

SELECCION DE CRUZAMIENTOS DERIVADOS DEL HIBRIDO DE TIMOR EN LA OBTENCION DE VARIEDADES MEJORADAS DE CAFE PARA COLOMBIA

Jaime Castillo-Zapata *
Germán Moreno-Ruiz**

INTRODUCCION

La uniformidad genética de las variedades comerciales de café en América Latina es un hecho reconocido, aunque poco documentado sobre base experimental (24). La producción y otros caracteres agronómicos son marcadamente homogéneos dentro de esas variedades, lo cual se explica por el origen restringido de las primeras plantas importadas a América (7, 10, 15, 24). La resistencia a enfermedades es otro carácter que presenta pocas variaciones. Con relación a la roya del cafeto, causada por *Hemileia vastatrix* B. & Br., por ejemplo, se ha comprobado que en esas variedades solo existe el gen de resistencia SH5 (9).

Uno de los objetivos básicos del programa de mejoramiento en Colombia es, en consecuencia, la creación y explotación de suficiente variabilidad genética, no solamente con relación a las características agronómicas asociadas con la producción, sino también en cuanto a la resistencia a diversos patógenos. Contra la roya del cafeto, enfermedad no detectada en el país hasta el momento, se está utilizando la resistencia conocida como vertical, la cual se evalúa por medio de pruebas efectuadas en el CIFIC (Centro de Investigación de las Royas del Cafeto) de Portugal, en los materiales de origen híbrido producidos en Colombia.

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

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

Una amplia experiencia sobre el uso de la resistencia vertical ha demostrado que ésta aparece asociada a cambios espectaculares en las poblaciones de los patógenos y a una extrema uniformidad genética de los cultivares resistentes. Los ciclos de auge y depresión de estos cultivares y sus consecuencias económicas han sido ampliamente demostrados (6) y han llevado a la conclusión de que el problema fundamental con este tipo de resistencia es el de darle un manejo adecuado (17). Van der Plank (18) ha analizado extensamente las bases científicas de ese manejo y cuestionado su empleo en cultivos perennes. Robinson examina con detalle este problema (20) y analiza especialmente el caso del café (19). Este autor, al igual que Bingham (4), destaca las limitaciones de algunos sistemas propuestos para el manejo de la resistencia vertical, cuando se aplican en cultivos perennes de ciclo económico prolongado y rotaciones con largos períodos.

La "coexistencia" ha sido propuesta por Bingham (4) como criterio para el manejo de la resistencia vertical, apoyándose en el estudio de los sistemas naturales en que huésped y parásito han alcanzado un equilibrio patológico. Según este criterio, los sistemas naturales en equilibrio se emplean como "modelos" para el manejo de la resistencia. La de tipo vertical actúa en forma de una multilínea natural, que está respaldada por suficiente resistencia horizontal (4, 5). Cuando el equilibrio se rompe a favor del patógeno, una ligera presión selectiva en el huésped es suficiente para restablecer el equilibrio (4).

La manera de emplear en forma prudente y eficaz la resistencia vertical en los cultivos perennes, seguramente continuará siendo tema de controversia. Sin embargo, la disponibilidad de variación genética parece ser la condición básica para el desarrollo de cualquier sistema de manejo. Por otra parte, una amplia experiencia indica que la "vulnerabilidad" de los cultivos, a las epidemias de carácter explosivo, está asociada a la uniformidad genética de los cultivares (12). Parece, pues, prudente atenerse al criterio de Browning, para aplicarlo al caso del café: "la diversidad es la clave de la estabilidad contra las pestes de las plantas y, por ello, la única protección contra lo desconocido" (5).

En el programa de mejoramiento de café que se adelanta en Colombia, se está usando germoplasma de diverso origen con el propósito de ampliar la base genética de las variedades comerciales (8). Entre el germoplasma utilizado ha recibido especial atención el Híbrido de Timor, una población tetraploide ($2n = 44$) de origen interespecífico (*C. arabica* x *C. canephora*) que es muy apropiada para la explotación de esquemas de mejoramiento cuya base sea la diversidad genética, debido a su riqueza de factores de resistencia vertical (3, 21) y a la aparente presencia de resistencia general (13).

En este trabajo se discuten algunos de los principales resultados obtenidos en 10 años de labores con el Híbrido de Timor como progenitor resistente en cruzamientos con variedades comerciales de tipo Caturra. Se hace énfasis en los caracteres agronómicos de la descendencia que se consideran de mayor importancia, tales como la producción, la adaptabilidad, los defectos en las semillas y obviamente, la resistencia a *Hemileia vastatrix*.

MATERIALES Y METODOS

Se evalúan en este trabajo progenies F3 de cruzamientos realizados en Colombia entre plantas de la variedad Caturra y de la introducción Híbrido de Timor Nº 1343, procedente de la colección del CIFC en Portugal. Estas progenies, en número de 13 a 16, fueron sembradas en cinco localidades de la zona cafetera, pero en el presente estudio solamente se analizan tres de estos experimentos, por la limitación de mantener el error experimental dentro de límites tolerables para las inferencias estadísticas. Los ensayos, sembrados entre diciembre de 1973 y octubre de 1974, tenían diseño de bloques al azar, con dos replicaciones y 10 plantas por parcela.

La producción se registró y analizó estadísticamente en kilogramos de café en cereza maduro, pero la producción media se presenta en kilogramos de café pergamino seco (11% de humedad) por hectárea.

Las medidas de crecimiento de las plantas se tomaron en centímetros y fueron realizadas a los 40 meses de la siembra. El vigor se midió en una escala apreciativa de 10 puntos y corresponde al promedio de 5 calificaciones efectuadas entre los 12 y los 40 meses.

Los defectos del grano estudiados en las cosechas de 1975 a 1978, fueron la proporción de semillas vacías presentes en muestras de 100 frutos y de granos de forma caracol, en muestras de 400 granos. El índice usado para evaluar el tamaño de las semillas fue la proporción retenida por un tamiz con orificios de $17/64''$, en muestras de 250 gramos. Para los análisis estadísticos los datos se transformaron a la función arco-seno de la raíz cuadrada del porcentaje.

Los análisis estadísticos para el cálculo de heredabilidad se ejecutaron adoptando modelos aleatorios. Al discutir cada tema se dan las especificaciones de los análisis empleados.

RESULTADOS Y DISCUSION

Producción

Los cruzamientos del Híbrido de Timor con la variedad Caturra originan progenies F3 con altos niveles de producción, similares a los de esta variedad y, ocasionalmente más altos.

La aseveración anterior se deduce del análisis de la producción en dos series de materiales que se muestran en la Tabla 1. La serie 1 está compuesta por 7 progenies F3, observadas

en 3 localidades, durante 3 cosechas. La serie 2 está formada por 16 progenies F3 estudiadas en una sola localidad durante 4 cosechas. Las progenies F3, cuyos progenitores F2 no fueron seleccionados, pueden considerarse como una muestra aleatoria de la tercera

TABLA 1.- PRODUCCION MEDIA DE PROGENIES F3 DE CATURRA x HIBRIDO DE TIMOR Y VARIETADES TESTIGO, OBTENIDA EN TRES LOCALIDADES DURANTE TRES COSECHAS (SERIE 1) Y EN UNA LOCALIDAD DURANTE CUATRO COSECHAS (SERIE 2).

Progenie o variedad	Producción*				
	Serie 1				Serie 2
	Localidad**				Localidad
	C	L	A	\bar{X}	C**
P.L. 989	3.808	3.808	4.256	3.957	3.680
P.L. 1.000	4.872	2.744	3.360	3.659	4.760
P.L. 1.302	—	—	—	—	4.594
P.L. 1.304	—	—	—	—	4.694
P.L. 1.313	4.200	3.696	4.088	3.995	4.214
P.L. 1.372	—	—	—	—	4.586
P.L. 1.378	4.424	3.920	4.032	4.125	4.303
P.L. 1.382	—	—	—	—	3.706
P.L. 1.386	—	—	—	—	4.434
P.L. 1.392	—	—	—	—	4.078
P.L. 1.402	4.200	3.304	3.584	3.696	4.170
P.L. 1.404	4.368	4.088	2.856	3.771	4.477
P.L. 1.406	4.592	4.312	4.424	4.443	4.670
P.L. 1.407	—	—	—	—	3.899
P.L. 1.409	—	—	—	—	4.150
P.L. 1.429	—	—	—	—	4.707
\bar{X} progenies	4.352	3.696	3.800	3.949	4.320
Caturra rojo	4.088	4.592	3.920	4.200	3.937
Caturra amarillo	4.088	4.144	3.472	3.901	3.923
Catuai rojo	4.368	4.032	3.864	4.088	4.047
Catuai amarillo	3.528	4.032	2.968	3.509	3.224
\bar{X} testigos	4.018	4.200	3.556	3.925	3.783
\bar{X} localidades	4.230	3.879	3.735	3.940	4.212

* En kg de café pergamino seco por hectárea por año.

** C: Chinchiná-Caldas ; L: Libano-Tolima ; A: Albán-Valle.

generación del cruzamiento. En ambas series se emplean como testigos los cultivares Caturra y Catuai, cuyo porte bajo está controlado por el gen Caturra (Ct), dominante, que reduce el tamaño de los entrenudos (14). La variedad Caturra se ha sembrado extensamente en Colombia en los últimos 15 años, obteniéndose altos rendimientos por unidad de superficie en diversas áreas del país.

Como se aprecia en la tabla citada, en cada localidad existen progenies F3 cuya producción es comparable o superior al promedio de las variedades testigo. Sin embargo, el análisis combinado de la producción de los materiales de la serie 1, que se muestra en la Tabla 2, indica que las diferencias entre las progenies, y entre éstas y las variedades testigo, no son significativas, mientras que sí lo son las diferencias entre localidades y la interacción genotipo x localidad. Esto explica porqué en algunos sitios se detectan claramente progenies con mayor producción que los cultivares testigo, pues, cuando la producción se analiza en cada localidad, separadamente, el efecto de la interacción no es percibido.

En resumen, el nivel de producción de las progenies F3 del cruzamiento Caturra x Híbrido de Timor, es similar al de la variedad Caturra, que ha tenido amplia aceptación en Colombia. Esto significa que se parte de un material muy productivo para la selección posterior.

Posibilidad de aumentar la producción con selección.

Una variación amplia en la producción "dentro" de las progenies F3 es otra característica observada en los materiales estudiados. Esta variación se analizó en los materiales de la

TABLA 2.- ANALISIS DE VARIANZA COMBINADO DE LA PRODUCCION ACUMULADA DURANTE TRES COSECHAS, PARA SIETE PROGENIES F3 DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO, ESTUDIADAS EN TRES LOCALIDADES (DATOS ANALIZADOS EN KG DE FRUTOS MADUROS POR PARCELA).

Fuente de variación	G.L.	C.M.	F.
Genotipos	10	88,59	
Localidades	2	328,10	3,9*
Genotipos x localidades	20	83,97	2,86**
(Gen. x rep.) en localidad	30	29,37	
T o t a l	65	64,64	

* P: 95%/o.

** P: 99%/o.

serie 2 que contiene una muestra más amplia de 16 progenies F3, observadas por un período más prolongado, de 4 cosechas. El análisis de varianza (Tabla 3) demostró que la mayor variación es la originada por los árboles dentro de las parcelas (Va), que aportan el 79% de la variación fenotípica.

El valor del coeficiente de heredabilidad, en sentido amplio, calculado con los componentes de varianza de la tabla anterior, puede considerarse bajo ($H = 0.21$). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en este cálculo de la heredabilidad solamente se considera como variación genética la componente de genotipos ($Vg = 7.7$), mientras que es preciso tomar toda la varianza entre árboles ($Va = 28.87$) como ambiental. En este caso, la heredabilidad calculada es característica de una población homogénea, pero no lo es de una población en segregación, tal como la generación F3, en la cual parte de la variación entre árboles debe ser de naturaleza hereditaria.

El uso de variedades homogéneas como testigos, ofrece la oportunidad de hacer un segundo estimativo de la heredabilidad (23). Para ello se supone que la varianza dentro de los testigos es estrictamente ambiental, suposición basada en la marcada uniformidad de las variedades Caturra y Catuaí, mientras que la varianza dentro de las progenies F3 se considera compuesta por una fracción ambiental y por otra hereditaria.

TABLA 3.- ANALISIS DE VARIANZA Y COMPONENTES DE LA VARIACION DE LA PRODUCCION ACUMULADA DURANTE CUATRO COSECHAS, PARA 16 PROGENIES F3 DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y CUATRO VARIEDADES TESTIGO ESTUDIADAS EN CHINCHINA. DATOS EN KG DE FRUTOS MADUROS POR PLANTA.

Fuente de variación	G.L.	C.M.	C.M.E.	Componente	
				Magnitud	Contribución $\frac{1}{\%}$
Replicaciones (R)	1	4,63			
Genotipos (G)	19	138,64**	Va+a Vgr+ar Vg	Vg = 7,70	21
G x R	19	15,46	Va + a Vgr	V gr = -1,67 (0)	0
Arboles en (G x R)	280	28,87	Va	Va = 28,87	79
T o t a l	319				

Replicaciones = $r = 2$; Genotipos = $g = 20$; Arboles en parcela = $a = 8$.

$\frac{1}{\%}$ a la varianza fenotípica = $Va + Vgr + Vg$.

** F Significativo al nivel de $P : 0,01$.

$$H = \frac{\text{Var. genética}}{\text{Var. genética} + \text{Var. ambiental}} = \frac{Vg}{Vg + (Va + Vgr)} = \frac{7,7}{7,7 + (28,87 + 0,00)} = 0,21$$

Las varianzas medias que se obtuvieron "dentro" de las progenies F3 y "dentro" de los testigos fueron de 33,60 y 13,58, respectivamente. La diferencia (20,08) constituye una medida de la variación genética observada entre árboles, que debe ser adicionada al componente de genotipos para calcular el nuevo estimativo de la heredabilidad:

$$H = \frac{7,70 + 20,08}{(7,70 + 20,08) + (13,58 + 0,0)} = 0.67$$

Este nuevo valor de H representa mejor la situación analizada y, al ser usado para predecir la ganancia genética (1), indica que habría un aumento probable del 29% en la producción si se selecciona el 50% superior en la población de árboles. En consideración a lo anterior se deduce que en la generación F3 existe una amplia variación genética en producción, especialmente entre árboles de las progenies, que explotada convenientemente debe aumentar la producción en futuras generaciones.

Adaptabilidad.

Se considera que una variedad tiene un buen nivel de adaptabilidad cuando su comportamiento en una serie de ambientes es estable y su producción media es elevada.

Una variedad es estable, en términos estadísticos, cuando no interactúa con el ambiente, tomando como referencia el comportamiento promedio de las variedades estudiadas. Para el análisis de la estabilidad se han desarrollado varias técnicas descritas por Freeman (11), basadas en la estimación de la influencia de cada variedad o genotipo en la interacción genotipo x localidad. En este trabajo se analizó la estabilidad de la producción de los materiales de la serie 1, mencionados antes, utilizando dos sistemas: la ecovalencia desarrollada por Wrike (citado por Freeman, 11) y la varianza de estabilidad, propuesta por Shukla (22). La primera consiste en la contribución de cada genotipo a la suma de cuadrados de la interacción de genotipo por localidad. La segunda es una estimación imparcial del cuadrado medio de la contribución de cada genotipo, calculado a partir de su ecovalencia y teniendo en cuenta el comportamiento en todas las localidades. Este criterio permite una prueba estadística de la magnitud de la varianza de estabilidad, por la cual se juzga si un genotipo es estable.

En la Tabla 4, se presentan las ecovalencias y las varianzas de estabilidad, cuyos valores indican que las progenies PL.989, PL.1000, PL.1404 y la variedad Catuaí amarillo fueron inestables, mientras el resto de materiales presenta índices que denotan estabilidad.

TABLA 4.- ECOVALENCIA Y VARIANZA DE ESTABILIDAD DE LA PRODUCCION ACUMULADA DURANTE TRES COSECHAS, DE SIETE PROGENIES F3 DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y CUATRO VARIETADES TESTIGO ESTUDIADAS EN TRES LOCALIDADES. DATOS EN KG/PARCELA.

Genotipos	Suma de cuadrados Interacción G x L		Varianza de estabilidad
	Ecovalencia	%	
P.L. 1.000	638,13	38,00	380,64*
P.L. 1.404	269,64	16,06	155,45**
Catuai amarillo	217,94	12,98	123,86**
P.L. 989	201,64	12,01	113,90*
	S u m a	1.327,35	79,05
Caturra rojo	136,27	8,11	73,95
P.L. 1.402	64,36	3,83	29,99
P.L. 1.313	62,05	3,70	28,59
Catuai amarillo	51,42	3,06	22,09
P.L. 1.406	27,51	1,64	7,48
P.L. 1.378	9,55	0,56	3,49
Catuai rojo	0,78	0,05	8,86
	S u m a	351,94	20,95
	T o t a l	1.679,29	100,00

* P: 95%

Error para medir la varianza de estabilidad = 29,37.

** P: 99%

Se observa que los siete genotipos estables solo contribuyen con el 21% de la suma de cuadrados de la interacción, mientras el 79% restante es aportado por los cuatro materiales inestables. Las varianzas de estabilidad presentan también notables contrastes dentro de materiales inestables (380,6 a 113,9) y estables (73,9 a 3,4). Se deduce que existe una amplia variabilidad en la estabilidad de las progenies F3, que permitirá la selección posterior de genotipos con amplia adaptación.

Otro aspecto importante es la asociación positiva que se encuentra entre estabilidad y producción. En efecto, las variedades más estables, con menor ecovalencia, tienden a ser las más productivas. La correlación de rangos de Spearman dió un valor de - 0,68, altamente

significativa, cuando se correlacionaron las ecovalencias y las producciones de las variedades. La figura 1 representa esa relación.

En los materiales aquí estudiados no se notó una relación aparente entre el grado de heterogeneidad genética y la estabilidad, tal como se observa en otras especies (2). Puede especularse que en café, especie autógama, la estabilidad dependa de alguna combinación genotípica particular.

Características de crecimiento de las plantas.

Se midió un grupo de características relacionadas con el crecimiento vegetativo y el vigor de las plantas en los materiales de la serie 2, con la finalidad de conocer su variabilidad, medir la relación con la producción y explorar la posibilidad de efectuar una selección temprana.

En cuanto a la altura de los árboles y el diámetro de su copa, se aprecia en la Tabla 5, que los grupos de progenies F3 y de variedades de tipo Caturra tienen características similares. La incorporación del gen Caturra (Ct) en condición homocigótica en las progenies F3, es la causa de que las diferencias mencionadas sean de poca magnitud, lo cual significa que las progenies F3 pueden recibir en el campo las mismas prácticas culturales que las variedades de porte bajo.

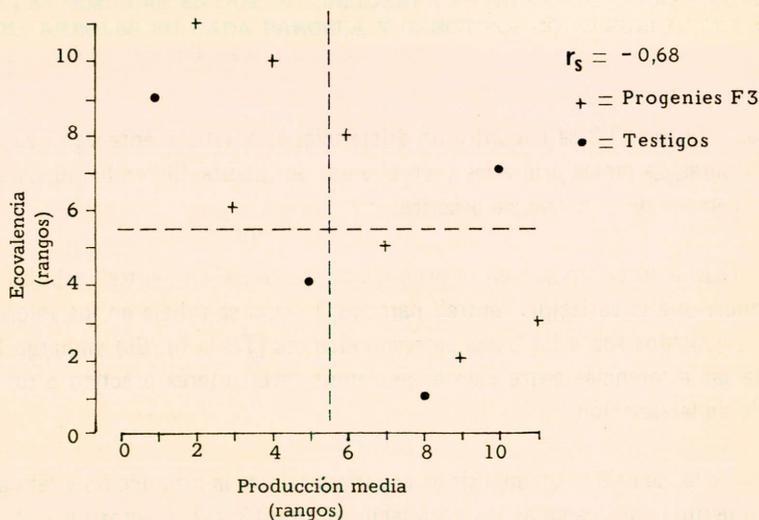


FIGURA 1.- Adaptabilidad de siete progenies F3 de Caturra x Híbrido de Timor y cuatro variedades testigo, medida en tres ambientes durante tres cosechas.

TABLA 5.- VALORES MEDIOS POR PLANTA PARA ALGUNAS MEDIDAS BIOMETRICAS DE PROGENIES F3 DEL CRUZAMIENTO DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y VARIEDADES DE TIPO CATURRA. ESTIMACIONES DE LA VARIACION Y DE LA HEREDABILIDAD EN CADA MEDIDA.

Genotipos	Material estudiado		Características ^{1/}			
	Progenies (Nº)	Plantas (Nº)	Pares de primarias (Nº)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Vigor (puntos) ^{2/}
Progenies F3	16	256	48	201	187	5,3
Variedades	4	64	45	200	189	5,5
	DS		3,8	24	18	0,9
	CV		8,1	12,3	10,0	17,7
	<u>Heredabilidad</u>					
	Plantas		0,31	0,21	0,28	0,10
	Parcelas		0,65	0,42	0,58	0,30

^{1/} A los 40 meses de edad.

^{2/} Promedio de cinco calificaciones efectuadas entre los 12 y los 40 meses de edad, utilizando una escala de 10 puntos.

Entre las progenies F3 se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de pares de ramas primarias y en el vigor por planta. Sin embargo, estas diferencias también carecen de importancia práctica.

Similarmente a lo observado en la producción, la variación "entre" árboles tiene mayor importancia que la variación "entre" parcelas, lo cual se refleja en los valores de heredabilidad, calculados sobre las bases correspondientes (Tabla 5). Sin embargo la poca magnitud de las diferencias entre valores extremos resta interés práctico a un análisis más detallado de la variación.

Por otra parte, se utilizó un análisis de covarianza entre la producción y las características de crecimiento, para calcular las correlaciones fenotípicas y genotípicas. Se obtuvieron valores bajos y no significativos para los coeficientes r , lo cual indica que las características mencionadas son de poca utilidad para la detección precoz de los individuos más productivos.

Características de las semillas.

En la población de Caturra x Híbrido de Timor comunmente se presentan defectos en las semillas en proporciones elevadas, especialmente de los denominados "vaneamiento" y "grano caracol". No obstante, si la selección es adecuada se pueden reducir esas proporciones a niveles comparables a los que exhiben las variedades comerciales en Colombia.

El éxito en la selección en semillas vacías y en granos caracol es una consecuencia de la notable variabilidad que ocurre en generaciones sin selección, atribuída a factores hereditarios (16). En los materiales que forman la serie 2 también se estudió la variación en estos defectos. Se encontró que las principales fuentes de variación se deben a diferencia de árboles y progenies y por tanto los valores de los coeficientes de heredabilidad y repetibilidad obtenidos fueron relativamente altos (Tabla 6). Estos valores confirman la correlación estrecha y altamente significativa, calculada entre la cantidad de defectos observados en las progenies F3 y en sus respectivas plantas madres F2, que fue de $r = 0.89$ y $r = 0.69$ para semillas vacías y granos caracol, respectivamente.

TABLA 6.- COMPONENTES DE LA VARIANZA DE UN ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS SEMILLAS, EN QUE SE CONSIDERAN MUESTRAS TOMADAS EN CADA ARBOL, ARBOLES EN CADA PARCELA Y GENOTIPOS COMO FUENTES DE VARIACION; COEFICIENTES DE HEREDABILIDAD Y REPETIBILIDAD.

Fuente de variación	Componente de la varianza (Vi)	Características		
		Vaneamiento	Granos caracoles	Grano mayor de 17/64 de pulgada
Muestras en árboles	(Vm)	9,52	4,57	65,39
Arboles en parcela	(Va)	55,55	5,83	12,23
Genotipos x Replicaciones	(Vgr)	4,35	1,97	-2,11 (0)
Genotipos	(Vg)	71,87	10,98	50,16
Varianza fenotípica	$\sum Vi$	141,29	23,35	127,78
Heredabilidad	H	0,51	0,47	0,39
Repetibilidad	R	0,85	0,56	0,16

$$H = \frac{Vg}{\sum Vi}$$

$$R = \frac{Va}{Va + Vm}$$

Las consideraciones anteriores implican, en la práctica, la reducción de las proporciones de granos defectuosos a niveles comparables a los que presentan las variedades comerciales, lo cual significa una ganancia por selección, con relación a las proporciones iniciales, del 64^o/o para el "vaneamiento" y de 30^o/o para los granos caracol. En la Tabla 7 se aprecia claramente el efecto de la selección.

Otra característica de interés es el tamaño de las semillas. Su variabilidad está infuía considerablemente por factores ambientales que se reflejan en diferencias entre "muestreros", como se aprecia en la Tabla 6. En este caso los coeficientes H y R fueron menores que para los dos defectos de grano y por tanto, se espera menor ganancia por selección.

TABLA 7.- PROPORCION DE DEFECTOS EN LAS SEMILLAS, DETERMINADA EN DIFERENTES GENERACIONES DEL CRUZAMIENTO DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y EN VARIEDADES TESTIGO DURANTE VARIAS COSECHAS, EN CHINCHINA.

Generación	Material analizado		Semillas vacías %	Granos caracol %
	Progenies Nº	Arboles Nº		
F1	17	383	19,7	17,6
F2 sin selección en F1	10	159	18,2	14,8
F3 sin selección en F2	16	288	17,2	14,9
F3 con selección en F2	11	205	6,2	10,5
Variedades testigo	4	54	4,6	8,5

Resistencia a la roya.

Las pruebas efectuadas por el CIFIC de Portugal en plantas de varias generaciones de cruzamientos de la variedad Caturra por el Híbrido de Timor, desarrolladas en Colombia, demuestran una amplia variación en resistencia. En ellas se han detectado seis fenotipos o grupos fisiológicos (A, R, 1, 2, 3 y E), al inocular nueve razas patogénicas a estos materiales. Los cinco primeros grupos son resistentes a las razas descubiertas hasta el momento en América, mientras que el grupo E, al cual pertenecen todas las variedades de *C. arabica* cultivadas en el continente, es atacado por todas ellas y por tanto se considera como un grupo "susceptible". La proporción de plantas del grupo E en generaciones F2, F3 y RC1F1, sugiere la presencia de tres o cuatro factores de resistencia, cuyas combinaciones forman una amplia gama de genotipos.

Pruebas efectuadas en la descendencia de 257 progenitores F3 (Tabla 8), indican que solamente una proporción muy baja de ellos (1,2 %) es "susceptible". Al contrario, en el 77,4 % de los progenitores toda su descendencia es resistente, mientras que el 21,4 % segrega descendientes resistentes y susceptibles. En conjunto, solamente el 6,6 % de la población F4 es susceptible, lo cual reduciría la necesidad de control químico en el campo. No obstante, la proporción de plantas del grupo E puede disminuirse a niveles insignificantes si se eliminan los progenitores homocigóticos susceptibles y los heterocigóticos.

En resumen, las generaciones F3 y F4 presentan una mezcla muy variada de diferentes genotipos de resistencia, provenientes de la recombinación de los genes que la controlan, entre los cuales el genotipo "susceptible" puede reducirse por selección a proporciones insignificantes.

TABLA 8.- SEGREGACION POR RESISTENCIA A *H. vastatrix*, EN PLANTAS F3 DEL CRUZAMIENTO DE CATURRA X HIBRIDO DE TIMOR Y EN SU PROGENIE F4, SEGUN PRUEBAS EFECTUADAS EN EL CÍFC, SOBRE MATERIALES PRODUCIDOS EN COLOMBIA.

Clases	Plantas F3		Total Analizadas	Plantas F4			
	Nº	0/0		Resistentes		Susceptibles	
				Nº	0/0	Nº	0/0
Resistentes no segregantes	199	77,4	9.767	9.767	100	—	—
Resistentes segregantes	55	21,4	2.851	2.377	83,4	474	16,6
Homocigóticas susceptibles (Sh5 Sh5)	3	1,2	381	—	—	381	100
S u m a	257	100	12.999	12.144		855	
0/0			100	93,4		6,6	

CONCLUSIONES

Al estudiar las progenies F3 de cruzamientos de la variedad Caturra por el Híbrido de Timor, se destaca su amplia variabilidad en los aspectos más importantes que se contemplan de la selección: productividad, adaptación, tamaño de la semilla, defectos del grano y resistencia a la roya.

La productividad es tan alta como la observada en la variedad Caturra y presenta una amplia variación genética que hace muy probable un mejoramiento significativo en futuras generaciones. Existen también materiales con adaptación general a diversos ambientes, que parecen preferibles a los de buen comportamiento en ambientes restringidos. En cuanto a los defectos del grano, se ha demostrado que es posible reducirlos rápidamente por selección a niveles similares a los de los cultivares comerciales.

La resistencia a la roya es un aspecto de interés primordial. Dentro de las progenies se presentan numerosos genotipos, originados por la recombinación de los genes que controlan la resistencia. Estos genotipos forman una población muy diversa de la cual es posible eliminar, o reducir a proporciones insignificantes, las plantas susceptibles a las razas encontradas hasta el momento en América y que atacarían los cultivares predominantes en Colombia, que son Típica, Borbón y Caturra.

Con los materiales seleccionados se formará un cultivar compuesto, con alto nivel de producción y buenas características agronómicas, pero con amplia variabilidad por resistencia a la roya. Con ésto se pretende dar un empleo adecuado a la resistencia vertical encontrada en el Híbrido de Timor, acorde con la naturaleza del complejo café-roya y con las características de la caficultura nacional. Ese cultivar se denominará variedad "Colombia" y sus constituyentes se encuentran en etapa de multiplicación.

RESUMEN

El Híbrido de Timor es una población de origen interespecífico que se está empleando intensamente en Colombia para el mejoramiento del café, especialmente por su resistencia a *Hemileia vastatrix*.

Se estudian en este trabajo dos grupos de progenies F3 del cruzamiento de dicho híbrido con la variedad Caturra de *Coffea arabica*. En uno de ellos se analiza la producción de 4 cosechas, características de las semillas y medidas de crecimiento de las plantas, en 16 progenies F3 y 4 variedades testigo de tipo Caturra, sembradas en una localidad. En el otro grupo se analiza la estabilidad de la producción durante 3 cosechas en 7 progenies F3 del mismo cruzamiento y 4 variedades de tipo Caturra, sembradas en 3 localidades.

En ambos grupos de experimentos la producción de las progenies fue similar a la alcanzada por los testigos, pero en dos localidades se observaron diferencias significativas.

Se destacaron los altos valores de las varianzas de árboles dentro de las progenies y de la interacción de "genotipo por localidad". La varianza de árboles dentro de las progenies fue mayor que en los testigos ($P = 0.01$), considerados como homogéneos. Si esta última

variación es únicamente ambiental, se deduce que el 67^o/o de la variación entre "árboles" F3 sería de origen genético y permitiría un avance en la producción del 29^o/o al seleccionar el 5^o/o de la población.

Las progenies difieren ampliamente en su estabilidad, medida por la contribución a la varianza de la interacción de "genotipo por localidad", que osciló entre 0.5^o/o y 38.0^o/o. Las progenies más productivas fueron también las más estables.

Aunque las características del crecimiento muestran diferencias entre progenies, con heredabilidad considerable, estas medidas biométricas no estuvieron correlacionadas con la producción. El vigor mostró una baja heredabilidad.

El tamaño de la semilla y los porcentajes de semillas vacías y caracoles tuvieron heredabilidad mediana o alta. La variación entre árboles fue muy alta en las semillas vacías y caracoles, con coeficientes de repetibilidad de 0,85 y 0,56, mientras que el tamaño de las semillas fue homogéneo entre árboles, con un valor de $R = 0,16$.

Se concluye que los materiales híbridos muestran un nivel de producción similar al de las variedades tipo Caturra, pero la amplia variación de origen genético que presentan, tanto entre las progenies como entre los árboles que las forman, permite hacer una selección efectiva de tipos agronómicos superiores. Estos tipos se están aprovechando para conformar una variedad de naturaleza compuesta denominada variedad "Colombia".

SUMMARY

The Timor Hybrid, a population of interespecific origin, has been intensively used to breed coffee for leaf rust resistance, in Colombia.

In this study, third generation progenies, originated from crosses between Timor Hybrid and cultivar Caturra of *C. arabica* L., were evaluated. A 16 progeny group was observed during 4 crops at Chinchiná. Yield, seed characteristics and plant growth measurements were analysed. Other 7 progeny group was grown at 3 locations and studied during 3 crop seasons in relation to yield and yield stability. In both groups, 4 Caturra type cultivars were included as check varieties.

In the average, the yields of progenies and check cultivar were similar, but significant difference were observed at two locations. The within progeny variance was larger than

the variance within check cultivars ($P : 0,01$) which are considered genetically homogeneous. If this last variation is only environmental, it is expected that 67% of the within progeny variance is of genetical origin, and the expected genetic advance reaches 29%, when the 5 percent of highest yielding trees are selected.

Third generation progenies differ broadly for yield stability, as measured by their contribution to genotype x location variance, which ranged from 0,5 to 38%.

Growth characteristics displayed median heritability, but were not correlated to yield. On the other hand, vigor, as estimated in this study, had low heritability.

Seed size and percentages of empty beans and peaberries had medium to high heritabilities. Among tree variance was high, as compared with sample variance, for the last two characteristics, with repetibilities of 0,85 and 0,56, while seed size had a small value (0,16).

It is concluded that F3 progenies and check varieties have similar mean yields, but a wide genetic variability (comprising "among" and "within" progeny variances) allows to select superior agronomic types. These selections are being used to form a compound cultivar called Colombia variety.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ALLARD, R. W. Principios de la mejora genética de las plantas. Barcelona, Omega, 1967. 498 p.
- 2.- ALLARD, R. W. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Science* 1(2):127-133. 1961.
- 3.- BETTENCOURT, A. J. Considerações gerais sobre o Híbrido de Timor. Campinas, Brasil, Instituto Agronômico, 1973. 20 p. (Circular N° 23).
- 4.- BINGHAM, R. T., HOFF, R. J. and McDONALD, G. I. Disease resistance in forest trees. *Annual Review of Phytopathology* 9:433-452. 1971.
- 5.- BROWNING, J. A. Diversity - the only assurance against genetic vulnerability to diseases in major crops. In: Conference of Central States Forest Tree Improvement, 9°, October 9-11, 1974. Ames, Iowa State University, 1974. 23 p.
- 6.- BROWNING, J. A. and FREY, K. L. Multiline cultivars as means of disease control. *Annual Review of Phytopathology* 7:355-382. 1969.
- 7.- CARVALHO, A. and MONACO, L. C. The breeding of arabica coffee. In: Ferwerda, F. P. and Wit, F., ed. *Outlines of perennial crop breeding in the tropics*. Wageningen, H. Veenman & Zonen, 1969. p. 198-216. (Miscellaneous Papers N° 4).

- 8.- CASTILLO Z., J., MORENO R., G. y LOPEZ D., S. Uso de resistencia genética a *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. existente en germoplasma de café en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 27(1): 3-25. 1976.
- 9.- CENTRO DE investigação das Ferrugens do Cafeeiro, Oeiras (Portugal). Progress report 1960-1965. Oeiras, 1965. 144 p.
- 10.- CHEVALIER, A. Les caféiers du globe. III. Systématique des caféiers et faux-caféiers maladies et insectes nuisibles. Paris, Paul Lechevalier, 1947. 356 p. (*Encyclopédie biologique* N° 28).
- 11.- FREEMAN, G. H. Statistical methods for the analysis of genotype environment interactions. *Heredity (Inglaterra)* 31(3):339-354. 1973.
- 12.- GENETIC vulnerability of major crops. Washington, D. C., National Academy of Sciences, 1972. 307 p.
- 13.- GONCALVES, M. M. e RODRIGUES, M. L. Estudos sobre o café de Timor. II. Nota sobre as possibilidades de produção do "Híbrido de Timor" no seu habitat natural. Lisboa, Missao de Estudos Agrónómicos do Ultramar, 1976. p. 31-72. (*Comunicações* N° 86).
- 14.- KRUG, C. A. MENDES, J. E. T. e CARVALHO, A. Taxonomía de *Coffea arabica* L. II. *Coffea arabica* L. var. Caturra e sua forma xanthocarpa. *Bragantia (Brasil)* 9(9-12):157-163. 1949.
- 15.- MONACO, L. C. Consequences of the introduction of coffee rust into Brazil. *Annals of the New York Academy of Sciences* 287:57-71. 1977.
- 16.- MORENO R., G. Variabilidad de semillas anormales de café en una población F2 de Caturra x Híbrido de Timor. *Cenicafé (Colombia)* 28(2):39-50. 1977.
- 17.- NELSON, R. R. Stabilizing racial populations of plant pathogens by use of resistance genes. *Journal of Environmental Quality (Estados Unidos)* 1(3):220-227. 1972.
- 18.- PLANK, J. E. Van Der. Disease resistance in plants. New York, Academic Press, 1968. 206 p.
- 19.- ROBINSON, R. A. The search and need for horizontal resistance to coffee rust and prospects for similar resistance to CBD in Ethiopia. In: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Consulta de Expertos sobre Prevención de la Roya del Cafeto, Turrialba, C. R., 27-29 noviembre, 1973. Informe final. Turrialba, Centro Agrónómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1973. p. 25-35.
- 20.- ROBINSON, R. A. Vertical resistance. *Review of Plant Pathology (Inglaterra)* 50(5):233-239. 1971.
- 21.- RODRIGUEZ, Jr. C. J., BETTENCOURT, A. J. and RIJO, L. Races of the pathogen and resistance of coffee rust. *Annual Review of Phytopathology* 13:49-70. 1975.
- 22.- SHUKLA, G. K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity (Inglaterra)* 29:237-245. 1972.
- 23.- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: Kerr, W. E. Melhoramento e genética. Sao Paulo, Brasil, Edições Melhoramento, 1969. p. 17-38.
- 24.- WELLMAN, F. L. Coffee ;botany, cultivation and utilization. London, Leonard Hill, 1961. 488 p.