

CARACTERES AGRONÓMICOS Y RESISTENCIA INCOMPLETA A *Hemileia vastatrix* DE PROGENIES DE CATURRA x HÍBRIDO DE TIMOR

Gabriel Alvarado-Alvarado*; Germán Moreno-Ruiz*; Hernando Cortina-Guerrero*.

RESUMEN

ALVARADO A., G.; MORENO R., L.G.; CORTINA G., H. Caracteres agronómicos y resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*, de progenies de Caturra x Híbrido de Timor. Cenicafé 53(1):7-24.2002.

Se evaluó la progenie de 83 progenitores los cuales, previamente en condiciones de campo, al ser expuestos a epidemias naturales presentaron lesiones de roya con esporulación mínima. De esos, 82 son derivados de cruzamiento simple y retrocruzamiento del Híbrido de Timor CIFC #1343 con la variedad Caturra, y un progenitor resistente procede de la Introducción F.502. Se sembraron en la Estación Central Naranjal en cinco experimentos en bloques divididos, utilizando como testigos las variedades Caturra y Colombia. Los resultados de la evaluación de campo muestran que el 89% de las progenies producen similarmente al mejor testigo, 54% de ellas posee tamaño de grano mayor al 68% de café supremo y 46% presenta porcentajes de grano vano y caracol similar a los de las variedades comerciales. El 55% de los materiales mostró altos niveles de resistencia incompleta. Al considerar simultáneamente los caracteres de interés agronómico y resistencia incompleta a la roya, se seleccionaron 23 progenitores de gran valor agronómico (28% de intensidad de selección). La heredabilidad de la producción en sentido amplio fue alta en todos los casos (0,77 a 0,90), predominando la variación entre progenies, lo que augura ganancia genética al establecer la selección por producción.

Palabras claves: Café, mejoramiento genético, variedad Caturra, Variedad Colombia, Híbrido de Timor, selección, resistencia genética, roya del cafeto.

ABSTRACT

The progeny of 83 progenitors, previously exposed to natural epidemics under field conditions that exhibited coffee leaf rust pustules with minimum sporulation, was evaluated. Eighty-two of them are derived from simple crossing and retro-crossing of Timor Hybrid CIFC #1343 with Caturra variety and one resistant progenitor comes from the Introduction F.502. They were sown in the Central Station Naranjal in five experiments in divided blocks, using Caturra and Colombia varieties as controls. The field evaluation results show that 89% of the progenies similarly produce the best control, 54% of them have grain size higher than 68% of supreme coffee and 46% exhibit percentages of vain and snail grain similar to those of the commercial varieties. 55% of the materials exhibited high incomplete resistance levels. When simultaneously considering the features of agronomic interest and incomplete coffee leaf rust resistance, 23 progenitors of great agronomic value were selected (28% of selection intensity). The production inheritance was, in general, high in all cases (0.77 to 0.90), predominating the variation among progenies, which augurs genetic profit when establishing the selection per production.

Keywords: Coffee, genetic improvement, Caturra variety, Colombia variety, Timor Hybrid, selection, coffee leaf rust, genetic resistance.

* Investigador Científico II, Investigador Principal I e Investigador Científico I hasta junio de 2001, respectivamente. Mejoramiento Genético y Biotecnología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

A finales de la década de los años 50, el Centro de Investigaçao das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC) de Portugal, realizó una de las mayores contribuciones a la caficultura mundial mediante el descubrimiento del Híbrido de Timor (H.T.). Desde entonces, sus investigadores postularon que se trataba de un híbrido natural probablemente entre *Coffea arabica* L. x *Coffea canephora* Pierre, y se debe a que un gameto de ésta última especie no sufrió reducción meiótica. La misma institución, posteriormente, confirmó que poseía un número de cromosomas idéntico al de *C. arabica* (20).

Luego de probar la resistencia del H.T., a las razas fisiológicas mantenidas en colección en el CIFC, dicha entidad distribuyó su semilla a los países cafeteros para su utilización en los programas locales de mejoramiento genético por resistencia a la roya (20). A partir del H.T., se desarrollaron híbridos entre los cuales merecen especial mención: El HW.26 (Caturra rojo 19/1 x H.T. #832/1), H.46 (Caturra rojo 19/1 x H.T. #832/2), H.361 (Villa Sarchi 971/10 x H.T. #832/2), H.528 (Catuai amarillo 2480/20 x HW.26/13) y H.529 (Caturra amarillo 1637/56 x H.361/3). Los híbridos HW.26 y H.46 se introdujeron en generaciones F2 y F3 a Brasil y a Costa Rica en 1970. En el Brasil se denominaron Catimor. Los híbridos H.361 y H.529 fueron llamados como Sarchimor, Cavimor y Cachimor (20).

Estos híbridos, especialmente los Catimores, debido a su elevada resistencia a la roya, buenas características agronómicas y alta productividad se han difundido por más de 33 países cafeteros (5, 6, 7, 8, 15, 16, 20, 22, 23).

Cenicafé recibió en 1960 la introducción del Híbrido de Timor CIFC #1343, la cual fue cruzada con la variedad Caturra, ésta última de amplia adaptación a las condiciones de la caficultura Colombiana. En el proceso de obtención y evaluación de las poblaciones segregantes de este cruzamiento, Castillo y Moreno (12)

seleccionaron aquellos progenitores que en la prueba de progenie obtenían producciones estadísticamente iguales a los testigos, y ocasionalmente superiores, con atributos agronómicos sobresalientes y resistencia a *H. vastatrix* (8, 11, 12).

En pruebas regionales realizadas en seis localidades representativas de la zona cafetera Colombiana, se encontró una alta proporción de los 55 progenitores F4 con producción similar a los testigos protegidos contra roya, e incluso algunos superiores a éstos (8, 11, 12). Igualmente, hallaron 41 progenies en F5 con rendimientos comparables a los de los testigos, los cuales en ausencia de roya alcanzaban altas productividades (12, 19). La evaluación regional y el análisis de la estabilidad de la producción permitieron la selección de un número importante de progenitores de alta productividad para la conformación de una variedad compuesta con amplia adaptación a la zona cafetera de Colombia (19). La producción acumulada de cuatro cosechas, de 138 progenies de quinta generación en presencia de la roya, fue en promedio de 416@/ha-año de café pergamino seco (cps). De ellas, el 64% produjeron entre 400 y 600@/ha-año de cps (2, 8, 12).

Como resultado de este proceso de mejoramiento, se obtuvo la Variedad Colombia, constituida por la mezcla de numerosas progenies de generaciones avanzadas, con gran diversidad genética en su resistencia a la enfermedad lo que ha quedado plenamente demostrado luego de 20 años de haber sido entregada a los caficultores (12, 18). La diversidad genética existente en la Variedad Colombia, ha retardado el establecimiento y propagación de nuevas razas patogénicas, a pesar de su aparición frecuente, y ha conservado la resistencia en el 98% de las plantas evaluadas, tal como se encontró en un muestreo conducido en 945 fincas cafeteras de siete departamentos, en el cual la resistencia completa estaba vigente

en el 79% de la población y la resistencia incompleta en el 19% de la misma (18).

En los derivados del H.T. pertenecientes al grupo fisiológico E o a otros grupos diferentes de éste, pero con reacciones de susceptibilidad a *H. vastatrix*, se ha sugerido la existencia de resistencia residual, o de resistencia horizontal según Vanderplank (7,8,16,20). Mediante procedimientos de campo, consistentes en el seguimiento periódico del progreso de la roya y la defoliación sobre ramas en las cuales se forma la cosecha, y a través de la medida de pérdidas en producción atribuibles a la enfermedad en períodos de epidemia severa (3,4,10,13), en Cenicafé se ha evaluado numeroso germoplasma con fines de selección por resistencia incompleta a *H. vastatrix*.

Los experimentos que aquí se discuten tuvieron como objetivo realizar la evaluación agronómica con fines de selección de la progenie de 83 progenitores de Caturra x H.T. CIFIC #1343, preseleccionados por presentar reacción compatible con *H. vastatrix*, caracterizada por la presencia de lesiones de roya con mínima esporulación. La estimación del nivel de resistencia incompleta existente en la progenie de estas plantas se hizo utilizando los procedimientos de medida citados. La expresión de la resistencia observada en algunos de estos genotipos se caracteriza por una marcada demora hasta de cinco meses en el inicio de la epidemia con relación al testigo susceptible (variedad Caturra), una baja tasa de progreso de la enfermedad y ausencia de respuesta de la producción a la roya en períodos de epidemia severa (4,10).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Los experimentos se sembraron en la Estación Central Naranjal de Cenicafé, a

una altitud de 1400msnm, con temperatura media de 21°C, y un promedio de precipitación de 2612mm al año distribuidos en 238 días. El brillo solar en promedio de 1.817 horas/año y humedad relativa del 78%. La clasificación ecológica corresponde a bosque húmedo tropical y se localiza en el Ecotopo 206A. Los experimentos se realizaron entre 1988 y 1996.

Materiales estudiados. En cinco experimentos (MEG0203, MEG0205, MEG0206, MEG0217 y MEG0218) se estudiaron 83 progenies, 36 derivadas de cruzamiento simple de Caturra x Híbrido de Timor y 46 de retrocruzamiento de este cruce con Caturra o Catuai, y una progenie F3 del H.2094 que es un cruzamiento con la introducción resistente F.502 (Tabla 1).

En el MEG0203 se evaluaron 21 progenies de 12 híbridos simples, tres vías o de retrocruzamiento, en los que participa el Híbrido de Timor. Los testigos con resistencia completa y susceptible fueron las variedades Colombia y Caturra, respectivamente. En el MEG0205, se estudiaron 23 progenies derivadas de siete híbridos, seis de ellos con el Híbrido de Timor y otro con el F.502. Los testigos fueron los mismos del experimento anterior. En el MEG0206, se sembraron 13 progenies de retrocruzamiento a Catuai con el Híbrido de Timor como donante, y tres testigos, las variedades Caturra y Catuai, susceptibles y var. Colombia. En el MEG0217, se evaluaron nueve progenies derivadas de tres híbridos de retrocruzamiento similares al anterior, y tres testigos, dos de Colombia y uno de Caturra. Finalmente, en el MEG0218 se estudiaron 17 progenies de seis híbridos simples y de retrocruzamiento con el Híbrido de Timor. También se incluyeron como testigos las variedades antes mencionadas.

Diseño experimental. Se sembraron en cinco experimentos de bloques divididos y dos o tres repeticiones (14). Un bloque constituido por las progenies y el otro por el control químico

TABLA 1. Cruzamientos utilizados para evaluación agronómica y de resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*

| Híbrido | Cruzamiento | Generación estudiada | | | | | Total |
|---------|-----------------|----------------------|----|----|----|----|-------|
| | | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | |
| H.3001 | CA x H.T. | | | 6 | 17 | 3 | 26 |
| H.3004 | CA x H.T. | | 2 | 2 | | | 4 |
| H.3005 | CR x H.T. | | 3 | | | | 3 |
| H.3029 | CR x H.T. | 1 | | | | | 1 |
| H.3042 | (CA x Enn)H.T. | 1 | | | | | 1 |
| H.3056 | (CR x Vill)H.T. | 1 | | | | | 1 |
| H.3072 | CR(CR x H.T.) | | 1 | | | | 1 |
| H.3073 | CR(CR x H.T.) | 3 | 11 | | | | 14 |
| H.3075 | CR(CA x H.T.) | | 1 | | | | 1 |
| H.3076 | CR(CA x H.T.) | 1 | 4 | | | | 5 |
| H.3077 | CR(CA x H.T.) | 2 | 1 | | | | 3 |
| H.3078 | CR(CA x H.T.) | | 1 | | | | 1 |
| H.3082 | CR(CA x H.T.) | 1 | | | | | 1 |
| H.3083 | CR(CA x H.T.) | 1 | 2 | | | | 3 |
| H.3101 | (C x H.T.)Cy R | 10 | | | | | 10 |
| H.3102 | (C x H.T.)Cy R | 3 | | | | | 3 |
| H.3109 | (C x H.T.)Cy R | 3 | | | | | 3 |
| H.3116 | CA x H.T. | 1 | | | | | 1 |
| H.2094 | (CR x MN) F.502 | 1 | | | | | 1 |
| | | 29 | 26 | 8 | 17 | 3 | 83 |

H.3072: CR x H.3005

H.3073: CR x H.3005

H.3075: CR x H.3004

H.3076: CR x H.3004

H.3116: CA x H.T. I.571

H.3077: CR x H.3004

H.3078: CR x H.3001

H.3082: CR x H.3001

H.3083: CR x H.3001

H.3101: H.3001 x Cy R

H.3102: H.3001 x Cy R

H.3109: H.3001 x Cy R

de roya (con y sin control). La subparcela con 10 plantas efectivas representó la unidad experimental.

Los experimentos se sembraron a un metro entre plantas y dos metros entre surcos, para una densidad de 5000 plantas/ha. Las características de los ensayos se consignan en la Tabla 2.

Manejo de campo. El control de roya se realizó cada 45 días, aplicando triadimefon y cyproconazol en forma alterna, en dosis de 40 y 10mL/10 litros de agua, respectivamente, que permiten bajos niveles de infección en las franjas con control. La fertilización, el manejo de las arvenses y las demás labores culturales se realizaron de acuerdo con las recomendaciones técnicas desarrolladas en Cenicafe.

Variables evaluadas. Producción. A cada subparcela se le midió el peso total de frutos maduros cosechados y el valor se expresó en kilogramos de café cereza/año. Durante cada año en que se registró la producción, se realizaron entre 18 y 20 pases de recolección. La producción para cada experimento se midió durante tres o cuatro cosechas principales en los períodos que se muestran en la Tabla 2. La producción se expresó en arrobas de café pergamino seco por hectárea-año (@ cps/ha-año).

Defectos de grano. Se determinó la proporción de granos vanos y caracol. Se ejecutaron tres muestreos en dos cosechas principales a cada una de las plantas que conformaban la unidad experimental. Los granos vanos o semillas vacías se originan por aborto tardío del óvulo

TABLA 2. Características de los experimentos de evaluación agronómica de progenies derivadas de Caturra x Híbrido de Timor.

| Expto MEG | Fecha de Siembra | Período de Evaluación | Progenies | Testigos | Tratamientos | Repeticiones |
|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 0203 | 05/88 | Jul/90 - Jun/94 | 21 | 4 | 25 | 3 |
| 0205 | 12/88 | Jul/90 - Jun/94 | 23 | 2 | 25 | 3 |
| 0206 | 01/89 | Jul/90 - Jun/94 | 13 | 3 | 16 | 2 |
| 0217 | 10/91 | Jul/93 - Jun/96 | 9 | 3 | 12 | 2 |
| 0218 | 12/91 | Jul/93 - Jun/96 | 17 | 3 | 20 | 2 |
| | | | 83 | 15 | 98 | |

fecundado, el cual detiene el crecimiento del endospermo, pero no el de la cavidad locular. Tienen el aspecto de frutos normales, pero pueden contener una o dos cavidades vacías (12). Se evaluaron en muestras de 100 frutos por planta, registrando la proporción que flota cuando se sumergen en agua.

Los granos caracol se originan cuando uno de los óvulos aborta tempranamente y, además, se produce atrofia de la cavidad locular. La semilla del otro lóculo se desarrolla libremente, llenando todo el espacio y tomando forma de caracol. Se originan por fallas en la fecundación y posiblemente por factores genéticos e irregularidades meióticas (12). Se utilizaron muestras de 400 semillas por planta, que se observaron directamente.

Tamaño del grano. Se estiman a través de la medida del porcentaje de café supremo. Se preparan muestras de 100 gramos por planta de café verde o almendra y se calcula la proporción que es retenida en una zaranda de orificios circulares de 17/64 de pulgada de diámetro.

Desarrollo y conformación de las plantas. Se observó su conformación morfológica y la presencia de plantas con cualquier anomalía. Se midió la altura de las plantas, entre 24 y 30 meses de edad.

Resistencia a la roya. En el laboratorio del CIFIC de Portugal se evaluó la respuesta a la

roya en la progenie de 38 plantas de la misma generación filial, a la estudiada en los progenitores evaluados, o de una generación anterior. Para el efecto se inocularon 200 plántulas de cada progenitor con la colección de razas patogénicas a los derivados del H.T., y se determinó su grupo fisiológico. En el campo se utilizó la escala ordinal de Eskes-Braghini (16), que considera la planta como unidad de lectura, y mediante un intervalo de 0 a 9 se midió la incidencia y severidad de la enfermedad. Se realizaron de dos a tres evaluaciones por año a cada una de las plantas de cada progenie en los períodos de mayor incidencia de la enfermedad.

Se adoptó como criterio para la selección por resistencia incompleta, que en la distribución de frecuencias por grado de ataque se registre al menos el 75% de las observaciones entre los grados 0 a 4 de la escala, durante el período de observaciones de cada experimento.

Análisis estadístico. Se realizó análisis de varianza para la producción media de las franjas sin control de roya, para evaluar el potencial productivo de los genotipos en presencia de la enfermedad. Cuando este fue significativo se usó la prueba de Dunnett ($p=0,95$), para establecer diferencias entre las progenies con respecto al mejor testigo en cada experimento. En los períodos de cosecha en los cuales la interacción genotipo x control (GxC) mostró diferencias significativas, se estimó la contribución de los genotipos a la misma y se

estableció el efecto de la roya en la producción de cada genotipo en particular.

A partir de los análisis de varianza de la producción de las franjas sin control de roya, se hizo la partición de los componentes de varianza, se estimó la contribución de cada uno a la variación y se calculó la heredabilidad en sentido amplio (1,14). Mediante la prueba de F, se comparó la variación dentro de progenies respecto de la observada en la variedad Caturra, la cual se considera ambiental.

En las progenies en las que la varianza fue significativamente mayor que el testigo, se consideró que existía variación genética entre plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción. La distribución de frecuencias de la producción media de las progenies ubicadas en las franjas sin control de roya se presenta en la Tabla 3. Se expresa en arrobas de café pergamino seco/ha-año. Las mismas se distribuyen entre 400 y 640. De ellas, el 31,4% muestra producciones entre 480 y 560@ de cps/ha-año. El valor medio de las progenies en cinco experimentos fue de 518, en tanto que la variedad Caturra protegida contra la roya rindió 525. La variedad Colombia produjo 522 y Caturra sin control de la enfermedad 446 @/ha-año. La pérdida por efecto de la roya en la variedad Caturra se estimó en 16% del acumulado de cuatro cosechas en los cinco experimentos considerados.

TABLA 3. Distribución de frecuencias de la producción media de progenies de (C x H.T.) y C o Cy (C x H.T) sembradas en cinco experimentos.

| Intervalo de producción (kg cereza/pl.-año) | Progenies/experimento | | | | | | Total | % |
|---|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|---|
| | MEG0203 | MEG0205 | MEG0206 | MEG0217 | MEG0218 | | | |
| <400 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 7,2 | |
| 400,1 – 440 | 8 | 2 | 3 | 0 | 0 | 13 | 15,7 | |
| 440,1 – 480 | 4 | 1 | 5 | 0 | 0 | 10 | 12,0 | |
| 480,1 – 520 | 4 | 5 | 3 | 1 | 0 | 13 | 15,7 | |
| 520,1 – 560 | 0 | 7 | 2 | 4 | 0 | 13 | 15,7 | |
| 560,1 – 600 | 0 | 2 | 0 | 1 | 5 | 8 | 9,6 | |
| 600,1 – 640 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 | 10 | 12,0 | |
| 640,1 – 680 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | 7 | 8,4 | |
| > 680 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3,7 | |
| TOTAL | 21 | 23 | 13 | 9 | 17 | 83 | 100 | |
| Media ^{1/} | 427,2 | 545,6 | 472,0 | 584,0 | 590,4 | 517,6 | | |
| Intervalo ^{1/} | 297,6-506,4 | 397,6-676,0 | 376,8-528,0 | 428,8-677,6 | 372,0-720,8 | 297,6-720,8 | | |
| var. Caturra ^{1/} | 376,0 | 515,2 | 376,8 | 428,8 | 526,4 | 446,4 | | |
| var. Caturra ^{2/} | 444,8 | 548,8 | 488,0 | 514,4 | 616,8 | 524,8 | | |
| var. Colombia ^{1/} | 396,0 | 595,2 | 403,2 | 564,8 | 598,4 | 521,6 | | |
| D'(Dunnett) 0,05 | 88,0 | 81,6 | 138,4 | 161,6 | 143,2 | — | | |
| D'(Dunnett) 0,01 | 105,6 | 98,4 | 174,4 | 209,6 | 176,8 | — | | |

^{1/} Sin control de roya

^{2/} Con control de roya

En los experimentos MEG0203 y MEG0206 se registraron las menores productividades tanto en las progenies como en los testigos. Esto sugiere que razones ajenas a los genotipos influyeron en la expresión de la misma. En estos experimentos la producción media de las progenies fue de 427 y 472 @/ha-año, respectivamente. La variedad Caturra en los dos experimentos produjo en presencia de roya 376 y 445 @/ha-año, y 488 con control de roya. La variedad Colombia rindió 396 y 403 @/ha-año, respectivamente. En los experimentos MEG0205, MEG0217 y MEG0218, las progenies presentaron altas producciones medias: 546, 584 y 590, respectivamente. Los testigos se comportaron en forma similar.

Los análisis de varianza (Tabla 4), muestran que en cuatro de los cinco ensayos se hallaron diferencias significativas entre tratamientos. Solamente en el experimento MEG0206 no se detectaron diferencias entre progenies; éstas provienen de los híbridos H.3101 y H.3102 y son de generación F3RC1 de retrocruzamiento a Catuai. Son homogéneas en su morfología al tipo Caturra, vigorosas, con gran capacidad de emisión de nuevo crecimiento vegetativo especialmente después de los ataques de roya, característica antes observada por Eskes (16), en el Brasil en las variedades Mundo Novo y

Catuai. El mismo autor señala esta característica como un tipo de tolerancia a la enfermedad.

El testigo de mayor productividad en cada uno de los experimentos en los cuales hubo diferencias significativas entre genotipos se comparó con las progenies estudiadas, considerando la producción de las franjas sin control de roya. El resultado mostró que 3 de ellas superaron al testigo, 74 produjeron igual, lo cual equivale al 89,2% de la población estudiada y 6 fueron estadísticamente menores.

Lo anterior indica que los derivados del H.T. #1343 aquí examinados poseen buen potencial productivo, corroborando lo observado en otros países y en Colombia en derivados del H.T. (5, 6, 8, 15, 16, 20, 22, 23). En cambio, progenies de generaciones avanzadas de Catimores y Sarchimores desarrollados por el CIFIC de Portugal, con la introducción H.T. #832-1 y #832-2, presentaron reducido desarrollo vegetativo y bajas producciones en ensayos de campo en diversas regiones cafeteras del Brasil (7), por lo cual, su cultivo en ese país se considera poco promisorio. Recientemente en el Brasil, Silvarolla *et al.* (21) evaluaron 57 progenies de Caturra rojo x Híbrido de Timor y Villa Sarchí x Híbrido de Timor, desarrollados en el CIFIC de Portugal

TABLA 4. Análisis de varianza y cuadrados medios esperados de la producción media de progenies de (C x H.T) y C o Cy (C x H.T), sembradas en cinco experimentos. Estación Central Naranjal ^{1/}

| Fuente de variación | Cuadrados medios | | | | | Cuadrados medios Esperados |
|---------------------|------------------|-----------|-----------|-----------|----------|--|
| | MEG0203 | MEG0205 | MEG0206 | MEG0217 | MEG0218 | |
| Genotipos (G) | 11,63** | 20,19** | 6,26 n.s. | 17,09** | 14,83** | $\delta^2a + a\delta^2gxr + ar\delta^2g$ |
| Replicaciones (R) | 38,02** | 2,47 n.s. | 4,17 n.s. | 100,72** | 34,23** | $\delta^2a + a\delta^2gxr + ag\delta^2r$ |
| G x R | 1,94** | 1,68 n.s. | 2,88* | 3,82 n.s. | 3,07n.s. | $\delta^2a + a\delta^2gxr$ |
| Árbol (G x R) | 1,13 | 2,05 | 1,63 | 2,54 | 2,41 | δ^2a |

^{1/} Registros hechos en las franjas sin control de roya.

n.s. No significativo

** Significativo para p = 0,99

* Significativo para p = 0,95

TABLA 5. Productividad de progenies avanzadas de cruzamientos con el Híbrido de Timor en cinco experimentos.

| Cruzamiento | Híbrido | Nº prog | Producción ^{1/} (@ cps/ha-año) | Producción ^{2/} Relativa (%) | Rango (@ cps/ha-año) |
|---------------------------|----------------|----------------|--|--|---------------------------------|
| (C x H.T.) | H.3001 | 26 | 560 | 107 | 458 – 706 |
| | H.3004 | 4 | 519 | 99 | 477 – 540 |
| | H.3005 | 3 | 475 | 91 | 398 – 578 |
| | H.3029 | 1 | 430 | 81 | - |
| | H.3116 | 1 | 466 | 89 | - |
| | | 35 | 542 | 104 | 398 – 706 |
| C (C x H.T.) | H.3072 | 1 | 497 | 95 | - |
| | H.3073 | 14 | 566 | 108 | 369 – 698 |
| | H.3075 | 1 | 615 | 117 | - |
| | H.3076 | 5 | 583 | 111 | 410 – 721 |
| | H.3077 | 3 | 471 | 90 | 412 – 579 |
| | H.3078 | 1 | 593 | 113 | - |
| | H.3082 | 1 | 387 | 74 | - |
| | H.3083 | 3 | 542 | 103 | 418 – 633 |
| | | 29 | 549 | 105 | 369 – 721 |
| (C x H.T.) Cy | H.3101 | 10 | 473 | 90 | 405 – 527 |
| | H.3102 | 3 | 472 | 90 | 454 – 495 |
| | H.3109 | 3 | 403 | 77 | 382 – 422 |
| | | 16 | 460 | 88 | 382 – 527 |
| (C x ENN) H.T. | H.3042 | 1 | 349 | 67 | - |
| (C x VILL) H.T. | H.3056 | 1 | 298 | 57 | - |
| (C x MN) F.502 | H.2094 | 1 | 426 | 81 | - |
| var. Caturra Con Control | | 7 | 525 | 100 | 413 – 614 |
| var. Caturra Sin Control | | 7 | 446 | 85 | 334 – 585 |
| var. Colombia Sin Control | | 7 | 522 | 99 | 398 – 678 |

^{1/} Franjas sin control de roya

^{2/} Con relación al promedio de Caturra (con control de roya) de cinco experimentos.

a partir del H.T. #832, seleccionando plantas altamente productivas, precoces y resistentes a la roya.

En la Tabla 5 se muestra la producción media por híbrido y tipo de cruzamiento estudiado. Los registros se agrupan por el tipo de cruzamiento, por los progenitores involucrados y dentro de cada grupo, de acuerdo con el híbrido del cual proceden. Los valores que se consignan en ella son los promedios de las progenies originadas de un mismo cruzamiento, evaluadas en uno o más de los experimentos analizados. Para facilitar su comparación, se estimó la producción relativa respecto al promedio de la variedad Caturra

protegida con control de roya en los cinco ensayos. Se observa que las 35 progenies de cruzamientos simples y las 29 de híbridos obtenidos por retrocruzamiento a Caturra, registraron promedios similares: 542 y 549@ de cps/ha-año, equivalentes a 104 y 105% con relación al promedio obtenido en cinco experimentos por la variedad Caturra con control de roya. Las 16 progenies de híbridos retrocruzados a Catuai, tuvieron producciones medias de 460@/ha-año que corresponde a 88% de la producción media de las variedades Caturra (con control) y Colombia.

De las progenies de cruzamiento simple, 26 proceden del híbrido H.3001, cuyo rendimiento

fue de 560@/ha-año (107% de la variedad Caturra con control y/o Colombia sin control de roya). Este comportamiento es similar al observado por Castillo y Moreno (8, 11, 12, 19) al analizar la producción de progenies de ese origen y confirma el éxito de la selección previa hecha por estos investigadores en los materiales que aquí se analizan. La producción media de otros híbridos varió entre 430 y 519@/ha-año (producciones relativas entre 81 y 99%), valores de interés para la selección por productividad.

Los retrocruzamientos hacia Caturra tuvieron altas producciones. Sobresalieron los híbridos H.3073 (108%), H.3076 (111%) y H.3083 (103%), representados por 22 progenies muy promisorias para la selección. La producción relativa de las progenies de híbridos retrocruzados a Catuai (H.3101, H.3102 y H.3109), fue de 90, 90 y 77%, respectivamente, con relación a las variedades Caturra protegida contra la roya y Colombia.

Heredabilidad y ganancia genética. En la Tabla 6 se presentan los componentes estimados de la varianza de la producción de las progenies estudiadas en los experimentos en los cuales se detectaron diferencias significativas entre progenies. Se tomó la información a partir de las franjas que no fueron tratadas químicamente contra la roya.

La heredabilidad en sentido amplio fue alta; varió entre 0,77 y 0,90, magnitudes que aseguran

ganancia genética al seleccionar por producción. Moreno *et al.* (19), estudiando materiales del mismo origen en diferentes generaciones obtuvieron valores de heredabilidad de 0,81 en F3, 0,85 en F4, y de 0,59 a 0,86 en F5, muy similares a los encontrados en este trabajo. La comparación de las varianzas dentro de progenies, con relación a la variedad Caturra, mostró que el 93% son homogéneas y el 7% son heterogéneas. Esto permite concluir que en las 77 progenies homogéneas la selección se debe realizar entre ellas, mientras que en las seis restantes se puede obtener ganancia genética seleccionando entre y dentro de ellas. Como era de esperarse, las progenies de generaciones más avanzadas de selección (F5 a F7) fueron homogéneas mientras que se encontró heterogeneidad en algunas de generación más temprana (F3RC1 y F4). La selección final por diferentes atributos agronómicos se adelantó entre progenies homogéneas que satisfacían los requisitos previamente definidos.

Resistencia a la roya. En laboratorio. En el CIFIC de Portugal, se probaron 2.770 plantas con la colección de razas patogénicas a los derivados del H.T., y se encontraron las siguientes frecuencias de los grupos fisiológicos: 31,6% del “A”, 19,1% del “1”, 15,0% del “E”, 12,2% del “R”, 6,2% de “3” y 0,3% del “2”. A una proporción del 15,0% de las plantas no se le determinó el grupo fisiológico al cual

TABLA 6. Componentes estimados de varianza de la producción en progenies de (C x H.T) y C o Cy (C x H.T) sembradas en cuatro experimentos.

| Componente | Símbolo | Experimentos | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------|---------|---------|---------|
| | | MEG0203 | MEG0205 | MEG0217 | MEG0218 |
| Genotipos | σ^2g | 0,323 | 0,617 | 0,663 | 0,588 |
| G x R | σ^2gr | 0,081 | 0,001 | 0,128 | 0,066 |
| Árbol (G x R) | σ^2a | 1,130 | 2,050 | 2,540 | 2,410 |
| Varianza fenotípica ^{1/} | σ^2f | 0,388 | 0,685 | 0,854 | 0,742 |
| Heredabilidad ^{2/} | H^{2**} | 0,832 | 0,901 | 0,776 | 0,792 |

$$1/ \sigma^2 f = \frac{\sigma^2g}{20} + \frac{\sigma^2gr}{2} + \sigma^2a$$

$$2/ H^2 = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2f}$$

TABLA 7. Frecuencia de grupos fisiológicos en progenitores de (C x H.T) y C ó Cy (C x H.T.) de diferente generación desarrollados en Cenicafé y probados en el CIFC, con la colección de razas de *Hemileia vastatrix*.

| Progenitor | Generación Probada | Grupos Fisiológicos | | | | | | | Total Inoculado |
|------------|-----------------------|---------------------|------|-----|-----|------|------|------|--------------------|
| | | A | 1 | 2 | 3 | R | N.D. | E | |
| A.151 | F4 | 30 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| A.222 | “ | 62 | 112 | 0 | 12 | 0 | 17 | 0 | 203 |
| A.293 | “ | 24 | 6 | 0 | 3 | 0 | 0 | 8 | 41 |
| AM.282 | F3 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 42 |
| AM.394 | “ | 4 | 0 | 0 | 0 | 30 | 10 | 2 | 46 |
| AW.2722 | F4 | 18 | 15 | 0 | 14 | 107 | 0 | 5 | 159 |
| AW.2784 | F3 | 17 | 83 | 0 | 24 | 4 | 0 | 0 | 128 |
| AW.2822 | “ | 8 | 66 | 1 | 20 | 2 | 0 | 15 | 112 |
| AW.2943 | “ | 9 | 18 | 0 | 22 | 21 | 0 | 22 | 92 |
| AW.2947 | “ | 34 | 84 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 121 |
| B.1105 | F4 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 17 | 8 | 40 |
| BM.761 | F4 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 15 | 9 | 36 |
| BM.791 | “ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 44 |
| BM.794 | “ | 20 | 11 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 46 |
| BM.798 | “ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 |
| BM.840 | “ | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 29 | 10 | 43 |
| BM.848 | “ | 6 | 6 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 29 |
| BM.893 | “ | 12 | 10 | 0 | 0 | 0 | 12 | 13 | 47 |
| BM.912 | “ | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 38 |
| BM.1029 | “ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 17 | 32 |
| BM.1078 | “ | 3 | 10 | 0 | 13 | 3 | 0 | 3 | 32 |
| BM.1092 | “ | 9 | 2 | 0 | 1 | 0 | 26 | 9 | 47 |
| BU.29 | F4 | 9 | 6 | 0 | 0 | 42 | 0 | 38 | 95 |
| BU.539 | F5 | 0 | 2 | 2 | 0 | 96 | 0 | 3 | 103 |
| BU.540 | “ | 21 | 12 | 0 | 13 | 31 | 0 | 14 | 91 |
| DH.1177 | F7 | 5 | 12 | 0 | 0 | 0 | 20 | 7 | 44 |
| DH.1196 | “ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 2 | 51 |
| E.1692 | F2 | 15 | 0 | 0 | 2 | 1 | 17 | 0 | 35 |
| E.1693 | “ | 15 | 6 | 0 | 5 | 0 | 0 | 10 | 36 |
| E.1881 | “ | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 29 |
| E.1887 | “ | 28 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 33 |
| Lb.490 | F5 | 107 | 7 | 4 | 0 | 0 | 17 | 5 | 140 |
| Nr.157 | “ | 46 | 8 | 0 | 4 | 2 | 27 | 79 | 166 |
| Rs.409 | “ | 131 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 142 |
| Rs.428 | “ | 72 | 13 | 0 | 0 | 0 | 16 | 27 | 128 |
| PL.706 | F3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 4 | 35 |
| PL.2036 | “ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 19 |
| Pr.64 | F5 | 129 | 10 | 0 | 12 | 0 | 33 | 6 | 190 |
| Total | | 876 | 530 | 7 | 173 | 339 | 433 | 412 | 2770 |
| % | | 31,6 | 19,1 | 0,3 | 6,2 | 12,2 | 15,6 | 15,0 | 100,0 |

N.D. No determinado pero diferente de “E”.

pertenecen, aunque quedó claro que es diferente del grupo “E”. Únicamente dos progenitores segregaron exclusivamente plantas del grupo “E”. Estos resultados indican claramente que en las progenies evaluadas existe gran diversidad de combinaciones de genes de resistencia específica a la roya (Tabla 7).

Los 83 progenitores cuya progenie se evaluó en este trabajo se seleccionaron en el campo por presentar lesiones con mínima esporulación. La presencia de la enfermedad en estos genotipos, antes portadores de resistencia completa, puede tener dos probables explicaciones: la segregación de los genes que condicionan la resistencia y la aparición y establecimiento de otras razas patogénicas

compatibles. Es evidente también que en el campo existe gran diversidad de razas de *H. vastatrix*, compatibles con los derivados del H. T. #1343 que aquí se discuten.

En el campo. En la Tabla 8 se presenta la agrupación de los híbridos y sus progenies por el cruzamiento del cual se originaron; se incluye la frecuencia en que las observaciones ocurren dentro de los rangos establecidos para la selección por resistencia incompleta. Se observa que las 35 progenies derivadas de (C x H.T.) en promedio, registran el 65% de la frecuencia entre los grados 0 y 4 y 15 progenies provenientes de los híbridos H.3001 y H.3004 registran el 91,2% de las observaciones entre 0 y 4. Los 29 derivados de C x (C x H.T.), en promedio presentaron 81% de las observaciones

TABLA 8. Distribución de frecuencias (%) en los grados 0 a 4 y 5 a 9, de la escala ordinal de incidencia de Eskes-Braghini (0 a 9).

| Cruzamiento | Híbrido | Nº Prog | Grado 0 – 4 | Grado 5 - 9 |
|--------------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
| C x H.T. | H.3001 | 26 | 68 | 32 |
| | H.3004 | 4 | 95 | 5 |
| | H.3005 | 3 | 33 | 67 |
| | H.3029 | 1 | 12 | 88 |
| | H.3116 | 1 | 56 | 44 |
| | | | 35 | 66 |
| C x (C x H.T) | H.3072 | 1 | 100 | 0 |
| | H.3073 | 14 | 85 | 15 |
| | H.3075 | 1 | 97 | 3 |
| | H.3076 | 5 | 84 | 16 |
| | H.3077 | 3 | 53 | 47 |
| | H.3078 | 1 | 97 | 3 |
| | H.3082 | 1 | 19 | 81 |
| | H.3083 | 3 | 88 | 12 |
| | | | 29 | 81 |
| (C x H.T.)Cy | H.3101 | 10 | 47 | 53 |
| | H.3102 | 3 | 53 | 47 |
| | H.3109 | 3 | 31 | 69 |
| | | 16 | 45 | 55 |
| (C x Enn) H.T. | H.3042 | 1 | 50 | 50 |
| (C x Vill) H.T. | H.3056 | 1 | 19 | 81 |
| (Cx MN) F502 | H.2094 | 1 | 34 | 66 |
| var. Caturra (SC) | | - | 24 | 76 |
| var. Colombia | | - | 96 | 4 |

entre los grados 0 y 4; 23 de ellas, originadas de los híbridos mencionados, satisfacen el requisito para la selección.

Los cruzamientos entre (C x H.T.) x Cy, (C x Enn.) x H.T., (C. x Vill.) x H.T., y (C x MN) x F502, representados por una sola progenie cada uno, presentaron las menores frecuencias de calificaciones entre los grados 0 y 4, variando entre 19 y 53%, con promedios de 45, 50, 19 y 34%, respectivamente. Aunque el reducido número de progenies estudiado no permite ninguna conclusión con relación a los híbridos de los cuales proceden, las tres se descartan para la selección. Las variedades testigo Caturra y Colombia presentaron frecuencias medias de 24 y 96%, respectivamente.

Efecto de la roya en la producción. En la Tabla 9 se presenta la significancia estadística para las fuentes de variación “genotipo, control químico de roya e interacción genotipo x control (GxC)”, en las cosechas analizadas y en el promedio anual para los experimentos MEG0206, MEG0217 y MEG0218.

No se observaron diferencias significativas en las fuentes de variación “control de roya

e interacción GxC” en ninguno de los períodos de cosecha considerados, de tal manera que las diferencias estadísticas entre tratamientos son atribuibles exclusivamente al potencial productivo de los materiales y no al efecto detrimental de la roya en la producción.

Los análisis referentes al efecto de la roya en la producción de los genotipos evaluados en los experimentos MEG0203 y MEG0205 ya fueron publicados (4).

En los materiales estudiados durante los períodos de evaluación, el progreso de la roya fue lento y alcanzó niveles intermedios, únicamente durante los meses de septiembre a noviembre en algunos años, lo que le permitió a los frutos en formación culminar su desarrollo sin resultar afectados por la defoliación ocasionada por la enfermedad. La comparación de los testigos susceptibles Caturra y Catuai medida en las franjas con y sin control de la roya, permitió establecer que la producción se redujo en 15% (599 y 463@cps/ha-año), en tanto que la variedad Colombia registró producciones medias similares en presencia y ausencia de la enfermedad (540 y 535@cps/ha-año). Una porción importante de la población

TABLA 9. Niveles de significancia estadística entre genotipos, control químico de roya e interacción genotipo x control (GxC), medidas en cosechas anuales y en el acumulado de la producción.

| Expto | Cosecha (Año) | Entre Genotipos | Control VS Sin control | | C.V. (%) | Producción sin Control | |
|---------|---------------|-----------------|------------------------|-----|----------|------------------------|---------------|
| | | | G | x C | | ^{1/} | ^{2/} |
| MEG0206 | 1991 – 1992 | n.s | n.s | n.s | 22,0 | 272 | 98,6 |
| | 1992 – 1993 | n.s | n.s | n.s | 13,9 | 607 | 100,5 |
| | 1993 – 1994 | ** | n.s | n.s | 22,9 | 441 | 111,8 |
| | 1994 – 1995 | n.s | n.s | n.s | 14,8 | 570 | 103,0 |
| | 1991 – 1995 | n.s | n.s | n.s | 13,4 | 466 | 102,1 |
| MEG0217 | 1993 – 1994 | n.s | n.s | n.s | 14,5 | 358 | 101,4 |
| | 1994 – 1995 | n.s | n.s | n.s | 5,9 | 644 | 102,0 |
| | 1995 – 1996 | ** | n.s | n.s | 13,6 | 754 | 103,2 |
| | 1993 – 1996 | * | n.s | n.s | 7,7 | 585 | 102,4 |
| MEG0218 | 1993 – 1994 | ** | n.s | n.s | 14,5 | 410 | 87,1 |
| | 1994 – 1995 | ** | n.s | n.s | 7,5 | 624 | 99,1 |
| | 1995 – 1996 | ** | n.s | n.s | 8,3 | 800 | 99,0 |
| | 1993 – 1996 | ** | n.s | n.s | 6,2 | 613 | 96,4 |

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

estudiada, 49,4% (41 progenies), posee altos niveles de resistencia incompleta, lo que brindó la protección adecuada para contrarrestar el efecto de la enfermedad.

Características del grano. De acuerdo con Castillo y Moreno (12), los granos vanos y los caracoles constituyen defectos anatómicos que comercialmente varían en importancia. Las semillas vacías afectan drásticamente la producción y son causa principal de las reducciones del rendimiento en el beneficio, es decir, de la relación de café en cereza a café pergamino seco.

Los granos caracoles no son rechazados en el mercado; sin embargo, una proporción alta indica reducción en la producción ya que se deben a la ausencia de una semilla en el fruto. Estos defectos ocurren en todos los materiales de café, en proporciones variables. Los valores observados en las variedades comerciales se toman como referencia para la selección.

Semillas vacías. La proporción de grano vano varió entre 2,5 a 9,6%, con valor medio de 5,2% para las 83 progenies. La Tabla 10, presenta la forma como se distribuyeron las frecuencias del defecto. Se puede observar que 45,8% de

las progenies presentó vaneamiento inferior a 5%, considerado como de común ocurrencia en variedades mejoradas. Las variedades Caturra y Colombia variaron entre 3,3 a 5,6%, y 3,5 a 5,2%, respectivamente.

Grano caracol. El promedio de las progenies fue de 10,0%, con un intervalo entre 4,6 y 13,6% (Tabla 11). El 48,5% de los materiales evaluados presentó valores menores a 10%. Las variedades Caturra y Colombia tuvieron promedios de 9,0 y 12,3%, respectivamente. Estos resultados confirman el éxito de la selección practicada en generaciones anteriores.

Tamaño del grano. En general, los cafés de tamaño de grano grande tienen mayor aceptación comercial; sin embargo, existe tolerancia en los mercados internacionales con respecto a este atributo. En las variedades comerciales se observa variación desde 45 a 50% en Borbón, hasta 75% o más en las últimas selecciones de la variedad Colombia (18). La variedad Caturra tiene un valor de referencia de 63% (12).

En la Tabla 12 se presenta la agrupación de las progenies por el porcentaje de café supremo de acuerdo con la clasificación en tres categorías propuesta por Castillo (9): Grano

TABLA 10. Distribución del porcentaje de grano vano, de progenies de (C x H.T) y C o Cy (C x H.T) sembradas en cinco experimentos. Cenicafé, Estación Central Naranjal. Chinchiná, Caldas.

| Intervalo de grano vano (%) | Frecuencia/experimento | | | | | Total | % |
|-----------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| | MEG0203 | MEG0205 | MEG0206 | MEG0217 | MEG0218 | | |
| 2,01 – 3,00 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3,6 |
| 3,01 – 4,00 | 3 | 10 | 8 | 0 | 0 | 21 | 25,3 |
| 4,01 – 5,00 | 2 | 7 | 3 | 1 | 1 | 14 | 16,9 |
| 5,01 – 6,00 | 10 | 5 | 0 | 2 | 6 | 23 | 27,7 |
| 6,00 – 7,00 | 4 | 0 | 0 | 3 | 6 | 13 | 15,7 |
| 7,01 – 8,00 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 6,0 |
| > 8,00 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 4,8 |
| Total | 21 | 23 | 13 | 9 | 17 | 83 | 100,0 |
| Media | 5,5 | 4,2 | 3,7 | 6,8 | 6,4 | 5,2 | |
| Intervalo | 3,1 - 7,8 | 3,0 - 5,5 | 2,5 - 4,7 | 4,5 - 9,6 | 4,9 - 8,3 | 2,5 - 9,6 | |
| Var. Caturra | 3,3 | 4,1 | 4,0 | 5,6 | 4,9 | 4,3 | |
| Var. Colombia | 4,5 | 4,3 | 3,5 | 5,2 | 5,2 | 4,6 | |

TABLA 11. Distribución de frecuencias de porcentaje de grano caracol de progenies de (C x H.T.) y C o Cy (C x H.T.) sembradas en cinco experimentos. Cenicafé, Estación Central Naranjal. Chinchiná, Caldas.

| Intervalo de grano caracol (%) | Progenies/experimento | | | | | Total | % |
|--------------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
| | MEG0203 | MEG0205 | MEG0206 | MEG0217 | MEG0218 | | |
| < 7,00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2,4 |
| 7,01 - 8,00 | 1 | 1 | 0 | 3 | 3 | 8 | 9,6 |
| 8,01 - 9,00 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 13 | 15,7 |
| 9,01 - 10,00 | 2 | 7 | 2 | 1 | 3 | 15 | 18,1 |
| 10,01 - 11,00 | 7 | 4 | 6 | 2 | 2 | 21 | 25,3 |
| 11,01 - 12,00 | 4 | 8 | 1 | 0 | 3 | 16 | 19,3 |
| > 12,00 | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 8 | 9,6 |
| Total | 21 | 23 | 13 | 9 | 17 | 83 | 100,0 |
| Media | 11,2 | 10,1 | 10,1 | 8,6 | 9,1 | 10,0 | |
| Intervalo | 8,0 - 13,6 | 7,8 - 12,0 | 8,5 - 12,8 | 7,4 - 13,5 | 4,6 - 12,5 | 4,6 - 13,6 | |
| var. Caturra | 8,9 | 9,4 | 10,1 | 9,1 | 8,3 | 9,0 | |
| var. Colombia | 12,5 | 11,9 | 9,9 | 13,4 | 12,5 | 12,3 | |

pequeño (< 55% de café supremo), mediano (55 a 68%) y grande (> 68%). Se clasificaron 54,2% de las progenies como de grano grande, 31,3% mediano y 14,5% pequeño.

El promedio de las 83 progenies evaluadas fue de 66,3%, con un rango entre 22,8 y 92,2%. Los valores medios de las variedades testigo fueron de 49,4 en Caturra y 54,7% en Colombia. Las 35 progenies derivadas del cruzamiento (C x H.T.), presentaron una media de 70,6% de supremo. Las 26 del H.3001, 67,5%; las 4 de H.3004, 79,6% y las 3 de H.3005 un 78,0%.

Las 29 progenies de C x (C x H.T.), registraron una media de 75,1% de supremo. Las 14 de H.3073, 80,3%, las 5 de H.3076, 71,1%, las 3 de H.3077, 79,4%, y las 3 de H.3083, 59,8% de supremo.

Los 16 derivados de (C x H.T.) x Cy, alcanzaron un promedio de 48,0% de café supremo, considerado como grano de tamaño pequeño. Las 10 progenies del H.3101, 40,0%; las 3 de H.3102, 60,3%, y las 3 de H.3109, 63,1% de supremo. El testigo Catuai, presentó un valor medio de 43,7% de café supremo.

Los análisis de varianza de los experimentos mostraron diferencias significativas entre

tratamientos, y a través de la comparación de medias de tratamiento con relación a Caturra, se pudo establecer que 63 progenies (76%) poseen tamaño de grano estadísticamente superior a esta variedad. De la misma Tabla 12 se puede observar el incremento notable en este atributo agronómico en la variedad Colombia, resultado del proceso de la selección continuada hecha desde su liberación.

Desarrollo y conformación de las plantas. Por efecto de la recombinación genética, en materiales de (C x H.T.) se manifiesta en las progenies variabilidad morfológica en las características de las plantas como la altura, la longitud, la curvatura y el ángulo de inserción de las ramas; tamaño, forma y apariencia de las hojas y su posición respecto al eje de las ramas, forma de la copa de los árboles y ramificación secundaria, entre otros (12). Para la descripción fenotípica se adoptó el criterio de la similitud con los patrones establecidos en Cenicafé para los derivados de (C x H.T.). Los mismos discriminan cuatro tipos de plantas, así:

- Tipo A. Ramas de longitud corta lo cual le confiere una apariencia cónica a los árboles. Su ramificación secundaria es normal. Las hojas son similares al tipo Caturra en cuanto forma y tamaño, aunque su posición en las ramas

TABLA 12. Distribución del porcentaje de café supremo, de progenies de (C x H.T) y C o Cy (C x H.T) sembradas en cinco experimentos. Cenicafé, Estación Central Naranjal. Chinchiná, Caldas.

| Intervalo de café supremo(%) | Progenies/experimento | | | | | Total | % |
|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| | MEG0203 | MEG0205 | MEG0206 | MEG0217 | MEG0218 | | |
| < 55,0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 2 | 12 | 14,5 |
| 55,0 - 68,0 | 7 | 9 | 4 | 0 | 6 | 26 | 31,3 |
| > 68,0 | 13 | 14 | 0 | 9 | 9 | 45 | 54,2 |
| Total | 21 | 23 | 13 | 9 | 17 | 83 | 100,0 |
| Media | 69,7 | 69,5 | 44,5 | 77,9 | 68,1 | 66,3 | |
| Intervalo | 46,3 - 86,1 | 53,8 - 81,7 | 22,8 - 60,1 | 43,2 - 89,6 | 45,6 - 92,2 | 22,8 - 92,2 | |
| var. Caturra | 49,2 | 56,2 | 48,1 | 42,6 | 50,4 | 49,4 | |
| var. Colombia | 38,2 | 45,5 | 60,8 | 62,6 | 75,3 | 54,7 | |
| D'(Dunnett) 0,05 | 8,6 | 5,8 | 9,5 | 15,1 | 10,7 | | |
| D'(Dunnett) 0,01 | 11,1 | 7,5 | 12,5 | 19,6 | 13,4 | | |

pueda ser pendiente. Las plantas poseen buen vigor vegetativo. La altura de la planta es similar a la de Caturra, aunque ocasionalmente puede ser menor que ésta.

- Tipo B: Posee una mayor longitud en sus ramas que las plantas del tipo A. Los árboles son abiertos con copa plana o ligeramente redondeada por la mayor longitud de sus ramas. Su ramificación secundaria es normal y ocasionalmente abundante. Las hojas son del tipo Caturra, pero de mayor tamaño y se insertan en forma normal o en posición pendiente. Las plantas poseen buen vigor vegetativo. El tipo de árbol es intermedio entre Caturra e Híbrido de Timor. La altura de las plantas puede ser ligeramente superior a Caturra.

- Tipo C: Corresponde al fenotipo observado en la variedad Caturra.

- Tipo D: Los árboles son bastante abiertos como consecuencia de la mayor longitud de sus ramas. La ramificación secundaria es escasa a normal. Las hojas son de mayor tamaño que Caturra, con bordes ondulados, nervaduras acentuadas y forma redondeada. Generalmente se insertan en forma pendiente. Las plantas poseen un vigor normal y el tipo de árbol es de aspecto inferior a los A, B y C. El porte de las mismas es similar o mayor que las de Caturra.

Las revisiones de campo mostraron que las frecuencias por tipo de planta fueron 28% para “B”, 14,5% para “C”, 7% para “D” y 6% para “A”. El restante 44,5% fueron tipos intermedios entre los cuales, el 34% posee mayor influencia del tipo “B” y el 10,5% del tipo “C”.

Altura de las plantas. En la Tabla 13 se presenta la distribución de frecuencias de la altura media de las plantas medida en las franjas sin control de roya. Debido a que su medida no se hizo a una misma edad después de la siembra, se calculó la altura relativa con respecto al testigo Caturra para hacerlas comparables entre experimentos.

En el experimento MEG0203, presentó una media de 139,9cm (102,1%), para el conjunto de 21 progenies. Las variedades Caturra y Colombia, 137 (100%) y 131cm (95,6%), respectivamente. La amplitud fue de 22,9cm, que equivale a 16,7% de la altura de Caturra. El rango entre 130,7 (95,4%) y 153,6cm (112,1%).

En el MEG0205, el promedio fue 163cm (105,4%), con una amplitud de 37,6cm, que corresponden a 24,3% con respecto a Caturra. La variedad Caturra midió 154,6cm (100%) y Colombia 162,1 (104,9%). El rango del experimento fue entre 140,5 (90,9%) y 178,1 (115,2%).

El experimento MEG0206, la media de 13 progenies fue 149,7cm (96,3%), con un rango entre 141,4 (91,0%) y 163,9 (105,5%), y una amplitud de 22,5cm, que equivale a 14,5% con relación a Caturra. Los testigos midieron 147,9 Colombia (95,2%) y 155,4 Caturra (100%). En el experimento MEG0217, el conjunto de 9 progenies midió en promedio 172,8cm, equivalentes a 102,9% de Caturra. El rango del experimento fluctuó entre 163,2 (97,2%) y 183,4 (109,2%), con una amplitud de 20,2cm, que corresponde a 12,0% de la altura media de la variedad Caturra; la misma fue 167,9 (100%) y la de Colombia fue 169,3cm (100,8%).

En el experimento MEG0218, las 17 progenies evaluadas midieron 170,3cm (98,9%). La amplitud fue de 36,5, equivalente a 21,2% con relación a Caturra. El rango varió entre 156,4 (90,8%) y 192,9 (112,0%). Los testigos Caturra 172,2 (100%) y Colombia 173,7cm (100,9%).

En los análisis de varianza se hallaron diferencias significativas entre tratamientos en todos los experimentos, con coeficientes de variación entre 4,0 y 12,2%. La prueba de Dunnett ($p=0,95$), mostró que 19 progenies (22,9%), son estadísticamente superiores a la variedad Caturra, 60 son similares (72,3%) y 4 son inferiores (4,8%). En el trabajo conducido en Cenicafé se ha ejercido presión selectiva para eliminar progenies de mayor o menor altura de planta con relación al testigo Caturra, especialmente cuando este carácter ha estado asociado con otros que pueden introducir demasiada heterogeneidad en mezclas de progenies (12).

Selección. La selección simultánea por atributos agronómicos y alto nivel de resistencia incompleta a la roya del café permitió reunir un conjunto de 23 progenitores, que equivale al 28% de intensidad de selección.

TABLA 13. Distribución de frecuencias de la altura de la media de la planta en progenies de (C x H.T) y C ó Cy (C x H.T) sembradas en cinco experimentos. Estación Central Naranjal.

| Intervalo de clase(cm) | Frecuencia/experimento | | | | |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | MEG0203 ^{1/} | MEG0205 ^{2/} | MEG0206 ^{3/} | MEG0217 ^{4/} | MEG0218 ^{5/} |
| 130,1 - 140,0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 140,1 - 150,0 | 9 | 3 | 8 | 0 | 0 |
| 150,1 - 160,0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 4 |
| 160,1 - 170,0 | 0 | 11 | 2 | 3 | 4 |
| 170,1 - 180,0 | 0 | 6 | 0 | 4 | 6 |
| 180,1 - 190,0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| >190,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 21 | 23 | 13 | 9 | 17 |
| Media | 139,9 | 163,0 | 149,7 | 172,8 | 170,3 |
| Intervalo | 130,7 - 153,6 | 140,5 - 178,1 | 141,4 - 163,9 | 163,2 - 183,4 | 156,4 - 192,9 |
| var. Caturra (S,C) | 137,0 | 154,6 | 155,4 | 167,9 | 172,2 |
| var. Colombia (S,C) | 131,0 | 162,1 | 147,9 | 169,3 | 173,7 |
| D'Dunnett 0,05 | 7,5 | 8,6 | 14,4 | 17,6 | 14,1 |
| D'Dunnett 0,01 | 8,9 | 10,2 | 17,5 | 21,7 | 16,9 |

1/ Medida a los 22 meses

2/ Medida a los 25 meses

3/ Medida a los 24 meses

4/ Medida a los 29 meses

5/ Medida a los 27 meses

TABLA 14. Características de las progenies seleccionadas por resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*, en combinación con atributos agronómicos sobresalientes.

| Progenie | Producción (@ c.p.s/hectárea-año) | | Producción Relativa (%) * | Características de grano (%) | | |
|----------|--------------------------------------|-------------|------------------------------|------------------------------|---------|---------|
| | Con Control | Sin Control | | Vano | Caracol | Supremo |
| Nr.41 | 468 | 506 | 125 | 6,9 | 13,6 | 59,3 |
| Nr.287 | 490 | 487 | 120 | 6,5 | 13,5 | 68,0 |
| Nr.359 | 447 | 458 | 113 | 5,9 | 13,2 | 69,0 |
| Nr.621 | 430 | 466 | 115 | 5,0 | 12,8 | 68,9 |
| AW.2610 | 402 | 410 | 101 | 5,6 | 9,7 | 65,0 |
| AW.3053 | 426 | 418 | 103 | 3,6 | 12,5 | 65,0 |
| Bl.53 | 652 | 676 | 114 | 3,4 | 11,9 | 67,1 |
| Bl.54 | 658 | 607 | 102 | 3,6 | 11,1 | 64,7 |
| Bl.56 | 615 | 636 | 107 | 3,4 | 11,8 | 67,3 |
| Bl.60 | 615 | 646 | 109 | 4,3 | 11,3 | 75,4 |
| Bl.625 | 583 | 618 | 104 | 4,5 | 11,8 | 73,4 |
| Bl.74 | 568 | 552 | 93 | 5,3 | 10,8 | 72,7 |
| Bl.76 | 543 | 570 | 96 | 4,3 | 9,5 | 72,7 |
| Bl.78 | 572 | 544 | 91 | 5,3 | 10,6 | 74,0 |
| B.1276 | 533 | 525 | 88 | 4,9 | 11,5 | 77,8 |
| B.1105 | 599 | 578 | 97 | 3,5 | 10,6 | 82,9 |
| AM.327 | 531 | 672 | 116 | 3,4 | 10,4 | 56,8 |
| BU.30 | 611 | 676 | 120 | 7,3 | 7,6 | 85,6 |
| BU.442 | 560 | 678 | 120 | 6,8 | 8,3 | 88,9 |
| DH.636 | 601 | 601 | 100 | 5,5 | 10,1 | 57,9 |
| DH.550 | 708 | 698 | 117 | 6,0 | 7,2 | 82,9 |
| DH.473 | 641 | 615 | 103 | 6,6 | 7,1 | 74,3 |
| DH.316 | 612 | 627 | 105 | 7,5 | 9,5 | 80,1 |

* Con relación a variedad Colombia (franjas sin control) del experimento respectivo.

Los mismos serán evaluados regionalmente para comprobar la estabilidad de la producción y la resistencia a *H. vastatrix*, con miras a la conformación de variedades con diversidad genética a roya. Los progenitores seleccionados y sus características se relacionan en la Tabla 14.

LITERATURA CITADA

- ALLARD, R.W. Principios de la mejora genética de las plantas. Barcelona, Omega, 1976. 498 p.
- ALVARADO A., G. Nivel de productividad en progenies F5 de Caturra x Híbrido de Timor. Chinchiná, CENICAFE, 1989. 23 p.
- ALVARADO A., G.; CASTILLO Z., L.J. Progreso de la roya del café sobre genotipos resistentes y susceptibles a *Hemileia vastatrix*. Cenicafé 47 (1): 42-52. 1996.
- ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.A.; MORENO R., L.G. Efecto depresivo de *Hemileia vastatrix* en la producción de genotipos de café con diferentes niveles de resistencia incompleta derivada del Híbrido de Timor. Cenicafé 51(3): 224-237. 2000.
- BERTRAND, B.; AGUILAR, G.; SANTACREO, R.; ANZUETO, F. El mejoramiento genético en América Central. In: BERTRAND, B.; RAPIDEL, B. (eds). Desafíos de la caficultura en Centroamérica. San José, IICA-PROMECAFE-CIRAD-IRC-CCCR, 1999. p. 407-456.
- BETTENCOURT, A.J. Características agronomicas de selecoes derivadas de cruzamientos entre

- Híbrido de Timor e as variedades Caturra, Villa Sarchi e Catuai. *In: Simposio sobre Ferrugens do Caffeeiro*. Oeiras, octubre 17-20, 1983. Trabalhos. Oeiras, Centro de Investigacoes das Ferrugens do Caffeeiro, 1984. p. 353-373.
7. CARVALHO, A.; ESKES, A.B.; FAZUOLI, L.C. Breeding for resistance in Brazil. *In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES., A.B. (Eds.). Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Ratón, CRC Press, 1989. p. 295-307.
 8. CASTILLO Z., L.J. Breeding for rust resistance in Colombia. *In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES., A.B. (Eds.). Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Ratón, CRC Press, 1989. p. 307-316.
 9. CASTILLO Z., L.J. Características de grano de introducciones de café. *Cenicafé* 29 (1): 3-17. 1978.
 10. CASTILLO Z., L.J.; ALVARADO A., G. Resistencia incompleta de genotipos de café a la roya, bajo condiciones de campo en la región central de Colombia. *Cenicafé* 48 (1): 40-58. 1997.
 11. CASTILLO Z., L.J.; MORENO R., L.G. Selección de cruzamientos derivados del Híbrido de Timor en la obtención de variedades mejoradas de café para Colombia. *Cenicafé* 32 (2): 37-53. 1981.
 12. CASTILLO Z., L.J.; MORENO R., L.G. La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Manizales, CENICAFE, 1987. 169 p. (Premio Nacional de Ciencias "Fundación Alejandro Angel Escobar" 1986).
 13. CORTINA G., H.A.; 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.
 14. COCHRAN, W.G.; COX, G.M. *Experimental Designs*. 2. ed. New York, John Wiley and Sons, 1957. 618 p.
 15. ECHEVERRI., J.H.; FERNÁNDEZ., C.E. The Promecafe Program for Central America. *In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. (Eds.). Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Ratón, CRC Press, 1989. p. 323-331.
 16. ESKES, A.B. Resistance. *In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. (Eds.). Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Ratón, CRC Press, 1989. p. 175-291.
 17. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. Sistema de información cafetera. Encuesta Nacional Cafetera. Informe Final. Santafé de Bogotá, FEDERACAFE, 1997. 178 p.
 18. MORENO R., L.G.; ALVARADO A., G. La Variedad Colombia: Veinte años de adopción y comportamiento frente a nuevas razas de la roya del cafeto. *Boletín Técnico Cenicafé* No. 22: 1-32. 2000.
 19. MORENO R., L.G.; CASTILLO Z., L.J.; OROZCO G., L. Estabilidad de la producción de progenies de cruzamientos de Caturra por Híbrido de Timor. *Cenicafé* 35 (4): 79-93. 1984.
 20. RODRIGUES Jr., C.J. La resistencia genética a la roya del cafeto. *In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - CENICAFE. 50 años de Cenicafé 1938-1988. Conferencias conmemorativas*. Chinchiná, CENICAFE, 1990. p. 207-212.
 21. SILVAROLLA, M.A.; GUERRERO FILHO, O.; LIMA, M.M.A. DE; FAZUOLI, L.C. Avaliação de progenies derivadas do Híbrido de Timor com resistencia ao agente da ferrugem. *Bragantia* 56(1): 47-58. 1997.
 22. SREENIVASAN., M.S. Breeding coffee for leaf rust resistance in India. *In: KUSHALAPPA, A.C.; ESKES, A.B. (Eds.). Coffee rust: epidemiology, resistance and management*. Boca Ratón, CRC Press, 1989. p. 316-323.
 23. VANDERVOSSSEN, H.A.M.; WALYARO, D.J. The coffee breeding programme in Kenya: Review of progress made since 1971 and plan of action for the coming years. *Kenya Coffee* 46(541): 113-130. 1981.