

ALGUNAS CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE UNA SELECCION RESISTENTE A LA LLAGA MACANA

Jaime Castillo Z.*

INTRODUCCION

En un trabajo publicado en esta misma revista, Fernández (2) describió la reacción de resistencia de una selección de la variedad Borbón al hongo *Ceratocystis fimbriata* causante de la enfermedad conocida como llaga macana o cáncer del tronco y de las ramas. Esta selección es el resultado de la búsqueda de un material resistente efectuada por la Sección de Fitopatología de 1949 a 1952; de más de cien plantas adultas de la variedad Borbón, inoculadas en el campo, solo un árbol resultó resistente después de repetidas inoculaciones. Posteriormente la Sección de Mejoramiento obtuvo dos generaciones de autofecundaciones provenientes de este árbol, material que ha servido para los estudios subsiguientes.

Algunas observaciones preliminares efectuadas en plántulas de la progenie autofecundada del árbol resistente indicaron la existencia de diferencias morfológicas entre esta progenie y la variedad Borbón, de la cual se seleccionó. El presente trabajo tiene por objeto la constatación de tales observaciones en plantas adultas, cultivadas en un experimento de campo.

MATERIALES Y METODOS

En un experimento de campo, se sembraron 6 líneas resistentes provenientes del árbol antedicho que se distinguirá con el símbolo R; 5 líneas originadas de un árbol de variedad Borbón susceptible a la enfermedad (BS); y 4 líneas igualmente susceptibles derivadas de la variedad Típica (TS). Este experimento contiene cuatro replicaciones y cada parcela está compues-

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

ta de 5 árboles. También se incluyeron cinco híbridos de líneas autofecundadas de primera generación, correspondientes a los tres tipos de líneas probadas, que no se analizan en el presente trabajo pero que deben tenerse en cuenta en la separación de las varianzas, según se verá más adelante.

Las características estudiadas fueron la forma de la hoja, el ángulo de las ramas jóvenes y el tamaño de la semilla. La longitud y anchura de la hoja se midieron en centímetros y milímetros, aproximando al milímetro más cercano. El método seguido para efectuar las medidas antedichas se explica en el gráfico 1.

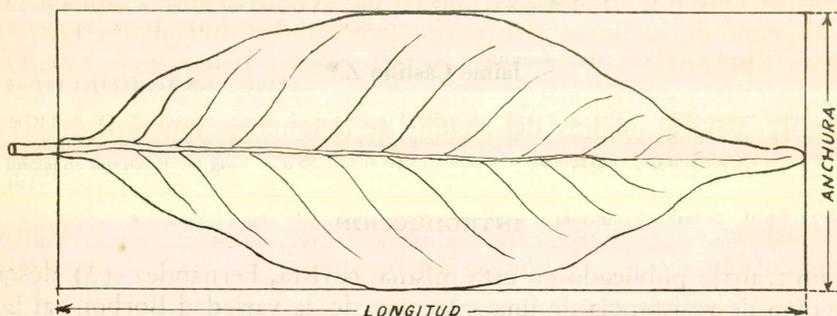


Gráfico 1 Manera en que se determinó la longitud y la anchura de las hojas, en el presente trabajo. Nótese que el ápice se incluyó en la longitud mientras el peciolo no.

La forma de la hoja se pudo determinar de dos maneras: por el índice o relación longitud-anchura y por el ángulo de la base. Tanto este ángulo como el formado por las ramas fue medido en grados y aproximando al más cercano.

En cada árbol se seleccionaron 10 ramas y en cada rama se tomó el par de hojas correspondientes al cuarto nudo a partir del ápice, completando así 20 hojas en cada árbol. Para medir el ángulo de la rama se tomó la tercera a partir del ápice.

El tamaño de la semilla se midió pasando muestras de 250 gr, con una humedad del 10%, por tamices cuyos huecos variaron de 14-64 a 18-64 de pulgada. Las muestras de semillas fueron tomadas en seis recolecciones efectuadas a fines de 1962 y el segundo semestre de 1963.

El experimento fue sembrado en abril de 1961 y las medidas de hojas y ramas fueron tomadas en mayo de 1964.

Con el fin de apreciar la homogeneidad de las líneas, en las variedades estudiadas, la varianza correspondiente a tratamientos, en el análisis del experimento, se separó en dos componentes: el primero, debido a grupos de líneas, esto es, un grupo proveniente de la variedad Típica; el de las líneas

de Borbón susceptible y finalmente el grupo de la Selección resistente. El segundo componente de la varianza era el debido a la variación de las líneas dentro de cada grupo. Esto se hizo de acuerdo con los procedimientos explicados por Cochran y Cox (1).

RESULTADOS

Caracteres morfológicos. En los cuadros 1 y 2 pueden verse los valores medios de las distintas características observadas, en líneas de Borbón y Típica susceptibles, comparadas con las líneas resistentes. En todos los casos, el grupo de las líneas resistentes tuvo valores intermedios entre los de Típica y Borbón.

Cuadro 1 Valores medios del ángulo de la rama en líneas de Típica, Borbón y selección resistente.

Borbón susceptible		Selección resistente		Típica susceptible	
Gradós					
BSa - 9a*	116.9	Ra - 39a*	123.4	TSa - 16a*	139.6
BSa - 7a	114.7	Ra - 34a	122.2	TSa - 10a	137.0
BSa - 5a	113.8	Ra - 24a	121.9	TSa - 12a	135.8
BSa - 8a	113.8	Ra - 26a	120.6	TSa - 14a	128.3
BSa - 4a	112.8	Ra - 27a	117.5		
		Ra - 28a	117.4		
Promedio	114.4		120.5		135.2

D. M. S. para líneas 5% 5.6
1% 7.5

* a Autofecundación

El ángulo de las ramas de Típica difiere notablemente del correspondiente a los otros dos grupos. En cambio, el valor de algunas de las líneas de Borbón se acerca al observado para algunas líneas resistentes (Cuadro 1). Por otra parte, el índice de la hoja de las líneas resistentes tiende claramente a la variedad Típica y el ángulo a la base no difiere del de esta variedad. El grupo resistente, no obstante haberse originado en la variedad Borbón, difiere de ella en la forma de sus hojas y el ángulo de sus ramas. La forma de la hoja tiende a la de la variedad Típica.

Cuadro 2 Angulo de la base e índice de la hoja en líneas de las variedades Típica y Borbón, y de una selección resistente.

Líneas	Angulo de la base (grados)	Índice de la hoja	
Típica susceptible			
TsA* - 10a	65,91	2,294	
TsA - 16a	67,26	2,292	
TsA - 14a	66,51	2,266	
TsA - 12a	65,31	2,256	
Promedio	66,24	2,277	
Selección resistentes			
Ra - 24a	65,22	2,249	
Ra - 27a	66,46	2,235	
Ra - 28a	67,24	2,233	
Ra - 26a	68,13	2,232	
Ra - 39a	65,94	2,226	
Ra - 34a	67,80	2,198	
Promedio	67,11	2,224	
Borbón susceptible			
BsA - 4a	70,36	2,141	
BsA - 5a	70,69	2,128	
BsA - 9a	72,28	2,096	
BsA - 7a	71,91	2,088	
BsA - 8a	71,58	2,077	
Promedio	71,36	2,106	
D. M. S. para líneas	5% 2.70 1% 3.59	D. M. S. para líneas	5% 0.068 1% 0.090

* a Autofecundación

El tamaño de la semilla del grupo resistente, es intermedio entre variedades Típica y Borbón: los valores medios de este son 35.81 para café grande y 56.45% para café mediano, valores bien diferentes de los correspondientes a dichas variedades, como puede verse en el cuadro 3.

Como en algunas ocasiones las diferencias entre algunas líneas resistentes con la variedad Típica no son nítidas, pareció necesario apreciar la magnitud relativa de la variación entre variedades (Típica, Borbón y Selección re-

Cuadro 3 Tamaño de la semilla en líneas de Típica, Borbón y Selección resistente al *Ceratocystis fimbriata*.

Líneas	Café mayor de 17-64 de pulgada (%)	Café comprendido entre 15 y 17-64 de pulgada (%)
Típica		
TSa* - 14a	71.12	22.93
TSa - 10a	76.14	19.05
TSa - 16a	79.17	16.86
TSa - 12a	80.73	15.71
Promedio	76.79	18.64
Selección Resistente		
Ra - 24a	49.01	41.95
Ra - 27a	50.52	40.11
Ra - 28a	59.80	32.93
Ra - 26a	62.57	30.31
Ra - 39a	68.01	25.76
Promedio	57.98	34.21
Borbón		
BSa - 7a	35.13	53.31
BSa - 5a	39.60	49.79
BSa - 4a	40.95	49.03
BSa - 9a	42.33	47.87
BSa - 8a	42.88	47.68
Promedio	40.18	49.54
D. M. S. para líneas	7.54	5.48
	10.93	7.29

* a Autofecundación

sistente) y la observada en las líneas, dentro de esas variedades. Para ello se procedió a dividir la varianza correspondiente a tratamientos, en el análisis, en dos componentes debidos: uno, a variedades y otro, a líneas dentro de variedades, como se explicó en la sección materiales y métodos. En cada característica se separaron tres grupos, excepto en el ángulo de la base de la hoja, para la cual se hicieron dos: el de las líneas de Borbón y otro que comprendía las líneas de Típica y las resistentes, ya que estas últimas

Cuadro 4 Partición de la variación correspondiente a tratamientos (líneas o cruzamiento), en el análisis de varianza, en dos componentes: uno debido a grupos de líneas y otro a las líneas en los grupos:

Característica medida	F. de Variación	G. L.	Varianza	F.
Angulo de la rama	Líneas	19	2887.4	
	Entre grupos	2	19599.5	++
	Dentro de grupos	17	250.5	+
	Rep. x Trat. (error)	57	129.4	
Angulo de la base de la hoja	Líneas	19	1802.8	
	Entre grupos	1	24914.0	++
	Dentro de grupos	18	519.0	+—
	Rep. x Trat. (error)	57	292.4	
Índice de la hoja	Líneas	19	2.1	
	Entre grupos	2	18.5	++
	Dentro de grupos	17	0.2	+—
	Rep. x Trat. (error)	57	0.2	
Café Grande (Supremo)	Líneas	19	5319.8	
	Entre grupos	2	44336.7	++
	Dentro de grupos	17	729.6	++
	Rep. x Trat. (error)	57	170.5	
Café mediano (Extra)	Líneas	19	3763.4	
	Entre grupos	2	30852.6	++
	Dentro de grupos	17	576.5	++
	Rep. x Trat. (error)	57	90.0	

no muestran diferencia entre sí, como se observa en el cuadro 1. Los cruzamientos mencionados antes fueron incluidos en los grupos afines a cada uno de ellos, de acuerdo con sus valores medios.

En el cuadro 4 puede verse que la varianza correspondiente a las líneas *dentro de su grupo* es muy pequeña en comparación con la debida a las diferencias entre los tres grupos o variedades, indicando una marcada homogeneidad entre aquellas. Sin embargo, pueden existir diferencias reales entre las líneas, como lo indica el mismo cuadro.

Resistencia a la enfermedad. Las líneas estudiadas en el experimento

Cuadro 5 Proporción de la circunferencia del tronco cubierta por la lesión, en árboles susceptibles y resistentes, a los 6 meses después de la infección.

Borbón susceptible		Típica susceptible		Selección resistente	
BSa*- 4a	68.96	TSa - 10a	100.00	Ra - 24a	73.39
	84.61		100.00		50.00
	83.33		98.14		50.67
	70.00		100.00		45.16
Promedio	76.73		99.54		54.79
BSa - 5a	92.30	TSa - 12a	100.00	Ra - 34a	44.71
	100.00		100.00		60.00
	89.65		76.92		61.59
	91.66		100.00		48.38
Promedio	93.04		94.23		53.67
BSa - 8a	84.00	TSa - 16a	100.00	Ra - 39a	64.16
	62.09		74.07		44.82
	100.00		100.00		36.66
	55.17		96.00		48.00
Promedio	75.31		92.52		48.41
BSa - 7a	78.57	TSa - 14a	45.45	Ra - 26a	68.00
	70.89		72.00		59.25
	75.86		52.17		53.57
	64.28		50.71		63.33
Promedio	72.40		55.08		61.04

* a Autofecundación

son una segunda generación autofecundada del árbol resistente original. Ya que era necesario comprobar la conservación de la resistencia a través de las nuevas generaciones, se inoculó una de las replicaciones del experimento para observar la reacción de los árboles. Para este trabajo se hicieron dos aplicaciones del hongo, opuestas en el tronco, a una altura de 1.50 m y de acuerdo con el método descrito por Fernández (2).

Como explica este autor, en los árboles resistentes los tejidos alrededor de la lesión cicatrizan después de algún tiempo deteniendo el avance de la infección; pero también en ellos el patógeno se establece inicialmente y a-

Cuadro 6 Proporción de la circunferencia del tronco cubierta por la lesión en árboles susceptibles, o aún no cubierta por tejidos de cicatrización, en árboles resistentes, a los 10 meses después de la inoculación. Porcentaje de la circunferencia.

Borbón susceptibles		Típica susceptible	Selección resistente		
BSa* - 7a	79.2	TSa - 10a	100.0	Ra - 24a	40.5
BSa - 5a	97.6	TSa - 12a	97.0	Ra - 26a	35.2
BSa - 7a	88.1	TSa - 14a	59.5	Ra - 27a	41.3
BSa - 9a	92.8	TSa - 16a	98.5	Ra - 28a	22.8
BSa - 8a	83.2			Ra - 34a	34.2
				Ra - 39a	37.3

* a Autofecundación

vanza hasta cierto límite variable de un árbol a otro. Para apreciar el grado de resistencia de las plantas es necesario esperar unos 8 meses cuando se manifiesta claramente en la formación de tejidos de cicatrización que cubren paulatinamente la parte del tronco descubierta por la lesión. Como la medida de la cantidad de tales tejidos de cicatrización es prácticamente imposible, fué necesario recurrir a una medida indirecta. La relación del ancho de las lesiones a la circunferencia del árbol, a la altura de la infección, expresada como porcentaje, se tomó como tal medida de la resistencia.

Las medidas efectuadas a los tres meses después de la inoculación no mostraron diferencias entre las líneas resistentes y susceptibles. A los seis meses después de la inoculación, se encontró que, con una excepción, (línea 14) en las líneas de Típica la parte afectada era superior del 90% en la mayoría de los árboles. En las líneas de Borbón susceptible la parte afectada varió comunmente entre 65 y 90%, en tanto que, en las resistentes, esta parte era del 40 al 70, en el 58% de los árboles. Los promedios para las diferentes líneas pueden verse en el cuadro 5.

A los 10 meses, las lesiones ya mostraban claras señales de cicatrización en las líneas resistentes, mientras que en las susceptibles cubrían toda la circunferencia del tronco. En la línea 14 de Típica la reacción de susceptibilidad se mostró claramente, por los bordes irregulares de la lesión, aunque aún existía mayor proporción de tejidos sanos que en las demás líneas de la misma variedad. El cuadro 6 indica la relación de la parte afectada o no cubierta con tejidos de cicatrización, en las diferentes líneas.

DISCUSION

Medidas biométricas como las utilizadas en este trabajo han sido empleadas para identificar variedades en frutales. Un ejemplo de trabajo extenso de este tipo es el desarrollado en duraznos y en la estación experimental de New Jersey (6). De acuerdo con esta investigación, no siempre era posible distinguir las variedades usando un solo carácter, a menos que se tomara una muestra de tamaño tan grande que la hacía impracticable. Con 20 hojas como muestra, los valores de distintas variedades coincidían cuando se medían en diferentes localidades o años (4). Lapins y Nash (5) usaron *funciones discriminantes* para identificar las variedades, midiendo cinco caracteres a la vez y, al reducir la variación por técnicas estadísticas, el método se hacía aplicable en la práctica.

En café se han empleado también medidas de este tipo para identificar clones de café robusta (7). Como conclusión de este trabajo, se dedujo que algunos caracteres morfológicos son útiles para identificar algunos clones, pero no permiten diferenciar muchos de ellos.

En *Coffea Arabica*, Krug, Mendez y Carvalho utilizaron estas medidas como base de la taxonomía de las variedades (3). Algunas de estas, como Típica y Borbón, pueden diferenciarse fácilmente por medio de tales medidas, con tal que la muestra sea tomada en iguales condiciones ambientales y en la misma posición en el árbol, pues ambos factores influyen grandemente en las dimensiones y forma de la hoja.

Los resultados expuestos demuestran que se puede diferenciar las dos variedades nombradas empleando medidas de las hojas y el ángulo de las ramas, por medio de una muestra adecuada. Sin embargo, la separación de las líneas dentro de las variedades ya no parece segura, al menos usando un sólo carácter, según lo indica la escasa variación hallada dentro de las líneas de cada variedad.

En cuanto a la utilidad relativa de las diferentes medidas, el ángulo de la rama, el índice de la hoja y el tamaño de la semilla pueden emplearse con buena precisión. El ángulo de la base de la hoja, por el contrario, no permite distinguir las líneas resistentes de las líneas de Típica, aunque se puede discriminar este grupo de la variedad Borbón. Ello se debe quizás a que el método gráfico que se emplea para determinar este ángulo no es lo suficientemente preciso para medir diferencias realmente pequeñas.

La resistencia al *Ceratocystis fimbriata* de la selección estudiada está acompañada de notables diferencias morfológicas. Esta es una circunstancia afortunada que no siempre se presenta en otros cultivos (8), y permite distinguir visualmente los árboles resistentes. Poco puede decirse de la naturaleza genética de esta selección. El hecho de que no se haya presen-

tado segregación en las dos primeras generaciones autofecundadas del árbol original, permite suponer que se trata de una mutación de carácter pleitrópico, hipótesis que se tratará de probar posteriormente al estudiar la F2 y los retrocruzamientos respectivos.

Existe una variación apreciable en la resistencia de las líneas y aún de los árboles de la misma línea, cuando se aprecia por la extensión de la lesión o la rapidez de la cicatrización. Esto puede llevar a confusiones y dificultades considerables al identificar los árboles resistentes. Tal variación se debe probablemente a diferencias muy locales en los tejidos de los árboles. Sin embargo, la reacción final de los árboles resistentes, aunque toma tiempo considerable, más de 8 meses, termina por manifestarse claramente.

Llama la atención, finalmente, el hecho de haber hallado un árbol resistente en un grupo relativamente pequeño de plantas probadas (alrededor de 200). Esto sugiere que dentro de las variedades comerciales pueden existir razas resistentes en mayor proporción de lo que comúnmente se ha observado en otras plantas. Si esto es así, se tiene el medio más fácil y económico para mejorar el café por resistencia a las enfermedades de la raíz y del tronco, para las cuales no se ha obtenido un control químico eficaz.

RESUMEN

Al comparar las dimensiones de la hoja, su ángulo basal, el ángulo de inserción de las ramas y el tamaño de la semilla, se comprobó que una selección resistente al *Ceratocystis fimbriata*, obtenida a partir de la variedad Borbón por autofecundación de un árbol resistente, tenía características morfológicas diferentes de esta variedad y de la variedad Típica.

La permanencia de la resistencia a través de dos generaciones autofecundadas y la homogeneidad de las líneas de esta selección en sus caracteres morfológicos sugieren que se trata de una mutación de carácter pleitrópico.

Se comprobó que una medida cuantitativa adecuada de la resistencia a la enfermedad es la proporción de la circunferencia del tronco no cubierta por tejido de cicatrización, después de 8 meses, ya que tal proporción está en relación inversa con la cantidad de este. La presencia de tal tejido es muy variable, pero en general, está casi ausente en los árboles de Típica; se presenta en forma escasa e irregular en los árboles de Borbón susceptibles y es abundante en los árboles resistentes, dejando en este caso, poca o ningún área descubierta.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- COCHRAN, W. G. & COX, G. M. Experimental designs. 2a. ed. New York, Wiley 1950. 618 p.
- 2.- FERNANDEZ B., O. Patogenicidad del *Ceratocystis fimbriata* (Ell. Halst) Hunt. y posible resistencia en *Coffea arabica* L. var. Bourbon. Cenicafé (Colombia) 15(1):3-17. 1964.
- 3.- KRUG, C. A., MENDES, J. E. T. & CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. Campinas, Instituto Agronomico do Estado de Sao Paulo, Boletim Tecnico no. 62. 1938. 57 p.
- 4.- LAPINS, K. & HORNBY, C. A. Leaf measurements as a means of identification of peach varieties in nursery trees. Canadian Journal of Agricultural Science 36(6):409-421. 1956.
- 5.- ————— & NASH, S. W. Discriminant function analysis in identification of peach varieties in nursery trees. Canadian Journal of Plant Science 37(1):12-25. 1957.
- 6.- MEADER, E. M. & BLAKE, M. A. Further studies of identification of peach varieties by leaf characteristics. American Society for Horticultural Science. Proceedings 39:177-182. 1941.
- 7.- MOENS, P. Différenciation morphologique des clones d'arbres-mères du caféier Robusta (*Coffea canephora* Pierre); essai d'identification. Bulletin Agricole du Congo 52(6):1171-1216. 1961.
- 8.- STAKMAN, E. C. & CHRISTENSEN, J. J. The problem of breeding resistant varieties. In Horsfall J. G. & Dimond, A. C., eds. Plant pathology; an advanced treatise. New York, Academic Press, 1960. pp. 567-624. (Vol. 3: The diseased population epidemics and control.)