

CARACTERIZACIÓN DE LA RESISTENCIA INCOMPLETA A *Hemileia vastatrix* EN GENOTIPOS DE CAFÉ EN COLOMBIA

Gabriel Alvarado-Alvarado*, Leonardo Solórzano-Buitrago**

RESUMEN

ALVARADO A., G.; SOLÓRZANO B., L. Caracterización de la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix* en genotipos de café en Colombia. Cenicafé 52(1):5-19. 2001

Se comparó el progreso de la roya en 90 progenies derivadas de 16 cruzamientos, en los cuales el Híbrido de Timor, *Coffea canephora* y la introducción N.197 de *C. arabica* fueron progenitores. Como testigos las variedades Caturra y Colombia. En cuatro experimentos con dos repeticiones se midió la proporción de hojas con roya y la defoliación, evaluando 10 pares de ramas del área productiva de las plantas, en junio, julio, octubre y noviembre de 1998 y en marzo y mayo de 1999. Los genotipos se agruparon por su genealogía, y mediante contrastes se estableció la homogeneidad o heterogeneidad dentro de los grupos. Se compararon los promedios de incidencia y defoliación y se separaron los grupos en resistentes y susceptibles. El 68,9% mostró resistencia incompleta, dilatando el inicio de las epidemias entre 4 y 5 meses y reduciendo su tasa de progreso. En la mayoría sólo se observaron los primeros síntomas y el inicio del crecimiento progresivo de la enfermedad; en los susceptibles comenzó 5 meses antes y el período de observaciones concordó con la fase final del crecimiento progresivo, con el nivel máximo de infección (mayor de 55%) y con la declinación de la enfermedad. En genotipos con resistencia incompleta coincidió con el crecimiento progresivo sin alcanzar niveles superiores al 25% de incidencia.

Palabras claves: Epidemiología vegetal, mejoramiento, selección, resistencia incompleta, *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, Híbrido de Timor.

ABSTRACT

The progress of coffee leaf rust in 90 progenies proceeding from 16 crosses was compared. Among those crosses the Timor Hybrid, *Coffea canephora*, and the *Coffea arabica* introduction No.197 were progenitors. Caturra and Colombia varieties were used as controls. In four experiments with two repetitions the number of leaves with rust and the defoliation were measured. Evaluating 10 pairs of branches from the reproductive plant area in June, July, October and November in 1998 and in March and May in 1999 carried out these measurements. The genotypes were clustered according to their genealogy, and the homogeneity and heterogeneity within the groups were established by means of contrasts. The incidence and defoliation rates were compared and the groups were divided into resistant and susceptible. 68.9% of them exhibited incomplete resistance, dilatating the epidemics start in about 4 or 5 months and reducing their progress percentage. In most of them only the first symptoms and the beginning of the disease progressive growth were observed. In the susceptible group the disease started five months before and the observations period agreed with the progressive growth final phase, displaying maximum infection level higher than 55% and disease decline. In the incomplete resistance genotypes the observation periods coincided with the progressive growth without reaching levels higher than 25% incidence.

Keywords: Plant epidemiology, genetic improvement, selection, incomplete resistance, *Hemileia vastatrix*, *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, Timor Hybrid.

* Investigador Científico II. Mejoramiento Genético y Biotecnología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Becario Colciencias-Cenicafé, Estudiante de Pregrado. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional, Bogotá, D.C.

Los derivados de *Coffea arabica* cv. Caturra X Híbrido de Timor son portadores de resistencia del tipo específica asociada con reacciones de hipersensibilidad (15), que impide la esporulación del patógeno. No obstante, algunas plantas en el campo no la presentan, probablemente por segregación de los genes que la condicionan, o simplemente por la aparición y establecimiento sobre estas plantas de razas patogénicas específicas a ellas. Un comportamiento similar también se ha observado en el campo en plantas de híbridos triploides de *C. arabica* cv. Caturra X (Caturra X *C. canephora*), que poseen genes de resistencia específicos a la roya, ya vencidos, y que se han estudiado en su parte agronómica y su resistencia incompleta a la roya (2).

Alvarado y Castillo (1), examinaron el progreso de la roya sobre la progenie de plantas antes portadoras de resistencia completa, a través de la medida del porcentaje de hojas afectadas (incidencia) y de la defoliación en etapas tempranas, intermedias y tardías de la enfermedad, registradas sobre las ramas localizadas en la región productiva de las mismas. A través de este procedimiento determinaron la resistencia incompleta existente en ese germoplasma mediante variables cuantitativas. Así separaron los genotipos en resistentes y susceptibles a *H. vastatrix*.

Con esa metodología y mediante la estimación de pérdidas en producción registrada en períodos de epidemia severa, comparando la producción obtenida en parcelas tratadas y no tratadas con control químico (3), se ha evaluado en Cenicafé abundante germoplasma, con la finalidad de realizar la selección por resistencia incompleta a la roya del café (7,8,9,10,11).

Los derivados de (C X H. T.), que se evalúan en este trabajo no obstante presentar lesiones esporuladas, poseen una resistencia que se caracteriza por una apreciable dilación en el inicio de la epidemia (cuatro o más meses), con

relación a los genotipos susceptibles; además, un lento progreso de la enfermedad. Parece lógico suponer que una baja frecuencia de infección y un prolongado período de latencia sean responsables de estas características (16).

Browning *et al.* (4) propusieron el término «resistencia dilatoria» para hacer referencia a la resistencia que retarda el progreso de la enfermedad, cualesquiera sean los mecanismos de tipo genético, fisiológico o epidemiológico que estén involucrados en esa dilación. En esta investigación no se tuvo como objetivo estudiar el determinismo de la resistencia encontrada, de manera que el término dilatorio, parece ajustado para describirla e interpretarla.

Sin embargo, es razonable postular la hipótesis acerca de la naturaleza inespecífica de este tipo de resistencia, horizontal en el sentido Vanderplank, aunque también se ha sugerido que una vez los genes de resistencia específica son vencidos por razas patogénicas complementarias permanece un remanente de resistencia incompleta atribuido a estos mismos (13, 16). En esta investigación se tuvo como objetivo caracterizar la resistencia incompleta presente en los materiales en evaluación directamente en el campo, en condiciones de epidemia severa de roya y utilizando la medida de variables cuantitativas asociadas claramente con la expresión de la resistencia.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron 90 progenies de las generaciones F4, F4RC1, F5, F5RC1, F6 y F7, derivadas de 16 cruzamientos (Tabla 1), 13 de ellos provenientes del progenitor resistente Híbrido de Timor. Los cruzamientos H.4074 y H.4303, tuvieron como progenitor resistente la especie N.197 de *Coffea arabica*, que porta el gen de resistencia SH5.

TABLA 1. Cruzamientos utilizados para evaluar la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*.

Híbrido	Cruzamientos	Generación estudiada						
		F4	F4RC1	F5	F5RC1	F6	F7	Total
H.3001	CA - c.v. 1 X H. T. 1343 - I.574 c.v. 2			2		3	7	12
H.3004	CA - L.572 X H. T. 1343 Mezcla*			11				11
H.3005	CR - L.426 X H. T. 1343 Mezcla*			3				3
H.3029	CR - M.1661 X H. T. 1343 - I.568	6						6
H.3116	CA - c.v. 4 X H. T. 1343 - I.571 - c.v. 11	1						1
CCC.919	Caturra 19/1 X H. T. 832/1					7		7
H.3074	CR X CCC. H.3005 - M.2388		12					12
H.3075	CR X CCC. H.3004 - M.2384		2					2
H.3076	CR X CCC. H.3004 - M.2382		1					1
H.3083	CR X CCC. H.3001 - Ar.1324		1					1
H.3084	CR X CCC. H.3001 - Ar.1323		3					3
H.3101	CCC. H.3001 - Ar.1324 - Pl.964 X Cy R		3					3
H.3102	CCC. H.3001 - Ar.1321 - Pl.1347 X Cy R - Ar.258		4					4
H.4075	Cy A - Pro.192 X (arab. X can.) - E1.522				8			8
H.4303	(Caturra -cv2 X BP.358 - EA.93) - ED.77 X Caturra				10			10
H.2213	Cy A - Pro.192 X (CA - L.1184 X N.197 - I.319) - Tr.1306		6					6
TOTAL		7	32	16	18	10	7	90

* = Mezcla de polen de varios árboles de la colección de variedades.

CA = Caturra amarillo CR = Caturra rojo Cy A = Catuai amarillo Cy R = Catuai rojo

H. T. = Híbrido de Timor

arab. = *Coffea arabica* can. = *Coffea canephora*

Se emplearon como testigo resistente la variedad Colombia y como testigo susceptible la variedad Caturra.

Procedimiento de campo. Los materiales estudiados se sembraron en cuatro experimentos en bloques divididos con dos factores en franjas (14). Cada tratamiento ocupó una parcela de 20 plantas, la mitad de la cual (subparcela), se localizó en una franja con control químico contra la roya y la otra mitad en una franja sin control.

En el presente trabajo se analiza la información recolectada en las franjas sin control de la enfermedad. En cada una de las 20 plantas por genotipo estudiadas en dos repeticiones se marcaron 10 pares de ramas, en el sector productivo. Estas ramas presentaban una porción con frutos en desarrollo que se recolectó en el segundo semestre (cosecha principal) y un segmento en diferenciación floral responsable

de la cosecha de “travesía”, recolectada durante el primer semestre del año siguiente. Sobre estas ramas, periódicamente se midió el progreso de la enfermedad y se estimó la proporción de defoliación.

Los experimentos se sembraron en 1995 (MEG0237) y en 1996 (MEG0238, 0239 y 0240). Los registros se tomaron entre junio de 1998 y mayo de 1999 en condiciones de epidemia severa de roya, particularmente en 1998, que estuvo favorecida por las altas temperaturas ocurridas durante el verano de enero y febrero de ese año ocasionadas por el evento cálido del Pacífico. Se hicieron cuatro lecturas en 1998 (junio a noviembre) y dos en 1999 (febrero a mayo).

Registros de campo. Se consideraron los siguientes:

Número de nudos, número de hojas y defoliación. En cada rama se registró el número de nudos (NN), el potencial de hojas (2NN) y el número de hojas presentes al momento de cada lectura (NHP).

El porcentaje de defoliación se estimó así:

$$\text{Número de hojas caídas (NHC)} = 2\text{NN} - \text{NHP}$$

$$\% \text{ de defoliación} = (\text{NHC}/2\text{NN}) \times 100$$

Incidencia de roya. El porcentaje de hojas afectadas por la enfermedad o incidencia, se calculó mediante la relación del número de hojas afectadas (NHA) y el número de hojas presentes (NHP) al momento de la evaluación.

$$\% \text{ de incidencia} = (\text{NHA}/\text{NHP}) \times 100$$

Análisis estadístico. Los totales de las 20 ramas estudiadas que caracterizan cada árbol, constituyeron la unidad experimental.

En los experimentos los genotipos se agruparon de acuerdo con su genealogía, con la finalidad de repartir la variación «Total (Árboles)», en «Genotipos» y «Árboles en genotipos». «Genotipos», en «Grupos de genotipos» y «Progenies en grupos de genotipos»; y estos últimos en «Progenies de cada grupo genealógico».

Por supuesto, los grupos con una sola progenie no tienen variación «dentro». Posteriormente, mediante una prueba de “F” se estableció la homogeneidad o heterogeneidad de los grupos de tratamientos a través de la epidemia y se observó si las progenies que conforman los grupos de genotipos difieren en las variables incidencia de roya y porcentaje de defoliación, y se decidió sobre su separación en resistentes o susceptibles.

Los genotipos con calificación intermedia se asumieron como susceptibles.

RESULTADOS Y DISCUSION

Progreso de la enfermedad y la defoliación.

En las Tablas 2, 4, 6 y 8, se presenta el progreso de la enfermedad y la defoliación en los genotipos estudiados sembrados en los experimentos MEG0237, 0238, 0239 y 0240. Se agrupan por su genealogía.

En las Tablas 3, 5, 7 y 9, se presentan los valores de la significancia de la varianza “dentro de grupos de genotipos” para las variables consideradas en las fechas de evaluación.

Las diferencias entre genotipos resistentes y susceptibles son evidentes en todos los casos, así: En el experimento MEG0237 (Tabla 2), las progenies que proceden de los híbridos CCC.919, H.3001, H.3004 y H.3029, son ejemplo de resistencia a la enfermedad. Con excepción de la progenie DN.293 que presenta un comportamiento intermedio con relación a la variedad Caturra, tanto en incidencia como en defoliación, las restantes progenies presentaron bajos niveles de infección por roya y un patrón de defoliación similar al de la variedad Colombia. Se calificaron como resistentes.

En la Tabla 3 se presenta el análisis de varianza de estas variables. Se observa que el grupo 1, conformado por 7 progenies de CCC.919, en la mayoría de los análisis resultó homogéneo para incidencia y heterogéneo para defoliación. Sin embargo, su discriminación no ofrece dificultad; son genotipos resistentes a la enfermedad. El grupo 2, integrado por 10 progenies del híbrido H.3001 y una del H.3004, fue heterogéneo en algunas las fechas. La observación del progreso de la enfermedad y la defoliación indican que la progenie DN.293, derivada del H.3004, resultó susceptible a la enfermedad. Los nueve restantes son resistentes.

El grupo 3, conformado por 4 progenies del híbrido H.3029, resultó homogéneo durante el

TABLA 2. Incidencia de roya (%) y proporción de defoliación medidas sobre genotipos del experimento - MEG0237. ¹

Grupo	Híbrido	Progenie	Incidencia de Roya				Porcentaje de defoliación							
			1998 ²		1999 ³		1998 ²		1999 ³					
			Jn	Jl	Oc	Nv	Mr	My	Jn	Jl	Oc	Nv	Mr	My
1	C.919	DR.1960	0,0	0,1	0,2	0,5	0,4	0,6	14,1	20,6	26,4	30,5	7,3	11,9
		DR.1970	0,0	0,0	0,1	0,2	0,5	0,5	10,8	16,0	22,1	28,1	7,8	13,2
		DR.2015	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,4	26,4	29,3	32,3	8,7	12,8
		DR.1948	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	9,5	14,5	20,7	25,8	7,1	10,5
		DR.1967	0,0	0,0	0,1	0,6	0,7	1,1	12,1	16,4	22,2	27,0	8,8	14,7
		DR.1965	0,1	0,2	0,7	0,7	0,8	1,2	12,8	17,9	25,0	30,9	11,7	15,5
		DR.1997	0,1	1,2	2,2	3,4	1,4	1,3	9,4	13,0	24,9	31,3	11,3	16,0
		Promedio	0,1	0,2	0,5	0,8	0,6	0,8	13,0	17,8	24,4	29,4	9,0	13,5
2	H.3001 H.3004	DT.17	0,0	0,1	0,1	0,6	0,8	0,4	12,7	16,6	27,5	35,8	19,4	25,5
		DT.169	0,0	0,1	0,1	0,6	0,3	0,1	7,8	14,2	30,5	39,3	22,6	29,9
		DT.301	0,1	0,4	3,0	2,6	0,6	0,1	6,3	12,3	26,2	38,6	19,3	24,6
		DT.310	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,0	4,6	11,7	29,6	39,3	15,1	20,7
		DT.270	0,0	0,2	0,4	0,8	0,1	0,0	13,0	18,8	26,2	35,4	13,7	21,7
		DT.207	0,1	0,3	2,0	4,6	0,9	0,5	5,9	13,1	26,9	37,8	15,6	22,3
		DN.142	0,0	0,1	1,0	2,3	0,9	0,6	10,9	17,4	27,4	36,2	20,9	28,2
		DT.208	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	10,1	25,4	34,8	13,3	18,3
		DT.360	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	11,2	24,8	34,6	13,1	18,2
		DT.274	0,0	0,1	0,1	0,2	0,7	0,2	12,5	18,2	28,9	35,5	21,0	26,6
		DN.293	0,1	1,1	9,2	16,5	1,3	0,5	13,4	17,6	31,8	45,9	24,4	29,6
Promedio	0,0	0,2	1,5	2,6	0,5	0,2	8,8	14,7	27,7	37,6	18,0	24,1		
3	H.3029	DT.77	0,0	0,6	3,7	5,8	1,0	0,6	3,4	10,1	28,2	37,2	19,9	25,8
		DT.78	0,0	0,3	3,5	5,4	1,5	0,6	6,4	12,3	29,4	40,7	22,9	31,5
		DN.85	0,0	0,0	0,3	1,3	0,3	0,0	8,2	13,9	26,8	36,5	24,1	28,8
		DT.76	0,0	0,1	1,5	3,5	0,9	0,6	6,2	18,5	27,7	37,9	25,7	31,3
		Promedio	0,0	0,2	2,2	4,0	0,9	0,4	6,1	13,7	28,0	38,1	23,1	29,3
4	Caturra	0,6	5,9	28,5	28,7	4,9	0,8	9,5	14,6	28,4	50,2	37,1	40,1	
5	Colombia	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	10,4	16,6	27,7	35,4	18,0	25,2	

¹ Fecha de siembra 30/11/1995

² 08/06/1998, 27/07/1998, 06/10/1998, 27/11/1998

³ 26/03/1999, 19/05/1999.

período de observaciones para incidencia. En algunas fechas mostró heterogeneidad para defoliación. Sin embargo, la comparación de las curvas de progreso con relación a los testigos Caturra y Colombia confirmó la discriminación como resistente del conjunto de progenies.

La agrupación de los 22 materiales estudiados en el experimento MEG0238 (Tabla 4), se

realizó así: 2 progenies F4RC1 de Cy X (C X N.197) del híbrido H.2213 (grupo 1), 8 progenies de (C X H. de T.) de generaciones F5, F6 y F7, procedentes de los híbridos H.3001, H.3004, H.3074 y H.3116 (grupo 2); 9 progenies F4 de retrocruzamiento de C X (C X H. de T.) de H.3074 y H.3084 (grupo 3), y 3 progenies F4RC1 de Cy X (arab. X can.) del híbrido H.4075 (grupo 4). El grupo 5, conformado por el testigo susceptible el cual se incluyó dos

TABLA 3. Significancia de la varianza dentro de grupos de genotipos para las variables incidencia de roya y defoliación medidas en tratamientos del experimento MEG 0237.

Fuente de variación	G.L.	Incidencia de roya						% de defoliación					
		1998				1999		1998				1999	
		Jn	Jl	Oc	Nv	Mz	My	Jn	Jl	Oc	Nv	Mz	My
Árboles (Total)	449	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	23	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Árboles en gen. (Error)	426	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	23	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Grupos de genotipos	4	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos	19	n.s.	n.s.	**	**	*	**	**	**	*	**	**	**
Progenies en													
Grupos de genotipos	19	n.s.	n.s.	**	**	*	**	**	**	*	**	**	**
En grupo 1	6	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	*	*	n.s.	n.s.
En grupo 2	10	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	**	**	**
En grupo 3	3	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	**

** : Significativo para P = 0,99 * : Significativo para P = 0,95 n.s.: No significativo

TABLA 4. Incidencia de roya (%) y proporción de defoliación medidas sobre genotipos del experimento MEG02.38¹

Grupos	Híbrido	Progenie	Incidencia de la roya						Porcentaje de defoliación					
			1998 ²				1999 ³		1998 ²				1999 ³	
			Jn	Ag	Sp	Oc	Fb	Ab	Jn	Ag	Sp	Oc	Fb	Ab
1	H.2213	HD.280	10,9	36,1	31,8	18,6	0,8	0,5	12,6	26,3	39,7	53,1	15,5	23,1
	H.2213	HD.509	14,4	42,1	36,3	17,0	0,3	0,2	11,8	29,5	45,7	60,3	20,1	27,9
		Promedio	12,6	39,1	34,0	17,8	0,6	0,3	12,2	27,9	42,7	56,7	17,8	25,5
2	H.3004	DQ.888	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	23,1	27,2	29,1	36,2	12,9	17,0
	H.3116	DI.148	0,1	0,7	4,2	7,2	4,6	7,5	15,2	20,0	22,5	31,7	15,4	18,9
	H.3001	DQ.354	12,4	26,3	28,3	12,0	2,5	2,7	18,6	36,7	48,8	64,7	16,7	22,8
	H.3001	DI.1374	1,4	6,1	10,2	16,7	2,9	3,9	19,5	28,1	36,2	56,1	16,3	23,5
	H.3001	DQ.247	0,1	1,0	1,2	1,0	0,7	0,9	20,1	26,5	30,7	43,6	13,9	21,1
	H.3005	DQ.387	0,0	0,1	0,9	1,4	2,4	3,7	21,7	24,1	26,3	35,3	13,0	16,5
	H.3001	DI.107	1,0	7,7	10,1	5,5	0,2	0,6	13,9	27,1	34,6	46,5	18,6	25,9
	H.3001	DI.653	36,4	57,7	50,2	27,0	0,4	0,4	30,4	52,3	64,2	76,4	20,3	25,1
		Promedio	6,4	12,5	13,1	8,9	1,7	2,5	20,3	30,3	36,6	48,8	15,9	21,4
3	H.3074	HJ.850	6,1	10,1	11,7	6,6	0,9	2,3	23,7	35,3	42,4	54,2	14,1	21,0
	H.3074	HJ.913	7,2	20,4	20,2	9,1	0,6	0,9	15,7	23,9	33,8	47,9	12,7	18,2
	H.3074	HJ.1081	0,0	0,8	2,7	1,4	0,0	0,0	11,7	15,8	20,5	36,9	12,9	19,8
	H.3074	HJ.473	0,3	3,9	6,0	3,5	0,4	0,5	29,1	33,5	39,1	52,7	12,6	17,2
	H.3074	HJ.962	9,1	14,9	12,1	5,8	1,2	2,5	15,3	27,4	36,5	48,5	11,8	15,3
	H.3074	HJ.348	11,2	23,9	24,0	10,8	0,5	0,5	24,7	38,5	49,6	62,4	14,9	21,1
	H.3074	HJ.60	45,0	75,7	65,3	46,2	3,9	1,1	19,6	44,7	66,0	80,7	39,4	41,0
	H.3084	HJ.1199	2,4	13,1	19,5	11,2	0,9	1,3	20,9	32,2	42,6	56,6	15,8	23,4
	H.3074	HJ.449	2,7	13,5	24,2	15,2	0,2	0,7	20,8	36,2	46,9	62,6	17,0	26,1
		Promedio	9,3	19,6	20,6	12,2	0,9	1,1	20,2	31,9	41,9	55,8	16,8	22,6
4	H.4075	HF.150	0,0	0,1	1,1	1,5	0,0	0,1	34,8	46,0	50,5	58,2	22,3	34,3
	H.4075	HF.270	0,0	0,2	1,8	1,7	0,0	0,0	21,9	34,8	39,6	50,9	20,8	31,6
	H.4075	HF.148	0,1	0,1	0,7	0,4	0,0	0,0	32,1	44,4	48,5	55,4	23,3	35,4
		Promedio	0,0	0,1	1,2	1,2	0,0	0,0	29,6	41,7	46,2	54,8	22,1	33,8
5	Caturra		46,5	53,9	42,5	20,3	0,7	1,1	16,5	45,6	61,0	71,7	21,9	25,6
	Caturra		42,0	61,0	52,3	30,3	1,4	0,5	23,6	50,3	66,2	78,9	25,9	29,1
	Promedio		44,3	57,5	47,4	25,3	1,1	0,8	20,0	47,9	63,6	75,3	23,9	27,4
6	Colombia		0,1	0,9	2,2	4,7	0,9	1,4	17,9	22,4	26,1	38,9	13,9	20,0

¹ Fecha se siembra 18/12/1996, ² 16/06/1998, 10/08/1998, 10/09/1998

³ 15/02/1999, 06/04/1999

veces y por tanto, permite medir la variación “dentro”. De la Tabla 4 se puede deducir que los derivados de H.2213 (grupo 1) en que participa la introducción N.197 de *C. arabica*, presentan un patrón de incidencia y defoliación similar al observado en el testigo Caturra. De los derivados de (C X H.T.) del grupo 2, las progenies DI.653, DI.1374, y DQ.354, fueron las únicas susceptibles del mismo.

Los tratamientos de C X (C X H. T.) del grupo 3, presentaron el comportamiento esperado: 2 susceptibles (HJ.60 y HJ.449), 3 intermedios entre susceptible y resistente (HJ.348, HJ.913 y HJ.1199); y 4 de reacción resistente (HJ.473, HJ.850, HJ.962 y HJ.1081). Todas las progenies del H.4075 (grupo 4), presentaron bajos niveles de infección durante el período de evaluación. El patrón de defoliación fue similar al observado en la variedad Colombia. Se calificaron como resistentes.

En la Tabla 5 se presentan los análisis de varianza, la significancia estadística y la homogeneidad de los grupos de genotipos en las diferentes fechas. Se deduce que las progenies de H.2213, fueron homogéneas en todas las lecturas y su discriminación como suscep-

tible es evidente. Se comportan igual que la variedad Caturra, tanto en incidencia como en defoliación. El grupo de genotipos de (C X H. T.), mostró heterogeneidad en todas las lecturas para las variables incidencia y defoliación. Tres genotipos susceptibles (DI.653, DI.1374 y DQ.354), los más afectados por la roya y por la defoliación, explican el comportamiento del grupo. Las restantes progenies fueron resistentes.

El grupo de progenies obtenidas por retrocruzamiento de C X (C X H. T.), mostró heterogeneidad en todas las fechas. Los genotipos HJ.60, HJ.348, HJ.449, HJ.913 y HJ.1199 se discriminaron como susceptibles; los restantes como resistentes.

Las progenies de Cy X (arab. X can.) del híbrido H.4075, fueron homogéneas en todas las fechas para incidencia y heterogéneas para defoliación en las lecturas de junio, agosto y septiembre. A pesar que la proporción de defoliación del grupo de progenies fue igual a la registrada en la variedad Caturra, los niveles de infección durante la epidemia fueron similares a los observados en los materiales resistentes. El agrupamiento de los 23 genotipos estudiados en el experimento MEG0239 se planeó así:

TABLA 5. Significancia de la varianza dentro de grupos de genotipos para las variables incidencia de roya y defoliación medidas en tratamientos del experimento MEG 0238.

Fuente de variación	G.L.	Incidencia de roya				% de defoliación							
		1998				1999		1999					
		Jn	Ag	Sp	Oc	Fb	Ab	Jn	Ag	Sp	Oc	Fb	Ab
Árboles (Total)	498	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Árboles en gen. (Error)	474	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Grupos de genotipos	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos	19	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Progenies en grupos de genotipos	19	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
En grupo 1	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
En grupo 2	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
En grupo 3	8	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	*
En grupo 4	2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
En grupo 5	1	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

** : Significativo para P = 0,99

* : Significativo para P = 0,95

n.s.: No significativo

8 progenies F4RC1 de Cy C X (C X H. T.) obtenidas de los híbridos H.3076, H.3101 y H.3102 (grupo 1); 5 genotipos de (C X H. T.) de generaciones F4 a F7, entre los cuales se incluyen las progenies DQ.226 y DI.599 previamente seleccionadas como testigos susceptibles (grupo 2); y 10 progenies F5RC1 de C X (C X can.) del híbrido H.4303 (grupo 3). El examen del progreso de la enfermedad y la defoliación (Tabla 6), muestra que las progenies obtenidas por la vía del retrocruzamiento (grupo 1) se separan en susceptibles (DI.1296, HJ.195, HJ.204 y HJ.427) y resistentes (DU.407, DU.415, DU.477, y DU.585). Este comportamiento refuerza la hipótesis acerca de la naturaleza cuantitativa de la resistencia del tipo incompleta presente en materiales de ese ori-

gen. Las progenies del grupo 2, de (C X H. T.), presentaron resistencia a la enfermedad. Los testigos susceptibles DQ.226 y DI.599 fueron afectados por la enfermedad de manera similar que la variedad Caturra, confirmándose el comportamiento anteriormente observado en experimentos finalizados.

Las progenies cuyo progenitor resistente procede de *C. canephora*, presentaron resistencia a la roya (grupo 3). Algunas progenies, GL.430 y GL.488, tuvieron proporciones de defoliación intermedia entre genotipos resistente y susceptible; sin embargo, debido a los bajos niveles de infección durante el período de observación, su calificación global como resistente no ofrece dificultad.

TABLA 6. Incidencia de roya (%) y proporción de defoliación medidas sobre genotipos del experimento MEG 0239. ¹

Grupos	Híbrido	Progenie	Incidencia de la roya				Porcentaje de defoliación								
			1998 2/				1999 3/		1998 2/				1999 3/		
			Jn	Ag	Sp	Nv	Mr	Ab	Jn	Ag	Sp	Nv	Mr	Ab	
1	H.3102	DU.407	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	5,6	8,1	10,6	25,6	8,0	11,7	
	H.3108	HJ.195	17,9	25,7	26,3	14,0	1,1	0,8	9,2	27,6	39,9	60,1	22,0	28,1	
	H.3101	DU.415	0,1	2,2	6,3	4,3	0,7	0,7	11,6	15,4	19,7	41,3	16,0	22,6	
	H.3076	DI.1296	17,6	19,4	18,9	5,7	0,7	0,4	11,6	31,5	42,7	60,2	17,2	25,6	
	H.3102	DU.477	0,0	0,1	0,2	0,5	0,2	0,3	7,7	10,4	12,7	24,7	7,3	11,3	
	H.3101	HJ.427	6,5	20,1	26,1	14,1	1,3	1,2	11,0	24,3	34,8	56,5	22,8	31,4	
	H.3101	HJ.204	3,5	14,4	21,2	13,8	1,2	1,0	9,4	18,0	28,0	51,7	14,0	22,4	
	H.3102	DU.585	0,0	0,3	0,8	4,1	0,5	1,3	10,3	11,9	15,3	32,1	11,5	15,0	
			Promedio	5,7	10,3	12,5	7,1	0,7	0,7	9,5	18,4	25,5	44,0	14,8	21,0
	2	H.3001	DQ.299	0,4	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0	9,3	14,3	18,8	35,0	11,3	16,7
H.3029		DI.599	52,8	49,8	45,2	33,2	7,9	5,7	23,0	48,2	59,6	71,6	21,1	26,4	
H.3005		HD.629	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	17,3	22,6	43,0	15,5	21,8	
H.3001		DQ.226	45,3	52,8	45,9	26,9	3,7	2,5	16,8	39,7	54,0	72,2	26,0	29,7	
H.3005		HD.180	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	9,2	12,7	33,9	8,0	15,3	
			Promedio	19,7	20,6	18,3	12,0	2,3	1,7	13,6	25,7	33,5	51,1	16,4	22,0
3	H.4303	GL.488	0,0	0,7	2,0	2,5	0,1	0,1	16,7	27,7	37,5	55,7	24,4	34,0	
	H.4303	GL.434	0,0	0,6	3,3	7,0	2,4	2,5	9,2	11,7	14,7	32,6	12,9	16,8	
	H.4303	GL.454	0,1	1,1	5,0	4,0	1,2	0,6	18,3	21,3	24,9	40,7	17,2	23,6	
	H.4303	GL.363	0,0	0,4	3,2	4,3	1,0	0,9	5,9	11,4	16,9	38,9	16,6	21,7	
	H.4303	GL.451	1,6	3,4	6,4	6,7	1,8	2,0	12,1	17,3	20,3	38,7	15,4	19,6	
	H.4303	GL.313	0,0	0,1	0,9	2,2	0,4	0,4	11,5	13,2	16,0	31,3	11,0	14,6	
	H.4303	GL.484	0,8	2,6	4,4	3,3	0,4	0,5	9,3	13,5	17,3	33,1	13,3	18,2	
	H.4303	GL.391	0,0	1,1	0,8	0,2	0,0	0,0	8,4	13,7	18,4	38,9	13,0	18,6	
	H.4303	GL.449	0,0	0,1	0,7	2,2	0,5	0,6	7,5	11,4	14,7	31,6	9,5	13,0	
	H.4303	GL.430	1,3	2,6	4,5	3,1	0,0	0,0	22,1	30,0	37,2	53,8	22,4	30,1	
		Promedio	0,4	1,3	3,1	3,5	0,8	0,8	12,1	17,1	21,8	39,5	15,6	21,0	
4		Colombia	0,8	1,3	2,3	1,5	0,3	0,5	14,2	19,8	24,8	42,8	11,3	18,6	
5		Caturra	65,2	66,2	54,3	36,3	2,2	0,8	14,0	48,2	65,0	79,7	29,9	31,3	

¹ Fecha de siembra 05/12/1996

² 26/06/1998, 20/08/1998, 21/09/1998, 20/11/1998

³ 03/03/1999, 21/04/1999

La Tabla 7 muestra la significancia estadística y la varianza dentro de grupos de genotipos a través del progreso de la enfermedad, en el experimento MEG0239. Las progenies derivadas por retrocruzamiento de los híbridos H.3076, H.3101 y H.3102, mostraron heterogeneidad en la mayoría de las lecturas, confirmando así la discriminación presentada anteriormente.

El grupo de progenies de los híbridos H.3001, H.3005 y H.3029 resultó heterogéneo en todas las lecturas. El comportamiento de los testigos susceptibles DQ.226 y DI.599, caracterizado por altas proporciones de incidencia y defoliación, explica la variación dentro del grupo. Los restantes genotipos de (C X H. T.) se comportaron como resistentes. Los derivados de H.4303 fueron heterogéneos en la mayoría de las fechas de evaluación, tanto en incidencia como en defoliación. Los bajos niveles de infección observados durante el progreso de la enfermedad confirman su calificación como resistentes.

En el experimento MEG0240 se evalúan 23 progenies provenientes de diferentes cruza- mientos así: 10 progenies F4RC1 de C X (C X H. T.) de los híbridos H.3074, H.3075, H.3076,

H.3083 y H.3084 (grupo 1); 4 progenies de (C X H. T.) de generaciones F4 a F7 derivadas de los híbridos H.3001, H.3004 y H.3029 (grupo 2); 4 genotipos de Cy X (C X N.197) del híbrido H.2213 (grupo 3); 4 progenies F5RC1 de Cy X (arab. X can.) del híbrido H.4075 (grupo 4); y el grupo 5, del cual hacen parte 2 testigos susceptibles a la enfermedad (DQ.168 y Caturra). Los valores de incidencia de roya y proporción de defoliación se presentan en la Tabla 8. La separación de los genotipos que integran los diferentes grupos como resistente o susceptible, no ofrece dificultad y se describe así:

Los genotipos DI.545, HJ.288 y HJ.730, obtenidos por retrocruzamiento a Caturra, fueron calificados como susceptibles. Como resistentes, las progenies DI.698, HD.248, HD.553, HJ.115, HJ.480, HJ.902 y HJ.910. Este resultado es análogo al encontrado en otros experimentos en materiales del mismo origen. Los derivados de (C X H. T.) fueron susceptibles, con excepción de la progenie DQ.632, confirmando los resultados de la selección previa conducida en otros experimentos en los cuales se discriminaron como tal.

Las progenies de H.2213, poseen como característica de interés la producción abun-

TABLA 7. Significancia de la varianza dentro de grupos de genotipos para las variables incidencia de roya y defoliación medidas en tratamientos del experimento MEG 0239.

Fuente de variación	G.L.	Incidencia de roya						% de defoliación					
		1998				1999		1998				1999	
		Jn	Ag	Sp	Nv	Mz	Ab	Jn	Ag	Sp	Nv	Mz	Ab
Árboles (Total)	485	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Árboles en gen. (Error)	461	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Grupos de genotipos	4	**	**	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos	20	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos de genotipos	20	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
En grupo 1	7	**	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**
En grupo 2	4	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
En grupo 3	9	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

** : Significativo para P = 0,99

* : Significativo para P = 0,95

n.s.: No significativo

TABLA 8. Incidencia de roya (%) y proporción de defoliación medidas sobre genotipos del experimento MEG 0240.¹

Grupos	Híbrido	Progenie	Incidencia de la roya				Porcentaje de defoliación							
			1998 2/				1999 3/		1998 2/				1999 3/	
			Jn	Ag	Sp	Nv	Fb	Ab	Jn	Ag	Sp	Nv	Fb	Ab
1	H.3075	HD.248	0,0	0,0	0,0	1,1	0,5	0,7	15,7	19,5	23,5	38,7	16,6	22,8
	H.3075	HD.553	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,3	17,9	21,2	24,4	40,9	10,3	19,2
	H.3084	HJ.288	4,3	15,7	18,5	10,2	1,0	1,1	12,6	33,2	43,6	59,5	13,9	24,2
	H.3084	HJ.902	0,3	1,2	2,4	4,1	0,6	1,7	14,5	19,9	25,7	48,0	8,8	13,5
	H.3084	HJ.480	0,3	3,6	4,9	2,9	0,4	0,6	14,9	22,8	29,5	52,9	8,9	14,8
	H.3084	HJ.115	2,9	4,8	8,4	6,2	0,6	1,1	14,9	29,9	36,6	52,4	12,6	24,9
	H.3074	HJ.910	0,1	5,3	9,8	9,5	0,7	1,0	18,8	27,1	36,6	58,0	8,8	15,1
	H.3083	DI.698	3,1	8,2	6,8	4,1	0,1	0,1	26,5	45,4	51,4	61,8	17,6	29,6
	H.3074	HJ.730	1,0	11,3	17,4	15,0	3,3	2,7	15,2	28,0	39,8	62,0	13,4	21,0
	H.3076	DI.545	13,1	13,9	13,0	7,3	0,5	0,2	18,5	37,2	46,0	65,6	13,6	24,7
		Promedio	2,5	6,4	8,1	6,1	0,8	0,9	17,0	28,4	35,7	54,0	12,4	21,0
2	H.3001	DQ.632	2,8	8,7	11,2	6,5	0,4	0,4	27,0	42,1	49,1	62,3	18,6	27,4
	H.3004	DQ.218	3,1	19,0	19,0	10,1	0,3	0,3	17,3	32,3	42,9	59,0	13,4	18,5
	H.3029	DI.25	55,0	52,3	49,2	31,1	2,1	1,6	41,7	64,2	72,4	80,4	20,4	29,1
	H.3001	DQ.751	13,0	17,0	13,7	7,2	0,4	0,3	33,6	51,1	58,2	69,2	17,2	28,1
			Promedio	18,5	24,3	23,3	13,8	0,8	0,6	29,9	47,5	55,6	67,7	17,4
3	H.2213	HD.505	28,4	46,4	38,2	22,3	0,3	0,0	23,2	48,4	59,8	71,0	19,2	28,5
	H.2213	HD.264	41,1	49,9	42,8	20,6	0,7	0,2	31,1	54,9	66,6	78,4	30,8	37,9
	H.2213	HD.279	23,5	36,6	31,9	16,0	0,2	0,2	26,6	49,3	59,1	70,1	22,2	31,4
	H.2213	HD.271	21,2	50,5	45,9	22,9	0,8	0,3	19,4	39,8	55,9	71,1	23,2	31,4
			Promedio	28,5	45,9	39,7	20,4	0,5	0,2	25,1	48,1	60,4	72,6	23,9
4	H.4075	HF.145	0,8	6,6	10,3	7,5	0,5	0,2	35,8	45,6	52,1	63,3	30,3	42,2
	H.4075	HF.262	0,2	0,5	1,9	1,5	0,0	0,0	27,8	37,8	42,4	56,2	26,0	38,0
	H.4075	HF.193	0,1	1,1	3,1	1,8	0,3	0,1	33,4	43,1	49,3	60,5	24,7	38,3
	H.4075	HF.149	0,2	3,6	5,8	4,7	0,0	0,0	38,4	48,3	52,4	61,7	25,2	37,8
			Promedio	0,3	2,9	5,3	3,9	0,2	0,1	33,9	43,7	49,0	60,4	26,6
5	H.3001	DQ.168	58,5	55,6	47,2	32,3	3,0	1,4	30,4	57,4	68,6	79,5	32,4	34,8
		Caturra	55,6	61,5	53,1	32,9	1,3	0,6	22,1	50,5	66,1	80,1	25,8	30,3
		Promedio	57,0	58,6	50,1	32,6	2,2	1,0	26,2	53,9	67,3	79,8	29,1	32,5
6		Colombia	0,4	2,2	4,1	3,6	3,0	2,3	11,9	17,6	23,1	44,4	10,4	19,4

¹ Fecha de siembra 12/12/1996

² 19/06/1998, 13/08/1998, 14/04/1999

³ 24/02/1999, 14/04/1999.

dante de follaje, asociada con alto vigor en sus plantas; fueron catalogadas como susceptibles a la roya, un comportamiento similar se observó en materiales de la misma procedencia en experimentos finalizados.

Las progenies F5RC1 que se derivan del híbrido H.4075 en el cual participa una planta de *C. canephora* como progenitor fueron resistentes a la enfermedad.

En la Tabla 9 se presenta la significancia estadística y las varianzas dentro de grupos de progenies de los materiales estudiados en el experimento MEG0240. Los análisis de varianza

mostraron heterogeneidad en los tres primeros grupos considerados y homogeneidad en los dos últimos. La discriminación en susceptibles y resistentes se confirmó en todos los casos.

Progreso de la enfermedad en las variedades Caturra y Colombia.

En la variedad Caturra. En el experimento MEG 0237 de fecha de siembra más antigua (noviembre de 1995), la epidemia de roya registrada durante el período junio a noviembre/98, coincidió con la fase progresiva de la enfermedad (parte ascendente de la curva de progre-

TABLA 9 Significancia de la varianza dentro de grupos de genotipos para las variables incidencia de roya y defoliación medidas en tratamientos del experimento MEG 0240.

Fuente de variación	G.L.	Incidencia de roya						% de defoliación					
		1998				1999		1998				1999	
		Jn	Ag	Sp	N v	Fb	Ab	Jn	Ag	Sp	Nv	Fb	Ab
Árboles (Total)	495	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Árboles en gen. (Error)	471	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Genotipos	24	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Grupos de genotipos	5	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos	19	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Progenies en grupos de genotipos	19	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
En grupo 1	9	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
En grupo 2	3	**	**	**	**	*	n.s.	**	**	**	**	**	**
En grupo 3	3	**	**	**	**	n.s.	n.s.	**	**	**	**	**	**
En grupo 4	3	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**	*	n.s.	n.s.
En grupo 5	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	**	**	n.s.	n.s.	**	*

** : Significativo para P = 0,9

* : Significativo para P = 0,95

n.s. : No significativo

so), sin alcanzar durante el mismo los valores máximos de infección. El porcentaje de incidencia varió entre 0,6 en junio, 5,9 en julio, 28,5 en octubre y 28,7% en noviembre.

La proporción de defoliación durante el mismo período fue: 9,5 en junio, 14,6 en julio, 26,4 en octubre y 50,2% en noviembre, confirmando que el progreso de la roya y la defoliación son simultáneos sobre genotipos susceptibles. En los experimentos (MEG0238, 0239 y 0240), de fecha de siembra más reciente (diciembre de 1996), los registros de campo concordaron con el nivel máximo de infección seguido del período de declinación de la enfermedad (parte descendente de la curva de progreso). Los porcentajes de infección de los tres experimentos, variaron en promedio entre 55,0 en junio, 61,7 en agosto (nivel máximo), 54,4 en septiembre, y 31,5% en noviembre. La defoliación acumulada fluctuó entre 20,1 en junio y 78,3% en noviembre.

En la variedad Colombia. En el experimento MEG 0237, la epidemia de roya ocurrida entre junio y noviembre de 1998 únicamente alcanzó la fase de primeros síntomas de la enfermedad,

previos a la etapa de crecimiento progresivo de la curva. Los niveles de infección durante ese período, fluctuaron entre 0,0 y 0,1%. La defoliación acumulada varió entre 10,4 en junio y 35,2% en noviembre. En los otros tres experimentos el progreso de la enfermedad mostró un comportamiento similar: se registraron promedios en junio de 0,4; en agosto de 1,5; en septiembre de 2,2 y en noviembre de 3,3%. La defoliación varió de 14,7 en junio a 42,0% en noviembre. Aunque la variedad Colombia sufrió defoliación creciente ésta es muy lenta y retrasada, en comparación con la variedad Caturra. Lo anterior se debe atribuir a causas diferentes de la roya tales como la edad de la hoja y el efecto mecánico de la recolección de la cosecha.

Eskes (12), identificó una importante fuente de resistencia incompleta a la roya en la variedad Kouillou de *C. canephora*, la cual posteriormente, fue estudiada por Cadena (5) en el Brasil. Este investigador, comparó plantas de esta variedad con plantas de la variedad de Mundo Novo de *C. arabica* caracterizada por su elevada susceptibilidad a *H. vastatrix*, y encontró que la defoliación asociada con la

susceptibilidad a la enfermedad es el aspecto principal que diferencia estas dos variedades.

La conclusión aportada por Cadena (5), posteriormente corroborada por Castillo y Alvarado (6) a partir de evaluaciones de campo en derivados de Caturra X Híbrido de Timor, en comparación con testigos susceptibles y resistentes a la enfermedad, confirman que la incidencia y la defoliación consecuente progresan simultáneamente y además, se inician tempranamente en genotipos con marcada susceptibilidad a la misma cuando se les compara con materiales resistentes.

Trabajos realizados por Castillo y Alvarado (6), permitieron concluir que en derivados de Caturra X Híbrido de Timor el contraste entre materiales resistentes y susceptibles es evidente, ya que la enfermedad se desarrolla con notable retraso en los genotipos resistentes en aproximadamente 4 a 6 meses, con relación a los susceptibles. Observaron que el testigo variedad Colombia, que posee resistencia completa, sufre defoliación creciente similar a la de los genotipos resistentes pero lenta y retrasada en comparación con los susceptibles. Concluyeron que las diferencias en defoliación con relación a la variedad Colombia pueden emplearse como un criterio útil para estimar la resistencia en materiales con resistencia incompleta a la roya. En tanto que, la proporción de hojas afectadas por la roya (incidencia) en la variedad Caturra constituye un índice adecuado del desarrollo del patógeno en la planta; la defoliación es un efecto de ese desarrollo. De manera que la incidencia y la defoliación progresan simultáneamente y se inician muy precozmente con relación a los genotipos resistentes y a la variedad Colombia. Las diferencias entre las dos variedades, en cuanto la proporción de infección y de defoliación durante el progreso de la enfermedad, son muy notables y constituyen un criterio útil para estimar la resistencia de materiales con resistencia incompleta a *H. vastatrix*.

Defoliación. En todos los experimentos analizados, se comprobó que existe una relación directa entre la incidencia de la enfermedad y la proporción de hojas caídas. Así, la defoliación en materiales susceptibles tenía 13,4% en junio y se incrementó exponencialmente hasta 67,9% en noviembre, tal como se puede observar en la Figura 1. Los genotipos resistentes, siguieron un patrón de defoliación similar, pero con un retraso muy importante, hasta de 4 meses, como se aprecia en las gráficas de los cuatro experimentos en la Figura 1.

La consecuencia de esta defoliación precoz en los materiales susceptibles es que los frutos que se encuentran en pleno desarrollo entre junio y septiembre están soportados por ramas severamente defoliadas por efecto de la enfermedad, en tanto que los genotipos resistentes conservan una proporción alta de sus hojas en las ramas donde se localizan los frutos. El efecto de la resistencia consiste en mantener las hojas necesarias para el llenado de los frutos de la cosecha actual y en emitir nuevo crecimiento vegetativo sobre el cual se formarán las futuras cosechas. Las notables diferencias entre los valores de la defoliación registrados en las mismas fechas entre las variedades Caturra y Colombia, y de ésta última con los genotipos evaluados, constituyen un criterio útil para estimar la resistencia en materiales poseedores de resistencia incompleta, como inicialmente lo postuló Cadena (5).

Efecto de la enfermedad sobre el desarrollo vegetativo. A través de la medida de la proporción de hojas afectadas por la roya (incidencia), se dispone de un índice adecuado del progreso de la enfermedad. Ya se discutió que la defoliación es uno de los efectos de ese desarrollo, y se comprobó que en los genotipos susceptibles, cuando la enfermedad afecta aproximadamente el 50 a 60% de las hojas (Figura 1), la incidencia se estabiliza antes de alcanzar la fase de descenso de la misma. Es posible que el incremento de la severidad coin-

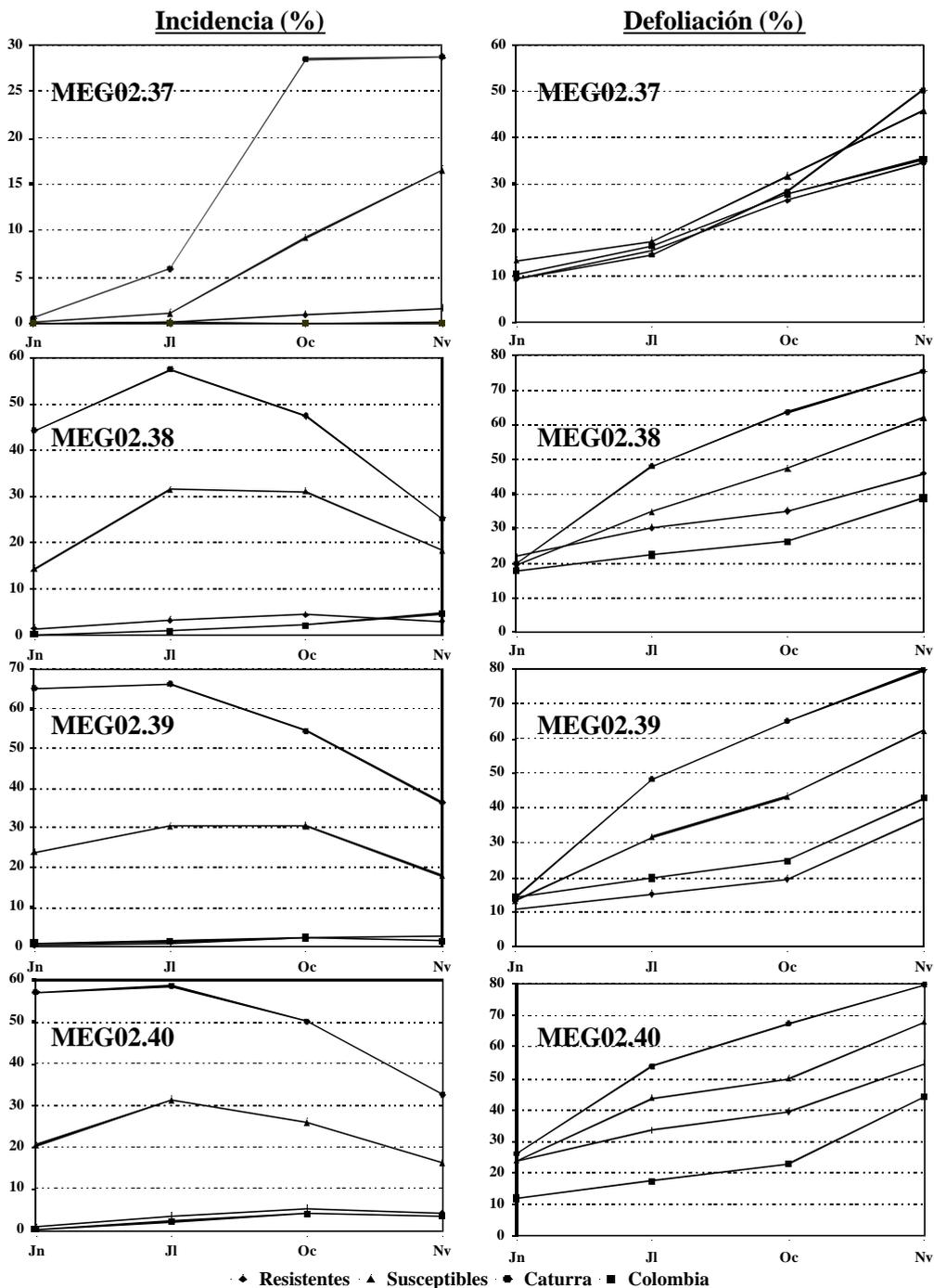


Figura1. Incidencia de la enfermedad y defoliación consiguiente, en progenies resistentes y susceptibles a la r o y a . Como referencia variedad Caturra (susceptible) y variedad Colombia (resistencia completa).

cida con la caída de las hojas. De la misma gráfica se aprecia la simultaneidad del progreso de la enfermedad y la defoliación.

Discriminación en genotipos resistentes y susceptibles. En la Tabla 10 se resume la discriminación de los genotipos en resistente o susceptible por su reacción a *H. vastatrix*,

como resultado del seguimiento del progreso de la enfermedad y la defoliación, ya discutido. La resistencia referida en esta investigación es del tipo incompleto que se caracteriza por una prolongada dilación en el inicio de la epidemia y una baja tasa de progreso de la enfermedad, cuando se le compara con el testigo susceptible, la variedad Caturra.

TABLA 10. Resistencia incompleta de genotipos de café a la roya en materiales evaluados en cuatro experimentos de campo. Resumen de resultados.

Cruzamiento	Nº de progenies	Reacción a <i>H. vastatrix</i>		% de resistentes
		Resistentes	Susceptibles	
(C X H. T.)	40	30	10	75,0
C X (C X H. T.)	20	11	9	55,0
(C X H. T.) X Cy	7	4	3	57,1
Cy X (C X N.197)	6	0	6	0
Cy X (arab. X can.)	7	7	0	100,0
(C X can.) X C	10	10	0	100,0
Totales	90	62	28	68,9

LITERATURA CITADA

- ALVARADO A., G.; CASTILLO Z., J. Progreso de la roya del cafeto sobre genotipos resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*. Cenicafé 47(1): 42-52. 1996.
- ALVARADO A., G.; CORTINA G., H. Comportamiento agronómico de progenies de híbridos triploides de *C. arabica* var. Caturra X (Caturra X *C. canephora*). Cenicafé 48 (2): 73-91. 1997.
- ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.; MORENO R., G. Efecto depresivo de *Hemileia vastatrix* en la producción de genotipos de café con diferentes niveles de resistencia incompleta derivada del Híbrido de Timor. Cenicafé 51(3): 224-237. 2000.
- BROWNING., J.A.; SIMONS., M.D.; TORRES., E. Managing host genes: Epidemiologic and genetic concepts. In: Plant Disease - An Advances Treatise. Vol. 1, Horsfall., J.G. and Cowling., E.B., Eds., New York, Academic Press. 1977. Chap.
- CADENAG., G. Expresión de resistencia horizontal a la roya (*Hemileia vastatrix*) en la variedad Conilón (*Coffea canephora*). Bogotá, Universidad Nacional de Colombia
- CASTILLO Z., J.; ALVARADO A., G. Resistencia incompleta de genotipos de café a la roya bajo condiciones de campo en la región central de Colombia. Cenicafé 48(1): 40-58. 1997.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 1994 – 1995. Chinchiná, Cenicafé, 1995. p. 56.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 1995 – 1996. Chinchiná, Cenicafé. 1996. p. 84-85.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 1996 – 1997. Chinchiná, Cenicafé. 1997. p. 72-73.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual

- Instituto Colombiano Agropecuario. 1978. 198 p (Tesis: Magister Science).

- de actividades 1997 – 1998. Chinchiná, Cenicafé. 1998. p. 85-86.
11. CENTRONACIONALDEINVESTIGACIONESDECAFÉ. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Resumen del informe anual de actividades 1998 – 1999. Chinchiná, Cenicafé. 1999. pp 101-102.
12. ESKES., A.B. Resistance. *In*: Kushalappa., A.C.; ESKES., A.B. Coffee Rust: Epidemiology, resistance, and management. Boca Ratón, Florida, CRC Press. 1989. P. 171 - 191.
13. RILEY, R. Genetic changes in hosts and the significance of disease. *Annals of Applied Biology* 75:128-132. 1973.
14. STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 ed. Bogotá, Mc. Graw – Hill Latinoamericana. 1985. 622 p.
15. VANDERPLANK, J.E. Disease resistance in plants. New York, Academic Press. 1968. 206p.
16. VANDERPLANK, J.E. Disease resistance in plants. 2 ed., New York, Academic Press. 1984. 194p.