

PRODUCCION DE UNA SELECCION RESISTENTE A LLAGA MACANA *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst) Hunt. CON RELACION A LAS VARIEDADES TIPICA Y BORBON

Jaime Castillo-Zapata*

RESUMEN

El cáncer del tronco y de ramas, enfermedad causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst). Hunt., está ampliamente dispersa en Colombia donde es conocida como llaga macana. Al estudiar progenies A-2 de un árbol resistente a esta enfermedad se encontró que estos materiales son tan productivos como la variedad Borbón de la cual se derivan. Las progenies del árbol resistente junto con las plantas susceptibles de esa variedad y sus híbridos forman un grupo homogéneo con alta producción, que contrasta con las progenies de la variedad Típica, de bajo rendimiento, y con un híbrido de Típica y Borbón resistente, que presenta producción intermedia. Como era de esperarse no se encontró evidencia de vigor híbrido en la producción de los cruces estudiados. Se concluye que la selección resistente a la llaga macana es un material agrónomicamente valioso, de gran productividad y con buenas características de grano, que se puede emplear en algunas zonas en que la enfermedad sea reconocida como un problema económicamente importante. Se hizo también una evaluación del número de cosechas necesarias para efectuar una selección de los materiales más productivos, cuando se comparan progenies de cultivares con poca variación interna. Una alta correlación, tanto fenotípica como genotípica, de la producción de las primeras cosechas con el total de seis años, y la regularidad en la clasificación de las progenies a través de los años, muestran que la selección temprana con solo dos cosechas tiene una alta probabilidad de incluir solo materiales productivos y excluir las progenies de comportamiento inferior. Además, una estimación de la heredabilidad en sentido amplio, similar a la obtenida con 6 cosechas, puede efectuarse con el rendimiento del primer bienio.

SUMMARY

CASTILLO Z., J. The yield of a coffee selection resistant to "llaga macana" -*Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst). Hunt- with relation to the Typica and Bourbon varieties. Cenicafé (Colombia) 33(2): 53-66..1982.

The canker of the coffee trees, a disease caused by *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst). Hunt., is widely dispersed in Colombia, where it is called "Llaga macana". The study of selected materials showed that A-2 progenies from a resistant tree were as productive as progenies of the Bourbon variety. Both kinds of progenies and their hybrids formed a homogeneous group with high yields, which contrasted with the low ones of four progenies from the Typica variety, while a hybrid of Typica x Bourbon displayed an intermediate production. As expected, no sign of hybrid vigour was found in the crosses between progenies. It is concluded that the resistant selection is a valuable material with high yields and good agronomic characteristics, which may be cultivated in regions where this disease is of economic importance. An evaluation of the number of years-crop necessary for comparison of progenies from cultivars with low internal variation, like Typica and Bourbon, was also made. The good phenotypic and genotypic correlations of the cumulated six-years crop and the first two-years crop indicate that the 25^o/o selection made with the two-years crop has a high probability of including only high yielding progenies and excluding material with low yields. This was confirmed by the marked regularity of the progeny classifications made with different number of cumulated years-crop. Furthermore, the heritability (wide sense) made with two-years crop does not differ from that obtained with six-years crop.

Additional Key Words: Breeding. Progenies. Heritability. Phenotypic and genotypic correlations.

* Jefe de la Sección de Fitomejoramiento del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

INTRODUCCION

El cáncer del tronco y de las ramas del cafeto, enfermedad causada por *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst) Hunt., está ampliamente diseminada en Colombia, donde se conoce con el nombre de llaga macana. Se ha detectado resistencia genética a esta enfermedad dentro de la variedad Borbón (10) y una serie de progenies de un árbol resistente se ha estudiado, tanto por la manifestación y medida de la resistencia como por su caracterización, usando medidas biométricas (6, 7). Poco se ha avanzado, sin embargo, en la utilización comercial de materiales resistentes, pues en los cultivos intensivos que predominan en los últimos 15 años, los agricultores han preferido los árboles de porte bajo, como los de la variedad Caturra, que facilitan siembras muy densas con aplicaciones masivas de fertilizantes.

No obstante, la práctica de las podas especialmente la renovación de la población por medio de brotes en las zocas o tocones de árboles antiguos, que se emplea comunmente en los cultivos intensivos, constituye un medio expedito para la diseminación de la enfermedad, pues las heridas son las vías para la penetración del patógeno (10). En estas circunstancias los materiales resistentes pueden tener valor agronómico.

En este trabajo se analiza la producción de progenies de segunda generación, que en artículos anteriores han sido estudiados por otros aspectos (6, 7). Además se utilizan estos materiales y progenies de árboles susceptibles para explorar el número de cosechas adecuado para la selección de cultivares caracterizados por una reducida variación intervarietal.

MATERIALES Y METODOS

En ausencia de la enfermedad, se estudió la producción de progenies derivadas de un árbol resistente a la llaga macana seleccionado por Castaño en 1952 (6, 10), comparada con las observadas en materiales susceptibles y en algunos híbridos, como se detalla a continuación:

- a) Seis progenies A-2 de un árbol resistente a llaga macana, seleccionado en la variedad Borbón (designados como B.rm).
- b) Cinco progenies A-2 de un árbol susceptible de la variedad Borbón rojo (B.R.).
- c) Cuatro progenies A-2 de un árbol susceptible de la variedad Típica rojo (T.R.).
- d) Cuatro cruzamientos F1 entre progenitores resistentes y susceptibles de la variedad Borbón.

- e) Un cruzamiento F1 entre un progenitor resistente y uno susceptible de la variedad Típica rojo.

El experimento fue sembrado en 1960 en la hacienda Naranjal (municipio de Chinchiná). Se analizan las seis primeras cosechas registradas entre 1962 y 1967. El diseño utilizado fue de bloques al azar con cuatro replicaciones. Cada parcela constaba de cinco plantas sembradas a 2 metros de distancia, en surcos con 3 metros de separación.

El experimento recibió seis fertilizaciones anuales en dosis de dos toneladas por hectárea por año (grado 12-12-17-2). Las plantas se conservaron a libre crecimiento durante tres años y luego se mantuvieron a una altura de 2,5 metros.

Los análisis estadísticos se realizaron sobre la producción por parcela, registrada en kilogramos de café cereza maduro. Para su presentación en tablas, la producción se transformó a toneladas de café pergamino seco por hectárea. Se registra la producción acumulada de una a seis cosechas, de manera que si se desea conocer las producciones de una cosecha cualquiera se resta del acumulado correspondiente el del período anterior.

Análisis estadístico: Para el análisis estadístico se reunieron los tratamientos en grupos. Las varianzas "entre grupos" y "dentro de grupos" se analizaron de acuerdo con las técnicas expuestas por Cochran y Cox (9).

Para los cálculos de heredabilidad y de las correlaciones fenotípicas y genotípicas se empleó un modelo aleatorio y los cálculos se hicieron de acuerdo con los análisis de varianza y covarianza que aparecen en la Tabla 1.

TABLA 1.- ANALISIS DE VARIANZA Y COVARIANZA EMPLEADO EN EL ESTUDIO DE PROGENIES RESISTENTES Y SUSCEPTIBLES A LLAGA MACANA.

Fuentes de variación	G.L.	Varianza C.M.E.	Covarianza P.M.E.*
Replicaciones (r)	3	$V_e + 20 V_r$	$Cov.e + 20 Cov.r$
"Variedades" (v)	19	$V_e + 4V_v$	$Cov.e + 4 Cov.v$
Replicaciones x Variedades (e)	57	V_e	$Cov.e$
Total	79		

V_e, V_v, V_r = Componentes de la varianza para error, variedades y replicaciones.

* P.M.E.: Producto medio esperado.

Para tales cálculos se empleó la producción acumulada en seis cosechas como variable dependiente (Y) y la producción en varias cosechas, desde una hasta cinco, como variable independiente (Xi). La forma de los productos medios fue igual a la del análisis de varianza (Tabla 1).

Las fórmulas empleadas para el cálculo de la heredabilidad (en sentido amplio) y de las correlaciones genotípicas y fenotípicas fueron:

$$\text{Heredabilidad} = H = \frac{V_v}{V_v + V_e}$$

$$\text{Correlación genotípica} = r_g = \frac{\text{Cov. } v(XY)}{\sqrt{V_v(X) \times V_v(Y)}}$$

$$\text{Correlación fenotípica } r_f = \frac{\text{Cov. } v(XY) + \text{Cov. } e(XY)}{\sqrt{[V_v(X) + V_e(X)] \cdot [V_v(Y) + V_e(Y)]}}$$

Las convenciones $V_v(X)$, $\text{Cov. } v(XY)$, etc., se refieren a la varianza y covarianza de v y e (variedades y error) en el análisis de las variables (X) y (Y).

Prueba de concordancia de Kendall. Esta prueba no paramétrica mide el grado de asociación entre más de dos series de datos. Como otras pruebas de este tipo, no requiere distribución normal de las series comparadas. Cada una de la K series contiene N individuos cuyo orden de clasificación (rango de 1 a N) puede concordar con el observado en las demás series (17).

La suma de los rangos alcanzada por cada uno de los N individuos en las K series proporciona la base para los cálculos. La prueba se basa en la comparación de la varianza entre las sumas de los rangos alcanzados por los N individuos de cada serie, con la varianza máxima obtenible, que coincide precisamente con la concordancia perfecta. En este caso las sumas de los rangos serían: K, 2K, 3K, . . . NK. La varianza de estos valores alcanzará su máximo y será:

$$1/12 K^2 (N^3 - N)$$

Por otra parte, si el rango ocupado por cada individuo en cada serie es cuestión de azar, las sumas de los rangos tienden a ser iguales y la varianza (s) será pequeña. El coeficiente de concordancia se calcula, entonces, como la relación de s y la varianza máxima:

$$W = \frac{s}{1/12 K^2 (N^3 - N)}$$

La significación de W se prueba, en muestras pequeñas, con tablas de distribución de los valores χ^2 para todas las ordenaciones posibles de N individuos y K series, que es $(N-1)K$. Si N es mayor de 7, la probabilidad de un valor de W se obtiene en la distribución de χ^2 cuadrado con N-1 grados de libertad.

RESULTADOS

La producción acumulada en períodos de una a seis cosechas se presenta en la Tabla 2, en la cual se separan los siguientes grupos de tratamientos: progenies de Borbón r.m. (B.rm); progenies de Borbón rojo (BR); progenies de Típica rojo (TR) y cruzamientos de B. rm x BR y de B. rm x TR.

TABLA 2.- PRODUCCIONES ACUMULADAS DURANTE SEIS COSECHAS DE PROGENIES DE BORBON RESISTENTE A *Ceratocystis fimbriata* (Brm): BORBON ROJO, TIPICA ROJO Y DE ALGUNOS HIBRIDOS. TONELADAS DE CAFE PERGAMINO SECO POR HECTAREA.

Progenie o cruzamiento	Cosechas acumuladas					
	1	2	3	4	5	6
(Brm) Borbón r.m.-24	1,25	5,56	9,80	17,51	20,78	28,41
Borbón r.m.-26	1,51	5,65	11,35	19,36	23,69	30,46
Borbón r.m.-27	1,44	5,92	10,17	17,80	20,19	26,80
Borbón r.m.-28	1,36	4,71	8,62	16,31	19,69	26,69
Borbón r.m.-34	1,80	6,24	10,97	19,08	20,86	28,26
Borbón r.m.-39	0,88	3,70	7,52	14,79	18,87	25,53
(BR) Borbón rojo- 4	1,98	6,97	12,00	19,79	21,83	27,82
Borbón rojo- 5	1,72	6,02	11,13	19,05	20,85	27,63
Borbón rojo- 7	1,64	5,90	10,39	18,39	19,84	26,39
Borbón rojo- 8	1,62	5,46	9,38	16,58	18,38	24,76
Borbón rojo- 9	1,65	5,91	10,18	17,58	19,01	25,79
(TR) Típica rojo- 10	1,24	3,80	7,22	12,82	14,63	19,66
Típica rojo- 12	1,00	3,02	5,97	11,36	12,66	17,49
Típica rojo- 14	1,06	3,52	6,40	13,11	15,88	21,56
Típica rojo- 16	0,96	3,35	6,50	12,52	13,78	19,05
Brm-26 x BR-9	1,49	5,86	10,87	19,31	22,24	29,95
BR-9 x Brm-40	1,72	5,97	10,85	19,08	10,85	27,52
Brm-28 x BR-9	1,15	4,45	8,28	16,39	19,48	27,34
BR-5 x Brm-28	1,33	5,01	9,27	17,76	19,47	26,77
TR x Brm-26	1,33	4,00	7,99	14,62	17,17	23,46

La producción se analizó en cada una de las cosechas individuales, pero dada la similitud de comportamiento de los diferentes grupos de tratamientos, en el transcurso de la cosecha (Figura 1), se utilizó la producción acumulada en el período de seis años para el análisis de los tratamientos.

Las principales diferencias fueron las observadas entre los materiales de Borbón en general, y las progenies de Típica que mostraron las producciones más bajas. Las progenies de B. rm, BR y los híbridos de B. rm x BR tuvieron producciones similares, con un comportamiento uniforme en cada año de observación (Figura 1). Sus promedios respectivos en toneladas de café pergamino, por hectárea, por año, fueron 4,41; 4,89 y 4,65, mientras que las progenies de Típica solo alcanzaron un promedio de 3,24 toneladas.

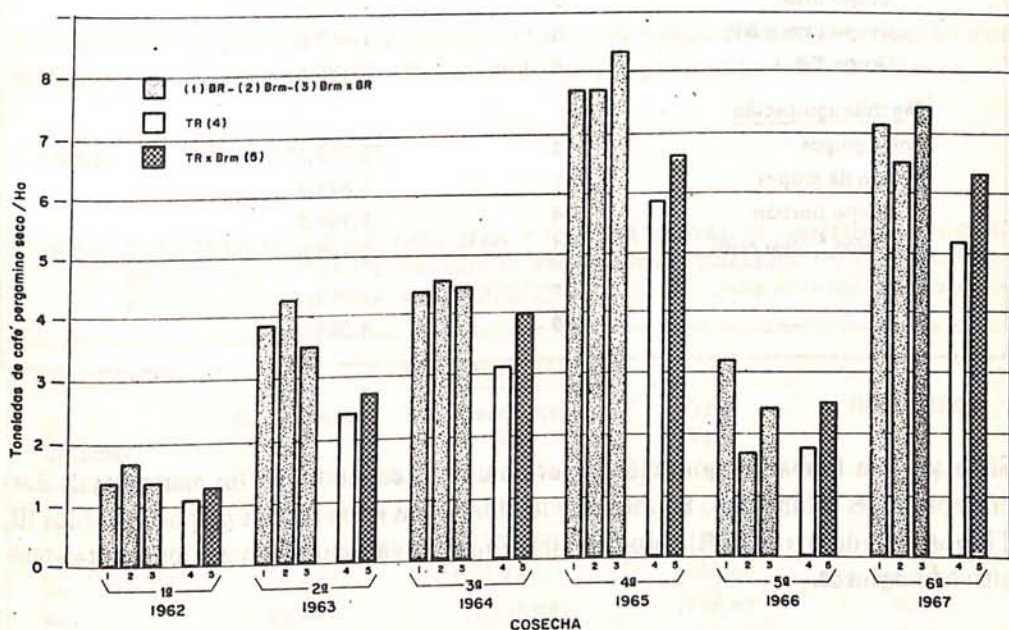


FIGURA 1.- Producción de progenies de Borbón resistente a la llaga macana, de progenies susceptibles de las variedades Típica y Borbón, y de algunos híbridos, durante seis cosechas.

En el análisis de varianza se agruparon los tratamientos en dos formas diferentes, con el fin de comprobar la homogeneidad de los materiales de Borbón. En el primer caso se separaron los grupos indicados en la Tabla 2. Como se observa en la Tabla 3, esos grupos fueron homogéneos, pues, las varianzas de tratamientos "dentro" de grupos en ningún caso fueron significativas, en tanto que los cuatro grados de libertad correspondientes a las diferencias "entre" grupos absorbieron un 85% de la variación.

TABLA 3.- ANALISIS DE VARIANZA DE SEIS COSECHAS ACUMULADAS EN CINCO GRUPOS DE TRATAMIENTOS. PROGENIES DE LOS CULTIVARES DE BORBON RESISTENTE A *Ceratocystis fimbriata* (Brm), BORBON ROJO (BR), TIPICA ROJO (TR) Y DE HIBRIDOS DE ESTAS PROGENIES.

F. de V.	G.L.	C.M.	F.
Replicaciones	3	19.193,7	10,86
Tratamientos	19	9.524,8	5,38
<u>Primera agrupación</u>			
Entre grupos	4	38.559,0	21,82**
Dentro de grupos	15	1.782,3	
Grupo BR	4	1.217,8	
Grupo Brm	5	2.226,4	
Grupo Brm x BR	3	1.467,5	
Grupo TR	3	2.109,8	
<u>Segunda agrupación</u>			
Entre grupos	2	75.002,1**	42,43**
Dentro de grupos	17	1.821,5	
Grupo Borbón	14	1.759,8	
Grupo Típica rojo	3	2.109,8	
Error	57	1.767,7	
Total	79	4.295,0	

En la segunda forma de agrupación se formó un solo conjunto con los materiales de Borbón (progenies e híbridos). En este caso las diferencias entre los tres grupos formados (B, TR y el híbrido B. rm x TR) absorben un 830/0 de la variación y los grupos resultan también homogéneos.

Se deduce de este análisis que las progenies de B. rm tienen producción similar al Borbón rojo, bien conocido actualmente como de alta capacidad productiva. Los híbridos de B. rm x BR tienen producciones similares a la de los progenitores, en tanto que un híbrido de Típica rojo y Borbón rm, presenta producción intermedia (3,91 ton.) entre la de los grupos progenitores (3,24 - 4,62) y muy similar a la media de éstos.

Número de cosechas en la evaluación de los tratamientos. El comportamiento de los grupos separados en la Tabla 2, durante el transcurso de seis cosechas, se aprecia en la Figura 1. La producción aumenta linealmente en todos los grupos, hasta la cuarta cosecha; el promedio general pasa de 1,4 a 7,4 toneladas por hectárea. En la quinta cosecha una fuerte baja (2,3 ton.) probablemente inicia el ciclo de producción bienal, al cual corresponde

un alto rendimiento en el sexto año (6,6 ton.). Como se observa en la misma figura, los grupos de menor producción (TR y TR x B. rm) ocupan los lugares más bajos en la clasificación, mientras los Borbones conservan, en conjunto, una superioridad marcada.

En la Tabla 4 se presentan los componentes de la varianza y la heredabilidad calculada para cada cosecha, las cosechas acumuladas y los tres bienios consecutivos. Mientras la heredabilidad (H) presenta valores muy variables en las cosechas individuales (entre 0,5 y 0,20), al considerar las cosechas acumuladas, su valor se estabiliza entre 0,5 y 0,6. La iniciación del ciclo bienal se refleja en una baja del valor de la heredabilidad (0,39 en el tercer bienio). Al primero y segundo bienios corresponden valores de la heredabilidad de 0,59 y 0,54. En consecuencia, una estimación de la heredabilidad similar a la obtenida en seis años, puede hacerse con las dos primeras cosechas. Esta estimación no cambia sustancialmente al incluir un mayor número de cosechas acumuladas.

Al seleccionar tempranamente las mejores progenies es preciso considerar la relación existente entre la magnitud de las cosechas individuales y la producción total en seis años.

TABLA 4.- COMPONENTES DE LA VARIANZA Y HEREDABILIDAD EN SENTIDO AMPLIO (H) ESTIMADAS A PARTIR DE SEIS COSECHAS INDIVIDUALES, EN LOS VALORES ACUMULADOS DE UNA A SEIS COSECHAS Y EN LOS TRES BIENIOS ESTUDIADOS

Cosechas	Componentes de la varianza			Heredabilidad H
	Replicaciones V_r^2	Variedades V_v^2	Error V_e^2	
1a.	0,20	14,41	10,73	0,57
2a.	10,86	119,80	92,12	0,56
3a.	3,58	65,40	158,45	0,29
4a.	20,12	116,48	149,44	0,43
5a.	23,12	122,79	132,97	0,48
6a.	248,91	70,05	265,93	0,20
1a. a 2a.	15,226	207,88	142,4	0,59
1a. a 3a.	35,04	492,69	510,38	0,49
1a. a 4a.	85,09	1.086,37	707,69	0,60
1a. a 5a.	200,90	1.249,63	1.147,97	0,52
1a. a 6a.	871,30	1.939,27	1.767,66	0,52
3a. + 4a.	39,30	375,64	310,15	0,54
5a. + 6a.	437,93	298,31	462,91	0,39

En la Tabla 5 aparecen los componentes de la covarianza de las cosechas acumuladas (variable independiente) y la cosecha total en seis años (variable dependiente). Como se observa, el valor de los coeficientes de correlación (fenotípica y genotípica) aumentan sensiblemente al pasar de una al acumulado de dos cosechas y luego se incrementa en menor grado hasta alcanzar una correlación casi perfecta ($r > 0,9$) con cinco cosechas. Una alta correlación ($r = 0,77$) se obtiene a partir de la segunda cosecha.

En la misma tabla se observa que los coeficientes de correlación genotípica son mayores que los de correlación fenotípica, pero ambos valores solo difieren ligeramente, lo que indica poca influencia de la variación ambiental.

Ya que las diferencias de progenies "dentro" de los grupos de Borbón carece de importancia, interesa primordialmente que en la selección de las mejores progenies queden excluidas las de baja producción.

TABLA 5.- COMPONENTES DE COVARIANZA Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS Y GENOTÍPICAS DE LA PRODUCCION EN SEIS COSECHAS (Y), SOBRE LAS COSECHAS ACUMULADAS DE LAS PRIMERAS CINCO COSECHAS (Xi).

Fuente de variación	G.L.	Cov. (X1Y)	Cov. (X2Y)	Cov. (X3Y)	Cov. (X4Y)	Cov. (X5Y)
Variedades	19	105,25	526,22	868,21	1.363,86	1.559,43
Error	57	59,54	352,23	714,49	1.005,08	1.324,85
Correlación fenotípica	rf	0,54*	0,77**	0,82**	0,91**	0,96**
Correlación genotípica	rg	0,62	0,82	0,88	0,93	0,99

Xi = Producción acumulada en una a cinco cosechas.

La regularidad en la clasificación de los tratamientos puede apreciarse en la Tabla 6 donde se observan las ordenaciones hechas con los valores acumulados, en una a seis cosechas. Se calculó también el coeficiente de concordancia de Kendall que mide el grado de asociación de las clasificaciones. En una escala de valores entre 0 y 1, el valor calculado fue de 0,89 que indica una relación estrecha.

TABLA 6.- ORDEN DE CLASIFICACION (RANGOS) DE 20 TRATAMIENTOS, QUE COMPREN-
DEN PROGENIES DE TIPICA ROJO, BORBON Y BORBON rm. Y ALGUNOS HIBRIDOS
ENTRE ESTAS PROGENIES. EL ORDEN SE ESTABLECIO DE MENOR A MAYOR.

Tratamientos	Cosechas acumuladas						Promedio
	1	2	3	4	5	6	
TR-12	3	1	1	1	1	1	1,3
TR-16	2	2	3	2	2	2	2,2
TR-14	4	3	2	4	4	4	3,5
TR-10	6	5	4	3	3	3	4,0
B. rm-39	1	4	5	6	7	7	5,0
TR-17 x B.rm26	9	6	6	5	5	5	6,0
B. rm28 x BR.9	5	7	7	8	10	13	8,3
B.rm28	10	8	8	7	11	10	9,0
BR.8	14	10	10	9	6	6	9,2
BR.5 x B.rm28	8	9	9	12	9	11	9,7
B. rm24	7	11	11	10	14	18	11,8
BR.9	16	15	13	11	8	8	11,8
B.rm27	11	16	12	13	13	12	12,8
BR.7	15	14	14	14	12	9	13,0
BR.9 x B.rm40	18	17	15	16	16	14	16,0
B.rm26 x BR.9	12	13	16	18	19	19	16,2
BR.5	17	18	18	15	15	15	16,3
B.rm26	13	12	19	19	20	20	17,2
B. rm34	19	19	17	17	17	17	17,7
BR.4	20	20	20	20	18	16	19,0

Si se seleccionan los cinco tratamientos más productivos (250/o de la población), con cada número de cosechas acumuladas, se observa que el tratamiento con menor producción entre aquellos (que ocupa el rango 16), siempre conservó una diferencia estadística significativa con la mejor progenie de Típica, variedad que constantemente tuvo la menor producción (Tabla 7). Esto indica que la probabilidad de incluir una progenie de menor rendimiento, al seleccionar el 250/o superior, es insignificante, aún cuando se empleen ciclos cortos de una o dos cosechas.

TABLA 7.- PRODUCCION Y RANGO DE TRATAMIENTOS SELECCIONADOS EN EL 25% DE PRODUCCION SUPERIOR, COMPARADA CON LA MEJOR PROGENIE DEL GRUPO DE TR, VARIEDAD QUE OCUPÓ SIEMPRE EL LUGAR INFERIOR EN LA CLASIFICACION.

Cosechas acumuladas	Variedad con rango 16	Producción* ton/ha	Mejor progenie de TR		Producción* ton/ha	Diferencia de producción	'W' Tukey
			Progenie	Rango			
1	BR.9	1,65	TR.10	6	1,24	0,41**	0,18
2	B.rm.27	5,92	TR.10	5	3,80	2,12**	0,65
3	B.rm.26 x BR.9	10,87	TR.10	4	7,23	3,64**	1,25
4	BR.9 x B.rm.40	19,05	TR.14	4	13,11	5,94**	1,47
5	BR.9 x B.rm.40	20,85	TR.14	4	15,88	4,97**	2,21
6	BR.4	27,82	TR.14	4	21,56	6,26**	2,33

* Café pergamino seco.

DISCUSION

La alta productividad de la selección resistente al hongo *Ceratocystis fimbriata*, agente causal de la Llagá Macana del cafeto, indica que tal material constituye un recurso agronómico valioso en condiciones en que tal enfermedad llegue a adquirir importancia económica. La resistencia en esta selección es producto de la interacción de hospedante x patógeno y se manifiesta con posterioridad a la infección ocho meses después de que la corteza ha sido colonizada en alguna extensión. Es poco probable, sin embargo, la ocurrencia de infecciones múltiples que pudieran causar la muerte general de las yemas que originan los nuevos tallos, durante el proceso de renovación por zoca. La resistencia de esta selección puede utilizarse en regiones o zonas en que la enfermedad constituye un problema de reconocida importancia.

Las progenies resistentes a llaga macana tienen una productividad similar a las derivadas de café Borbón, un cultivar muy productivo en Iberoamérica y en muchas regiones colombianas (8, 12). Las progenies de la variedad Típica mostraron productividad muy inferior, hecho bien conocido. Todos los materiales fueron homogéneos en su producción pues no se encuentran diferencias estadísticas entre progenies derivadas de un mismo ancestro. Este hecho concuerda con repetidas observaciones hechas en la variedad Borbon en el Brasil (1, 2, 3, 4, 5).

Una amplia variación se ha observado entre árboles de cultivares comerciales de *C. arabica* en varias regiones productoras de café (3, 13). Esta variación de naturaleza predominantemente ambiental, pero interpretada a veces como de origen genético, al menos en propor-

ción utilizable para mejoramiento, ha introducido confusión en la selección de esos cultivares. Así es frecuente encontrar datos contradictorios sobre temas afines como la gran variación entre árboles de una misma progenie, la ausencia de correlación entre árboles madres y su descendencia y el éxito aparente en la selección de cultivares bien conocidos como homogéneos (18).

La observación de progenies autofecundadas por varias generaciones y sus híbridos, y la de líneas isogénicas, en el Brasil, ha dejado en claro que esta variación dentro de progenies en la variedad Borbón es predominantemente ambiental (4, 14, 15).

La naturaleza de los factores que producen la variación entre árboles de una misma progenie parece tener poca relación con la desuniformidad del terreno en los campos experimentales. Una posible interpretación es que tales factores están asociados a perturbaciones de la zona productiva del árbol, que en forma fortuita pueden aparecer asociados a determinados tratamientos o variedades en el experimento. Las diferencias entre las variedades, así obtenidas, tienen poca repetibilidad en otros ensayos. Tales perturbaciones de las ramas productivas pueden ser acentuadas por el ciclo bienal de la cosecha. La opinión anterior aparentemente concuerda con la apreciación de Carvalho, Mónaco y Antunes (5), según la cual los factores ambientales mencionados "parecen acentuarse con el discurrir de los años, en una planta perenne como el cafeto".

Como era de esperarse por la procedencia y similitud genética de los progenitores, los híbridos entre plantas de Borbón y de Borbón x Típica no presentan indicios de vigor híbrido. Sin embargo, en materiales de *C. arabica* de origen diverso se han encontrado claras evidencias de heterosis (16).

En el presente trabajo se observó una estrecha correlación entre la producción de las primeras cosechas y la producción acumulada en seis años. Esta alta correlación asegura la consiguiente regularidad de la clasificación de las progenies durante el período estudiado y permite una selección temprana muy eficiente en el sentido de que excluye, con un alto nivel de probabilidad, los materiales de peor comportamiento.

La concordancia entre las producciones de las cosechas individuales y la cosecha acumulada depende también de la regularidad de la clasificación en los años más productivos. También es de esperar, que en un ciclo productivo con grandes fluctuaciones anuales los cambios en la clasificación de las "variedades" estudiadas (interacción de años por variedad) sean más marcados, que en períodos en que la producción sigue tendencias regulares.

En el presente caso la producción siguió una tendencia lineal creciente hasta el cuarto año y solo en la quinta cosecha tuvo una marcada fluctuación. Esta regularidad de la tenden-

cia de la producción es común para las primeras cuatro o cinco cosechas de café, en la región de Chinchiná, que tiene un clima bastante regular, con lluvias abundantes durante todo el año y temperatura media con pocas fluctuaciones (11).

En estas condiciones, la selección de progenies de los mejores materiales de escasa variación interna puede efectuarse con dos o tres cosechas. Este procedimiento facilitaría y acortaría la evaluación de numeroso germoplasma de *C. arabica* con valor económico o científico.

BIBLIOGRAFIA

1. ANTUNES FILHO, H. e CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro XI. Análise da producao de progenies e híbridos de Bourbon vermelho. *Bragantia* 16(13):175-195. 1957.
2. ANTUNES FILHO, H. e CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro XII. Variabilidade em linhas puras de café. *Bragantia* 16(14):197-213. 1957.
3. CARVALHO, A. e ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro XVI. Efeito da autofecundacao sucessiva no café Bourbon. *Bragantia* 18(24):343-351. 1959.
4. CARVALHO, A. and MONACO, L.C. The breeding of arabica coffee. In: Ferwerda, F.P. and Wit, F., eds. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, H. Veenman & Zonen, 1969. pp. 198-216. (Miscellaneous papers N° 4).
5. CARVALHO, A.; MONACO, L. C. e ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro. XV. Variabilidade observada em progenies de café. *Bragantia* 18(26):373-386. 1959.
6. CASTILLO Z., J. Algunas características morfológicas de una selección resistente a la llaga maca-na. *Cenicafé* (Colombia) 16:31-41. 1965.
7. CASTILLO Z., J. y QUICENO H., G. Comparación de líneas de *Coffea arabica* L., por su resistencia a *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst) Hunt. *Cenicafé* (Colombia) 21(3):95-104. 1970.
8. CASTILLO Z., J. y QUICENO H., G. Estudio de la producción de seis variedades comerciales de café. *Cenicafé* (Colombia) 19(1):18-36. 1968.
9. COCHRAN, W. G. & COX, G. M. *Experimental designs*. 2a. ed. New York, Wiley, 1957. 611 p.
10. FERNANDEZ B., O. Patogenicidad de *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst) Hunt. y posible resistencia en *Coffea arabica* L., variedad Borbón. *Cenicafé* (Colombia) 15(1):3-17. 1964.
11. GOMEZ G., L. Influencia de los factores climáticos sobre la periodicidad de crecimiento del café. *Cenicafé* (Colombia) 28(1):3-17. 1977.
12. KRUG, C. A. The supply of better planting material. I. Arabicas. In: Sachs, B. & Silvain, P. G., eds. *Advances in coffee production technology*. New York, Coffee & Tea Industries, 1959. pp. 31-35.

13. KRUG, C. A. & ANTUNES FILHO, H. Melhoramento do cafeeiro. III. Comparacao entre progenies e híbridos da var. Bourbon. *Bragantia* 10(11):345-355. 1950.
14. MONACO, L. C. e CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. XXIII. Novos dados sobre a variabilidade em linhas isogénicas de café. *Bragantia* 23(2):13-22. 1964.
15. MONACO, L. C. e CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro. XXVI. Productividade de linhagens S_0 a S_4 de "Bourbon vermelho" e respectivos híbridos. *Bragantia* 22(10):117-123. 1963.
16. NETTO, K. de A. e PEREIRA, J.B.D. Vigor híbrido em cruzamentos de *Coffea arabica*. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 8º. Campos do Jordao/SP, 25 a 28 novembro, 1980. Resumos. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. 1980. pp. 14-16.
17. SIEGEL, S. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. México, Trillas, 1974. 346 p.
18. WELLMAN, F. L. Coffee: botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill, 1961. 488 p.