

EFFECTO DEPRESIVO DE *Hemileia vastatrix* EN LA PRODUCCIÓN DE GENOTIPOS DE CAFÉ CON DIFERENTES NIVELES DE RESISTENCIA INCOMPLETA DERIVADA DEL HÍBRIDO DE TIMOR

Gabriel Alvarado-Alvarado*, Hernando Cortina-Guerrero*, Luis Germán Moreno-Ruiz*

RESUMEN

ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.; MORENO R., L.G. Efecto depresivo de la roya (*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.

Se evaluaron 42 progenies F4, F5 y F6 de (C x H. de T.), en cuanto a mantenimiento de la productividad en presencia de la roya. También una progenie de un cruce que incluye la introducción F-502. Las progenies se agruparon según su genealogía y mediante la partición ortogonal de sumas de cuadrados se estableció la homogeneidad o heterogeneidad de los grupos. Se midió el progreso de la enfermedad y la defoliación y se separaron las progenies en resistentes y susceptibles mediante la escala de Eskes-Braghini. La diferencia entre la producción obtenida por las progenies en parcelas con y sin control de roya con relación a la parcela con control de la enfermedad, registrada en períodos de alta epidemia, permitió medir las pérdidas en producción ocasionadas por la roya. Se definieron los períodos de alta epidemia cuando en las parcelas de var. Caturra sin control de la enfermedad, transcurridos 60 días de la floración principal hubo infección superior al 20%. La calificación de las progenies en susceptibles o resistentes mostró coincidencia en 33 de 42 casos (78,6%), cuando se analizó el progreso de la enfermedad y la defoliación con relación a la separación obtenida al medir el efecto de la enfermedad sobre el potencial productivo de las mismas. Siete genotipos calificados como susceptibles (altos niveles de infección y defoliación), fueron indiferentes al efecto de la roya sobre la producción (posible tolerancia) y dos progenies catalogadas como resistentes (bajos niveles de infección y defoliación), presentaron pérdidas en producción. Se identificaron 29 progenies resistentes y 14 susceptibles.

Palabras claves: Café, *Hemileia vastatrix*, resistencia incompleta, producción, control de roya, variedad Caturra, variedad Colombia, derivados del Híbrido de Timor

ABSTRACT

Fourty-two progenies F4, F5 and F6 of (C x H. de T.), and the progeny of a cross including introduction F-502, were evaluated in terms of productivity with rust infection. Progenies were grouped according to genealogy and group homogeneity or heterogeneity was established by orthogonal partitioning of sum of squares. Disease progress and defoliation were measured, and progenies were classified as resistant or susceptible using the Eskes-Braghini scale. The difference between the yield obtained with progenies in plots with and without rust control as compared to plots with control of disease, registered in periods of high epidemics, allowed measurement of yield losses caused by rust. Periods of high epidemics were defined when plots with cv. Caturra without disease control had infection higher than 20%, after the main flowering. Classification of progenies as susceptible or resistant corresponded in 33 of 42 cases (78.6%) when disease progress and defoliation was analyzed in relation to the classification made based on effect on yield potential. Seven genotypes classified as susceptible (high levels of infection and defoliation) showed no effect of rust on yield (possible tolerance) and two progenies classified as resistant (low levels of infection and defoliation) showed yield losses. Twenty-nine resistant and 13 susceptible progenies were identified.

Keywords: Coffee, *Hemileia vastatrix*, incomplete resistance, production, rust control, Caturra cultivar, Colombia cultivar, Híbrido de Timor.

* Investigador Científico II, Investigador Científico I e Investigador Principal I, respectivamente. Mejoramiento Genético. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

La roya del café, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, afecta las hojas y causa defoliación, lo cual reduce el crecimiento e indirectamente, afecta la capacidad de producción de cerezas. La magnitud de su daño depende de las condiciones ambientales, de la edad de la planta, del estado de desarrollo de los frutos, de la respuesta del genotipo, de la severidad de la epidemia (7, 9).

La severidad, a su vez, varía marcadamente de año en año, lo que genera la impresión de que carece de importancia económica y que da igual cultivar variedades susceptibles o resistentes. Sin embargo, cuando el clima es favorable a la enfermedad y la cosecha es abundante, la roya ocasiona graves mermas en la producción (4, 11, 12).

Los ataques previos o inmediatamente posteriores a los periodos de floración principal son los más perjudiciales, ya que ocasionan defoliaciones tempranas que afectan el llenado del grano. A partir de esta observación se ha establecido una relación directa entre los niveles de infección registrados durante el período del llenado de los frutos y la reducción en la producción de cerezas (11). El crecimiento de los frutos se detiene produciendo semillas de poco peso y mal aspecto; el desarrollo vegetativo de la planta se retrasa, y también la producción del año siguiente se afecta negativamente (4, 10, 11).

En la región cafetera central, la producción de la variedad Caturra (susceptible), luego de la aparición de la roya en Colombia en 1983 fue inferior al promedio de la variedad Colombia (con resistencia completa) en 11, 30 y 33% en las cosechas subsiguientes, recolectadas durante el período 1984 a 1986 (3).

Información reciente de veinte experimentos, en los cuales se comparó la producción en la variedad Caturra con y sin control de la enfermedad durante el período 1990 a 1999, mostró que la producción acumulada fue inferior en las parcelas sin control de la enfermedad

entre 11 y 21%, con promedio de 14,6%, en Cenicafé, en condiciones de la Estación Central Naranjal localizada en el municipio de Chinchiná (1).

Numerosos ensayos conducidos en diferentes regiones de la zona cafetera colombiana, muestran que las pérdidas ocasionadas por la enfermedad han alcanzado hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas cuando se cultivan variedades susceptibles (Típica, Borbón y Caturra), (11).

De otra parte, la respuesta de resistencia o susceptibilidad de la población de plantas a la enfermedad constituye uno de los factores más importantes de la estabilidad de la producción en presencia del patógeno. En el país se cultivan variedades con resistencia completa a la roya como la variedad Colombia, susceptibles como Caturra y se está estudiando una serie de genotipos derivados de (C x H.T) que poseen diferentes grados de resistencia parcial o incompleta derivada del Híbrido de Timor. Es importante medir el efecto depresivo de la roya sobre el germoplasma de café con resistencia incompleta, para establecer el daño que sufrirían genotipos con resistencia completa del mismo origen, cuando las razas compatibles del hongo los ataquen.

Los materiales analizados en la presente investigación y que se derivan del Híbrido de Timor, poseen resistencia incompleta, caracterizada por una marcada dilación en el inicio de la epidemia (hasta de 4 a 5 meses con relación al testigo: variedad Caturra) y una baja tasa de progreso de la enfermedad (2, 5). Puede suponerse que una baja frecuencia de infección y un prolongado período de latencia sean responsables de estas características (14).

En esta investigación se buscó definir una relación entre los niveles de resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*, preestablecidos por medio de la medida periódica del progreso de la enfermedad y la defoliación, con el efecto depre-

sivo de la roya sobre la producción. Este efecto se determinó mediante la diferencia entre la producción obtenida en parcelas tratadas y no tratadas con control químico contra roya, con relación a la producción en ausencia de roya, registrados en ciclos de cosecha en condiciones de alta epidemia. Dichos períodos se identificaron cuando los niveles de infección del testigo Caturra fueron mayores al 20%, transcurridos 60 días de la floración principal, y se requiere de control químico para evitar pérdidas en la producción de esta variedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se adelantó durante los años de 1988 a 1995 en la Estación Central de Cenicafé, Naranjal, a una altitud de 1.400m. Durante los experimentos la temperatura media fue de 21°C, el promedio de la precipitación fue de 2612mm anuales distribuidos en 238 días, el brillo solar medio de 1.817 horas/año y la humedad relativa media del 78%. La clasificación ecológica corresponde a la de bosque húmedo tropical y está localizada en el Ecotopo 206A.

Materiales estudiados. En dos experimentos se estudiaron 43 progenies, 42 de ellas de generaciones F3, F4, F5 y F6 que tienen el Híbrido de Timor como uno de los progenitores (Tablas 1 y 2). En estas progenies, el Híbrido de Timor participa en cruzamiento simple con la variedad Caturra en 29 de ellas, en 11 en retrocruzamiento a Caturra o Catuay, y en 2 en cruzamientos dobles. Una progenie procede de un cruzamiento complejo (H.2094) que incluye el F-502 como progenitor resistente (Tabla 2).

De las progenies estudiadas, 25 habían sido calificadas previamente como resistentes y 18 como susceptibles, a través de la medida del progreso de la enfermedad, la defoliación (5), y debido a la calificación de incidencia y severidad de la roya mediante la escala de Eskes-

Braghini (6) (Tablas 1 y 2). Dentro del conjunto de progenies F5 y F6, catalogadas como resistentes, 6 provienen en generación F3 del progenitor A.192, 11 del A.293, 1 del A.206, 1 del B.1276 y 1 del B.1105. Las cinco progenies restantes eran de generación F3.

Tres de las progenies susceptibles provenían en F3, del progenitor A.222, 1 del A.206 que segregó en resistente y susceptible, 3 de sendos progenitores de la misma generación; y las 11 progenies restantes eran F3 de diferentes progenitores F2 (Tablas 1 y 2). El cruzamiento H.2094, tuvo como fuente de resistencia la introducción F.502, selección del café Kent. La planta F3 AN.620, es un segregante susceptible a la raza II de *H. vastatrix* (Tabla 2).

Diseño experimental. Se sembraron dos experimentos de bloques divididos, con dos factores en franjas y tres repeticiones (13). Cada genotipo ocupó una parcela de 20 plantas, la mitad de la misma, la subparcela, se ubicó en una franja con control químico contra la roya y la otra mitad en una franja sin control de la enfermedad.

En el primer experimento se evaluaron 20 progenies derivadas de 12 híbridos simples y de retrocruzamiento, en los que participa el Híbrido de Timor. Se incluyeron dos tratamientos de variedad Caturra como testigo susceptible, dos de variedad Colombia y uno del Nr.437 como testigos con resistencia completa (Tabla 1).

En el segundo experimento se evaluaron 23 progenies procedentes de 7 híbridos; en seis de ellos participa el Híbrido de Timor y en uno la introducción F.502. Se sembraron como testigos las variedades Caturra y Colombia (Tabla 2).

La subparcela constituida por 10 plantas efectivas y dos de borde, se tomó como unidad experimental. En los extremos de cada subparcela se sembraron tres plantas de la variedad Caturra, y cada experimento se bordeó con tres surcos de la misma variedad.

TABLA 1. Genealogía y clasificación de progenies de acuerdo a su reacción a la roya, según el porcentaje de incidencia de roya y defoliación, en el experimento MEG0203.

Híbrido	F2	F3	F4	Reacción a la roya 1/
H.3001	PL.1378	A.293	Nr.41 Nr.287 Nr.359 Nr.621	Resistente “ “ “
H.3073	AW.3033 AW.2891 AW.2683			Susceptible Resistente “
H.3076	AW.2610			“
H.3077	AW.2809 AW.2875			Susceptible “
H.3082	AW.2884			“
H.3083	AW.3053			Resistente
H.3109	AW.2831 AW.2863 AW.2865			Susceptible Resistente Susceptible
H.3004	PL.2221	AW.2551		Susceptible
H.3029	AY.2552			“
H.3042	AU.2365			“
H.3056	AU.2335			“
H.3116	AT.1730			“
TESTIGOS:	Variedad Caturra Variedad Colombia		Nr.437	Susceptible Resistencia Completa Resistencia Completa

1/ De acuerdo con la significación ($P = 0,01$) de las varianzas dentro de grupos de progenies, al evaluar las variables defoliación e incidencia de roya en períodos de alta epidemia.

H.3001: CA*-cv1 X H. de T. I-572-cv2
H.3004: CA*-L.572 X H. de T**
H.3029: CR*-M.1661 X H. de T.-I.568
H.3042: (CA* X Ennarea)-Tr.1715 X H. de T.
H.3056: (CR* X Villalobos)-Tr.1223 X H. de T.
H.3073: CR* x (CR* X H. de T.)-M.2393
H.3076: CR* X CCC. H.3004-M.2382
H.3077: CR* X CCC. H.3004-M.2379
H.3082: CR* X CCC. H.3001-Ar.1325
H.3083: CR* X CCC. H.3001-Ar.1324
H.3109: CCC. H.3001-Ar.1321-Pl.1328 X CyR*
H.3116: CA* X H. de T.-I.571-cv.11

*CA = Caturra Amarillo; CR = Caturra Rojo; CyR = Catuay Rojo

**H. de T. = Híbrido de Timor, mezcla de polen de la colección de variedades.

TABLA 2. Genealogía y clasificación de progenies de acuerdo a su reacción a la roya, según el porcentaje de incidencia de roya y defoliación, en el experimento MEG0205.

Híbrido	F3	F4	F5	Reacción a la roya 1/
H.3001	A.192	Pr.64	BI.51	Resistente
			BI.53	“
			BI.54	“
			BI.56	“
			BI.60	“
			BI.625	“
H.3001	A.293	Lb.490	BI.71	Resistente
			BI.73	“
			BI.74	“
			BI.76	“
			BI.78	“
		Nr.157	BH.122	“
		Nr.160		“
H.3001	A.222	Cn.169	BI.68	Susceptible
			BI.69	“
			BI.499	“
H.3001	A.206	Rs.409	BI.107	Susceptible
		Rs.428	BI.120	Resistente
H.3004	B.1276			Resistente
H.3005	B.1026			Susceptible
	B.1104			Susceptible
	B.1105			Resistente
H.2094	AN.620			Susceptible
TESTIGOS:	Variedad Caturra			Susceptible
	Variedad Colombia			Resistencia Completa

1/ De acuerdo con la significación ($p = 0,01$) de las varianzas dentro de grupos de progenies, al evaluar las variables defoliación e incidencia de roya en períodos de alta epidemia.

H.3001: CA*-cv.1 X H. de T.I.572-cv.2

H.3004: CA*-L.572 X H. de T.**

H.3005: CR*-L.420 X H. de T.**

H.2094: H.71***-M.1599 X F.502-A.2550

*CA = Caturra Amarillo; CR = Caturra Rojo

**H. de T. = Híbrido de Timor, mezcla de polen de los árboles de la colección de variedades.

***H.71: CR*-Mr.1198 X Mundo Novo-cv.1.

Manejo de campo. Los experimentos MEG0203 y MEG0205, se sembraron en mayo y diciembre de 1988, respectivamente, a una distancia de 1 metro entre plantas y 2 metros entre surcos. Éstos iniciaron su fase productiva en 1990, en el primero y segundo semestre, respectivamente. La fertilización se planeó y ejecutó de acuerdo con los análisis de suelos. El manejo de las arvenses se realizó con el empleo de la guadañadora y el Selector de arvenses, de acuerdo con las recomendaciones técnicas de Cenicafé.

El control de roya consistió en aplicaciones cada 45 días, de una mezcla de un fungicida sistémico y otro protector, que aseguraran muy bajos niveles de infección en las franjas con control. Se realizaron las demás labores culturales requeridas por el cultivo.

Variables evaluadas. Se evaluó la producción como el peso total anual de frutos maduros cosechados y se registró en kilogramos de café cereza/planta-año, por unidad experimental (subparcela). En el año se hicieron de 18 a 20 recolecciones. La producción se midió durante el período de julio/90 a junio/94 y se expresó en arrobas de café pergamino seco por hectárea-año.

Análisis de la información. Se analizaron los registros de la producción de cada año (julio – junio), y mediante el análisis de varianza, se estableció la significancia estadística de las fuentes de variación, en particular de la interacción genotipo x control. Se seleccionaron los años de cosecha en los cuales el nivel de infección en la variedad Caturra – 60 días después de la floración principal - era mayor al 20%, y la magnitud de la interacción genotipo x control estadísticamente significativa.

La producción en el MEG0203 se empezó a registrar a partir de julio/90 cuando la plantación tenía 25 meses de edad, correspondiendo con la primera cosecha de “tamaño normal” (julio/90 a junio/91).

En el MEG0205, los registros de la producción se iniciaron a los 17 meses de edad (julio/90) y en el período julio/90 a junio/91 se recolectaron los “primeros graneos”, y la primera cosecha normal durante julio/91 a junio/92; para el análisis estadístico se ponderó como un solo valor la producción del período julio/90 a junio/92.

El efecto de la roya sobre los genotipos susceptibles y resistentes se estimó por la diferencia entre la producción de las parcelas con control y sin control, con relación a la producción con control, y se expresó como porcentaje de pérdida.

Para corroborar la clasificación hecha previamente de las progenies como susceptibles o resistentes (2, 5, 6) se descompuso la suma de cuadrados de las fuentes de variación “interacción genotipo X control” y “control”, en sumas de cuadrados con un grado de libertad atribuidos a cada progenie y se evaluó su significancia. Aquellos genotipos con contribución significativa a la interacción se catalogaron susceptibles, los que no, se consideraron resistentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la roya sobre la producción. En los Anexos 1 y 2, se presenta la producción con y sin control por progenie y por año, durante el período de epidemia severa considerado y la producción acumulada de cuatro cosechas. En la Tabla 3 se observa la significancia estadística para las fuentes de variación “genotipos, control e interacción genotipo x control”, en las cosechas estudiadas y en el promedio anual para los dos experimentos. Se expresa en arrobas de café pergamino seco por hectárea y por año (@ cps/ha - año). Los resultados muestran diferencias significativas entre progenies en ambos experimentos en todos los años y en el promedio de las cuatro cosechas estudiadas.

Al comparar la producción de las progenies resistentes y susceptibles –promedio de cuatro cosechas, y del período de epidemia severa seleccionado -, se encontró, en el experimento MEG02.03, que las progenies resistentes tuvieron una producción similar con y sin control de roya: 101,5 y 96,9%, respectivamente, para los períodos de cosecha mencionados. En las progenies susceptibles se redujo la producción en 12,6 y 20,3%. Las progenies resistentes y susceptibles protegidas con control químico durante los mismos períodos, produjeron 99,6 y 99,7%. Esto significa que las diferencias en la producción están asociadas con la susceptibilidad a la roya.

Comportamiento similar mostraron las progenies del experimento MEG0205, las resistentes rindieron igual en presencia y ausencia de roya: 100% en la producción acumulada y 99,0% en el período de epidemia fuerte analizado. Las progenies susceptibles en presencia de la enfermedad mostraron mermas en producción de 6,6 y 13,4%, respectivamente, para los períodos de producción analizados.

No se observaron diferencias significativas en la fuente de variación “control de roya”, ni en las cosechas anuales con excepción de la registrada durante el período 1990-91, del experimento MEG0203, ni en el promedio de las 4 cosechas (Tabla 3). Este comportamiento puede deberse, por una parte, a que no en todos los años la epidemia de roya es severa, y por la otra, a que la mayoría de las progenies se ven poco afectadas por la enfermedad, debido a la resistencia incompleta que poseen, razón por la cual la disminución global de la producción del experimento es mínima. La interacción GxC, fue significativa en la cosecha julio/90 a junio/91, y en el promedio de las cuatro en el experimento MEG0203, y en las cosechas julio/90 a junio/92, julio/92 a junio/93 y julio/93 a junio/94, en el experimento MEG0205 (Tabla 3).

Durante los períodos de producción estudiados, en condiciones de epidemia severa (julio/90 a junio/91 en el experimento MEG02.03 y julio/90 a junio/92, en el MEG0205) el progreso de la roya y la defoliación coincidió con el desarrollo de los frutos en los genotipos susceptibles; así,

TABLA 3. Significancia entre genotipos, control químico de roya e interacción Genotipo x Control (G x C), medidas en cosechas anuales y en el período acumulado.

Expto. MEG	Cosecha (Año)	Entre Genotipos	Control VS Sin Control	GxC	C.V (%)	Producción (sin control)	
						1/	2/
02.03	1990-1991	**	*	*	9,5	491,4	91,7
	1991-1992	**	n.s.	n.s.	9,9	472,0	101,6
	1992-1993	**	n.s.	n.s.	18,0	317,6	96,9
	1993-1994	**	n.s.	n.s.	18,7	344,2	97,6
	1990-1994	**	n.s.	*	7,8	406,3	96,6
02.05	1990-1992	**	n.s.	*	6,8	654,1	93,6
	1992-1993	**	n.s.	*	11,6	576,5	104,7
	1993-1994	**	n.s.	*	10,6	638,8	98,8
	1990-1994	**	n.s.	n.s.	6,5	553,4	97,8

n.s.: No significativo

*: Significativo para P=0,95, **: Significativo para P = 0,99

1/ : @ cps /ha-año

2/ : % con relación a la producción de la parcela con control de roya.

entre abril y junio la incidencia superó al 60% de las hojas. En contraste, en los materiales resistentes la enfermedad se inició con más de cuatro meses de retraso con relación a los susceptibles, y el crecimiento de frutos y ramas ocurrió con bajos niveles de infección y defoliación en el mismo período, lo que explica las notables diferencias en producción entre genotipos susceptibles y resistentes.

De los materiales estudiados, el 81,4% de ellos en presencia de la roya tuvieron una producción media estadísticamente similar a la de las variedades Colombia y Caturra, esta última con control químico de roya. El 87,5% de las

progenies seleccionadas como susceptibles, en ausencia de control químico de la enfermedad presentaron una producción estadísticamente inferior con relación a los testigos variedad Colombia y Caturra con control de roya; además, fueron de manera precoz las más afectadas por la roya y la defoliación.

La Tabla 4 presenta el efecto de la roya sobre cada genotipo y su contribución a la suma de cuadrados de la interacción genotipo x control, del experimento MEG0203. Solamente las progenies AW.2884, AW.2831, AY.2552, AU.2365 y AU.2335, contribuyeron significativamente a la interacción y en conjunto, explican 55,22%

TABLA 4. Examen de la interacción Genotipo x Control (G x C) para la producción de julio/90 a junio/91. Experimento MEG0203.

Progenitor	Efecto de Roya 1/	Suma de cuadrados	Contribución a la S.C. (%)
AW.2551	-0,08	0,00	0,00 n.s.
AW.2683	-0,32	0,02	0,06 n.s.
AW.2865	0,45	0,03	0,12 n.s.
AW.2809	0,41	0,03	0,10 n.s.
AW.2891	0,45	0,03	0,12 n.s.
Nr.621	-0,56	0,05	0,18 n.s.
Nr.287	0,65	0,07	0,25 n.s.
AW.2610	0,72	0,09	0,31 n.s.
Nr.41	-0,81	0,11	0,39 n.s.
AT.1730	-1,26	0,26	0,94 n.s.
Nr.359	1,48	0,37	1,29 n.s.
AW.2875	2,01	0,67	2,38 n.s.
AW.2863	2,08	0,72	2,55 n.s.
AW.3053	2,29	0,87	3,10 n.s.
AW.3033	2,46	1,01	3,57 n.s.
AY.2552	3,21	1,72	6,10 **
AW.2831	3,67	2,24	7,94 **
AW.2884	4,28	3,05	10,80 **
AU.2365	4,34	3,14	11,10 **
AU.2335	5,72	5,45	19,28 **
V. Caturra	3,40	1,93	6,81 **
V. Caturra	5,80	5,61	19,82 **
V. Colombia	0,67	0,07	0,26 n.s.
V. Colombia	0,91	0,14	0,49 n.s.
Nr.437	-1,89	0,60	2,10 n.s.

1/ kg de cereza (subparcela con control - subparcela sin control)

n.s. No significativo

* Significativo para P=0,95

** Significativo para P=0,99

de la misma. Los testigos Caturra, mayormente afectados por la enfermedad, contribuyeron en 26,63% de la interacción. Así, entre estos genotipos y los testigos Caturra explicaron el 81,85% de la magnitud de la interacción. Todos habían sido clasificados como susceptibles, pero al evaluar la disminución en el promedio de la producción acumulada ésta estuvo entre 23,0% y 3,6%. Esta última para el AW 2831 puede considerarse sin importancia. Hubo además otros genotipos como el AW 2809 que habiendo sido clasificados previamente como susceptibles mediante otras variables diferentes a las pérdidas en producción, al analizar esta última, no resultó afectada por la enfermedad.

La Tabla 5, presenta la descomposición de la suma de cuadrados de la interacción genotipo x

control (G x C), del experimento MEG0205. Los genotipos BI.51, BI.73, Nr.160, BI.68, BI.499, BI.107, B.1026, B.1104 y AN.620, contribuyeron significativamente a la misma y, en conjunto, explican el 78,49% de la magnitud de la interacción. El testigo Caturra contribuyó en 4,55% a la misma. Estas progenies y la variedad Caturra representan el 83,04% de su valor.

De estos resultados vale destacar que dos genotipos, AU.2335 y AN.620, son responsables del 19,28% y el 20,34%, de la interacción en sus respectivos experimentos (Tablas 4 y 5); esta última progenie -AN.620- no descende del Híbrido de Timor.

Al comparar la discriminación en genotipos resistentes y susceptibles a través de los dos

TABLA 5. Examen de la interacción Genotipo x Control (G x C) para la producción de Julio/90 a Junio/92. Experimento MEG0205.

Progenitor	Efecto de Roya 1/	Suma de Cuadrados	Contribución a la S.C. (%)
B.1276	0,27	0,01	0,02 n.s.
BI.120	-0,37	0,02	0,04 n.s.
BI.60	-0,37	0,02	0,04 n.s.
B.1105	0,40	0,03	0,05 n.s.
BI.625	-0,68	0,08	0,14 n.s.
BI.56	0,75	0,09	0,17 n.s.
BI.76	-0,75	0,09	0,17 n.s.
BI.74	1,01	0,17	0,30 n.s.
BH.1226	1,14	0,22	0,38 n.s.
BI.53	-1,41	0,33	0,59 n.s.
BI.54	2,79	1,30	2,29 n.s.
BI.71	3,37	1,89	3,35 n.s.
BI.69	3,45	1,98	3,51 n.s.
BI.78	3,47	2,01	3,55 n.s.
BI.68	3,55	2,10	3,71 *
BI.107	4,09	2,79	4,93 *
BI.499	4,16	2,88	5,10 *
BI.51	4,64	3,59	6,34**
Nr.160	4,82	3,87	6,84 **
B.1104	5,48	5,00	8,85 **
BI.73	4,97	4,12	7,28 **
B.1026	7,16	8,54	15,10 **
AN.620	8,31	11,51	20,34 **
V. Caturra	3,93	2,57	4,55 *
V. Colombia	-2,85	1,35	2,39 n.s.

1/ kg. de cereza (subparcela con control - subparcela sin control)

n.s. No significativo

* Significativo para P=0,95

** Significativo para P=0,99

procedimientos de medida de la resistencia, por un lado, progreso de la roya y la defoliación consecuente, y por otro, el efecto depresivo de la enfermedad en la producción, sucedieron dos eventos: coincidieron los resultados obtenidos por los dos criterios de selección y hubo discordancia entre la separación como resistente por el primer criterio y susceptible por el efecto depresivo en la producción; o viceversa (Tablas 6 y 7). El primer caso significa acierto en la separación de los genotipos cuando se califican como resistente o susceptible de acuerdo con los criterios de selección considerados. En el segundo evento, la ocurrencia de genotipos aparentemente suscepti-

bles, caracterizados por presentar altos niveles de incidencia de roya y defoliación, pero sin efecto depresivo en la producción, podrían asimilarse a la “tolerancia” a la enfermedad. Finalmente, los genotipos que por el primer procedimiento se calificaron como resistentes, pero resultaron sensibles al efecto de la enfermedad sobre la producción, sugieren la necesidad de seleccionarlos conjuntamente por los dos criterios señalados.

Los resultados indican que se coincidió en la calificación de la resistencia en 33 de 43 progenies evaluadas a través de los dos criterios de la selección. En siete de las restantes se encontró

TABLA 6. Discriminación de los genotipos en resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*, mediante la medida del progreso de la enfermedad y la defoliación; y por el efecto depresivo en la producción. Experimento MEG0203.

Progenitor	Progreso de la enfermedad			Efecto en la producción		Coincidencia en la calificación de la resistencia
	Incidencia (%) ^{1/}	Defoliación (%) ^{1/}	Reacción a <i>H. vastatrix</i> ^{2/}	Pérdidas (%) ^{3/}	Reacción a <i>H. vastatrix</i> ^{4/}	
AW.2551	0,7	29,5	Susceptible	0,0	Resistente	No
AW.2683	9,9	11,4	Resistente	0,0	Resistente	Si
AW.2865	15,1	28,2	Susceptible	2,2	Resistente	No
AW.2809	4,3	29,8	Susceptible	2,0	Resistente	No
AW.2891	2,8	18,9	Resistente	1,9	Resistente	Si
Nr.621	0,3	13,9	Resistente	0,0	Resistente	Si
Nr.287	3,1	16,0	Resistente	2,8	Resistente	Si
AW.2610	0,9	10,7	Resistente	3,4	Resistente	Si
Nr.41	0,1	11,2	Resistente	0,0	Resistente	Si
AT.1730	4,0	31,6	Susceptible	0,0	Resistente	No
Nr.359	1,3	10,8	Resistente	6,8	Resistente	Si
AW.2875	12,2	23,3	Susceptible	10,4	Resistente	No
AW.2863	7,7	26,7	Resistente	10,1	Resistente	Si
AW.3053	0,4	22,1	Resistente	11,7	Resistente	Si
AW.3033	2,9	37,0	Susceptible	11,2	Resistente	No
AY.2552	25,4	53,2	Susceptible	15,2	Susceptible	Si
AW.2831	14,3	36,2	Susceptible	15,3	Susceptible	Si
AW.2884	14,4	46,0	Susceptible	19,9	Susceptible	Si
AU.2365	6,3	9,2	Susceptible	23,9	Susceptible	Si
AU.2335	24,7	25,5	Susceptible	29,7	Susceptible	Si
V. Caturra	26,2	43,8	Susceptible	24,6	Susceptible	Si
V. Caturra	18,9	38,2	Susceptible	17,3	Susceptible	Si
V. Colombia	0,0	20,2	Res. completa	0,0	Res. Completa	Si
V. Colombia	0,1	21,1	Res. completa	0,0	Res. Completa	Si
Nr.437	0,0	13,9	Res. completa	0,0	Res. Completa	Si

1/ Registro hecho 60 días posteriores a la floración principal.

2/ Contrastes ortogonales – Progreso de la roya y la defoliación.

3/ (Producción con control - producción sin control)x100/producción con control.

4/ Según contribución significativa a la interacción genotipo x control.

TABLA 7. Discriminación de los genotipos en resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*, mediante la medida del progreso de la enfermedad y la defoliación; y por el efecto depresivo en la producción. Experimento MEG0205.

Progenitor	Progreso de la enfermedad			Efecto en la producción		Coincidencia en la calificación de la resistencia
	Incidencia (%) ^{1/}	Defoliación (%) ^{1/}	Reacción a <i>H. vastatrix</i> ^{2/}	Pérdidas (%) ^{3/}	Reacción a <i>H. vastatrix</i> ^{4/}	
B.1276	0,0	15,6	Resistente	0,7	Resistente	Si
BI.120	0,5	6,3	Resistente	0,0	Resistente	Si
BI.60	2,3	2,6	Resistente	0,0	Resistente	Si
B.1105	1,9	4,6	Resistente	0,9	Resistente	Si
BI.625	3,4	4,4	Resistente	0,0	Resistente	Si
BI.56	1,0	4,2	Resistente	1,8	Resistente	Si
BI.76	1,4	7,6	Resistente	0,0	Resistente	Si
BI.74	0,3	16,5	Resistente	2,6	Resistente	Si
BH.1226	3,7	18,8	Resistente	3,4	Resistente	Si
BI.53	1,7	4,1	Resistente	0,0	Resistente	Si
BI.54	1,9	3,9	Resistente	6,1	Resistente	Si
BI.71	1,2	8,7	Resistente	8,2	Resistente	Si
BI.69	51,6	51,0	Susceptible	8,5	Resistente	No
BI.78	3,0	17,2	Resistente	8,4	Resistente	Si
BI.68	69,8	62,3	Susceptible	9,3	Susceptible	Si
BI.107	16,1	23,9	Susceptible	11,0	Susceptible	Si
BI.499	56,8	60,3	Susceptible	10,6	Susceptible	Si
BI.51	3,0	4,0	Resistente	10,3	Susceptible	No
Nr.160	3,4	13,5	Resistente	11,6	Susceptible	No
B.1104	48,3	32,6	Susceptible	13,9	Susceptible	Si
BI.73	1,5	8,0	Resistente	12,3	Susceptible	No
B.1026	34,3	48,8	Susceptible	20,6	Susceptible	Si
AN.620	33,4	40,4	Susceptible	24,3	Susceptible	Si
V. Caturra	59,9	62,4	Susceptible	10,5	Susceptible	Si
V. Colombia	0,1	8,1	Res. completa	0,0	Res. Completa	Si

1/ Registro hecho 60 días posteriores a la floración principal.

2/ Contrastes ortogonales – Progreso de la roya y la defoliación.

3/ (Producción con control - producción sin control)x100/producción con control.

4/ Según contribución significativa a la interacción genotipo x control.

indiferencia al efecto depresivo de la enfermedad en la producción a pesar de haber sido catalogadas como susceptibles (posible tolerancia).

El comportamiento de los testigos fue el esperado: susceptibilidad en Caturra, con altos valores de incidencia y defoliación y pérdidas estadísticamente significativas en la producción: 17,9% en períodos de epidemia severa y 12,7% en la acumulada de cuatro cosechas. La variedad Colombia y la progenie Nr.437, con resistencia completa a *H. vastatrix*, mostraron baja

defoliación e indiferencia al efecto de la enfermedad en la producción. En materiales con resistencia completa las producciones registradas en las franjas con control y sin control de roya fueron estadísticamente similares.

Resulta evidente que la proporción de hojas afectadas por la roya es un índice adecuado del desarrollo del patógeno en la planta, y que la defoliación es un efecto de ese desarrollo; de modo que existe una clara relación entre estas variables (5). En los materiales analizados, se

encontró que las diferencias entre los genotipos resistentes y susceptibles son evidentes; en los susceptibles, la enfermedad progresa muy rápido y coincide con el desarrollo de los frutos y con la emisión y nuevo crecimiento de las ramas en las cuales se producirá otra cosecha, 18 meses más tarde (2, 5). En contraste, en los genotipos resistentes, la enfermedad se desarrolla con más de cuatro meses de retraso permitiendo que el crecimiento y desarrollo de frutos y ramas ocurran con muy bajos niveles de enfermedad y defoliación. La expresión de este tipo de resistencia incompleta en derivados del Híbrido de Timor, retrasando el inicio de las epidemias y reduciendo notoriamente su tasa de progreso, explica la estrecha relación que existe entre la infección y la defoliación ocurridas durante el período de desarrollo de los frutos y la disminución en la producción (2, 5).

La caracterización simultánea de la resistencia por la medida del progreso de la enfermedad y la defoliación consecuente, y por el efecto depresivo sobre la producción, medida en períodos de epidemia severa de *Hemileia vastatrix*, permite la selección exitosa de los genotipos resistentes y susceptibles y, dentro de éstos últimos, la identificación de posibles casos de tolerancia a la enfermedad.

LITERATURA CONSULTADA

- ALVARADO A., G. Informe de progreso proyecto "Selección por resistencia a la roya del café 1996-97". Chinchiná, Cenicafé, 1997. 88 p.
- ALVARADO A., G.; CASTILLO Z., J. Progreso de la roya del cafeto sobre genotipos resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*. Cenicafé 47 (2): 42-52. 1996.
- CASTILLO Z., J. Problema de campo en la Variedad Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 1989. 6 p.
- CASTILLO Z., J. La Variedad Colombia, una contribución a la sostenibilidad y competitividad de la caficultura colombiana. Ciencia y Tecnología 13 (2): 32-35. 1995.
- CASTILLO Z., ALVARADO A., G. Resistencia incompleta en café a *Hemileia vastatrix* en condiciones de campo en la región central de Colombia. Cenicafé 48 (1): 40-58. 1997.
- CORTINA G., H.; ALVARADO A., G. Análisis de datos provenientes de escalas de campo para seleccionar por resistencia incompleta - el caso café - roya (*Hemileia vastatrix*). Fitopatología Colombiana 18 (2): 78-83. 1994.
- ESKES, A.B. Resistance. In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. eds. Coffee rust: Epidemiology, resistance, and management. Boca Ratón, Florida, CRC Press, 1989. p. 171-291.
- ESKES, A.B.; CARVALHO, A. Variation for incomplete resistance to *Hemileia vastatrix* in *Coffea arabica*. Euphytica 32:625-634. 1983.
- KUSHALAPPA, A.C. Biology and epidemiology. In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A. B. eds. Coffee Rust: Epidemiology, resistance and management. Boca Ratón, Florida, CRC Press, 1989. p. 13-80
- MONACO, L.C. Consequences of the introduction of coffee leaf rust into Brazil. Annals of the New York Academic of Science. 287: 57-71. 1977.
- RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V., L.F. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. Cenicafé, Boletín Técnico No. 19. 1999. 36p.
- SIERRA S., C.A., MONTOYA R., E.C. Control de la roya del cafeto con base en niveles de infección y su efecto en la producción. Cenicafé 46 (2): 69-80. 1996.
- STEEL, R.G.D.; -TORRIE, J. H. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2.ed. Bogotá, Mc Graw-Hill Latinoamericana. 1985. 622 p.
- VANDERPLANK, J.E. Disease resistance in plants. New York, Academic Press, 1968. 206p.

ANEXO 1. Producción media (@ de cps/ha-año) en presencia (sin control) y ausencia de roya (con control), en progenies de (C x H. de T.). Experimento MEG0203.

Progenitor	Reacción a roya	Período de cosecha							
		Jl 90 – Jn 91 1/				Jl 90 - Jn 94 2/			
		Con control		Sin control		Con control		Sin control	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
AW.2551	R	544,8	23,5	546,9	31,5	431,8	13,3	446,1	28,0
AW.2683	“	550,4	24,9	558,9	18,0	394,0	20,8	385,9	24,7
AW.2865	“	533,6	22,5	521,6	23,2	397,5	25,8	375,8	19,8
AW.2809	“	537,6	25,0	526,7	30,7	397,1	20,3	410,4	23,2
AW.2891	“	629,6	19,9	617,6	20,1	495,4	15,7	473,8	19,2
Nr.621	“	474,4	28,2	489,3	20,8	424,1	22,6	466,7	15,5
Nr.287	“	598,4	24,1	581,1	24,8	490,5	20,5	472,7	22,7
AW.2610	“	541,6	32,1	522,4	27,4	390,0	27,1	396,6	21,4
Nr.41	“	516,8	23,2	538,4	21,9	448,3	24,9	503,0	19,2
AT.1730	“	611,2	23,0	644,8	32,1	403,1	28,7	417,8	35,7
Nr.359	“	549,6	31,2	510,1	27,6	429,0	24,0	425,0	36,8
AW.2875	“	500,0	26,7	446,4	32,4	413,8	24,4	392,5	28,1
AW-2863	“	548,8	14,3	493,3	22,8	401,0	17,2	390,0	25,4
AW.3053	“	499,2	25,5	438,2	30,2	401,6	27,1	417,6	23,6
AW.3033	“	568,8	25,2	503,2	23,2	406,2	29,7	349,4	28,6
AY.2552	S	562,4	31,4	476,8	36,4	475,2	19,5	430,8	21,6
AW.2831	“	638,4	18,8	540,5	19,7	441,4	14,5	421,2	14,4
AW.2884	“	575,2	24,8	461,1	28,9	452,0	18,6	382,0	25,3
AU.2365	“	445,6	29,4	329,9	44,8	356,2	28,4	308,2	36,6
AU.2335	“	496,0	20,0	343,4	42,3	366,3	19,0	297,5	28,7
Caturra	S	500,7	30,7	410,1	32,4	397,3	23,8	325,6	36,4
Caturra	“	629,6	26,6	474,9	32,5	477,0	17,0	416,5	22,3
Colombia	R. Completa	405,6	43,7	387,7	33,8	369,7	33,6	380,7	31,5
Colombia	“	441,6	39,4	417,3	31,3	400,0	27,2	391,0	25,8
Nr.437	“	501,6	19,7	552,0	29,9	459,1	18,9	480,7	22,8

1/ Epidemia severa
2/ Medio de 4 cosechas
CV(%) Coeficiente de variación
R Resistencia
S Susceptible

ANEXO 2. Producción media (@ cps/ha-año) en presencia (sin control) y ausencia de roya (con control), en progenies de (C x H. de T.). Experimento MEG0205.

Progenitor	Reacción a roya	Período de cosecha							
		Jl 90 – Jn 92 1/				Jl 90 - Jn 94 2/			
		Con control		Sin control		Con control		Sin control	
		Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)	Media	CV (%)
B.1276	R	695,0	24,1	690,1	30,0	560,0	23,8	559,2	28,5
BI.120	“	656,8	19,5	663,3	16,3	517,2	18,9	550,5	17,9
BI.60	“	776,7	17,8	783,3	18,9	621,1	16,0	635,7	17,2
B.1105	“	740,6	14,8	733,5	26,9	603,4	12,9	607,1	24,0
BI.625	“	718,9	22,6	731,0	22,4	595,2	17,6	626,5	21,4
BI.56	“	744,9	20,4	732,8	21,9	630,7	20,6	644,1	22,5
BI.76	“	644,8	27,3	658,1	29,9	560,7	22,2	584,7	23,0
BI.74	“	687,8	23,1	669,9	20,6	576,2	21,9	542,4	19,0
BH.1226	“	587,4	27,0	567,1	34,9	519,4	23,8	513,6	27,4
BI.53	“	786,0	18,2	811,1	20,6	656,5	16,6	689,7	21,1
BI.54	“	812,1	22,7	762,5	21,1	657,3	17,8	631,7	21,0
BI.71	“	728,4	22,0	668,5	29,5	573,1	19,3	578,9	28,9
BI.69	“	708,1	15,0	646,8	21,8	532,7	14,4	493,7	22,4
BI.78	“	728,4	21,8	790,1	16,3	565,1	21,9	548,9	18,6
BI.68	S	674,7	28,5	611,6	23,5	521,9	19,1	482,0	21,0
BI.107	“	647,3	27,5	574,6	33,8	535,0	20,3	507,1	27,5
BI.499	“	690,3	19,5	616,3	19,7	511,8	16,8	520,0	19,1
BI.51	“	802,0	26,2	719,5	24,5	667,0	20,1	623,3	18,2
Nr.160	“	735,8	23,4	650,1	33,7	575,3	19,6	538,6	26,7
B.1104	“	693,7	22,5	596,2	25,1	519,9	19,0	446,7	26,2
BI.73	“	715,7	25,7	627,4	23,2	557,5	26,8	576,5	18,9
B.1026	“	612,1	26,1	514,6	35,5	475,2	26,3	392,5	36,0
AN.620	“	578,0	36,2	430,3	35,0	484,3	26,2	426,8	27,2
var. Caturra	S	671,5	31,8	601,6	28,5	552,5	23,5	505,7	26,7
var. Colombia	R Compl.	635,7	20,5	686,4	25,4	582,0	14,1	605,8	22,2

1/ Epidemia severa
2/ Media de 4 cosechas
CV (%) Coeficiente de variación
R Resistente
S Susceptible