

# VIRULENCIA DE *Hemileia vastatrix* DETERMINADA POR MEDIO DE PLANTAS DIFERENCIALES DE CAFE EN COLOMBIA

Jaime Castillo-Zapata\*; Jairo Leguizamón-Caycedo\*\*

---

## RESUMEN

**CASTILLO Z., J.; LEGUIZAMON C., J.** Virulencia de *Hemileia vastatrix* determinada por medio de plantas diferenciales de café en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 43(4): 114-124. 1992.

Al inocular plantas diferenciales de café portadoras de siete genotipos de resistencia específica (SH<sub>i</sub>: 1, 5, 1-5, 2-5, 3-5, 4-5 y 1-2-5) con urediniosporas de *Hemileia vastatrix* procedentes de las mismas plantas, se identificaron cuatro genotipos de virulencia (v<sub>i</sub>: 5, 1-2-5, 1-2-4-5 y 2-5-6). Estos genotipos pueden vencer la resistencia de 10 de los 13 grupos fisiológicos incluidos en la colección de diferenciales de CENICAFE, y cuya constitución genética es conocida en cuanto a resistencia específica. Los diferenciales portadores del gen SH3 en combinaciones con otros genes de resistencia específica y el diferencial R (SH6), no han sido atacados por la roya o lo han sido en forma esporádica y con muy poca intensidad, lo que indica que las razas compatibles no se han establecido completamente. Probablemente este comportamiento se deba a un fondo de resistencia incompleta que parece acompañar estos genes y que se asocia al origen interespecífico de los clones portadores de los genes SH3 y SH6. La rapidez con que aparecen razas capaces de atacar los materiales portadores de los genes SH1, SH2 y SH4, separados o en combinación con otros genes de resistencia específica, y la complejidad de tales razas (con tres o cuatro genes de virulencia) contrastan con la ausencia casi total de razas patogénicas a los genes de resistencia provenientes del Híbrido de Timor, que se han empleado para el desarrollo de la Variedad Colombia. Esta variedad se ha sembrado en un área mayor de 300.000 hectáreas y ha permanecido libre de la enfermedad durante 10 años. La estabilidad de esta resistencia se atribuye a la gran diversidad genética de la Variedad Colombia, en cuanto a resistencia específica, y al fondo de resistencia incompleta presente en la variedad.

**Palabras claves:** *Hemileia vastatrix*, resistencia específica, grupos fisiológicos, plantas diferenciales, razas, virulencia, Variedad Colombia, Híbrido de Timor.

---

## ABSTRACT

Through the inoculation of differential plants of coffee possessing seven genotypes for specific resistance (SH<sub>i</sub>: 1, 5, 1-5, 2-5, 3-5, 4-5 and 1-2-5) with *Hemileia vastatrix* urediniospores obtained from the same plants, four virulence genotypes (v<sub>i</sub>: 5, 1-2-5, 1-2-4-5 and 2-5-6) were identified. These genotypes were able to break the resistance in 10 of the 13 physiological groups existent in the collection of differentials at CENICAFE and whose genetic constitution in relation to specific resistance is known. The differentials containing the SH3 gene combined with other specific resistance genes or the R (SH6) differential, had nil or very light intensity of rust attack thus indicating that the compatible races are not completely established. This behaviour is probably due to the presence of an incomplete resistance ground along with these genes, and associated with the interspecific origin of the clones containing the SH3 and SH6 genes. The speed of appearance of races capable of attacking materials possessing SH1, SH2 and SH4 genes, single or combined with other specific resistance genes, and the complexity of these races (with three or four virulence genes), is highly contrasting with the almost nil presence of races pathogenic to the resistance genes coming from the Timor hybrid and that have been utilized in the Colombia Variety development. This variety is now being cultivated in more than 300.000 hectares and has remained free of disease for 10 years. The stability of this resistance is attributed to the wide genetic diversity of the Colombia Variety mainly its specific resistance and the incomplete resistance ground.

**Keywords:** *Hemileia vastatrix*, specific resistance, physiological groups, differential plants, races, virulence, Colombia Variety, Timor Hybrid.

- 
- \* Investigador Principal II. Mejoramiento Genético. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.
  - \*\* Investigador Principal I. Fitopatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia.

La pérdida aparente o quiebra de la resistencia a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. y Br.), en materiales anteriormente libres de la enfermedad, fue un hecho repetidamente observado en Java y en la India, a fines del siglo pasado y principios del presente, cuando se inició la búsqueda de variedades resistentes. Una temprana experiencia recordada por Eskes (7), se refiere a *Coffea liberica* especie introducida a Java en 1875, que apareció severamente atacada en 1895. Bettencourt (1) resume las experiencias registradas en la India con *C. arabica*: La antigua variedad Old Chiks fue reemplazada desde 1870 por la selección Coorg, obtenida a partir de una planta individual. Esta también fue sustituida a partir de 1918 por la selección Kent, que a su vez mostró susceptibilidad a la roya en 1932.

Estos casos de cambios de resistencia a susceptibilidad están relacionados con variaciones en la composición y frecuencia relativa de las razas de *H. vastatrix* presentes en la región, como lo explicó Mayne desde 1932 (17). Los estudios de este autor, en la década del 30, demostraron claras interacciones de razas y variedad, que explicaban estos fenómenos (11, 12, 13, 14, 15). Este investigador encontró cuatro razas que interactuaban con las variedades Coorg, Kent, S.288 y S.353, las dos últimas procedentes de cruzamientos de *C. liberica* con *C. arabica* (1, 12, 13).

A partir de 1952, y especialmente desde 1955, los investigadores del Centro de Investigaciones de las Royas del Cafeto (CIFC) de Portugal (1, 20, 21) han desarrollado ininterrumpidamente los estudios sobre especialización fisiológica de *H. vastatrix* iniciados por Mayne. El número de plantas diferenciales y de razas fisiológicas ha aumentado paulatinamente hasta llegar a 30 razas y 40 diferenciales. Estudios sobre la herencia de la resistencia, hechos por los investigadores del CIFC (2, 3, 4), han probado que la hipótesis de Flor (8), es aplicable al complejo *Coffea - H. vastatrix*. Los

genes de resistencia dominantes en el hospedante ( $SH_i$ ) interactúan con genes de virulencia recesivos ( $v_j$ ) en el patógeno. Sin embargo, la comprobación de la herencia de la virulencia no es posible, debido a la ausencia de la fase sexual del patógeno (1). Se ha demostrado la presencia de cuatro genes de resistencia en *C. arabica* (SH1, SH2, SH4, SH5), observados en café semisilvestre de Etiopía y en variedades comerciales; un gen (SH3), en materiales de la India, derivado de cruzamientos de *C. arabica* y *C. liberica*; y otro más (SH6) que proviene del Híbrido de Timor (cruzamiento espontáneo de *C. arabica* x *C. canephora*). Se ha postulado además la presencia de tres genes (SH7, SH8 y SH9) para explicar las interacciones entre plantas diferenciales derivadas de cruzamientos de variedades comerciales con este híbrido (grupos fisiológicos 1, 2, 3, R y A) y algunas razas fisiológicas con virulencia específica (2).

En el presente trabajo se presentan y discuten los resultados obtenidos en una exploración de la virulencia *sensu* Vanderplank (23) que se observa en la colección de plantas diferenciales que posee CENICAFE, las cuales fueron recibidas del CIFC de Portugal. Se incluye también una progenie derivada de un cruzamiento de Caturra por Híbrido de Timor, no comprendida en la colección del CIFC.

## MATERIALES Y METODOS

**Terminología.** En el presente trabajo se evita el término **razas fisiológicas** y en cambio se emplea la expresión **genotipo determinado** (en la prueba de virulencia), para indicar que el aislamiento probado no fue inoculado sobre todos los diferenciales disponibles en el CIFC, sino únicamente sobre la serie de diferenciales señalada en cada caso.

Se usa también el término **virulencia** en el sentido empleado por Vanderplank (23) y que

se refiere al número de genes que posee un genotipo de virulencia, que le permite atacar una serie de genotipos de resistencia más o menos amplia.

Con el fin de ejecutar los trabajos de inoculación se han obtenido, conservado y numerado para su identificación, diferentes **aislamientos** de *H. vastatrix*.

**Plantas diferenciales.** En enero y noviembre de 1973 se recibieron en CENICAFE 38 clones de café procedentes del CIFC de Portugal, 17 de los cuales son empleados en dicho Instituto como plantas diferenciadoras de razas de *H. vastatrix*. En 1988 se recibieron además duplicados de 9 clones ya existentes en la colección, y el clon 829/1 (grupo fisiológico k) introducido por primera vez.

Los clones introducidos en 1973 se sembraron como colección, cerca a las instalaciones de CENICAFE. Sólo unos pocos clones fallaron en su establecimiento en el campo. La colección restante se duplicó, por vía vegetativa, durante 1987 en la Estación Central Naranjal donde se sembraron también los clones recibidos en 1988.

En el Anexo 1 se indican los clones recibidos, la fecha de introducción, el grupo fisiológico a que pertenecen y cuáles se emplean como plantas diferenciales en el CIFC (1).

**Pruebas de virulencia.** Como ya se explicó, las interacciones entre *Coffea* - *H. vastatrix* obedecen a la hipótesis de Flor (8), cuando se trata de resistencia específica. Para determinar la virulencia de un **aislamiento** de *H. vastatrix* (recolectado en CENICAFE), se inocula con él la serie adecuada de plantas diferenciales, que son portadoras de determinados genotipos de resistencia, como puede observarse en la Tabla 2.

En esta prueba sólo se toman como plantas susceptibles las que presentan reacciones supe-

riores al **tipo 1**, según la escala de reacción desarrollada en el CIFC. El **tipo 2**, que inicia la serie de fenotipos susceptibles, se caracteriza por pústulas pequeñas o medianas, difusas, pero visibles macroscópicamente, y que aparecen en áreas con clorosis intensa. Las pústulas deben ser claramente visibles sin lupa.

**Manejo de urediniosporas y metodología de inoculación. Incremento y conservación del inóculo.** El inóculo de cada aislamiento se incrementó sobre plantas de la variedad Caturra, cuyas hojas se asperjaron (según la técnica descrita más adelante), por el envés, con una suspensión del inóculo recolectado. Las plántulas se mantuvieron durante 48 horas, en la oscuridad y a  $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , en ambiente saturado de humedad. Después de colocarlas durante 24 horas en el ambiente del laboratorio, se cultivaron en invernadero, aisladas dentro de cámaras cubiertas con lienzo fino, para evitar la contaminación con inóculo extraño.

De estas plantas se obtuvo el inóculo para trabajos posteriores. Las esporas se recolectaron por raspado mediante cápsulas de gelatina, directamente de las lesiones. Seguidamente se equilibró la humedad de las esporas durante 48 horas en un desecador con nitrato de amonio, que suministrara un ambiente con humedad relativa del 50%. Finalmente las muestras así tratadas se colocaron en recipientes de plástico de 2 ml, que se llevaron a un termo con nitrógeno líquido a  $-196^{\circ}\text{C}$ . Antes de emplear estas urediniosporas en nuevas inoculaciones se activan mediante un choque térmico durante 15 minutos a  $45^{\circ}\text{C}$  en baño de María (10).

**Inoculación.** Las hojas de café desprendidas, bien desarrolladas pero aún suculentas, se inocularon con 10 gotas de 5 microlitros, de una suspensión de urediniosporas obtenidas de la siguiente manera: 50 mg de urediniosporas se

homogeneizaron en 100 ml de agua destilada estéril, por medio de agitación con ultrasonido, durante 30 segundos. Posteriormente se evitó la decantación por medio de agitación magnética continua.

Las hojas inoculadas se colocaron en cámaras húmedas consistentes en cajas plásticas transparentes de 34 x 27 x 10 cm, en cuyo fondo se coloca una esponja de celulosa embebida en agua destilada estéril. En cada caja se colocaron 10 hojas con el envés hacia arriba. Después de permanecer 48 horas en la oscuridad, las cajas se llevaron al laboratorio y se permitió que se evaporara el agua de las gotas aplicadas. Después de una nueva aspersión con agua destilada estéril se taparon las cajas y se llevaron a estantes iluminados artificialmente, en los cuales permanecieron durante 30 a 45 días, con períodos alternos de 10 horas de luz y 14 horas de oscuridad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se relacionan los 28 clones, que se incluyeron en este trabajo, separados en dos grupos: 12 que han sido utilizados como diferenciales por el CIFIC, y 16 clones adicionales, en general sintetizados por cruzamiento en la misma institución, y que pertenecen a 10 grupos fisiológicos.

Se registra también la fecha en que se detectó por primera vez la presencia de la roya en cada diferencial. La raza II (v5) fue la única observada en los primeros focos que se presentaron en septiembre de 1983 (9).

**Presencia de la roya en los clones.** Como se observa en la Tabla 1, a partir de 1985, se ha registrado la presencia de la roya en 21 clones. La mayoría de ellos fueron afectados por la enfermedad en el bienio 1986-1987. Los últimos afectados se detectaron en 1990 y pertene-

cen a los grupos fisiológicos W (1-4-5), Y (2-4-5) y O (1-2-4-5). Siete clones no han aparecido afectados por la roya; cuatro pertenecen al grupo fisiológico A y tres son combinaciones complejas del gen SH3 con otros genes de resistencia (1344/19; H.79 y H.81/21).

En general este resultado indica la presencia de razas con virulencia suficiente para vencer los genes de resistencia SH1 a SH5, en combinaciones sencillas de uno o dos genes o en combinaciones complejas con tres o cuatro genes de resistencia. El ataque de dos o tres clones de la colección, pertenecientes al mismo grupo fisiológico, confirma claramente la presencia de genotipos suficientemente virulentos.

Los clones portadores de los genes SH3 y SH6 sólo presentan ataques muy débiles, en ciertos clones, en algunos años y en pocas plantas, lo que indica que las razas virulentas no han logrado establecerse plenamente. En estos casos la cantidad reducida de lesiones observadas y la escasa esporulación sugiere la presencia de resistencia incompleta a la roya, en los diferenciales correspondientes, resistencia que puede afectar la frecuencia de la infección, la cantidad de esporulación y el período de latencia del hongo.

**Pruebas de virulencia con inóculo procedente de distintas fuentes.** La presencia de *H. vastatrix* sobre las plantas diferenciales es una primera evidencia de la presencia de razas específicas. Sin embargo, es necesario precisar la virulencia de estas razas, pues genotipos de resistencia sencillos (con uno o dos genes de resistencia) pueden ser atacados por razas complejas, con virulencia superflua (innecesaria para atacar genotipos de resistencia simple). Por ejemplo: Los genotipos SH1, SH2, SH1-SH5 pueden ser afectados por el genotipo de virulencia v1-v2-v5 y otras razas compatibles aún más complejas. En cada caso hay genes de virulencia superflua.

TABLA 1. Presencia de *Hemileia vastatrix* en clones de *Coffea* sp. y año en que se registró la roya. CENICAFE.

Grupo fisiológico	Genes de resistencia (SH)	Clones usados como diferenciales**	Año de detección de la roya	Clones usados como diferenciales**	Año de detección de la roya
α	1	128/2	1986	-	-
R	6	1343/269	1986	-	-
I	1-4	143/4	1987	-	-
C	1-5	87/1	1986	HW27	1986
D	2-5	32/1	1986	-	-
G	3-5	33/1	1986	HW35	1986
J	4-5	110/5	1985	-	-
L	1-2-5	1006/10	1987	H245; H262	1987; 1987
W	1-4-5	635/3	1986	H59; H172	1990; 1990
H	2-3-5	-		1344/19; 1344/23	; 1986
Y	2-4-5	H152/3	1987	H51	1990
X	3-4-5	H151/1	1986	H79	-
O	1-2-4-5	HW17/12	1990	HW19	1990
U	1-3-4-5			H81/21	-
A	X*	-		832/2; H17	-
				HW26; 1459	-

\* = Genes de virulencia no determinada

\*\* = Pruebas que se efectúan en el CIFIC de Portugal

Algunas pruebas preliminares con aislamientos tomados de plantas de la variedad Caturra (grupo fisiológico E, genotipo SH5) indicaron la presencia de razas complejas. Este hecho señaló la necesidad de determinar la virulencia de los aislamientos obtenidos sobre las plantas diferenciales afectadas por la roya.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de pruebas debidamente repetidas y comprobadas, realizadas con inóculo procedente de algunos diferenciales y de plantas de la variedad Caturra. Por razones de simplicidad, en esta Tabla se indican los grupos fisiológicos en lugar de los diferenciales correspondientes que fueron: α, 128/2; E, var. Caturra; R, 1343/269; C, 87/1; D, 32/1; G, 33/1; J, 110/5; L, 1006/10.

El inóculo recolectado en el municipio de Santa Rosa, en la variedad Caturra, sólo fue patogénico a ella y por tanto se le asignó el genotipo v5. Por otra parte, el inóculo recolectado sobre la misma variedad en el Municipio de Filandia, fue patogénico a los diferenciales correspondientes a los grupos fisiológicos α, C, D, E y L; por tanto se deduce que posee el genotipo v1-v2-v5. El mismo genotipo de virulencia fue detectado en el inóculo obtenido en los diferenciales de los grupos α, C y D.

Por otra parte, el genotipo de virulencia v1-v2-v4-v5 fue obtenido del inóculo recolectado en los diferenciales correspondientes a los grupos J y L.

TABLA 2. Pruebas de virulencia con inóculo de *Hemileia vastatrix* de diversa procedencia, sobre ocho diferencias obtenidos en el CIFC

Municipio	Procedencia del inóculo	Grupo fisiológico y genotipo (SH) de los diferenciales								Virulencia (v): genotipo detectado
		$\alpha$	E	R	C	D	G	J	L	
		1	5	6	1-5	2-5	3-5	4-5	1-2-5	
Santa Rosa	E (Caturra)	-	S	-	-	-	-	-	-	5
Filandia	E (Caturra)	S	S	-	S	S	-	-	S	1-2-5
Chinchiná		S	S	-	S	S	-	-	S	1-2-5
Chinchiná	C	S	S	-	S	S	-	-	S	1-2-5
Chinchiná	D	S	S	-	S	S	-	-	S	1-2-5
Chinchiná	L	S	S	-	S	S	-	S	S	1-2-4-5
Chinchiná	J	S	S	-	S	S	-	S	S	1-2-4-5
Chinchiná	AW.2664	-	S*	S*	-	S*	-	-	-	2-5-6

\* Muy escasa esporulación

Por último, el inóculo tomado de árboles de la progenie AW.2664 mostró tener el genotipo de virulencia v2-v5-v6. Esta progenie corresponde a la F3 de un retrocruce a Caturra del híbrido H.3004 = Ca-L.572 x H. de T. - CV: 1-12.

La presencia de genotipos de virulencia compleja como v1-v2-v5 y v1-v2-v4-v5, sugieren que otras razas con menor virulencia (uno o dos genes por combinación) también pueden estar presentes, solo que su detección implica un proceso de muestreo muy complejo, que aparentemente no se justifica para fines prácticos.

**Utilidad de los genes SH1 a SH6 con fines de mejoramiento.** La resistencia específica conferida por los genes SH1, SH2 y SH4, actual-

mente se considera de poco interés para los trabajos de mejoramiento por resistencia específica, dada la rapidez con que se presentan las razas de *H. vastatrix* capaces de vencerla y la complejidad que estas razas pueden adquirir, sin aparente presión selectiva a favor de esas razas complejas. Sin embargo, las selecciones portadoras de los genes SH1, SH2 y SH4 pueden presentar niveles apreciables de **resistencia incompleta**, una vez que la resistencia específica sea vencida por las razas compatibles. Selecciones con caracteres agronómicos destacados se están estudiando en CENICAFE, dentro de un proyecto sobre este tipo de resistencia.

Los materiales con los genes SH3 y SH6 parecen estar asociados con altos niveles de

**resistencia incompleta.** Las pruebas preliminares de laboratorio indican que en estos diferenciales la esporulación es muy baja y el período de latencia prolongado. En el campo, los ataques son muy leves y esporádicos. Consecuencia probable de esto es que las razas compatibles no se hayan establecido plenamente. Otro hecho notable es que los genes v3 y v6 no se han observado en combinaciones complejas de virulencia como ocurre con los genes v1, v2, v4 y v5. La presencia sólo esporádica de las razas con los genes v3 y v6 y su escasa esporulación, probablemente limiten las oportunidades de recombinación de estos genes con los demás genes de virulencia, lo que explicaría su ausencia en genotipos complejos con virulencia superflua.

Si los genes SH3 y SH6 van acompañados de fondos genéticos por resistencia incompleta de naturaleza poligénica, la separación de estos genes de tales fondos, por medio de retrocruces a las variedades susceptibles como Caturra, podría facilitar el trabajo de identificación de razas al hacer más clara la expresión de la susceptibilidad del germoplasma y la agresividad de las razas fisiológicas. Con este procedimiento se lograría disponer de líneas casi isogénicas que sólo difieren en un gen de resistencia (SH3 o SH6) y con ellas se podría probar la hipótesis alterna de que dichos genes tienen un efecto residual después de ser vencidos por las razas compatibles, como sugiere Eskes (7).

A propósito, este autor (7) destaca los cambios de reacción (moderada resistencia, moderada susceptibilidad, susceptibilidad y resistencia) del diferencial 33/1 con genotipo SH3 - SH5, cuando ha sido inoculado con varios aislamientos compatibles de *H. vastatrix*, a los cuales atribuye diferentes grados de patogenicidad. También destaca la distinta reacción del mismo diferencial (inoculado con idéntico aislamiento) cuando se observa en ambientes de laboratorio, invernadero y campo.

De acuerdo con las definiciones de Vanderplank (23) los genes SH1, SH2 y SH4 serían **genes débiles** pues la llamada por este autor **presión estabilizante** opera débilmente contra las razas patogénicas, en ausencia de genotipos de resistencia compatibles. Los genes SH3 y SH6, serían **genes fuertes**, pues los genes v3 y v6 no aparecen en combinaciones con otros genes, haciendo parte de la virulencia superflua, lo que indicaría una fuerte **presión estabilizadora** contra estas razas.

Sin embargo, el fondo genético por resistencia incompleta que parece acompañar estos genes, podría ser responsable de la baja frecuencia de las razas compatibles con ellos y de la incertidumbre de su establecimiento.

A este respecto, es un hecho bien dicente que se presenten razas complejas con los genes v1, v2, v4 y v5 en una pequeña colección, sin que las variedades portadoras de los genes SH1, SH2 y SH4 se hayan sembrado comercialmente. En este caso no se observa relación entre el área sembrada con variedades portadoras de determinados genes de resistencia y la frecuencia de sus razas complementarias.

**Evolución de las razas de roya.** La evolución de las razas de roya en el Brasil tiene particular interés para Colombia, pues en ambos países, antes de la llegada de la roya sólo se cultivaban variedades de *C. arabica* con el gen de resistencia SH5 (grupo fisiológico E). Tanto en Colombia (9) como en el Brasil (7) la única raza observada al detectarse la roya por primera vez, fue la raza II (v5). En la región de Chinchiná la roya se presentó a fines de 1983 y tardó dos años en generalizarse en los cultivos de la variedad Caturra, predominante en la zona. Aunque algunas razas nuevas se observaron en la colección de germoplasma en 1985, la mayoría se detectó en el bienio 1986-1987. Se ha observado que las razas más complejas se han detectado más tardíamente como puede comprobarse en la Tabla 1.

Es probable que las razas nuevas en Colombia se hayan generado a partir de la raza II, como opina Eskes para el caso del Brasil (7). No obstante, los genes v1, v2, v3, v4 y v6 pudieron estar presentes en los focos iniciales, aunque con muy bajas frecuencias y por ello tenían poca probabilidad de ser detectados con un número de muestras muy reducido. Una razón similar impide especular sobre las razas prevalentes en la región de Chinchiná.

Eskes (7) hace un detallado recuento de los trabajos realizados en el Brasil de 1970 a 1986, en el Instituto Agronómico de Campinas y en la Universidad de Viçosa: La raza II (v5) se detectó en 1970 y los genotipos v1-v5, v2-v5 y v4-v5 fueron observados entre 1972 y 1974. Genotipos más complejos: v1-v2-v5, v1-v4-v5, v2-v4-v5, v1-v2-v4-v5 y v1-v2-v3-v4-v5 se registraron entre 1977 y 1986, lo mismo que el genotipo v2-v5-v6 (1984-1986) que se ha detectado también en Colombia desde 1989.

Las razas determinadas en la India (19, 22) muestran una clara relación entre aquellas predominantes y la resistencia presente en las poblaciones de café examinadas. En un muestreo efectuado en el sur de la India en 1979 (19) se observa que en las poblaciones comerciales donde son frecuentes variedades con los genotipos de resistencia SH2-SH5 y SH2-SH3-SH5, predominan las razas complementarias con genotipo v2-v5 (30,6%) y v2-v3-v5 (58%). La raza v1-v2-v3-v5 tuvo una frecuencia de 7,6% mientras otras razas aparecieron con frecuencia muy baja o no se detectaron. En los híbridos recibidos del CIFC, aparentemente mantenidos en una colección, las razas predominantes fueron v1-v2-v4-v5 (44%), v1-v2-v3-v5 (15,3%) y v2-v5 (10,5%), que pueden vencer los genes de resistencia presentes en numerosas combinaciones, en estos materiales.

En todos los casos, la raza II (v5) está en proporciones bajas o muy bajas, como puede

esperarse, ya que los genotipos de resistencia presentes en las poblaciones de café mencionadas son complejos con dos o más genes, lo que excluye la presencia de la raza II, con genotipo v5.

**Resistencia procedente del Híbrido de Timor.** En contraste con las razas patogénicas capaces de vencer los genes SH1, SH2 y SH4, en varias combinaciones, que aparecen rápidamente a partir de focos iniciales de la raza II (v5), las razas patogénicas a genotipos derivados del Híbrido de Timor (obtenidos por cruzamiento con variedades susceptibles) parecen presentarse con mayor lentitud, como lo sugieren los informes sobre la presencia de razas en el Brasil (7) y la experiencia obtenida en Colombia a partir de la siembra nueva de la Variedad Colombia desde 1982. Esta variedad compuesta está formada por la mezcla de más de 40 progenies F5, que probablemente son portadoras de numerosas combinaciones de cinco o más genes de resistencia que aporta el Híbrido de Timor (6). La **Variedad Colombia** ha permanecido prácticamente libre de la enfermedad, con porcentajes de plantas "susceptibles" (del grupo E SH5), en proporciones menores de 1% (5). La gran diversidad de la mezcla de progenies puede reducir grandemente la probabilidad de que razas patogénicas se establezcan inicialmente y luego se propaguen con rapidez en las plantaciones. Además, la existencia de un fondo genético de resistencia incompleta en la mayoría de las plantas de la Variedad Colombia, seguramente ha contribuido a que se haya conservado libre de la roya, no obstante que actualmente el área sembrada sobrepasa las 300.000 hectáreas.

## AGRADECIMIENTOS

Al señor Arcesio González de la Disciplina de Fitopatología, por su colaboración en los trabajos de laboratorio en invernadero.

**ANEXO 1. Clones recibidos en CENICAFE procedentes del CIFC de Portugal, en enero y noviembre de 1973 y en septiembre de 1988.**

Grupo fisiológico	Clones		Fechas de introducción**	Especie
	(1)	(2)		
β	849/1*		1	<i>C. arabica</i>
α	128/2		2-3***	<i>C. arabica</i>
R	1343/269		1-3	<i>C. arabica</i>
I	134/4		1	<i>C. arabica</i>
C	87/1	HW27	2-3, 2	<i>C. arabica</i>
D	32/1		1-3	<i>C. arabica</i>
G	33/1	HW35	1-3,-2	<i>C. arabica</i>
J	110/5		1-3	<i>C. arabica</i>
L	1006/10	H245, H262	1-3, 2, 2	<i>C. arabica</i>
W	635/3	H59, H172	1, 2, 2	<i>C. arabica</i>
H	34/13*	1344/19, 1344/23	2, 1, 2	<i>C. arabica</i>
Z	H153/2*		1	<i>C. arabica</i>
Y	H152/3	H51	1, 2	<i>C. arabica</i>
X	H151/1	H79	1, 2	<i>C. arabica</i>
O	HW17/12	HW19	1,1	<i>C. arabica</i>
U		H81/21	2	<i>C. arabica</i>
A		832/2, H17, HW26	1, 2, 2	<i>C. arabica</i>
A		1459	2	<i>C. canephora</i>
B	263/1		1-3	<i>C. congensis</i>
F		1345/1, 1345/2, 1345/3,	2, 2, 2,	<i>C. racemosa</i>
		1345/5, 1345/6	2, 1	<i>C. racemosa</i>
M	644/18		2-3	<i>H. Kawisari</i>
P	681/7		1	<i>C. canephora</i>
Q		1626/16	2	<i>C. congensis</i>
K		829/1	3	<i>C. canephora</i>

(1) Clones empleados como plantas diferenciales en el CIFC

(2) Clones adicionales, no empleados como plantas diferenciales

\* Clones que no se establecieron en el campo

\*\* Fechas de introducción: 1: Enero/73; 2: Noviembre/73; 3: Septiembre/88. Las cifras separadas por guión (-) indican que el clon fue introducido en dos ocasiones.

## LITERATURA CITADA

1. BETTENCOURT, A.J. Melhoramento genético do cafeeiro. Transferência de factores de resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. et Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Lisboa (Portugal), Junta de Investigações Científicas do Ultramar. Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, CIFIC, Oeiras (Portugal) 1981. 93 p.
2. BETTENCOURT, A.J.; LOPEZ, J. Factores genéticos que condicionam a resistência do Híbrido de Timor a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. In: COLLOQUE Scientifique Internationale sur le Café, 10. Salvador, Bahía (Brasil), 11 a 14 outubro de 1982. Paris (Francia), ASIC, 1982. p. 56.
3. BETTENCOURT, A.J.; NORONHA WAGNER, M. Genetic factors conditioning resistance of *Coffea arabica* L. to *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Agronomia Lusitana* (Portugal) 31(4):285-292. 1971 (Reimpresso).
4. BETTENCOURT, A.J.; NORONHA WAGNER, M.; LOPES, J. Factor genético que condiciona a resistência do clone 1343/2969 (Híbrido de Timor) a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Brotaria genética*. I (LXXVI):53-58. 1980.
5. CASTILLO Z., J.; MORENOR., G.; ALVARADO A., G.; CADENA G., G. The variety Colombia, a composite coffee cultivar resistant to leaf rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). Annual meeting of American Phytopathological Society and Canadian Phytopathological Society. Grand Rapids (Estados Unidos). 1990. (Abstracts of Presentation No. A337).
6. CASTILLO Z., J. II Breeding for leaf rust resistance in Colombia. In: KUSHALAPPA, A.C. and Eskes, A.B. editors. *Coffee Rust: epidemiology resistance and management*. Florida (Estados Unidos). CRC Press, 1989. p. 307-316 (Chapter 7: Breeding Programs).
7. ESKES, A.B. Resistance III. History of research for leaf rust resistance. In: KUSHALAPPA, A.C. and Eskes, A.B. *Coffee Rust: epidemiology, resistance, and management*. Florida (Estados Unidos), CRC Press, 1989. p. 171-29.
8. FLOR, H.H. Host-parasite interaction in flax-rust; its genetics and other implications. *Phytopathology* (Estados Unidos) 45(12):680-685. 1955.
9. LEGUIZAMON C., J.; BAEZAA., C.A.; FERNANDEZ B., O.; MORENOR., G.; CASTILLO Z., J. OROZCO C., F.J. Identificación de la raza II de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en Colombia, *CENICAFE* (Colombia)35(1):26-28. 1984.
10. LEGUIZAMON C., J. Contribution à la connaissance de la résistance incomplète du caféier arabica (*Coffea arabica* L.) à la rouille orangée (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) Paris (Francia). Institut de Recherches du Café et du Cacao, 1985. 123 p. (Bulletin IRCC No. 17).
11. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1939-40. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1940. 21 p. (Bulletin No. 10).
12. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1939-40. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1939. 16 p. (Bulletin No. 19).
13. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1937-38. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1938. 17 p. (Bulletin No. 17).
14. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1935-36. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1936. 21 p. (Bulletin No. 14).
15. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1934-35. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1935. 27 p. (Bulletin No. 13).
16. MAYNE, W.W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1931-32. Mysore (India), Coffee Experimental Station, 1932. 32 p. (Bulletin No. 7).
17. MAYNE, W.W. Physiological specialization of *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *Nature* (Inglaterra) 129 (3257):510. 1932.
18. NORONHA WAGNER, M.; BETTENCOURT, A.J. Genetic study of the resistance of *Coffea* spp. to leaf rust: I. Identification and behaviour of four factors conditioning disease reaction in *Coffea arabica* to twelve physiologic races of *Hemileia vastatrix*. *Canadian Journal of Botany* (Canadá) 45(11):2021-2031. 1967.
19. RAMACHANDRAN, M.; SREENIVASAN, M.S.; VISHVESHWARA, S. A. Preliminary survey of physiologic races of coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, in South India. *Journal of Coffee Research* (India) 9(3):51-68. 1979.
20. RODRIGUES Jr., C.J.; BETTENCOURT, A.J.; RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust.

Annual Review of Phytopathology (Estados Unidos) 13:49-70. 1975.

21. RODRIGUES Jr., C.J.; BETTENCOURT, A.J.; LOPES, J. Study of the physiologic specialization of the coffee rust *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. and selection of coffee clones for the establishment of a standard range of differential hosts for this rust. In: CENTRO de Investigaçao das Ferrugens do Cafeeiro Programs Report 1960-65. Oeiras (Portugal), CIFIC, 1975. p. 21-27.
22. SREENIVASAN, M.S. II Breeding coffee for leaf rust resistance in India. In: KUSHALAPPA, A.C.; Eskes, A.B. editors. Coffee Rust: epidemiology resistance and management. Florida (Estados Unidos), CRC, Press. 1989. p. 316-323. (Chapter No. 7; Breeding Programs).
23. VANDERPLANK, J.E. Disease resistance in plants. New York (Estados Unidos). Academic Press, New York. 1968. 206 pp.