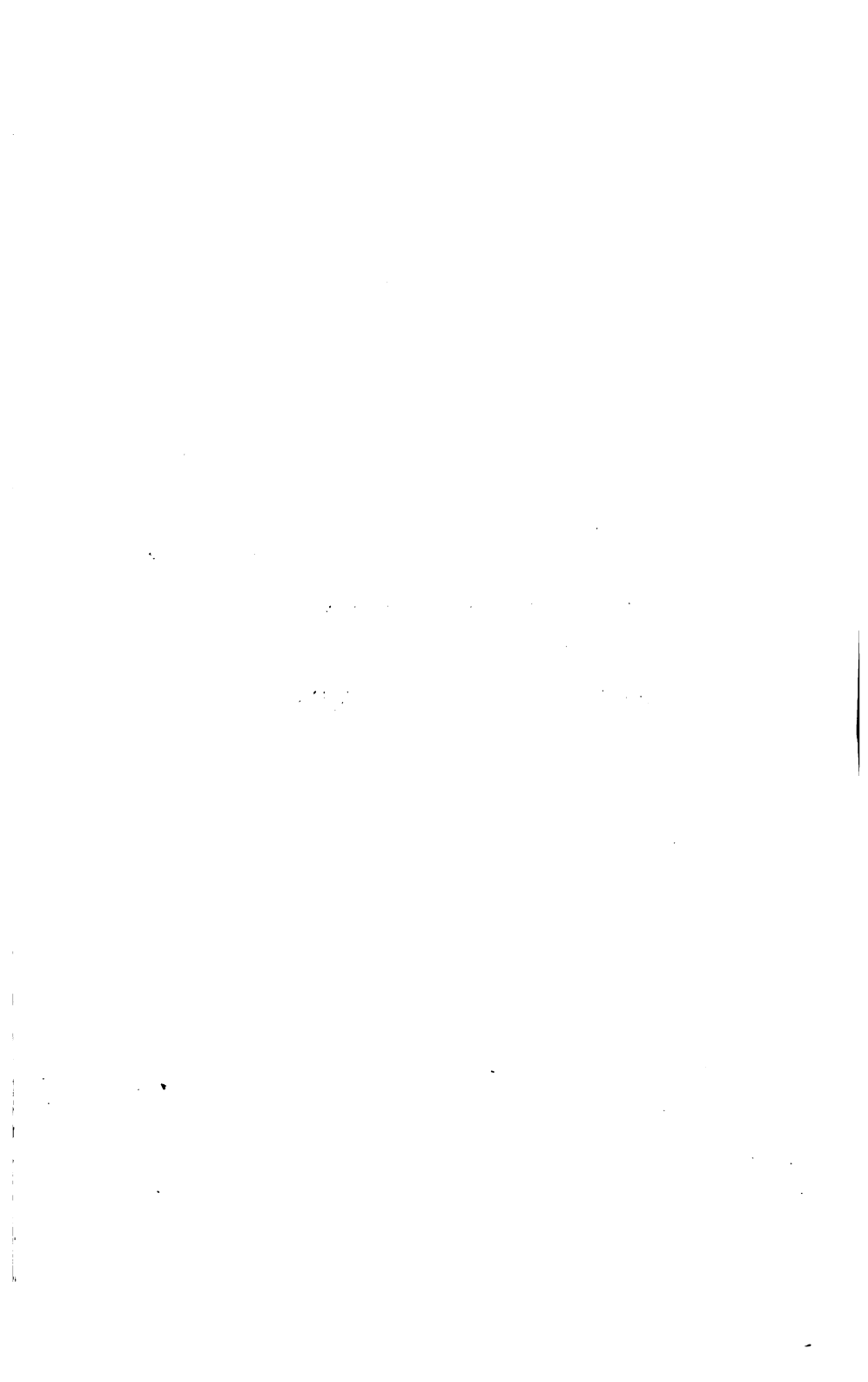
00000273

~~001216~~

SIMPOSIO SOBRE LA  
ROYA DEL CAFE  
(*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.)

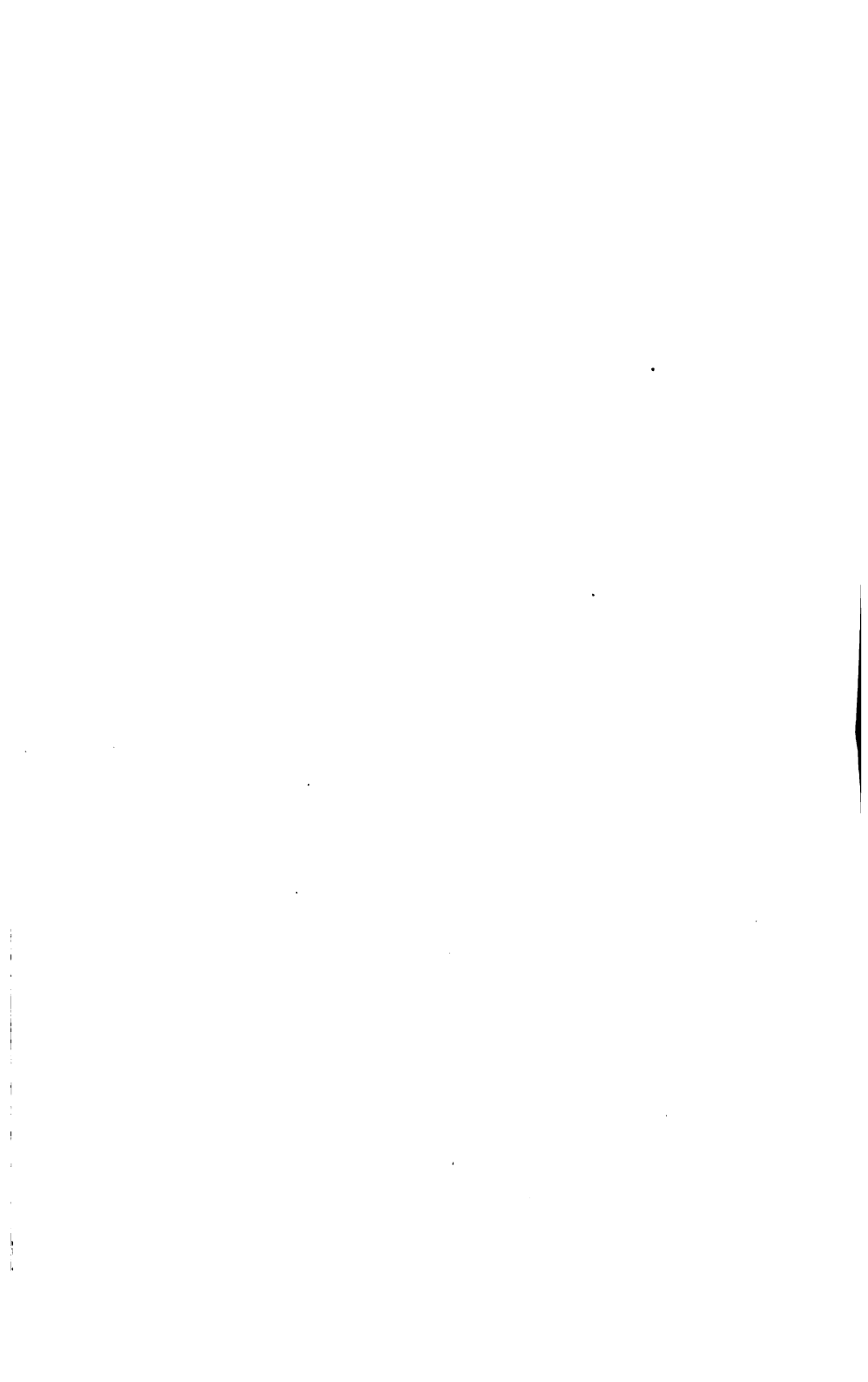
IICA - Zona Norte

México, 1975



## CONTENIDO

	Pág.
Nota preliminar	
Eddie Echandi .....	7
Resumen de la difusión mundial de la Roya del Café	
Frederick L. Wellman .....	9
Observaciones comparativas de la Roya del Café en los hemisferios Oriental y Occidental	
Eugenio Schieber .....	18
Control químico de la Roya del Café en Brasil	
Geraldo M. Chaves .....	39
Resistencia del café a las royas	
Carlos J. Rodríguez Jr. ....	52





mico de varios de los países de América Latina. En 1968, el café proporcionó el 67.7% de las divisas extranjeras de Colombia, 42.7% de las de El Salvador, 41.2% de Brasil, 38.9% de Haití, 33% de Guatemala, 31.4% de Costa Rica y otros cinco países latinoamericanos estuvieron entre 11 y 17%. Las operaciones del cultivo y venta de café son también una fuente muy importante de trabajo en los países productores por lo que también influye en la economía interna de esos países.

No hay duda de que el costo de producción del café en ciertas áreas afectadas por la roya aumentará considerablemente, no sólo debido al costo de los fungicidas y su aplicación, sino también debido a que deberán establecerse nuevos métodos de cultivo y las plantaciones viejas deberán ser renovadas a fin de aumentar la eficiencia de los productos químicos. Esto naturalmente implicará menos árboles por área y consecuentemente menos productividad. Debe añadirse a lo anterior que las variedades resistentes de que se dispone son menos productivas que las utilizadas actualmente.

Se sabe que la roya está bien establecida en Brasil. Se sabe también que las condiciones para su diseminación, establecimiento y desarrollo en otros países de América Latina, son extremadamente favorables y que por lo tanto, es sólo un asunto de tiempo para que se extienda a los demás países cafetaleros de este Hemisferio. Sería muy deseable que cuando eso suceda, los países afectados se encuentren preparados para hacerle frente a este grave problema.

La American Phytopathological Society, reconociendo lo que significa la roya para América Latina, ha organizado este simposio a través de su Comité de Fitopatología Tropical, esperando contribuir en esta forma a un mejor conocimiento de la enfermedad y su control. Cada uno de los siguientes trabajos cubre un aspecto importante de la enfermedad. Su distribución mundial ayudará a entender mejor la forma como se ha diseminado la roya en el mundo cafetalero; se compara la roya del Hemisferio Occidental con la del Oriental; la forma como se controla con productos químicos y por último lo que sabemos sobre la resistencia a esta enfermedad.

## NOTA PRELIMINAR

Eddie Echandi  
Profesor de Fitopatología, Departamento de  
Fitopatología, North Carolina State University  
Raleigh, 27607

La roya del café causada por el *Hemileia vastatrix* Berk & Br., es una de las enfermedades más devastadoras del café. Areas cafetaleras enteras han sido abandonadas en Africa y en Asia debido a la roya. A pesar de las advertencias de científicos como el Dr. F. L. Wellman y el Dr. A. J. Riker, ya fallecido, la roya finalmente llegó a Brasil en enero de 1970.

El mérito por el descubrimiento de la roya en Brasil pertenece al Ing. Arnaldo Gómez Madeiros, fitopatólogo del Instituto Brasileiro del Cacao. Madeiros descubrió la roya durante una visita de rutina al campo en el Estado de Bahía. Desde su descubrimiento en Bahía, la enfermedad se ha constatado en otros estados, como: Espíritu Santo, Minas Gerais y Sao Paulo. Finalmente, en octubre de 1971, se le observó en el estado productor de café más importante del país, Paraná. En 1972 fue observada en Paraguay.

Como se sabe, la roya del café no es una enfermedad nueva en el Hemisferio Occidental. Apareció por primera vez en Puerto Rico en 1903, en donde fue accidentalmente admitida en plantas experimentales de café introducidas de los trópicos orientales. Afortunadamente debido a una acción rápida la roya fue detectada y destruida.

América Latina produce y exporta más café que cualquiera otra parte del mundo. En 1969 las ventas de café en América Latina representaron el 65.3% de todo el café exportado en el mundo. Prácticamente todos los países latinoamericanos cultivan algo de café. Además las ventas de café son de gran importancia para mantener la posición de intercambio econó-

## RESUMEN DE LA DIFUSION MUNDIAL DE LA ROYA DEL CAFE

Frederick L. Wellman  
Departamento de Fitopatología  
North Carolina State University  
Raleigh, North Carolina

### *Summary*

Coffee rust, *Hemileia vastatrix*, had been known on wild coffee in Africa since prehistoric times, but was not on commercial plantations anywhere. It was first found on cultivated trees in Ceylan in 1867-68; in two years it was in India, and moving further. This is shown in a table of main dates of observed spread of the rust. By 1890 it had swept over thousands of miles in the eastern tropics and by the 1960s no important coffee country in the eastern hemisphere was rust free. However, there was no rust in the Americas. Meanwhile, 1890-1966, rust disease was intensifying in west Africa. It finally moved across the strip of ocean between west Africa and east Brazil and was identified on coffee in the State of Bahia in 1970. Since then it has gone into all coffee producing parts of Brazil, is also in Paraguay. Without a doubt more spread is to be expected on both hemispheres.

El café ha sido cultivado en las Indias Occidentales y en América Tropical por cerca de 300 años. Por todo ese tiempo ha estado libre de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), por lo que ha sido cultivado a tal punto que, de todos los productos de la América Tropical, el café es el que más dinero produce.

Como es bien sabido, las royas destruyen las cosechas, y la que ataca las hojas del café ha sido clasificada como una de las ocho enfermedades más serias de los cultivos agrícolas (Figura 1). No fue sino hasta casi cien años después de su descubrimiento que se llegó a la conclusión de que la roya del café puede ser controlada. Brevemente, los síntomas producidos por la roya del café son: manchas redondas, amarillas a anaranjado amarillentas en el envés de las hojas. Estas se agrandan y aumentan en número, y a consecuencia de esto, las hojas se desprenden y la producción llega a ser casi nula. Según varios estudios, la enfermedad se originó en los bosques vírgenes de Etiopía, en Africa.

#### *Aparición y diseminación*

Desde tiempos prehistóricos, los negros, los cazadores y los guerreros africanos comían café. Ya sea en forma de barras hechas de granos de café crudo y molido compactado con grasa o bien los granos secos con especias que comían como nueces. La gente de la ciudad tostó y molió los granos para obtener una bebida. En los viejos tiempos tribales, los árboles de 100 años o más recibían un nombre, se les protegía y se les tenían como sagrados. Se consideraban propiedad de los jefes e individuos principales de las tribus.

Yo ví algunos de estos árboles en Uganda y pude reconocer las hojas un tanto manchadas con roya.

Cuando le mencioné la roya a los miembros de las tribus que cultivan café, obtuve de ellos reacciones de preocupación. Estos individuos sabían que desde los tiempos más remotos, y por lo que habían aprendido a través de viejas historias, siempre había habido árboles que se defoliaban más de lo normal. Los nativos tenían dos nombres para esta enferme-



**Fig. 1.** El ataque de *Hemileia vastatrix* sobre café arábica común causa defoliación severa. Esta fotografía muestra la pérdida de las hojas, que forman un cojón de hojas enfermas sobre el suelo. La producción de un árbol así es nula. Fotografiada en Bahía, Brasil, 1970.

dad, uno monosilábico "uagh", y el otro usado en Etiopía, "sagot". Para mí esto es una indicación de la antigüedad de la roya en el noreste de África, ya que en cualquiera otra parte y gente de cualquier raza, la conocía por el nombre de roya o traducciones de la palabra roya.

Los europeos se enteraron de la roya por primera vez, por medio del estudioso y observador inglés Grant. Grant recorrió los lugares más remotos del África y al ver la roya del café la reconoció como una enfermedad similar a la roya de los cereales. Al escribir su informe, que fue publicado en 1861, Grant mencionó que los cafetos silvestres de la región del lago Victoria-Nyansa estaban atacados por roya. Esta fue la primera vez que el nombre de roya fue usado en conexión con el café.

En aquellos días, el país mayor productor de café era Ceylán. En 1868 un caficultor de Ceylán encontró en una loma tres o cuatro árboles que de pronto habían perdido sus hojas. En esos días se encontraba en Ceylán un botánico micólogo inglés llamado Thwaites. Le informaron del daño y al año siguiente Thwaites notó que la enfermedad se había extendido rápidamente. Mientras tanto se enviaron muestras de la enfermedad a Inglaterra, al profesor Reverendo Miles Berkeley. Berkeley en 1869 describió el hongo y designó *Hemileia* el género, por la forma de media luna de las esporas y nombró la especie *vastatrix* por la condición devastadora de la enfermedad.

Poco tiempo después se descubrieron árboles enfermos por toda la isla de Ceylán y muchas plantaciones fueron destruidas. Fue así como en pocos años los exportadores de café, y las grandes compañías abandonaron Ceylán. El efecto económico de la roya fue dramático. El hambre, el crimen y los suicidios cundieron por el país, y la isla se arruinó como productora de café.

Por otro lado, otras cosas sucedían. Gran cantidad de inóculo se concentró en Ceylán, así como en las plantaciones de café del noreste de África. Con esa gran masa de esporas concentrada en esos lugares, la enfermedad se extendió rápidamente. No existen pruebas en cuanto a cómo se extendió,

pero siguió la dirección de los vientos huracanados, ya sea a lo largo de la frontera este de Africa o sobre el Océano Indico en dirección a Ceylán. Lo cierto es que la *Hemileia* se encontró muy pronto fuera de Ceylán y de los montes de Etiopía. En dos años estaba en el sur de India. A partir de entonces ya los caficultores estaban alerta y en donde aparecía la roya se reportaba de modo que el resultado fue la clásica historia de cómo se expande una enfermedad inexorablemente de país a país.

En un período de 15 años la roya se había extendido miles de millas hacia el Este hasta las islas de Sumatra y Java, así como a las Filipinas. Durante ese mismo período se extendió por el continente africano la increíble distancia de casi tres mil millas, hacia el Sur a lugares cerca de Natal en Africa del Sur. En la década siguiente la roya pasó de Sumatra y Java a las islas vecinas; de Etiopía pasó a Uganda y Madagascar, pero no a través del Atlántico.

Sintiéndose seguros por no tener la roya, los caficultores americanos expandieron la industria. Se trataba de un cultivo estable, cuyo producto puede almacenarse y por lo tanto soportar fluctuaciones del mercado; podría exportarse a lugares distantes sin que se deteriorara y por lo tanto sin perder su precio. Todo esto constituían ventajas económicas para los trópicos americanos. Además los costos de producción eran cada vez mayores en el Oriente y en Africa debido a la roya.

A principios de este siglo, en 1903, fueron enviadas a Puerto Rico unas 100 plantas experimentales de café, algunas de ellas accidentalmente infectadas con roya. Afortunadamente antes de plantarlas en el campo se detectó la enfermedad en algunas de ellas y se destruyeron todas las plantas. La roya no se estableció en América en esta oportunidad y de momento, se salvaron los trópicos americanos. La experiencia sirvió para hacer más estricta la cuarentena en el Nuevo Mundo, contra el tráfico de plantas vivas de café procedentes del Hemisferio Oriental.

## *Expansión posterior de la roya*

Ya para 1910 a 1913 la roya no sólo era una nueva enfermedad del Sur y Oriente de África, sino también de Caledonia, Kenya y las Nuevas Hébridas. Cinco años más tarde, se encontraba en Rodesia y en la parte oriental del Congo, de donde rápidamente pasó a ser un problema en el centro y parte occidental. Hay algunos informes un tanto discutibles que indican que ya por este tiempo la roya estaba también presente en Angola.

En las islas al oeste de la costa africana, casi sobre el ecuador geográfico, se cultivaba buen café. La mayor de estas islas, cerca del río Niger, es Sao Tomé, en donde se encontró la roya en 1938. Esta isla decora la indentación de las costas occidentales africanas.

Como era de esperarse, en 1951-1954, el aire de los territorios al oeste y sur de la esquina donde está Sao Tomé, debe haber estado cargado de esporas de roya. Así fue como 10 años más tarde la roya se presentó en el Camerún, Dhomey, Togo la Costa de Marfil y el Sudán Francés. Del otro lado del continente la roya aumentaba en Kenya, Uganda y el norte de Rodesia; por primera vez aumentó en Mozambique e invadió Zanzibar. También hubo informes un tanto sorprendidos desde China subtropical y la isla de Hinan, en donde la roya atacó plantaciones experimentales. Un poco más tarde la roya se presentaba en las islas Andaman, cerca de Siam.

Al mismo tiempo, en la costa occidental de África la roya apareció en Liberia y de allí pasó a la isla de Fernando Poo, que se encuentra al norte de Sao Tomé. En 1955 se extendió al noroeste, a la isla Príncipe, situada en la Bahía de Guinea, en dirección a la costa de Brasil.

De aquí en adelante la roya se extendió rápidamente al punto que en 1966 ya estaba bien establecida en casi toda África occidental, incluyendo Angola, Nigeria, Sierra Leona y Guinea. Ha continuado incrementándose y ahora está en



los extremos occidentales del continente, en la protuberancia que apunta hacia las costas orientales de Brasil, en América del Sur.

### *Expansión reciente al trópico americano*

Durante todo ese tiempo en que se extendía la roya, los caficultores americanos se sintieron muy afortunados por no tener la enfermedad en sus plantaciones. A pesar de que la distancia entre el continente africano y América es relativamente corta, existió cierta confianza entre los caficultores americanos, respecto a que la enfermedad no les llegaría, ésto, basados en un siglo de mantenerse libres de la roya.

Por lo tanto fue muy explicable la sorpresa que causó el hallazgo de la roya del café en enero de 1970, por el fitopatólogo Madeiros en el Estado de Bahía. Pronto, también fue descubierta en los estados de Espiritu Santo y Minas Gerais. Al principio los informes de plantas afectadas fueron un tanto dispersos, pero meses más tarde al hacer reconocimientos, se encontró la enfermedad en forma severa en muchos lugares. Inicialmente se tuvo la esperanza de que las partes más secas y frías del sur de Brasil no serían afectadas. Sin embargo, y a pesar de los cordones o franjas de cuarentena que fueron establecidos, éstas fueron cruzadas una a una por la roya y en 1971 la enfermedad invadió los estados de Sao Paulo y Paraná con sus muy importantes e intensivas plantaciones de café. Se espera que aún se extienda más. En 1972, la enfermedad ya llegó a Paraguay y otros países americanos observan con ansiedad.

*Fechas que indican dónde se observó la roya del café  
(H. vastatrix):*

- 1861 Victoria, Nyanza, Africa.
- 1867-68 Ceylán, (1869 la roya fue descrita y el patógeno nombrado)
- 1869-72 Mysore y el sur de India.
- 1876-78 Sumatra, Java y Natal en Africa.
- 1882-83 Mauritius, Reunión, Filipinas, Tanganyika.
- 1886-88 Malaya, Borneo, Tonkin, Madagascar.
- 1889-94 Samoa, Uganda, Papua.
- 1903 Puerto Rico, interceptada en plantas importadas.
- 1904-06 Africa del Sur y del Este.
- 1910-13 Nuevas Hébridas, Caledonia, Kenya.
- 1916-18 Rodesia y parte oriental del Congo.
- 1920-30 Congo Oeste y Angola (?)
- 1938- Sao Tomé.
- 1940-47 Mozambique, Zanzibar, sur de China, Hainan.
- 1951-54 Camerun, Dahomey, Togo, Costa de Marfil, Sudán Francés, Fernando Poo.
- 1955-58 Príncipe, Liberia, Sudamans.
- 1962-66 Guinea, Nigeria, Angola, Sierra Leona.
- 1970 Bahía, Espirito Santo, Minas Gerais en Brasil.
- 1971 Paraná, Sao Paulo en Brasil.
- 1972 Paraguay.

LITERATURA SELECCIONADA

1. AMARAL, M. & C. DERUIZ BEDUIN. 1970. A ferrugem alaranjada do cafeiro, historico e distribuicao geografica. Min. Agr., Brasil (special publ.) 11 p.
2. ANON. 1970. Ferrugem do cafeiro. Inst. Bras. Cafe-Inst. Biolog. Estad. Sao Paulo, Folha Colorida 11, 2 p.
3. BITANCOURT, A. A. 1970. A ferrugem do cafeiro. Biologico 36:31-34.
4. BOWDEN, J., P. H. GREGORY, & C. G. JOHNSON. 1971. Possible wind transport of coffee leaf rust across the Atlantic Ocean. Nature 229:500-501.
5. CHAVES, G. M., J. DA CRUZ FILHO, M. G. DE CARVALHO, K. MATSUOKA, D. TEIXEIRO COELHO, & C. SHIMOYA. 1970. A ferrugem do cafeiro (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.)) revisao de literatura con observacoes e comentários sobre a enfermidade no Brasil. Seiva 30: (Edicion Especial) 75 p.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFE. 1970. Ferrugem do cafeiro characteristics da doenca e providencias para seu controle. Min. Ind. Comer., Inst. Bras. Café (Gerca). Rio de Janeiro Brazil (Special publ.) 31 p., 1 map.
7. MEDEIROS, A. G., 26 JAN. 1970. (Report, one page, to President of National Confederation of Agriculture, of coffee diseased with *Hemileia vastatrix* in Bahia, Brazil). From Com. Exec. do Plano de Recup. Econ.—Rural da Lavoura Cacauera (CEPLAC), Rio de Janeiro.
8. D'OLIVEIRA, B. 1954-1955. As ferrugens do cafeiro. Rev. Café Português 1:5-13; 2:5-12; 6:5-15; 7:9-17; 8:5-18.
9. D'OLIVEIRA, B. & C. J. RODRIGUES, JR. 1960. I. A Survey of the problem of coffee rusts. II. Screening for resistance to *Hemileia vastatrix* on *Coffea arabica*. Junta Inv. Ultramar, Centro Inv. Ferrugens Cafeeiro, Estac. Agron. Nac., Oeiras (Special publ.) 114 p.
10. D'OLIVEIRA, B. 1971. Centro de investigacao das ferrugens do cafeiro. Junta Inv. Ultramar, Estac. Agron. Nac., Oeiras (Special publ.) 29 p.
11. STEVENSON, J. A. & R. BEAM. 1955. An annotated bibliography of coffee rust (*Hemileia* spp.). U. S. Dep. Agr., Div. Dis. Survey. Washington, D. C. (Special publ. 3) 80 p.
12. TIME (weekly magazine). 1970. Coffee nerves in Brazil. Time 96(10):47.
13. VEJA E LEIA (weekly magazine). 1970. Café, guerra a ferrugem. Veja e Leia (No.) 85; 38-39.
14. WELLMAN, F. L. 1961. The rust diseases (pp. 253-260, attention on 26 other pages). In Wellman. Coffee botany, Cultivation, and Utilization. Leonard Hill Ltd., London and Interscience Publ., New York. 488 p.
15. WELLMAN, F. L. 1970. The rust *Hemileia vastatrix* now firmly established on coffee in Brazil. Plant Dis. Repr. 54:539-541.
16. WELLMAN, F. L. 1972. Coffee (pp. 150-152). In McGraw Hill Yearbook Sci. and Tech. 1972, 450 p.

# OBSERVACIONES COMPARATIVAS DE LA ROYA DEL CAFE EN LOS HEMISFERIOS ORIENTAL Y OCCIDENTAL

Eugenio Schieber  
P.O. Box 226  
Antigua, Guatemala, C. A.

## *Summary*

Of coffee rusts *Hemileia vastatrix* is most widespread. It has about 25 races of which two are in the western hemisphere. Numerous mycological and ecological studies show this rust can develop in all main coffee growing areas in Brazil; and as well in any other coffee growing area in any other part of the American tropics. Researches in both hemispheres clearly indicate wind currents could have brought spores to Brazil from Africa in from 5 or 7 to 15 days. Spores have been trapped in Brazil in several airplane flights at from 50 m., and between, to 1000 m. in altitude. Spores have also been trapped in the air at 150 km. distance from a diseased area. In Africa important spore dispersal was proved to be by water drops and by flying insects; it is also certain man has moved rusted seedlings for distances and increased disease spread in that manner. To understand coffee rust, statistical studies were made of data on the effects of temperatures and moisture on spore germinations. This resulted in an apparently reliable Equation. In Africa this so-called "Rayner Equation" when determined, confirms where coffee rust is severe, intermediate, and less serious. In Brazil such Equation studies in progress indicate there are areas that can be mapped out where occurrence of the rust disease will be high risk, medium risk, or low risk.

Existen dos royas que atacan al café (*Coffea arabica* L.), una es causada por *Hemileia vastatrix* Berk & Br. y la otra por *H. coffeicola* Muabl. & Roger. La primera se encuentra muy difundida y la segunda está restringida a ciertas áreas del Continente Africano.

La roya causada por *H. vastatrix* (3), motivo de este simposio, se dispersó a través del Continente Africano y se estableció en el Hemisferio Occidental; se descubrió en el Estado de Bahía, Brasil, a principios de 1970. Basado en la literatura y en varios viajes de estudio que realicé al Africa y a Brasil en años recientes (32), intentaré comparar ciertos aspectos del patógeno, la sintomatología, la diseminación de la enfermedad y aspectos ecológicos de la roya en el Hemisferio Oriental y en el Occidental.(<sup>1</sup>)

Se trata de un organismo típico de las royas de la hoja y daremos algunos aspectos del mismo para entender mejor su localización y diseminación.

#### *Distribución geográfica de las razas fisiológicas*

Mayne (19) en 1932 fue el primer investigador que informó sobre la especialización biológica del *H. vastatrix*. Caracterizó cuatro razas en la India. Más tarde el grupo de trabajo del CIFIC (Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro) bajo la dirección de d'Oliveira caracterizó once razas fisiológicas más, provenientes de varios países de Africa y Asia (12, 13). En 1972 el CIFIC había identificado 25 razas fisiológicas diferentes en muestras enviadas de distintas regiones del mundo. Es interesante notar que en las regiones cafetaleras de Africa las razas I, II, III, VII y XV atacan los cafés arábicas, mientras que las razas IV, V y VI se encuentran en café robusta.

La distribución de las razas más comunes aparece en la Tabla 1 y una comparación del estado actual de distribución

(<sup>1</sup>) Algunos aspectos de la diseminación y ecología han sido cubiertos en el artículo reciente de Schleber: "Economic Impact of Coffee Rust in Latin America". Ann. Rev. Phytopath. 10:491-520. 1972.

## TABLA I

Distribución de algunas razas de *H. vastatrix* en Asia, Africa y América

### ASIA

India	I, II, III, VII, VIII, XII, XVII, XXIII, XXIV
Timor Portugués	II, III, XV, XXII, XXV, XXVI
Filipinas	I, II, X, XIII
Ceylán	I, II, XV
Cambodia	II, XI

### AFRICA

Tanzania	I, II, III, VI, IX, XVII, XX
Kenya	I, II, VII, XV, XX
Isla de Sao Tome	I, II, III, XV, XVIII
Etiopía	I, II, III, XV
Uganda	I, II, IV, XIX
Rep. Central Africana	II, IV, XIX
Rep. de Malagache	I, II, XI
Congo (Kinshasa)	I, II
Angola	II, XV

### AMERICA

Brasil	II, XV
--------	--------

de las razas en Kenya y Brasil se presenta en la Tabla 2. Debe hacerse notar que la raza II de *H. vastatrix* que ahora se encuentra en el Hemisferio Occidental, es también la raza más común y prevalente en el Hemisferio Oriental. No es de sorprender por lo tanto, que el Dr. d'Oliveira identifica a la raza II en muestras provenientes de Brasil (16). Se supone que

## TABLA II

### Razas de *H. vastatrix* en Kenya y Brasil

#### Kenya (a)

Raza I	en <i>Coffea arabica</i>
Raza II	" " "
Raza VII	" " "
Raza XV	" " "
Raza IV	en <i>Coffea canephora</i>

#### Brasil (b)

Raza II	en <i>Coffea arabica</i>
Raza XV	" " "

(a) Identificadas por d'Oliveira & Rodriguez, 1960

(b) Identificadas por d'Oliveira, 1970

una de las razones por la que la raza II invadió el Hemisferio Occidental es la de que existe en gran abundancia en el Continente Africano, pero podría haber otras razones. (2)

Firman y Hanger (14) informaron que mientras que la raza II está presente en todas las áreas cafetaleras de Kenya, la raza I tiene una distribución más limitada y no se la encuentra en lugares altos. La razón por la que la raza I no se encuentra a baja altitud no ha sido investigada.

Se considera de fundamental importancia el saber si las condiciones ambientales de Brasil son favorables a la infección y al desarrollo del hongo *H. vastatrix*. Numerosos estudios ecológicos de las zonas cafetaleras de Brasil (2, 9, 16, 17, 18, 25, 30-35, 40) indican que hay un gran rango de variación ecológica en ese país.

(2) Mientras se preparaba este trabajo, se identificó la raza XV en Brasil. Es interesante notar que esta es la raza que se ha reportado en Angola, Africa.

*Aspectos micológicos.* La primera descripción de las uredosporas de *H. vastatrix* fue hecha por Berkeley (3); en muestras enviadas del oriente. Las uredosporas son unicelulares, hialinas, arrifionadas con lados lisos y aplanados, uno de los lados es curvo con equinulaciones y pueden tener de 4 a 5 poros germinativos, el tamaño varía. Nutman y Roberts (23) indicaron que el tamaño es de 25-35 x 12-28 micrones; Saccas y Charpentier (30) informan de promedios en tres especies de café: *C. canephora* Pierre (robusta) 35.7 x 21.2 micrones, en *C. excelsa* Chev. 31.5 x 22.7 micrones y en *C. arabica* 30.2 x 22.5 micrones. El color es amarillo dorado y muy transparente cuando se compara con las uredosporas de las royas de los cereales (*Puccinia*). No son tan densas, como las de *Uromyces*. Las equinulaciones parece que favorecen su diseminación y la forma aerodinámica y su baja densidad son indicios de que pueden transportarse por el aire. (Las teliosporas han sido observadas esporádicamente en Ceylán, India y Sur Africa. Se sabe de la existencia de los estados de picnidios y ecidios).

Las primeras investigaciones sobre la germinación de las uredosporas de *H. vastatrix* fueron realizadas por Marshall Ward (38, 39), quien encontró que germinan entre 12 y 24 horas y que en 48 horas ya se forman los apresorios. Los síntomas aparecen a los 14 días después de la inoculación y la esporulación principia después de 2 a 4 días de haber aparecido los síntomas.

Rayner (28) informó que se requiere agua para la germinación y que ésta ocurre entre 2.6 y 4.7 horas a 23° centígrados, con un mínimo de una hora; la formación de apresorios toma de 6.5 a 8.5 horas con un mínimo de 5.3 horas.

Saccas y Charpentier (30) informaron que las uredosporas colocadas en una gota de agua estéril e incubadas a 24° centígrados, inician su germinación después de 3 a 4 horas llegando a 10-15% de germinación y alcanzando de 60 a 85% de germinación después de 6 horas. Cada uredospora produce por lo menos un tubo germinativo, algunas veces dos y rara vez más. Después de 3 a 4 horas, los tubos germinativos pueden crecer de 20 a 140 micrones, y después de 8



horas pueden alcanzar entre 85 y 250 micrones. En algunas ocasiones se ramifican en distintas direcciones. En los ápices de los tubos germinativos y al final de las ramificaciones se forman los apresorios.

El efecto de la humedad en la germinación de las uredosporas de *H. vastatrix* también ha sido estudiado (30). A temperatura óptima, la germinación de las uredosporas es más rápida cuando están en contacto con muy pequeñas gotas de agua. La germinación puede llegar hasta 49% después de 3 horas de estar en contacto con las gotas de agua. Se encontró también que si las uredosporas se encuentran en una sola gota grande de agua, el desarrollo de los tubos germinativos es más lento en comparación a cuando se encuentran en las gotas pequeñas. Nutman y Roberts (22, 23) demostraron que la humedad por sí sola no es suficiente siendo el agua esencial, ya que no lograron germinación, aún en atmósferas saturadas, sin gotas de agua.

Un tercer factor que afecta la germinación de las uredosporas es la luz (15). Las uredosporas bajo condiciones óptimas de temperatura y humedad, no germinan si se les expone a luz intensa. En realidad se inhibe la germinación. Rayner (28) encontró que la oscuridad estimula la germinación y su trabajo confirma que la germinación es inhibida por la luz. También observó Rayner (28) que la luz disminuye e inhibe el crecimiento de los tubos germinativos.

Nutman y Roberts (23) observaron que la germinación puede llevarse a cabo en el campo durante el día con la luz que normalmente existe en las superficies inferiores de las hojas. En otra investigación estos mismos autores (22) encontraron que bajo condiciones controladas de laboratorio, se llevó a cabo la germinación bajo luz difusa.

Saccas y Charpentier (30) concluyeron que bajo condiciones óptimas la germinación se inicia después de 3 a 4 horas (15 a 35%), alcanzando el máximo después de 6 a 8 horas (50 a 80%) a 24° centígrados. En cierto momento (15 a 35%) forman apresorios que envían hifas que penetran en los estomas iniciando así la infección. Las primeras células infectadas se observan después de 6 a 8 horas (10 a

15%) y el nivel máximo de infección tiene lugar después de 12 a 14 horas (de 20 a 30% de germinación). La infección se lleva a cabo a través de los estomas únicamente y nunca a través de la cutícula.

Cuando la hifa infecciosa penetra el estoma, se ramifica abundantemente dentro de la cámara subestomatal en unas 12 a 14 horas después de la inoculación. La invasión de los tejidos del parénquima esponjoso es progresiva y ocurre después de 6 a 8 días. La invasión de los tejidos de palizada es posterior y ocurre después de 8 a 12 días.

Varios investigadores han informado sobre el período de incubación de *H. vastatrix*. Por ejemplo, Marshall Ward (38) trabajando en Ceylán encontró que este es de 12 a 16 días; Mayne (19) informó desde Mysore, India, que el período de incubación es de 15 a 16 días; Rayner (28) concluyó que puede tomarse hasta 5 semanas. Nutman y Roberts, después de una investigación muy detallada (22), informaron que el tiempo entre la invasión y la esporulación fue de 21 días, esto en discos de hojas de café mantenidos en cámaras húmedas. Bock (5) en Kenya encontró que bajo condiciones de campo varía de acuerdo con la estación. El desarrollo de pústulas y la formación de uredosporas es más rápida (20 a 22 días) en hojas jóvenes que en hojas maduras (25 a 28 días); en hojas viejas las pústulas se forman entre 30 y 35 días (30).

Las esporas son sensitivas no sólo a la edad de la hoja sino también a la parte de la misma en la cual se depositan. Aparentemente (22) la germinación es casi el doble cerca de los márgenes de la hoja que cerca de la vena central.

A juzgar por los estudios que he revisado, parecería ser que la roya *H. vastatrix* podría desarrollarse en todas las áreas cafetaleras de Brasil. (8)

(8) No hay ninguna área cafetalera de la América tropical que presente una ecología que impida el desarrollo de la roya en el café.—Editor.

## Sintomatología en África y Brasil

La roya del café causada por *H. vastatrix* es una enfermedad típica del follaje. Sin embargo, en algunos casos se le ha observado atacando frutos y ramas jóvenes. En Brasil ocasionalmente se ha observado en frutos verdes.

La roya ataca hojas jóvenes y viejas y aún las primeras hojas de plantitas recién germinadas. Los primeros síntomas aparecen como pequeñas manchas cloróticas, transparentes de uno a tres milímetros de diámetro (Figura 1). Estas manchas aumentan en diámetro después de unos cuantos días y principian a mostrar en el envés las masas de uredosporas que le dan el color amarillo a anaranjado oscuro. En algunas regiones de Brasil como Bahía, el color de las pústulas que observé era bastante pálido en contraste con el que antes había visto en *Coffea arabica* en Kenya, Africa (32, 33). Aparentemente las condiciones ecológicas pueden afectar la intensidad del color.

Bajo condiciones de invernadero, diferentes razas de roya presentan el mismo color de pústulas. Sin embargo, en Brasil, la raza II produce diferentes colores de pústulas. Esto podría ser el efecto de diferencias en condiciones ecológicas y tipos de manejo del cultivo. Observaciones realizadas en África y Brasil (32) mostraron que las pústulas son más anaranjadas en cafetales sin sombra que en cafetales sombreados. En África noté que las pústulas en *C. canephora* (Robusta) son de un color anaranjado intenso, casi rojo. Lo mismo sucede en Ghana y Uganda donde se cultiva extensivamente *C. canephora*.

Al tiempo que las pústulas se desarrollan, se produce una mancha clorótica y más tarde necrótica en la cara superior de las hojas. Encontré en Brasil algunos casos de roya en los que estas manchas necróticas eran similares a las causada por *Cercospora coffeicola*. Esto puede causar problemas en la identificación de la enfermedad en el campo. A veces los primeros síntomas de la roya son similares a los causados por la enfermedad "weak spot". Tanto "weak spot" como *Cercospora* se encuentran en todos los cafetales de América Latina (33, 34) y como se dijo anteriormente pueden con-



**Fig. 1. Primeros síntomas del desarrollo de las pústulas de *H. vastatrix*. Fotografiados en Brasil.**

fundirse con la roya. En la roya las áreas necróticas están rodeadas de masas de uredosporas lo que puede servir para identificarla en contraste con otras enfermedades foliares del Hemisferio Occidental (Figura 4).

Con frecuencia las primeras pústulas se producen en los márgenes y el ápice de la hoja (Figura 2). Esto es debido a que los estomas están localizados sólo en el envés de la



**Fig. 2.** Pústula original en el borde y próxima al ápice de la hoja, con formación de pústulas nuevas en el envés. Fotografiada en Africa.

hoja y la infección se lleva a cabo sólo en presencia de gotas de lluvia o rocío. Estas gotas se mantienen suspendidas por mayor tiempo en esas partes de la hoja dando mayor oportunidad para la germinación y penetración. La lluvia puede más tarde lavar las uredosporas desde las pústulas originales en los ápices y márgenes hasta otras áreas en el envés de las hojas.



**Fig. 3. Pústulas maduras de *H. vastatrix*. Fotografiada en Kenya.**

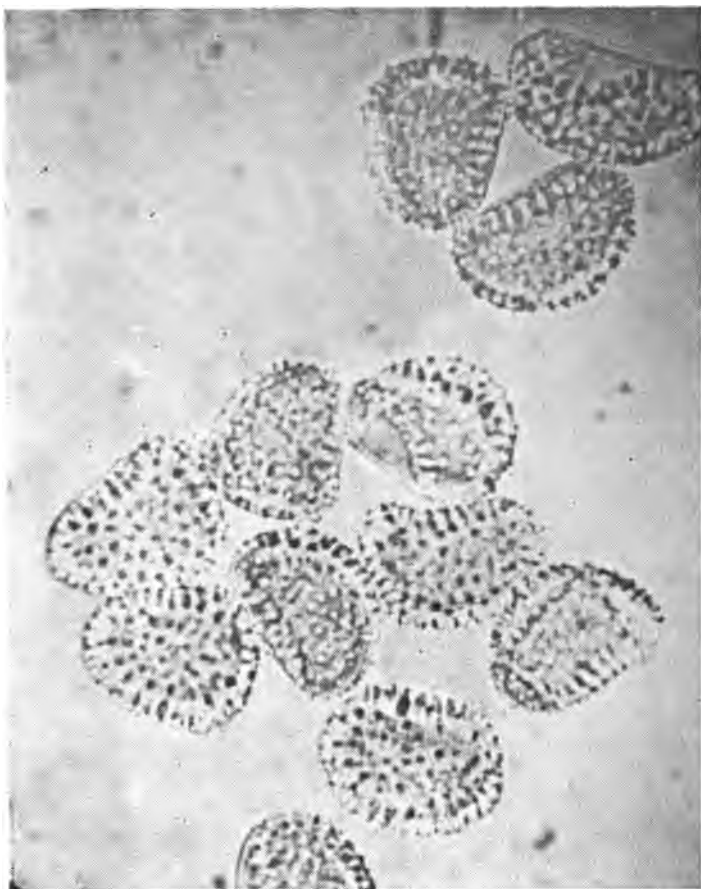
A partir de observaciones y fotografías que tomé en Kenya, he comparado los síntomas de la raza II de *H. vastatrix* en Africa con la formación de pústulas de la raza II en Bahía, Brasil. Al principio las pústulas pequeñas son similares en ambos países. Sin embargo, las pústulas maduras son realmente más grandes en diámetro y más circulares en Kenya (Figura 3). En Africa las pústulas sobrepasan las venas uniéndose con otras pústulas para producir áreas necróticas



**Fig. 4.** Necrosis severa en el haz de una hoja de café. Fotografiada en Kenya.

grandes. Estas observaciones fueron realizadas en cafetales con técnicas de manejo modernas, incluyendo el uso de fertilizantes.

Repetidas observaciones realizadas en Brasil muestran que las pústulas con frecuencia aparecen primero en las hojas a nivel del suelo, posteriormente se presenta en las hojas superiores, progresando finalmente hasta la punta del árbol. Sin embargo, en algunos casos las pústulas aparecen primero



**Fig. 5. Uredosporas de *H. vastatrix*. Cortesía del Centro de Investigaciones en Café, Oeiras, Portugal. (CIFC).**

en tejido nuevo, lo que ocurre especialmente en plantas jóvenes o plantitas producidas bajo las plantas adultas de café.

Dependiendo de los factores ecológicos, una pústula requiere cerca de tres semanas para llegar a su tamaño máximo y se calcula que una pústula madura produce hasta 150.000 uredosporas (Figura 5).

El síntoma más dramático en Brasil es la defoliación de la planta de café. Esta defoliación es similar a la causada por



el "ojo de gallo" (*Mycena citricolor*) en cafetales severamente atacados, pero la defoliación causada por la roya es más espectacular, (32, 34, 36). Donde el ataque es severo se forma en el suelo un colchón de hojas. El efecto de la caída de las hojas causa una fuerte impresión en los caficultores. Como es típico de muchas enfermedades fungosas, la roya puede defoliar una plantación en áreas limitadas sin afectar todos los árboles de la plantación al mismo tiempo. Observaciones realizadas en Tres Portas, Minas Gerais, Brasil, sugieren que las áreas atacadas más severamente resultan serlo por efectos de topografía, microclima y la dirección de la dispersión de la roya. La orientación de los árboles, en relación con la luz solar, afecta la incidencia y severidad de la roya.

### Diseminación de la roya

Varios investigadores han estudiado la diseminación de la roya (6, 23, 24, 36). El haberla encontrado en Brasil, ha dado la oportunidad de trabajar en el problema con una perspectiva diferente. Las observaciones realizadas en Africa Oriental fueron más a nivel de finca, mientras que en Brasil la diseminación pudo observarse de región a región y de estado a estado.

Ya que este asunto es de gran importancia en relación con la diseminación futura a otros países cafetaleros de América Latina, revisaremos aquí la diseminación de uredosporas de *H. vastatrix*.

Wellman (40) y también Rayner (27) sugirieron que el viento puede diseminar las esporas de la roya del café. Recientemente ha habido especulaciones en el sentido de que corrientes de aire desde Africa Occidental (Angola) hacia Brasil trajeron las uredosporas que permitieron el establecimiento de la enfermedad en el Hemisferio Occidental. Investigadores del Departamento Nacional de Meteorología de Brasil (2) han informado que corrientes de aire con velocidades de 20 Km/hr. pudieron haber traído las esporas de la roya desde Africa hasta las costas de Brasil en 15 días.

Bowden y otros (6) sugirieron que los vientos del Océano Atlántico pudieron haber traído las esporas desde Angola a Bahía en 5 ó 7 días. Nutman y Robert (24) han obtenido evidencia que muestra, que para obtener infección se necesita un gran número de uredosporas juntas, y también han considerado la viabilidad de las esporas como un factor en la diseminación a largas distancias.

Después de visitar las regiones afectadas en el norte de Brasil, concluí (32) que el viento debió haber jugado un papel muy importante. En 1970 se observó que la dirección de las corrientes de aire en la región afectada era similar a la dirección en la cual la roya se estaba diseminando, especialmente en el Estado de Minas Gerais. Ese mismo año, el Departamento Nacional de Meteorología de Brasil (2) anunció que en enero las corrientes de aire estarían dirigidas hacia los Estados de Sao Paulo y Paraná (en ese momento aún libres de la roya), y que esto podría resultar en la diseminación de la roya en esos estados. Muy pronto, de hecho en enero de 1971, la roya fue encontrada en Sao Paulo habiendo seguido la dirección de los vientos de esa temporada (36).

En Brasil se hicieron pruebas con trampas para coleccionar esporas. Durante la primera parte de 1971 el Instituto Brasilerero del Café (17) informó que se coleccionaron uredosporas de *H. vastatrix* desde aviones volando a 50, 100, 250, 500 y 1000 metros de altura. Las uredosporas coleccionadas a 1000 metros de altura estaban a 150 Km. de un área afectada en Sao Paulo, (estas pruebas se realizaron con portaobjetos cubiertos de vaselina sólida y silicones).

Los investigadores brasileros han estudiado también la dispersión de la roya a través del Estado de Sao Paulo, lo que sucedió de manera desordenada durante un periodo de 10 meses. Es interesante hacer notar que el comportamiento de las esporas de *H. vastatrix* llevadas por el viento es similar (36) al de las royas de los cereales.

## *Otras formas de dispersión*

Nutman y otros (20), Bock (4), Bundekin (7) y Nutman y Roberts (21, 23) coinciden en declarar la importancia del agua como uno de los principales agentes de dispersión de las esporas. Rayner (29) estudió la manera como se mojan las caras inferiores de las hojas durante un aguacero en el campo. Encontró que ciertas partes se mojan por la acción directa de las gotas al caer sobre la superficie inferior cuando las hojas se mueven debido a la turbulencia del viento. Sin embargo, la mayor parte del mojado resulta del rebote de gotas que caen en la superficie superior de las hojas que están debajo. Estas gotas al rebotar podrían llevar consigo uredosporas que han sido depositadas en las hojas inferiores.

Yo he visto y fotografiado (Figura 2) casos en los cuales gotas de lluvia han caído sobre lesiones con esporas y han arrastrado consigo esporas a áreas sanas de la misma hoja.

Butler (8) indica "parece razonable suponer que la roya, que se originó en Africa, se ha diseminado, al igual que otras muchas enfermedades, teniendo al hombre como vehículo al transportar plantas vivas u otros materiales contaminados de un distrito a otro". El hizo esta aseveración en relación con la introducción de la roya del café en Asia como resultado del posible movimiento de plantas entre una isla y otra a través del Océano Indico.

Creo que es posible que la roya del café haya llegado de Africa al Hemisferio Occidental en plantas vivas. Además supongo que las esporas pudieron haber venido sobre plantas de café o cacao aparentemente sanas. Asimismo es posible que el movimiento interno de plantas entre una región y otra en el norte de Brasil haya facilitado el movimiento del patógeno en el área cafetalera. Varios autores (8, 9, 23, 32) han sugerido la diseminación de la roya por el hombre. Causa especial preocupación que en la era del jet los visitantes que entran y salen sean portadores de esporas sin saberlo. Esto puede suceder en la ropa, el equipaje, las cámaras fotográficas y otras cosas, ya que como se sabe, las uredosporas pueden sobrevivir varias semanas.

Crowe (10) en Africa Oriental, fue el primero que informó del movimiento de uredosporas de *H. vastatrix* por medio de insectos. Encontró como vectores dos especies de Hymenoptera. Nutman y Roberts (24) han sugerido que una forma posible, en la que las esporas pudieran ser diseminadas, sería si éstas fueran llevadas por un insecto como *Synopeas* y a su vez el insecto acarreado por una corriente de aire a través del Atlántico sobre plantaciones en Brasil, lo cual es teóricamente factible. Amante y otros (1) encontraron en Brasil uredosporas de *H. vastatrix* adheridas al cuerpo de *Drosophila* sp.; este insecto es muy abundante cuando los frutos del café están maduros. También indicaron como un posible vector al minador de la hoja del café (*Leucoptera coffeella*).

### Ecología y la roya

En Africa Oriental, varios investigadores (4, 5, 11, 22, 23, 27, 28) han trabajado en la relación que existe entre las condiciones ecológicas en el campo y el desarrollo de la roya. En Kenya se observó que la severidad de la roya disminuye al aumentar la altitud sobre el nivel del mar. Se determinó que a alturas de 1820 metros sobre el nivel del mar la roya no tenía importancia económica. Parecía haber una relación muy estrecha entre la temperatura y el desarrollo de la enfermedad; la distribución e intensidad de la lluvia y la cantidad de inóculo en el follaje.

La intensidad de la roya, determinada por el grado de defoliación, fue comparada entre las regiones cafetaleras localizadas al oeste y al este del "Rift Valley" en Kenya. Las condiciones ecológicas son muy diferentes en estas dos regiones. Al oeste la prolongada estación lluviosa y las altas temperaturas, favorecen el desarrollo y la severidad de la enfermedad. Demostrando la gran importancia que tiene la frecuencia e intensidad de las lluvias y la temperatura, que son afectadas por la altura de las regiones.

Rayner (26) en sus investigaciones sobre el efecto de la temperatura en el período de incubación del *H. vastatrix* desarrolló una ecuación de regresión en la que relaciona la

temperatura máxima promedio °F ( $X_1$ ), la temperatura mínima promedio °F ( $X_2$ ), con el periodo estimado de incubación en días ( $Y$ ) (y el estimado de 50% de esporulación en las lesiones de roya). La ecuación de Rayner es la siguiente:  $Y = 90.61 - 0.408X_1 - 0.440X_2$ .

Usando la ecuación de Rayner, Wallis (37) sugirió tres grupos de áreas para Brasil: muy peligrosa, medianamente peligrosa y de bajo peligro en relación con el ataque de la roya de café.

En Brasil el Departamento Nacional de Meteorología (2) ha comparado algunas regiones cafetaleras brasileras con regiones en Africa Oriental. Las comparaciones se han hecho entre Kitale y Kiambu en Kenya y Londrina en Paraná, Brasil. Las dos regiones tienen relativamente bajas temperaturas. Matiello (18) y Ortolani y otros (25) usaron la ecuación de Rayner para tratar de determinar las áreas más apropiadas para el cultivo de café y que no favorecen al desarrollo de la enfermedad.

Ortolani, Camargo y Abreu (25) informaron que todas las regiones cafetaleras de Brasil tienen condiciones favorables al ataque de la roya en mayor o menor intensidad, de acuerdo con la temperatura del aire. Si la temperatura no es un factor limitante en algunas áreas, la intensidad del daño en los cafetos dependerá alternativamente de la distribución e intensidad de las lluvias, el inóculo residual, y finalmente el microclima del área cafetalera. Además, agregaron que las áreas más apropiadas para sembrar variedades susceptibles en el Estado de Sao Paulo tienen alturas sobre 870, 820, 780 y 730 metros sobre el nivel del mar para cada grado de latitud desde 20° 30' hasta 23° 30', respectivamente. Si se parte de una alta probabilidad de incidencia de la enfermedad, las alturas entonces corresponden a 820, 750, 650 y 600 metros aproximadamente.

En el Estado de Paraná, la roya puede causar daños serios a alturas inferiores de 700 metros. La temperatura observada en estas áreas durante el periodo de octubre a marzo es muy favorable para un ciclo rápido de la enfermedad.

Debe hacerse énfasis que yo informé (32) que las condiciones ecológicas de las regiones cafetaleras de Kenya Cen-

tral (donde hay roya) son similares a las condiciones de las regiones cafetaleras de Centro América (donde por el momento aún no hay roya).

Debe estudiarse en el futuro la influencia que tiene la sombra sobre el establecimiento, desarrollo y severidad de la roya. Todos los países cafetaleros de América Latina que aún están libres de la roya, es decir, desde Colombia en Sur América hasta Veracruz en México producen el café bajo sombra.

#### LITERATURA CITADA

1. AMANTE, E., M. A. VULCANO & J. ABRAHAO. 1971. Observacoes preliminares sobre a influencia da entomofauna na dispersao dos uredosporos da ferrugem do cafeiro (*Hemileia vastatrix*). O Biologico, Vol. 37: 102-105.
2. ANON. 1970. Influência dos fatores meteorológicos na ocorrência da *Hemileia vastatrix*. Departamento Nacional de Meteorologia, Brazil.
3. BERKELEY, M. J. 1869. (Note without title). Gardner's Chronicle. 45:1157.
4. BOCK, K. R. 1962. Dispersal of uredospores of *Hemileia vastatrix* under field conditions. British Mycological Society Transactions 45(1):63-74.
5. BOCK, K. R. 1962. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. British Mycological Society Transactions 45(3):289-300.
6. BOWDEN, J., P. H. GREGORY & C. G. JOHNSON. 1971. Possible wind transport of coffee leaf rust across the Atlantic Ocean. Nature-London. 229 (5285):500-501.
7. BURDEKIN, D. A. 1960. Wind and water dispersal of coffee leaf rust in Tanganyika. Kenya Coffee 25:212-213, 219.
8. BUTLER, E. J. 1918. Fungi and disease in plants. Thacker, Spink, and Co. Calcutta.
9. CHAVEZ, G. M., et al 1970. A ferrugem do cafeiro (*Hemileia vastatrix*, Berk. & Br.) Revisao de Literatura com observacoes e comentarios sobre e enfermidade no Brazil. SEIVA, Universidade Federal de Vicosa-Minas Gerais, Brazil. 75 p.
10. CROWE, T. J. 1963. Possible insect vectors of the uredospores of *Hemileia vastatrix* in Kenya. British Mycological Society Transactions 46(1): 24-26.
11. DOWSON, W. J. 1921. Some problems of Economic Biology in East Africa (Kenya Colony). Ann. Appl. Biol. 8:83-100.
12. D'OLIVEIRA, B. & C. J. RODRIGUEZ. 1960. A survey of the problem of coffee rust. II. Screening for resistance to *Hemileia vastatrix* on *Coffea arabica*. Lisboa Junta de Exportacao do Cafe. p. 46.

14. FIRMAN, I. D. & B. F. HANGER. 1963. Resistance to coffee leaf rust in Kenya. *Coffee (Costa Rica)* 5:49-54.
15. HOCKING, D. 1968. Effects of light on germination and infection of coffee rust (*Hemileia vastatrix*). *British Mycological Society Transactions* 51(1):89-93.
16. Instituto Brasileiro do Café. 1970. A ferrugem do cafeeiro no Brasil. Ministério da Indústria e Comércio. IBC-GERCA. pp. 75. Map.
17. Instituto Brasileiro do Café. 1971. Vento carrega ferrugem. Informativo IBC-GERCA. Año I No. 4-Abril. p. 7.
18. MATIELLO, B. J. 1970. Estudios preliminares de zonificación del cultivo de cafeto en el Brasil, en función de *Hemileia vastatrix*. Mesa Redonda sobre Roya del Cafeto. VII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Bogotá, Colombia (Proceedings).
19. MAYNE, W. W. 1932. Physiological specialization of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Nature* 129 (3257):510.
20. NUTMAN, R. J., ROBERTS, F. M. & K. R. BOCK. 1960. Method of uredospore dispersal of the coffee leaf rust fungus, *Hemileia vastatrix*. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 43(3):509-515.
21. NUTMAN, F. J. & F. M. ROBERTS. 1962. Dispersal of coffee rust *Hemileia vastatrix* B. et Br. *Nature* 194:1296.
22. NUTMAN, F. J. & F. M. ROBERTS. 1963. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *British Mycological Society Transactions* 46(1): 27-48.
23. NUTMAN, F. J. & F. M. ROBERTS. 1970. Coffee Leaf Rust. *PANS.* 16(4): 607-624.
24. NUTMAN, F. J. & F. M. ROBERTS. 1971. Spread of coffee leaf rust. *17(3):385-386.*
25. ORTOLANI, A. A., CAMARGO VIANNA, A. C. & R. G. ABREU. 1971. *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Estudos e observacoes em regioes da Africa e sugestoes a cafeicultura do Brasil. Instituto Brasileiro do Café Secretaria da Agricultura do Estado do Sao Paulo. 228 p. 25 fig.
26. RAYNER, R. W. 1960. Rust disease of coffee. II spread of the disease. *World Crops* 12(6):222-224.
28. RAYNER, R. W. 1961. Germination and penetration studies on coffee rust (*Hemileia vastatrix* B. & Br.) *Annals of Applied Biology* 49(3):497-505.
29. RAYNER, R. W. 1961. Spore liberation and dispersal of coffee rust *Hemileia vastatrix* B. et Br. *Nature* 191 (4789):725.
30. SACCAS, A. M. & J. CHARPENTIER. 1971. La Rouille des Caféiers due á *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. *French Institute of Coffee and Cacao*, Bull 10.
31. SEBASTIAO, J. M. J. 1970. El problema de la roya del cafeto en el Brasil. Enfoque del Instituto Brasileiro del Café. Mesa Redonda sobre Roya del Cafeto. VII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. Bogotá, Colombia. (Proceedings in press).

32. SCHIEBER, E. 1970. Viaje al Brasil y el Africa para estudiar y observar el problema de la herrumbre del café. Abril-mayo. Report to OIRSA. 109 pp. 1 Map.
33. SCHIEBER, E. 1971. Comparative observations on coffee rust in Brazil and Kenya. *Plant Disease Reporter* (55):209-212.
34. SCHIEBER, E. 1971. Observaciones sobre la roya del cafeto provocada por *Hemileia vastatrix*, en Brasil y Kenia. OIRSA. p. 42.
35. SCHIEBER, E. 1971. Informe al Secretario General de GERCA-IBC sobre visita al Brasil donde se observaron algunos problemas fitopatológicos de café. Set-Oct.
36. SCHIEBER, E. 1972. Economic impact of Coffee Rust in Latin America. *Annual Review of Phytopathology* 10:491-510.
37. WALLIS, J. A. N. 1970. Coffee leaf rust in South America. A report to The International Coffee Organization. 49 p. Map.
38. WARD, H. M. 1882. Researches on the life history of *Hemileia vastatrix*, the fungus of the "coffee-leaf disease". *Linnean Society Journal (Botany)* 19:229-335.
39. WARD, H. M. 1882. On the morphology of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. (The fungus of the coffee disease of Ceylon). *Quarterly Journal of Microscopical Science* (n. s.) 22:1-11.
40. WELLMAN, F. L. 1957. *Hemileia vastatrix*. Investigaciones presentes y pasadas en la herrumbre del café y su importancia en la América Tropical. Published by FEDECAME. San Salvador.



## CONTROL QUIMICO DE LA ROYA DEL CAFE EN BRASIL

Geraldo M. Chávez  
Profesor Titular de Fitopatología  
Departamento de Microbiología  
Universidad Federal de Vicosa, 36750  
Vicosa, Minas Gerais, Brasil

### *Summary*

The first field tests performed in Brazil to evaluate fungicides for coffee rust control and to establish timing, dosage and frequency of spraying were started in Minas Gerais State by the Universidade Federal de Vicosa in 1970. Coffee rust was effectively controlled by appropriate applications of copper based fungicides. However, some organic fungicides also showed promising results. Copper based fungicides with 50% metallic copper employed at the rates of 2.0, 4.0 and 6.0 Kg/ha, applied at 4-weekly intervals from the beginning of the rainy season, in September, to March or April, were tested in three districts of Minas Gerais. Even at the rate of 2.0 Kg/ha at 4-weekly intervals the percentage of infected leaves was kept below 5%. In other field trials, starting the 4-weekly interval spray programs in September, or even later, with copper fungicides, resulted in high levels of disease control when the applications were carried until the end of February or later. Some systemic fungicides although having good performances under greenhouse conditions gave poor control in field trials. Low volume spraying with copper formulations are giving promising results.

Es bien sabido que la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) se controla en los trópicos orientales con aspersiones de fungicidas. Varios compuestos químicos fueron sugeridos contra la roya del café después de su descubrimiento en Ceylán. Berkeley (2) en 1869 recomendó el uso de azufre en polvo o una solución de azufre. Además se probaron muchos de los viejos remedios, pero sin éxito. De hecho, el uso de los fungicidas contra las enfermedades fungosas en los trópicos parece haberse iniciado con los buenos resultados obtenidos en relación con la roya del café en Ceylán y Java. El uso del caldo bourdelés para su control se recomendó por primera vez en 1895 por Sadebeck (25), quien demostró su efecto deletereo sobre las uredosporas de *H. vastatrix*, bajo condiciones de laboratorio. Desde principios de este siglo, prácticamente todos los experimentos que se llevaron a cabo en varias partes de Asia y África, mostraron que los fungicidas a base de cobre y particularmente el caldo bourdelés, ofrecieron buena protección contra la roya del café. Esto nos hizo sentir optimistas en Brasil cuando iniciamos nuestros estudios de control contra la roya, al enfrentarnos al problema en 1970.

Algunos de los estudios de aspersión hechos en la India y en África son de importancia en relación con la línea básica de razonamiento que seguimos en nuestros estudios de aspersión contra la roya en Brasil.

### *Control Químico en India y África*

De acuerdo con Narasimhaswamy (17) las aplicaciones exitosas de caldo bourdelés en gran escala, para el control de la roya del café se iniciaron en la India entre 1917 y 1920. Anteriormente Mayne (13), al estudiar la periodicidad estacional de la roya en el sur de la India, encontró que la máxima incidencia de la enfermedad ocurrió después del final del "monsoon" o estación lluviosa. Al referirse a las épocas de aplicación indicó que para la mayoría de lugares en el sur de la India eran necesarias dos aspersiones para controlar la enfermedad: una antes de las lluvias y otra al término de éstas, aunque, bajo ciertas circuns-

tancias, con sólo la primera aplicación se obtenían resultados satisfactorios. Mayne, Narasihman y Sreenivasan (16) obtuvieron mejores resultados cuando agregaron caseinato de calcio al caldo bourdelés que cuando usaron caldo borgoñés solo.

En 1936 Mayne (14) informó que no encontró diferencia en la eficacia del control al usar caldo bourdelés o caldo borgoñés, ambos con adherentes, y que la aspersion previa a las lluvias era más importante que la efectuada después de éstas. Al estudiar en más detalle los factores que afectan la severidad de la enfermedad se encontró (15) que la duración del período de sequía, la distribución de las lluvias y la duración de las altas temperaturas son factores muy importantes. El beneficio derivado de la segunda aspersion fue mayor cuando la enfermedad no estaba muy avanzada y después que había terminado la estación lluviosa.

Ananth (1) estudió recientemente en la India los efectos de la época y frecuencia de las aspersiones con caldo bourdelés al 0.5%. Usó las siguientes aplicaciones: (a) tres aspersiones con intervalos de 21 días antes del principio de las lluvias; (b) cuatro aspersiones con intervalos de 14 días antes del principio de las lluvias; y (c) dos aspersiones espaciadas 14 días durante la época de lluvias y en combinación con los tratamientos (a) y (b). Las tres y cuatro aplicaciones al principio de la temporada, unidas a las dos aplicaciones en medio de la estación, dieron un control razonable al evaluarlo por el número de manchas en las hojas; pero, una alta proporción de las hojas afectadas por la roya se mantuvieron en los árboles. La práctica general de control en la India consiste en dos aplicaciones de caldo bourdelés, una antes y otra después de las lluvias, como profilaxis contra la roya del café. Sin embargo algunos agricultores progresistas hacen más aplicaciones dependiendo de las necesidades de la región.

Según Narasimhaswamy (17), más del 75% de las plantaciones del sur de la India reciben aspersiones de fungicidas. Aunque los fungicidas proveen una protección adecuada, la eliminación completa de la enfermedad no se logra ni con 4 ó 5 aspersiones por año. Promedios de nueve años

de pruebas en la India muestran que parcelas asperjadas producen casi el doble que las no tratadas y que el costo de aspersión es de cerca del 10% del total del costo de producción del café.

Saccas y Charpentier (24) trabajando en la República Central Africana, llevaron a cabo experimentos por 10 años para evaluar la eficacia de cuatro fungicidas cuprosos y dos orgánicos para el control de la roya. Los experimentos fueron iniciados en 1958, con los productos siguientes: caldo bourdelés al 1%; Perenox al 1% (cuprous oxide con 50% de Cu); Oxychlor 50 al 1% (tetracupric oxychloride con 50% de Cu); Viricuire al 1% (copper oxychloride con 50% de Cu); Dithane Z-78 al 0.3% (zineb 65%); y Esso 406 al 0.2% (Captan 50%). Todos los fungicidas a base de cobre fueron aplicados a razón de 3.5 Kg. de cobre metálico por hectárea. Los productos se aplicaron cuatro veces al año a intervalos de dos meses. Los resultados mostraron que en promedio los fungicidas a base de cobre fueron superiores a los orgánicos. El caldo bourdelés fue un poco mejor que los otros fungicidas a base de cobre y la eficacia de los tratamientos podía aumentarse incrementando el número de aplicaciones.

El control químico de la roya del café también ha sido estudiado en Kenya. Rayner (23) y Bock (3, 4) encontraron que la periodicidad de la enfermedad varía en distintas partes de Kenya: en áreas al este del "Rift Valley", donde hay dos periodos de lluvias al año, se observan dos periodos críticos, mientras que en áreas al oeste de ese valle, donde la estación lluviosa es más continua, la epidemia normalmente se extiende sin periodos críticos, de una manera progresiva desde el principio hasta el final de las lluvias.

Aparentemente los principales factores que afectan el curso y la severidad de los brotes de la enfermedad son: distribución e intensidad de las lluvias, cantidad de inóculo presente antes de iniciarse las lluvias y cantidad de follaje de las plantas. La oportunidad de las aspersiones parece ser crítica, obteniéndose el máximo de control cuando las aspersiones se hacen al principio y durante las primeras semanas de la estación lluviosa.

En una serie de pruebas comparativas de fungicidas, Bock (3) encontró que entre 25 formulaciones, aquellas que contenían cobre fueron las más eficaces. Rayner (22) usando tres tipos de equipos de aspersión, estudió las variables más importantes en la aplicación de fungicidas: efectos de concentración, volumen por acre, superficie foliar asperjada, tiempo de aplicación, tipos de fungicidas y clase de equipo usado. Encontró que el control de la enfermedad aumentó con el aumento de la concentración logarítmica de la aspersión. Indicó, además, que el óptimo para propósitos comerciales, debe ser determinado por los aspectos económicos y los efectos fitotóxicos. Encontró también que el grado de control aumentó con el volumen de aspersión aplicada por área; sin embargo, el ajuste del residuo fungicida por medio de la concentración resultó más efectivo y con menor desperdicio que por medio del volumen aplicado. Las aspersiones sobre el haz de la hoja resultaron igualmente eficaces que las realizadas sobre el envés. Rayner (22) observó que la redistribución del fungicida desde las superficies superiores de las hojas se efectúa por las lluvias y que la presencia de agregados gruesos de residuos eran muy importantes para el control.

Wallis y Firman (26) trabajando en Kenya estudiaron la aplicación de fungicidas a bajo volumen. Estos investigadores obtuvieron resultados satisfactorios usando bombas de mochila motorizadas y aplicando fungicidas con un contenido de 50% de cobre metálico, a razón de 50 ml. de solución con 2 a 4 gramos por árbol. También se obtuvo buen control cuando se usó una bomba accionada por tractor y ayudada por aire, que aplicaba aproximadamente 110 litros por hectárea y 6 Kg. de fungicida por hectárea. Para propósitos prácticos sugirieron la aplicación de 6 Kg. de un fungicida a base de cobre con 50% de cobre metálico en 110 litros por hectárea, cuando se usa bomba mochila motorizada y en 200 litros por hectárea cuando se usa equipo montado en tractor. Sus resultados indican que en promedio, un depósito de 60 mg de cobre por metro cuadrado de superficie foliar ofrece un control efectivo de la enfermedad y no fitotóxico.

A pesar de esto, las recomendaciones que se efectúan, aún ahora en Kenya para el control de la roya, siguen apoyando el uso de alto volumen con aplicaciones de fungicidas conteniendo 50% de Cu metálico, cuatro o seis veces al año y aplicando 1,100 litros por hectárea. En las áreas al este del "Rift Valley" se recomienda una aplicación a principios de octubre y otra 21 días después. La tercera aplicación, dependiendo de las condiciones climáticas locales, se debe hacer en enero o febrero durante el periodo previo a la estación húmeda principal, que puede principiar a fines de marzo. En algunos lugares se recomiendan las aspersiones en enero, febrero y marzo y en otros en febrero y marzo con tres o cuatro semanas de intervalo. En áreas al oeste del "Rift Valley" las aplicaciones se hacen en agosto, septiembre, octubre, noviembre, febrero y marzo, generalmente a intervalos de 21 días.

Es bien sabido que, aún antes de que la roya se convirtiera en la principal enfermedad del café en Kenya, se hacían en ese país aspersiones con fungicidas a base de cobre al final de la estación lluviosa principal, lo que repercutía en mayores cosechas en los años siguientes, debido a una postergación de la caída "normal" de las hojas. Ese efecto de las aspersiones se llamó "tónico" o "contra caída de hojas", pero aún se estudia la naturaleza del fenómeno. Firman y Wallis (9) estudiaron la relación entre la concentración de la aspersión y el depósito de fungicida y llevaron a cabo investigaciones por dos años sobre las relaciones entre la concentración de la aspersión, la roya, la caída de hojas y la productividad. El tratamiento más económico en términos de producción fue el de seis aplicaciones por año cuidadosamente espaciadas conteniendo 1.5 Kg (de Cu al 50%) de fungicida por hectárea. Este tratamiento dió un control deficiente de la enfermedad y muy poca reducción de la caída de hojas en comparación con un tratamiento similar pero con aspersiones de 5.5 Kg/Ha., sin embargo la productividad fue mayor. Los árboles así asperjados mostraron mayor crecimiento y un mayor número de nudos florales. El número de flores por nudo no varió, pero sí el número de nudos, lo que presumiblemente es influenciado

por el aumento en el número de hojas producidas y mantenidas en el árbol.

Investigadores (5, 6, 11, 12, 19, 20) trabajando en el Congo y en Tanzania confirmaron la eficacia de los fungicidas a base de cobre en el control de la roya del café. Burdekin (5, 6) sin embargo demostró que fungicidas que no contienen cobre como captan, zineb y ziram dieron tan buen control como los fungicidas a base de cobre. También hizo notar que zineb y ziram redujeron la caída de las hojas menos que el cobre, y tuvieron un menor efecto en el aumento de la producción. Según Griffith's (10) los fungicidas captafol y benomyl no son más eficientes que los fungicidas a base de cobre para el control de la roya.

Pereira (21) llevó a cabo dos estudios en 1970, en Kenya, haciendo aspersiones desde el aire a razón de 96.3 litros por hectárea. La severidad de la infección de la roya fue medida separadamente en la mitad inferior y superior del follaje de los árboles. La disminución del porcentaje de infección y en el número de lesiones por hoja fue significativamente menor en las plantas tratadas que en las no tratadas. Parecería que la aspersión a la parte superior del árbol se redistribuye a todo el árbol por medio de las lluvias. A pesar de que el hongo penetra a través de los estomas y que éstos se encuentran en el envés de la hoja, donde prácticamente no se deposita nada del fungicida, el control es bueno, lo que prueba la tesis de Rayner (22), de que las aspersiones desde el aire pueden controlar la roya del café debido a la redistribución del fungicida. Según Pereira (21), miles de hectáreas podrían protegerse adecuadamente mediante la implantación de la aspersión aérea comercial y la aspersión múltiple de surcos con equipo mecanizado.

Resultados obtenidos en Africa dan evidencia del valor práctico de esas aspersiones. En 1962 había en Kenya 18,750 hectáreas de plantaciones afectadas por la roya. Según Nutman y Roberts (18) el aumento en producción de parcelas tratadas es de 600 Kg/Ha. de café de exportación. Tomando un mínimo de aumento de 240 Kg/Ha., se estimó que las aspersiones en las plantaciones de Kenya representaron un aumento de 4,500 toneladas de café de exportación por año.

Para lograr esto se necesitarían tres aspersiones por año en la parte este del "Rift Valley" y cinco aplicaciones en el oeste, cuyo valor promedio sería de US\$8.65 por hectárea y por aplicación. Se estima por lo tanto que asperjar todos los cafetales afectados de Kenya costaría US\$810,000, resultando en una ganancia neta de US\$2,910.000.

### *Aspersiones para el control de la roya del café en Brasil*

En septiembre de 1970, el Departamento de Microbiología de la Universidad Federal de Vicosa, Estado de Minas Gerais, inició un programa de investigación financiado por el Instituto Brasileiro del Café, para llevar a cabo pruebas de campo para la evaluación de fungicidas para el control de la roya del café. El propósito fue el de establecer épocas de aplicación, dosis y frecuencia de aplicación. Chaves y otros (7) hicieron las primeras pruebas de campo en Brasil en tres estudios. En el primer experimento los tratamientos fueron: caldo bourdelés al 1% y al 2%; Cobre Sandoz (cuprous oxide 50% Cu) a 4.0 y 8.0 Kg/Ha; Cupravit Verde (Copper Oxychloride 50% Cu) a 4.0 y 8.0 Kg/Ha; Kocide 101 (cupric hydroxide 58% Cu) a 3.5 y 7.0 Kg/Ha; y Difolatan (Captafol 80%) a 2.0 y 4.0 Kg/Ha. El segundo experimento incluyó: caldo bourdelés al 1%; Daconil 2787 (tetrachloroisophthalonitrile 75%) a 2.4 Kg/Ha; Phaltan (N-trichloromethylthionphthalimide 50%) a 3.0 Kg/Ha; Hokko Suzo (tin triphenyl acetate 20%) a 1.2 Kg/Ha; Ditano S-31 (maneb 53% + sulfato de níquel 19%); Urbacid (methyl arsine bis (dimethyldithiocarbamate) a 0.42 Kg/Ha; y Rhodisan (ziram + aceite mineral) a 4.8 Kg/Ha. En el tercer experimento los tratamientos fueron: caldo bourdelés al 1%; BASF 3050 (Mebenil); Tecto 60 (thiobendazole 60%) a 1.2 Kg/Ha; Benlate (benomyl) a 0.72 Kg/Ha; y BASF 3170F a 2.0 Kg/Ha.

Las pruebas se hicieron en una plantación a 450 metros sobre el nivel del mar, con árboles de 12 años que habían sido recepados dos años antes dejando los brotes a libre crecimiento. Las plantas de la variedad Mundo Novo tenían en promedio 1.8-2.0 metros de altura. Cada árbol considerado



como una unidad, tenía de tres a cuatro brotes que se tocaban en el centro al crecer libremente. Se estimó que cada árbol tenía cerca de 22 metros cuadrados de área foliar. En el primer experimento la parcela consistió de 20 árboles y en los otros dos de 10 árboles. El diseño experimental fue el de bloques al azar con tres repeticiones. La intensidad de la enfermedad fue evaluada a intervalos de tres semanas, tomando al azar 5 ó 10 hojas de cada árbol a una altura de 80-90 cm. Se evaluó un total de 100 hojas por parcela y se determinó el porcentaje de hojas infectadas y el número de lesiones por hoja. Las aplicaciones se efectuaron con bombas motorizadas de mochila, a razón de aproximadamente 250 litros por 1000 árboles. Las aspersiones se hicieron a intervalos de 4 semanas a partir de septiembre de 1970, hasta marzo de 1971, con un total de seis aspersiones.

Estos experimentos (7) demostraron que la roya del café puede ser controlada en forma efectiva con aplicaciones de fungicidas a base de cobre. Sin embargo, los fungicidas orgánicos zineb, Difolatan y Rhodisan también dieron un control satisfactorio de la roya. Los árboles asperjados con Urbacid, Tecto 60, BASF 3170 y BASF 3050F mostraron síntomas de toxicidad.

Con esos resultados se hicieron planes para llevar a cabo pruebas de campo más completas durante la estación 1971-1972, en seis áreas diferentes distribuidas en los estados de Minas Gerais y Espírito Santo. Este fue un trabajo cooperativo entre los investigadores de la Universidad Federal de Vicosa y los extensionistas del Instituto Brasileiro del Café. Los resultados, aún sin publicar, se resumen a continuación.

Se pensó inicialmente en adaptar los resultados obtenidos en África a las necesidades del cafetalero brasileiro. Las dosis de cobre usadas para controlar la roya en Kenya —18 a 30 Kg/Ha/año— se consideran muy altas para Brasil, pues en Kenya los árboles están sembrados a 2.75 x 2.75 metros, con un solo árbol por postura y se poda rutinariamente. En Brasil en cambio se poda muy poco o no se poda y se usan varios árboles por postura. El área foliar de un árbol en Ken-

ya es pequeña en comparación con la de un árbol en Brasil. (a) Basados en los resultados de Kenya, nos sentíamos pesimistas acerca del éxito práctico que podía tener en Brasil, el control químico de la roya.

En nuestros primeros estudios, se usaron fungicidas a base de cobre (50% Cu) a razón de 2.0, 4.0 y 6.0 Kg/Ha, aplicado 2, 3 y 4 veces, con intervalos de cuatro semanas, principiando en la estación lluviosa en septiembre hasta marzo o abril. Todo esto en tres distritos diferentes del Estado de Minas Gerais. El principal objetivo fue el de investigar la posible interacción entre los intervalos de aplicación y las dosis de fungicida. Los resultados obtenidos en todos los casos fueron interesantes para nosotros. Aún con una dosis de 2.0 Kg/Ha y con aplicaciones espaciadas 4 semanas, el porcentaje de hojas infectadas estuvo por debajo de 5%, mientras que los árboles no tratados, en los tres distritos, mostraron un alto porcentaje de infección, entre 40 y 80 por ciento.

Las pruebas relacionadas con la época de aplicación que se realizaron en los estados de Minas Gerais y Espírito Santo, dieron información acerca de ciertos periodos críticos para el tratamiento de la roya en Brasil. Aparentemente los meses más favorables para el aumento del inóculo son enero, febrero y marzo; ocurriendo los más severos entre abril y junio. La mayor precipitación y las más altas temperaturas se registran en enero y febrero. Si se inician las aspersiones en septiembre, a intervalos de cuatro semanas, se obtienen altos niveles de control, siempre que las aspersiones se continúen hasta finales de febrero o más tarde.

Se hicieron pruebas evaluativas de fungicidas sistémicos orgánicos, en invernaderos y con plantas de café de cerca de seis meses. Las plantas fueron inoculadas artificialmente con *H. vastatrix* antes y después de las aspersiones. Usamos los siguientes productos: Hoe 6052 (2-methyl-5, 6-dihydro-4-H-pirano-3-carboxylic); Cela W 524 (N, N'-bis-(1-formamide-2,2,2-trichloroethyl)-piperazine); Benlate (methyl-N-bensimidazole-2-yl-N-(butylcarbamoil) carbamate); Plant-

(a) En Brasil, un árbol de varios troncos y de 8 a 9 años de edad, puede tener de 25 a 50 metros cuadrados de área foliar.

vax (2, 3-dihydro-carboxanilide-6-methyl-1, 4-oxathiin-4, 4-dioxide); BASF 3050F (ortho-methylbenzocoxianilide); BASF 3170F; BASF3192F; TCMTB (thiocyanomethylthio); y ME-84. Plantvax y Hoe 6052 mostraron ser los productos más prometedores en esta prueba, proporcionando una acción altamente terapéutica, sin síntomas visibles de fitotoxicidad, cuando se les aplicó 2, 10 y 18 días después de la inoculación. Estos productos también evitaron la producción de esporas en las lesiones. Los sistémicos BASF 3170F y BASF 3050F mostraron alguna acción terapéutica, pero también produjeron síntomas de fitotoxicidad que se manifestaron como clorosis en las márgenes de las hojas. El Benlate no tuvo efecto terapéutico, pero se comportó como un buen protector, por lo menos por 20 días.

Se seleccionaron para pruebas de campo Plantvax, Hoe 6052, Benlate y Cela W524. Se hicieron aspersiones con esos fungicidas espaciadas cuatro semanas y principiando en septiembre 1971 hasta marzo de 1972. Los resultados son aún preliminares, pero bajo las condiciones experimentales, los fungicidas Plantvax, Hoe 6050 y Cela W524 dieron un control muy pobre.

Aspersiones a bajo volumen están siendo investigadas en varias áreas de Brasil. Bombas motorizadas de espalda, con boquillas para bajo volumen, han sido usadas para aplicaciones de 15 a 100 litros de fungicidas a base de cobre que contienen 1.5 a 2.5 kilogramos de cobre metálico, para 1000 cafetos. Normalmente estas aplicaciones llevan aceite y agua por partes iguales, dispersante-adherente al 1% y 3.0 a 5.0 kilogramos de alguna base de cobre con 50% Cu. Aparentemente los resultados de estas aspersiones a bajo volumen son buenos. La evaluación estadística aún no se publica. El aceite mineral ha sido probado como vehículo en aspersiones de fungicidas a base de cobre y también con sistémicos. Aún no hay resultados finales, pero aparentemente hay grandes posibilidades, siempre que los aceites no resulten tóxicos al café. El desarrollo de formulaciones de este tipo podría ser de gran valor para aplicaciones desde el aire en aviones.

Como fue indicado por Chaves y otros (8), la adopción de programas de aspersión por los cafetaleros brasileños, de-

pendirá del nivel tecnológico de éstos y desde luego de la factibilidad económica de las aspersiones. Los agricultores no podrán implantar programas de aspersión a menos que sus producciones sobrepasen los 620-900 Kg. de café lavado por hectárea. Según estimados recientes, los costos de aspersión en los estados de Sao Paulo y Minas Gerais están entre US\$70 y US\$80 por cada 1000 cafetos.

#### LITERATURA CITADA

1. ANANTH, K. C. 1969. Timing and frequency of spraying for control of coffee leaf rust in southern India. *Experimental Agriculture* 5(2): 117-123.
2. BERKELEY, M. J. 1869. Note without title. *The Gardener's Chronicle and Agricultural Gazette*. Nov. 6, 1157.
3. BOCK, K. R. 1962. Control of coffee leaf rust in Kenya Colony. *British Mycological Society Transactions* 45(3):301-313.
4. BOCK, K. R. 1962. Seasonal periodicity of coffee leaf rust and factors affecting the severity of outbreaks in Kenya Colony. *British Mycological Society Transactions* 45(3):289-300.
5. BURDEKIN, D. A. 1964. The effect of various fungicides on leaf rust, leaf retention and yield of coffee. *East African Agricultural and Forestry Journal* 30(2):101-104.
6. BURDEKIN, D. A. 1960. The effect of Captan and copper sprays on leaf rust and leaf fall of coffee. In *Tanganyika Coffee Research Station, Research Report, 1960*. Lyamungu, Tanganyika Coffee Board, pp. 56-59.
7. CHAVES, G. M., CRUZ, J. C., CARVALHO, M. G., MATSUOKA, J., COELHO, D. T. & SHIMOYA, C. 1970. A ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Revisão de literatura com observações e comentários sobre a enfermidade no Brasil. *Seiva* 30:1-75.
8. CHAVES, G. M., MATSUOKA, K., CARVALHO, M. G. & CRUZ, J. C. 1971. Ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Resultados preliminares de ensaios sobre avaliação de fungicidas em Minas Gerais e recomendações para o controle químico da enfermidade. *Seiva* 31(73): 120-137.
9. FIRMAN, I. D. & WALLIS, J. A. N. 1965. Low volume spraying to control leaf rust in Kenya. *Annals of Applied Biology* 55:123-137.
10. GRIFFITHS, E. 1969. Plant pathology. In *Coffee Research Foundation, Kenya, Annual Report 1968-1969*. pp. 38-43.
11. HOCKING, D. 1966. Recent developments in fungicides for leaf rust and leaf fall of arabica coffee. *Tanganyika Coffee News* 6(5):221-223.

12. HOCKING, D. & FREEMAN, G. H. 1968. Fungicides for arabica coffee. XVII. Relationships among some new fungicides, leaf rust (*Hemileia vastatrix*), leaf fall and yield. *Tropical Agriculture* 45(2):141-145.
13. MAYNE, W. W. 1932. Seasonal periodicity of coffee leaf disease. Second report. *Mysore Coffee Experiment Station Bulletin* No. 6. 22 p.
14. MAYNE, W. W. 1936. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1935-1936. *Mysore Coffee Experiment Station Bulletin* No. 14. 21 p.
15. MAYNE, W. W. 1937. Factors affecting spray success in the control of coffee leaf disease. *Mysore Coffee Experiment Station Bulletin* No. 15, 46 p.
16. MAYNE, W. W., NARASIMHAN, M. J., & SREENIVASAN, M. S. 1933. Spraying of coffee in South India. *Mysore Coffee Experiment Station Bulletin* No. 9, 69 p.
17. NARASIMHASWAMY, R. L. 1961. El herrumbre del café (*Hemileia*) en la India. *Café (Turrialba)* 3(9):41-49.
18. NUTMAN, F. J. & ROBERTS, F. M. 1962. Coffee berry disease and leaf rust research. *Kenya Coffee* 27:13-17.
19. PARK, P. O. 1964. Studies on the application of a copper fungicide for the control of coffee leaf rust. *Annals of Applied Biology* 53(1): 133-150.
20. PARK, P. O. & BURDEKIN, D. A. 1964. Studies on the ageing of copper fungicides used to control coffee leaf rust. *Annals of Applied Biology* 54(3):335-347.
21. PEREIRA, J. L. 1972. Multi-row spray application for coffee disease control. *Internacional Pest Control* 1(1):6-19.
22. RAYNER, R. W. 1962. The control of coffee rust in Kenya by fungicides. *Annals of Applied Biology* 50(2):245-261.
23. RAYNER, R. W. 1957. Leaf rust. In *Coffee Board of Kenya. Monthly Bulletin 1955-1956*. Nairobi, pp. 101-110.
24. SACCAS, A. M. & CHARPENTIER, J. 1971. La rouille des caféiers due a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Institut Francais du Café et du Cacao Bulletin* No. 10. 123 p.
25. SADEBECK, E. 1895. Einige Beobachtungen und Bemerkungen über die durch *Hemileia vastatrix* verursachte Blattfleckenkrankheit der Bäume Kaffee. *Forschlichnaturwissenschaftliche Zeitschrift*, IV p. 340-346.
26. WALLIS, J. A. N. & FIRMAN, I. D. 1962. Spraying arabica coffee for the control of leaf rust. *East African Agricultural and Forestry Journal* 28(2):89-104.

## RESISTENCIA DEL CAFE A LAS ROYAS

Carlos J. Rodríguez, Jr., Subdirector  
Centro de Investigaciones de la Ruya  
del Café, Oeiras, Portugal.

### Summary

Since the first impact on coffee growing by the rust *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., farmers and research men in Java, India, Ceylon, and Africa have sought and found resistant trees. However, early resistance selections of *Coffea arabica* L. soon succumbed, one after another, to new races of the rust fungus. In 1955 the Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC) was founded in Portugal. *H. vastatrix* is now known to consist of 25 races, one has been lost. Coffee hosts have been determined to have six dominant factors for resistance. The second rust, *H. coffeicola* Maubl. & Rog., is difficult to maintain under presently available controlled conditions. Information on sources of resistance to it in acceptable coffees is scanty. Screenings for resistance thus far have failed to demonstrate any *C. arabica* trees resistant to *H. coffeicola*.

Las pérdidas económicas de los caficultores de Ceylán, debidas a la "roya amarilla" y "roya anaranjada", causadas por el *Hemileia vastatrix* Berk & Br., fueron devastadoras. El desbalance económico y social que esa enfermedad ha causado en numerosos países es de importancia histórica (8, 15, 24, 35, 36). Todo eso ocurrió antes que los fitopatólogos estuvieran capacitados para combatir las enfermedades. A pesar de los avances modernos en el control por medio de fungicidas o por medio de la resistencia, esta enfermedad continúa siendo un factor limitante de gran importancia en el cultivo del café.

América tropical, que produce el 75% de la producción mundial de café, estuvo libre de la roya por muchos años y como no se tenía la roya, la selección de nuevas variedades ha sido siempre buscando alta productividad, calidad y adaptabilidad.<sup>(\*)</sup> Cuando estas variedades fueron sometidas a pruebas en Portugal, todas resultaron susceptibles a la roya.

#### *Centro de Investigaciones de la Roya del Café*

Por mucho tiempo se temió que la roya fuera introducida a América Latina. Desde 1952 el Dr. Frederick L. Wellman desde Costa Rica alertó a los organismos responsables del café en América sobre esta amenaza y sus efectos sobre la estabilidad social y económica de los países (35, 36).

En aquella época Wellman presentó un plan de acción para iniciar trabajos en la roya del café. Este plan resultó aceptable al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, así como a la llamada en ese entonces Foreign Operations Administration. Y fue así como con el Dr. William H. Cowgill realizó una gira de trabajo a través de África y Asia con el propósito de conocer los últimos avances en el control químico de la roya y para coleccionar materiales resistentes para propósitos de mejoramiento.

(\*) Los nombres de algunas de las variedades comunes: Caturra, Mundo Novo, Typica, Padang, Bourbon, Catuai, Acaia, Colombia, Selección Especial, Guadalupe, Erecta, Honduras, Sarchí, México, Columnaris, etc. Todas de la especie *C. arabica* L., una de tantas especies de café (36).

En julio de 1952, los Drs. Wellman y Cowgill, visitaron Portugal y allí, al Dr. Banquinho d'Oliveira, quien en ese entonces se ocupaba de la roya del café en un pequeño invernadero de la Estación Agronómica Nacional de Portugal. El Dr. d'Oliveira estaba seleccionando cafetos por resistencia a la roya y al mismo tiempo estudiando las razas del hongo. Tanto Wellman como d'Oliveira estuvieron de acuerdo en que la Estación, aislada de cualquier plantación de café, era el lugar ideal para recibir material vivo de roya, así como plantas de café para estudios fundamentales de la enfermedad. Inmediatamente después continuó la gira Wellman-Cowgill por todo el mundo cafetalero colectando hojas con roya y semillas de cafetos resistentes que fueron enviadas a d'Oliveira para su estudio. Muy pronto estos materiales y otros similares estaban abarrotando las facilidades de d'Oliveira en Portugal.

Mediante planes y entendimientos entre d'Oliveira y Wellman, los gobiernos de Estados Unidos y Portugal, iniciaron en 1955 un proyecto cooperativo, FOA-No. 72-11-004 y más tarde FO-PO-5, que proporcionó fondos para una ampliación de las construcciones. Así resultó el Centro de Investigaciones de la Roya del Café (Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeiro — CIFC). El Centro pertenece a la Junta de Investigaciones de Ultramar y recibe donaciones de la antigua Junta de Exportación de Café, del Instituto de Café de Angola y de la Comisión Interministerial del Café. Los informes sobre estudios de resistencia, semillas u otro material de propagación de plantas resistentes, pueden obtenerse libremente por cualquier país que los solicite.

Una de las primeras y más notables conclusiones de d'Oliveira fue que todos los cafés comerciales del Hemisferio Occidental eran susceptibles a la roya. Esto confirmó los temores de Wellman (38) con relación a la invasión del Nuevo Mundo por la roya. Basado en esa información el Dr. A. J. Riker, Profesor de la Universidad de Wisconsin, procuró estimular estudios para erradicar la roya al aparecer en el Nuevo Mundo, pero el proyecto nunca prosperó. Dieciocho años más tarde de la alarma de Wellman, la roya



apareció en América del Sur. Esto tuvo como resultado el inicio inmediato de estudios sobre la roya en el Nuevo Mundo. Se hacen ahora muchos progresos en los estudios de control, pero uno se pregunta cuál sería la situación de América Latina si no se hubiera contado con la colaboración del CIFC de Portugal.

### *Razas fisiológicas del Hemileia vastatrix*

Investigaciones efectuadas por Ward (27, 36) y Mayne (15, 16) demostraron que la resistencia a *H. vastatrix* existía, pero que no se mantenía por mucho tiempo. Por ejemplo, en India el cultivar "Coorg" estuvo libre de roya por muchos años, pero eventualmente sucumbió a la enfermedad (21). En 1911, también en India, un caficultor, el Sr. Kent, encontró un árbol completamente sano en una plantación con roya y guardó su semilla. Esta fue propagada y se convirtió en el famoso cultivar "Kent". Ya en 1918-20 se cultivaba en grandes extensiones, cuando de repente fue atacado por la roya.

A principios de la década de los treinta se estudió esta aparente pérdida de resistencia (15, 16). Mayne inoculó hojas de café suspendidas en agua y también aún pegadas al árbol y pronto demostró la existencia de cuatro razas del hongo *H. vastatrix*. Esto explicó cómo variedades que habían mostrado resistencia después de un tiempo sucumbían al ataque de una nueva raza del hongo. Al mismo tiempo, este investigador estableció que la resistencia del café a las razas existentes era gobernada por dos factores hereditarios.

Al conocer estos hallazgos, el Dr. d'Oliveira continuó sus trabajos con la roya en el CIFC. Usó 1320 muestras de roya, procedentes de 30 regiones del mundo y demostró que había 26 razas del *H. vastatrix*. Esta separación la hizo mediante la reacción a la inoculación de 14 hospederos diferenciales. Una de las razas, la V, se ha perdido. La raza II tiene un espectro de infección restringido, pero es la de mayor distribución; quizás eso se deba a la distribución tan amplia de ciertos cafés tetraploides, como los arabicas, que

nunca fueron seleccionados o cruzados buscando resistencia a la roya.

Otras razas de roya tienen capacidad de infección más amplia. Estas proceden de áreas en donde genes complementarios del hospedero han inducido una selección direccional, como en el caso de la raza I de Kenia y la raza III de Etiopia.

En algunos casos las razas aparecen en una sola región. Las razas VIII, XII, XIV, XVI, XXIII sólo existen en India, mientras que las razas XXII y XXVI sólo se encuentran en el Timor Portugués. Se ha postulado que esas restricciones pueden deberse a la presencia de ciertos hospederos, quizás híbridos inter e intra específicos que poseen genes de resistencia diferentes de los de *C. arabica*. Las razas IV, XI, XIX, XX, XXI están aparentemente asociadas con los cafés diploides como algunas líneas de Robusta, *C. canephora* Pierre. La composición genética (3, 6, 23-26, 29, 30, ver sus tablas y citas) de las razas de la roya se basa fundamentalmente en la teoría de gene por gene de Flor (23).

#### *Resistencia a Hemileia vastatrix*

Inoculaciones de una gran variedad de árboles y plantas menores han demostrado que ninguna es susceptible (26), excepción hecha de las especies del género *Coffea*. Se han inoculado muchos otros géneros de la familia Rubiaceae, a la cual pertenece el café, encontrando que, haciendo a un lado el *Coffea* todos son inmunes a la roya. Cientos de miles de plantitas de café pertenecientes a 5834 introducciones fueron inoculadas con las 24 razas de roya. A partir de sus reacciones pudieron delinearse 21 grupos. Se encontró que en *C. arabica* y en ciertos híbridos interespecíficos tetraploides, existen diferencias que resultan de seis factores (2). Conociendo esto, ha sido posible, mediante cruzamientos controlados en el CIFC, producir cultivares que combinan varios factores de resistencia a una gran variedad de razas (6, 24, 29).

*Resistencia en C. arabica tetraploide.*—Ninguna selección de *C. arabica* pura tetraploide es totalmente resistente o to-

talmente susceptible a todas las razas conocidas de la roya. Los arábicas se clasifican en diez grupos:  $\beta$ , E, D,  $\alpha$ , C, Y, J, L, I y W variando en susceptibilidad de 22 a sólo 3 razas (3). Es importante hacer notar que los cultivares de *C. arabica* que se encuentran distribuidos en el Oriente, Africa y Occidente proceden de un tronco genético muy restringido, una planta seleccionada en Yemen (17, 36). A pesar de la susceptibilidad general a la roya, estas variedades tienen en su composición genética el factor conocido como "S<sub>H</sub>5" que les confiere una resistencia especial a ciertas razas de roya que atacan a los cafés diploides.

El gene del hospedero "S<sub>H</sub>2" asociado con "S<sub>H</sub>5", se ha encontrado en "Kent" de la India, y sus derivados K.7, SL.6, KP.423, H.66 y en S.16 Wollamo de Etiopía; todos pertenecientes al grupo D. Todos los demás grupos, excepto L, son de Etiopía, en donde se encuentra la mayor variabilidad genotípica (3, 25). El grupo  $\beta$  es susceptible a 22 razas de roya, pero es resistente a las razas raras VI y XVIII.

El gene del hospedero "S<sub>H</sub>1" está en el grupo donde se encuentran las introducciones Dilla & Alghe; el factor "S<sub>H</sub>4" está en la introducción S.12 Kaffa (grupo Y). Estos son resistentes a 16 y 15 razas respectivamente y junto con el grupo E que tiene el factor "S<sub>H</sub>5" han dado el germoplasma del cual resultan los grupos C, I, J, W. El grupo C en el que se encuentran cafés del norte de Africa como el Geisha, S.17 Yrgalem, U.1 Dalecho y Sudan Barbuk, combinan los factores "S<sub>H</sub>1" y "S<sub>H</sub>5". En el grupo J están las introducciones S.4 Agaro y S.6 Cioiccie con los factores "S<sub>H</sub>4" y "S<sub>H</sub>5". De nuevo en el S.12 Kaffa está el grupo I con los factores "S<sub>H</sub>1" y "S<sub>H</sub>4" y en el grupo W también del S.12 Kaffa están los factores "S<sub>H</sub>1", "S<sub>H</sub>4" y "S<sub>H</sub>5". Estos grupos son resistentes a 17, 18, 19 y 21 razas respectivamente. El S.12 Kaffa tiene tres grupos de resistencia I, W y Y lo que indica la colección al azar de la semilla (31) de donde vino y también la gran variabilidad genotípica existente en Etiopía (3, 25).

La resistencia del grupo L está condicionada por los factores "S<sub>H</sub>1", "S<sub>H</sub>2" y "S<sub>H</sub>5". Este se encuentra en Puerto

Rico, producto de una polinización abierta de *C. arabica*. También puede obtenerse de los híbridos artificiales de los grupos D y C. Nunca se ha encontrado una planta del grupo L que sea procedente de Etiopía, lo que indica lo raro de encontrar plantas del grupo D en ese lugar.

*Resistencia de híbridos tetraploides.* Las selecciones de la India S.288-23, S.333, S.353 4/5, S.795, y la serie BA han resultado de cruces artificiales entre *C. arabica* y *C. liberica* Bull ex Hiern (20). De ellos ha salido el grupo de hospederos G, resistente a 19 razas y el H resistente a 20 razas. En el Híbrido de Timor, aparentemente un cruce casual entre *C. arabica* y *C. canephora*, el 95% de las plantas son del grupo A, es decir, resistentes a todas las razas de la roya, mientras que 5% son del grupo R, resistentes a sólo 2 razas y al grupo E, resistentes a 7 razas (2). Este Híbrido de Timor presenta una gran variabilidad fenotípica, lo que da una gran oportunidad de selección para ciertas condiciones específicas (34). En Brasil se han obtenido plantas de los grupos A y E, mediante cruces artificiales entre *C. arabica* y *C. canephora* (tetraploide) y posteriores retrocruzas con *C. arabica*. El híbrido C.387, un híbrido natural de *C. arabica* x *C. Dewevrei* De Wild. & Dru., se encontró en Brasil y fue retrocruzado varias veces con *C. arabica* (18). Las progenies resultantes fueron de los grupos A, E y M. En el muy conocido Híbrido Kawasari (*C. liberica* x *C. arabica*) hay plantas de los grupos A y M.

*Resistencia en cafés diploides.* En las pruebas que se hacen en el CIFC con cafés diploides se ha dado especial énfasis a *C. canephora* por su importancia económica (1, 11). En este la mayor parte de las plantas son de los grupos A y F (susceptibles a todas las razas), pero muy pocas pertenecen a los grupos Q, P, K o  $\beta$  que son intermedias. Otras especies de *Coffea* diploides probadas son: *liberica*, *dewevrei*, *excelsa* Chev., *neo-arnoldiana* Chev., *aruwimiensis* Chev., *dybowskii* Pierre, *abeokutae* Cramer, *klainii* Pierre, *eugenioides* Moore y *ligustroides* Moore, procedentes de mu-

chos lugares. La mayor parte está en el grupo A, es decir, resistentes a todas las razas, aunque en algunos casos se encontraron plantas totalmente susceptibles lo que las coloca en el grupo F. Plantas de *bengalensis* Heyn ex Roem. & Schult., *lebruniana* Germ. & Kesi. y la mayoría de *racemosa* Lour, resultaron susceptibles a todas las razas cuando fueron probadas en el CIFIC. Según informes de la India (22) *travancorensis* Wight & Arn. y *wightiana* Wall., también son susceptibles.

Debe hacerse notar que la condición de diploide por sí, no confiere resistencia a la roya. Carvalho en Brasil encontró un *C. arabica* diploide; estacas de esta planta fueron probadas en CIFIC y resultaron pertenecer al grupo E, susceptibles a 17 razas, es decir, exactamente igual a la planta madre normal, *arabica* tetraploide.

### *Estudios sobre la fisiología de la resistencia*

En la actualidad se estudia el fenómeno de resistencia a la roya del café, para determinar sus mecanismos fisiológicos o bioquímicos. En 1934 Taschdijian (32) indicó una posible correlación entre la tasa de transpiración y el grado de resistencia. Veintitrés años más tarde Dias (9) no pudo confirmar esta correlación.

Estudios preliminares (7, 19) indican un posible efecto de los fenoles y de la fenol-oxidasa sobre la resistencia. En Brasil se inocularon hojas sanas de plantas susceptibles a 19 razas. Los fenoles totales fueron más altos en la primera serie. Después de cierto tiempo de la inoculación con el hongo, las hojas susceptibles mostraron una tendencia a incrementar el contenido de fenoles, en cambio en los tejidos resistentes el contenido se mantuvo nivelado y constante.

Se estudió, en el CIFIC, la actividad de la fenol-oxidasa. Los resultados (4) mostraron que la mayor actividad de esta enzima tuvo lugar en las plantas resistentes a todas las razas del hongo. Estudios superiores de Guedes y Rodríguez en el CIFIC (sin publicar) mostraron que no hubo correlación entre el número de bandas en el espectro de acrylamida gel

isozyme para fenol-oxidasa y el grado de resistencia de las plantas.

También en el CIFC, Rodríguez, Lewisi y Madeiros estudian (sin publicar) la inducción de "phytoalexin", con resultados bastante sugerentes. Se usaron cultivares de café de los grupos C y D, ya que sólo difieren en un factor de resistencia y también se usó una planta del grupo E que era susceptible. Se inocularon con royas que también diferían en un solo factor de virulencia. Varios días después de la inoculación se tomaron hojas y se prepararon difusiones que fueron posteriormente condensadas. Gotas de las difusiones fueron probadas con uredosporas. Las difusiones preparadas con hojas resistentes inoculadas redujeron el porcentaje de germinación de las esporas y la longitud del tubo germinativo. Las difusiones preparadas con hojas susceptibles no tuvieron ningún efecto inhibitorio sobre la germinación de las esporas ni sobre la longitud del tubo germinativo (en algunos casos hasta se observó cierto estímulo). Estos resultados están siendo estudiados cuidadosamente a fin de comprender mejor el tipo de sistema inhibitorio.

#### *Estudios con Hemileia coffeicola*

Al hongo *H. coffeicola* se le conoce como "roya polvorienta" o "roya gris" del café y aparentemente causa menos daño que los otros hongos de la especie. Hasta ahora se ha mantenido en Angola, Camerún, República Centro Africana, Gabon, Uganda y las islas de Fernando Poo y Sao Tomé.

En la actualidad se llevan a cabo estudios generales y detallados sobre este hongo. Se está acumulando información y la investigación se realiza en el medio ambiente en el que el *H. coffeicola* se desarrolla. Hasta ahora ha sido difícil mantenerlo bajo las condiciones de invernadero que se dispone en el CIFC en Portugal. Debido a que sus daños no son aparentemente tan severos, se ha hecho menos investigación sobre este hongo. Se espera que esto cambie. De hecho

se ha notado (28) que la información sobre este hongo es muy limitada, por lo tanto requiere más atención científica.

Inoculaciones bajo condiciones de campo realizadas en 285 introducciones de café arábica mostraron que todas eran susceptibles a *H. coffeicola*. Esto es muy importante pues al entrar este hongo en un país con arábicas resistentes a la roya anaranjada pueden resultar plantas atacadas por la roya polvorienta o gris. Por otro lado, en algunos lugares en los que la roya anaranjada se ve reducida debido al frío han resultado los cafés arábicas fuertemente atacados por *H. coffeicola* (37).

En relación con su diseminación, debe determinarse el rango de plantas hospederas del *H. coffeicola*. Con las pruebas que ya se han hecho se ha demostrado que hay una gran cantidad de géneros de la familia Rubiaceae que no son afectadas por este hongo. También se ha determinado que no ataca varias especies del género *Coffea* como *canephora*, *eugenioides*, *abeokutae*, *congensis*, *excelsa*, *liberica*, *salvatrix* Swynn. & Phil. y tampoco al Híbrido Kawasari.

El trabajo hasta ahora ha sido un tanto limitado y aún no se puede decir nada en relación con las razas del hongo *H. coffeicola*. Se inician ahora algunos estudios sobre la resistencia del hospedero pero lo que se logre dependerá de lo que se pueda averiguar sobre la patogenicidad y relaciones con el ambiente. Se necesita, muy particularmente, disponer de cámaras en las que se puedan duplicar, en forma artificial las condiciones ambientales que se requieren para que el *H. coffeicola* produzca la infección y la enfermedad. Los únicos estudios de inoculación hechos hasta ahora han sido con muestras de roya traídas de Sao Tomé.

### Conclusiones finales

Estudios intensivos sobre la herencia de la resistencia entre los cultivares de café a *H. vastatrix* se están llevando a cabo. Bettencourt & Carvalho (2) y Goujon (13) recomiendan hacer mezclas de cultivares con componentes múltiples de genes. De acuerdo con lo observado en el CIFC

la mejor resistencia se encuentra en las selecciones del Híbrido de Timor que no han sido atacadas por *H. vastatrix*. Lo que es más, este cultivar ha mantenido su resistencia en plantaciones comerciales por más de tres décadas (12), es de buena calidad, produce bien y tiene buen contenido de cafeína (10). En el CIFIC se le ha retrocruzado con los mejores arábicas y los materiales F<sub>2</sub> y F<sub>3</sub> han sido distribuidos a varios países. Existe la posibilidad de usar la herencia del Timor para proporcionar resistencia contra la enfermedad de la cereza, CBD (5, 33).

Por el momento no se tiene información de otra fuente de resistencia horizontal, no específica contra la *H. vastatrix*, lo cual sería muy deseable. Debe buscarse entre los cafés nativos y posiblemente en plantaciones de composición mixta en las que los cafetos han estado en contacto con la roya por mucho tiempo.

El papel que juega el hiperparasitismo en la reducción de la severidad de la enfermedad, está siendo investigado. Los resultados no se obtienen fácilmente. Los hiperparásitos que más corrientemente se han encontrado asociados con la roya son los hongos *Verticillium hemileiae* Bour. y *Cladosporium hemileiae* Stey. Se le está dando especial atención al complejo *Verticillium — Hemileia* haciendo observaciones bajo el microscopio electrónico y de otro tipo. Se sabe (14) que las esporas del hongo sufren un colapso cuando son invadidas por el *V. hemileiae*. Debe conocerse más acerca de la manera de incrementar este efecto antibiótico.

#### LITERATURA CITADA

1. BETTENCOURT, A. J. & C. J. RODRIGUEZ, JR. 1965. Routine screening for resistance to *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. on *Coffea canephora* Pierre and *Coffea* spp. accessions from different regions of the world. p. 100-120. In Coffee Rust Research Center Progress Report 1960-1965.
2. BETTENCOURT, A. J., & A. CARVALHO. 1958. Melhoramento visando a resistencia do cafeeiro a ferrugem. *Bragantia* 27(4):35-68.
3. BETTENCOURT, A. J., & JOSE LOPES. 1968. Preliminary report on the coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*) material received from the FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-65, p. 124-140. In Report of FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-65. FAO, Rome, 1968.



4. BRUGES, JOAQUINA, & J. CONTREIRAS. 1967. Aspects biochemiques de la resistance du cafeier a l'*Hemileia vastatrix*. Port. Acta Biol. 10:75-88.
5. CANNELL, M. G. R. 1971. Crop physiology, p. 41-48. In Coffee Research Foundation, Kenya. Ann. Rept. 1970-71.
6. Centro de Investigacao das Ferrugens do Cafeeiro. 1971. Oeiras, Portugal. 29 p.
7. Coffee Board Research Department 1970. Twenty third annual detailed technical report (1967-70). Mysore, India. 232 p.
8. CRAMER, P. J. S. 1957. A review of literature of coffee research in Indonesia. SIC Editorial. Inter American Inst. Agric. Sci., Turrialba, Costa Rica. Miscellaneous Publication No. 15.
9. DIAS, MARIA, A. F. R. 1957. Aspectos fisiologicos de imunidade susceptibilidade do cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. A taxa transpiratoria e a resistencia ao fungo. Revta. Cafe Portugal 4(15):52-67.
10. FERREIRA, L. A. B., H. D. VILAR, M. A. C. FRAGOSO, M. C. AGUIAR, & M. M. GONCALVES. 1971. Subsidios para a caracterizacao do grao de cafe do Hibrido de Timor. MEAU — 692. Missao de Estudos Agronomicos do Ultramar. Lisboa. 39 p.
11. FERWERIDA, F. P. 1958. The supply of better planting material. 2. Canephoras (Robustas). Coff. Tea Ind. 81:58-63.
12. GONCALVES, M. M., & E. DAEHNHART. 1971. A *Hemileia vastatrix* B. & Br. em Timor. Nota sobre a sua importancia economica e o melhoramento da cafeicultura face a doenca. MEAU-666, Missao de Estudios Agronomicos do Ultramar. Lisboa. 17 p.
13. GOUJON, M. 1971. Considerations a propos de la resistance des plantes. Le cas particulier des cafeiers attaques par les rouilles orangée et farineuse. Cafe Cacao The 15:308-327.
14. LOCCI, R., G. MINERVINI FERRANTE, & C. J. RODRIGUES, JR. 1971. Studies by transmission and scanning electron microscopy on the *Hemileia vastatrix* — *Verticillium hemileiae* association. Riv. Patol. Veg. 7:127-140.
15. MAYNE, W. W. 1936. Annual report of the coffee scientific officer, 1935-36. Mysore Coff. Expt. Sta. Bull. 14, 21 p.
16. MAYNE, W. W. 1942. Annual report of the coffee scientific officer. 1941-42. Mysore Coff. Exp. Sta. Bull. 24, 24 p.
17. MEYER, F. G. 1965. Notes on wild *Coffea arabica* from southwestern Ethiopia, with some historical considerations. Econ. Bot. 19:136-151.
18. MONACO, L. C., A CARVALHO, & C. S. NOVAES ANTUNES. 1967. Aproveitamento de uma combinacao hibrida interespecifica para fins de melhoramento do cafeeiro. Fitotecnica Latinoamericana 4:113-121.
19. MORAES, WALKYRIA B. C. 1971. Relatoria sobre estudos dos aspectos bioquimicos de resistencia de cafeeiros a *Hemileia vastatrix*. 30 p. In Instituto Brasileiro do Cafe — GERCA. Relatorios das pesquisas sobre *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. Vol. I. Brazil.
20. NARASIMHASWAMY, R. L. 1960. Arabica selection S. 795. Its origin and performance. A study. Indian Coffee 24:197-204.

21. NARASIMHASWAMP, R. L. 1961. Coffee leaf disease (*Hemileia*) in India. *Coffee* 3:33-39.
22. NARASIMHASWAMP, R. L., K. K. NARAPANAN NAMBIAR, & M. S. SREENIVASAN. 1963. Progress report on work of testing races of leaf disease fungus on coffee selections and collections at Central Coffee Research Institute, Balehonnur. *Indian Coffee* 27:261-266.
23. NORONHA-WAGNER, M., & A. J. BETTENCOURT. 1967. Genetic study of the resistance of *Coffea* sp. to leaf rust. I. Identification and behavior of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. *Canadian J. Bot.* 45:2021-2031.
24. d'OLIVEIRA, B. 1958. Selection of Coffee types resistant to the *Hemileia* leaf rust. *Coff. Tea Ind.* 81:112-120.
25. d'OLIVEIRA, B., & C. J. RODRIGUES, JR. 1959. Progress Report to Ethiopia. *Garcia de Orta* 7:279-292.
26. d'OLIVEIRA, B., & C. J. RODRIGUES, JR. 1961. O problema das ferrugens do cafeeiro. *Revta. Cafe Portugal* 8(29):5-50.
27. RAPNER, R. W. 1950. Rust disease of coffee. 3 — Resistance. *World Crops* 12(7).
28. RODRIGUEZ, C. J., JR. 1957. Nota sobre a resistencia de algumas especies de *Coffea* a *Hemileia coffeicola* Maubl. & Rog. *Revta. Cafe Portugal* 3(12):48-71.
29. RODRIGUEZ, C. J., JR., & A. J. BETTENCOURT. 1965. Routine screening for resistance to *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. on *Coffea arabica* L. accessions from different coffee producing regions of the world, p. 47-99. In *Coffee Rust Research Center, Progress Report 1960-1965*. Oeiras, Portugal.
30. RODRIGUES, C. J., JR., A. J. BETTENCOURT, & J. LOPES. 1965. Study of the physiologic specialization of the coffee rust *Hemileia vastatrix* B. & Br. and selection of coffee clones for the establishment of a standard range of differential hosts for this rust, p. 21-27. In *Coffee Rust Research Center, Progress Report 1960-1965*. Oeiras, Portugal.
31. Sylvain, P. G. 1955. Some observations on *Coffea arabica* L. in Ethiopia. *Turrialba* 5:37-53.
32. TASCHDJIAN, E. 1934. Identificazione fisiologica di differenti linee di *Coffea arabica*. *Agricoltura colon.* 24:428-431.
33. VERMEULEN, H. 1966. *Plant Pathology*, p. 57-60. In *Coffee Research Foundation Kenya. Ann. Rept. 1964-65*.
34. VISHVESHWARA, S., & A. G. GOVINDARAJAN. 1970. Studies on Hibrido de Timor coffee collection. *Indian Coffee* 34:71-78.
35. WELLMAN, F. L. 1952. Peligro de introducción de la *Hemileia* del café a las Américas. *Turrialba* 2:47-50.
36. WELLMAN, F. L. 1961. *Coffee Botany Cultivation and Utilization*. Leonard Hill, London. 488 p.
37. WELLMAN, F. L. 1970. The rust *Hemileia vastatrix* now firmly established on coffee in Brazil. *Plant Dis. Rptr.* 54:539-541.



**DOCUMENTO  
MICROFILMADO**

Fecha: \_\_\_\_\_