

006232

4. RESULTADOS

El germoplasma de café probado en el C.I.F.C., durante el período de 1974-1975 fué el siguiente:

- 1) Clones de la F1 de híbridos entre variedades comerciales y las introducciones F-840, F-502, KP-263, Geisha A, S-6 Cioiccie y BA-10.
- 2) Material constituido por semilla de libre polinización de la segunda generación de árboles de las introducciones, propagadas también por semilla: BA(8. 10, 16), Sel. 286-7, F(502 840), S-6 Cioiccie, Dalecho T.C., Dilla & Alghe, Dalle Melville, Kaffa TI, Harrar, Híbrido de Timor, Agaro Kaffa.
- 3) Plantas de semilla F-3 de híbridos de Caturra amarillo por Híbrido de Timor.
- 4) Plantas de semilla de retrocruzamientos hacia Caturra de Caturra x Canephora, Hexaploide.

Los resultados indican que la mayor parte del material probado y definido con resistencia a Hemileia vastatrix corresponde a los factores SH caracterizados en Coffea arabica (Tablas 13, 14, 15, 16). En general no es difícil definir la constitución genética para tales factores. Practicamente con sólo dos pares de inoculaciones, que resulten con reacciones claras se logra hasta confirmar la presencia de cada factor. Para definir el estado de zigocis es necesario inocular la progenie en cada caso (Tabla 18).

Quando se trata de materiales donde se han incorporado dos o más factores, diferentes del SH5, el tiempo necesario para definirlos es mínimo el doble.

En los materiales híbridos de Caturra por híbrido de Timor aún no se conocen completamente los varios factores presentes. Cuando se logra inocular la totalidad de las razas especificadas en la Tabla 9. se puede indicar no solo los grupos en segregación en cada progenie sino también las proporciones en que ocurre cada grupo.

A continuación se discriminan los resultados de los materiales considerados más importantes para el proceso de mejoramiento en Cenicafé:

1) En los clones F1, Tabla 16 y 19, se confirmó la presencia de resistencia en los híbridos de las variedades comerciales por los materiales F-840, F-502, K-263, Geisha A y S-6 Cioiccie. Los híbridos con el material BA-10 presentaron reacción de tipo E.

2) Se determinó el estado de zigocis de árboles de las introducciones, en progenies obtenidos a libre polinización. En la Tabla 15 se registran los árboles con los factores SH en condición homocigota.

En los materiales BA-8 y BA-10 se encontraron árboles con los factores SH en forma heterocigota y también árboles de reacción E. Los árboles BA-16, SL-6, Dilla & Alghe, Dalle Melville y Harrar solo presentaron reacción de tipo E. La única progenie de Agaro Kaffa recibida para prueba, indica que el factor SH1 estaba heterocigote.

En las progenies de los materiales Kaffa TI e híbrido de Timor, se observó resistencia, sin embargo no fué posible determinar su estado de zigocis por falta de inoculaciones.

3) En la semilla F-3 de híbridos de Caturra por híbrido de Timor (Tablas 17, 20), se pudo establecer la alta proporción de individuos resistentes. En la Tabla 17 se indica la frecuencia de los grupos de reacción definidos y la alta proporción de plántulas cuya resistencia no fué

posible caracterizar. Se destaca la proporción de plantas con reacción A y la baja proporción de plantas con reacción E. Debe tenerse en cuenta que ninguna progenie se compuso exclusivamente de plantas de un solo grupo de reacción (Tabla 20).

- 4) Finalmente en la semilla de los retrocruzamientos hacia caturra de Caturra x Canephora, hexoploide, ninguna de las 6 progenies indicó presencia de grupos de reacción diferentes del grupo E.

TABLA 13. Número y porcentaje de progenies de cruzamientos, efectuados por la Sección de Fitomejoramiento de Cenicafé, sometidos a prueba de resistencia a Hemileia vastatrix.

Arboles Progenitores	P r o g e n i e s				Total Progenies	
	Provenientes semilla		Clones		N°	%
	N°	%	N°	%		
Con genes de resistencia di- ferentes del SH5.	40	10.12	193	48.60	232	58.73
Grupo E	18	4.55	41	10.40	59	14.94
Sin definición completa de fe- notipo y/c ge- notipo.	58	14.68	46	11.65	104	26.33
	116	29.35	279	70.65	395	100.00

TABLA 14. Genes de resistencia a Hemileia vastatrix solos y en combinación incorporados a las variedades comerciales o en introducciones.

Genes SH o Fenotipo	Cruzamientos N°	Introducciones N°	Total
1	10	9	19
2	12	5	17
2.3		4	4
4	16	3	19
E	17	3	20
6, nf: 1,2,3	58	1	59
	113	25	138

TABLA 15. Estado de zigocis en árboles con genes de resistencia a Hemileia vastatrix diferentes del SH5 en los materiales probados.

Genes SH	Homocigosis		Heterocigosis	
	Semilla		Clon	Semilla
1	8		1	1
2	4		2	2
4	3		1	
2,3				4
Total	15		4	7

TABLA 16. Resumen de los resultados de la prueba de clones F1 para resistencia a Hemileia vastatrix.

Grupos de reacción obtenidos	Cantidad de clones	% del total probado
D	25	19
C	32	24
J	50	38
E	25	19
	132	100.00

TABLA 17. Frecuencia de grupos fisiológicos de resistencia a Hemileia vastatrix en poblaciones F3 de Caturra x Híbrido de Timor.

Grupo Fisiológico	Frecuencia de los Grupos		% en las plántulas
	Progenies F2	Plántulas F3	
A	47	428	20.51
E	12	26	1.24
R	4	15	0.71
N g 3	5	6	0.28
Resistencia indefinida	57	1611	77.22
Total		2086	100.00

TABLA 18. Arboles de selecciones homocigotas en el germoplasma de Cenicafé, a libre polinización.

Cultivar	Factores SH	Designación Cenicafé	N° de Plántulas inoculadas
Dalecho T.C.	SH1 SH1	L8. 370	23
"	"	L8. 371	31
"	"	L8. 374	44
"	"	L8. 378	44
"	"	L8. 816	24
"	"	L8. 817	26
"	"	L8. 818	27
Geisha A	"	L8. 447	27
F - 502	SH2 SH2	L8. 593	15
F - 502	"	Int. 63	10
F - 840	"	Int. 60	13
Sel. 206-7	"	L8. 1018	9
S-6 Cioiccie	SH4 SH4	L8. 945	20
"	"	L8.1453	25
"	"	I. 588	27

TABLA 19. Grupos de reacción determinados en la prueba de resistencia a Hemileia vastatrix en semilla clonal F-1.

Híbridos Cenicafé			Grupo de reacción determinado	Cantidad de clones probados
Cat. x F.840	L.8-213	M-1	D	
		M-11	D	
		M-29	D	
		M-36	D	
		M-49	D	
(Cat. x Mun) x F.840	L.8-213	M-246	D	
		M-248	D	
(Cat. x Vill.) x F.840	L.8-213	M-296	D	8
(BA x SB) x F.840	L.8-742	M-465	D	
		M-466	D	
		M-472	D	
(SB x B. Res.) x F.840	L.8-742	M-510	D	
		M-512	D	
(Cat. x Lig. M) x F.840	L.8-742	M-872	D	
		M-876	D	
		M-886	D	
		M-897	D	
		M-901	D	
(F.502 x BA-10) x F.502	L.8-550	M-1310	D	
		M-1316	D	
		M-1321	D?	
		M-1324	D	
		M-1327	D	
(Cat. x Col.) x F.502	L.8-586	M-391	D	1
(Cat. x KP-263) x KP-263	I-228	M-500	D	1
Cat. x Geisha A	L.8-1207	M-58	C	
		M-61	C	
		M-62	C	
		M-75	C	
		M-76	C	
(Cat. x Vill.) x Geisha A	L.8-1207	M-279	C	
		M-280	C	
		M-282	C	
		M-283	C	
		M-290	C	

Continúa . . .

Híbridos Cenicafé			Grupo de reacción determinado	Cantidad de clones probados
(Cat. x Col) x Geisha A	L.8-1207	M-376	C	
(SB x B.Res.) x Geisha A	L.8-1207	M-561	C	
		M-568	C	
		M-569	C	
(Geisha A x BA-10) x Geisha A	L8-1207	M-1259	C	
(Cat. x Mun.) x Geisha A	L8-1207	M-231	C	17
(BA x S.B.) x Geisha A	L.8-443	M-432		
		M-433	C	
		M-435	C	
		M-437	C	
		M-440	C	
		M-443	C	
		M-444	C	6
(Cat. x Sid.) x Geisha A	L.8-601	M-573	C	
		M-588	C	
		M-589	C	
		M-592	C	
		M-595	C	
		M-597	C	
		M-600	C	7
(Cat. x Lig. M) x Geisha A	L.8-601	M-912	C	
		M-916	C	2
(Cat. x Col.) x Cioiccie	L.8-1451	M-341	J	
		M-342	J	
		M-343	J	
		M-347	J	
		M-367	J	
		M-370	J	6
(Geisha x BA-10) x Cioiccie	L.8-1450	M-1262	J	
		M-1270	J	2
Cat. x Cioiccie S.6	L.8-942	M-138	J	
		M-143	J	
		M-151	J	
		M-155	J	
		M-170	J	
		M-177	J	
(Cat. x Vill.) x Cioiccie S.6	L8-942	M-325	J	
		M-335	J	
		M-336	J	

Continúa . . .

Híbridos Cenicafé		Grupo de reacción determinado	Cantidad de clones probados
(BA x SB) x Cioiccie S.6 L.8-942	M-481	J	
	M-489	J	
	M-493	J	
	M-496	J	
	M-497	J	
(Cat. x Sid.) Cioiccie S.6 L.8-942	M-660	J	
	M-667	J	
	M-673	J?	
	M-676	J	
	M-682	J	
	M-685	J	
(Cat. x Lig. M) x Cioiccie S.6 L8-942	M-831	J	
	M-835	J	
	M-841	J	
	M-843	J	
	M-847	J	
	M-848	J	
	M-859	J	
	M-861	J	
	M-862	J	
	M-863	J	
(Cioiccie x BA-10) x Cioiccie S.6 L8-942	M-150	J	11
(SB x B.Res.) x Cioiccie S.6 L8-228	M-259	J	
	M-533	J	
	M-538	J	
	M-540	J	
(Cioiccie X BA-10) x Cioiccie S.6 L8-228	M-1364	J	
	M-1371	J	
	M-1377	J	
	M-1379	J	
	M-1382	J	
	M-1387	J	
	M-1388	J	
(BA x SB) x BA-10 L.8-1677	M-451	E	
	M-455	E	
	M-458	E	
Cat. x BA-10 L.8-1677	M-83	E	
	M-95	E	
	M-102	E	
	M-118	E	
	M-541	E	
	M-542	E	
	M-548	E	
	M-552	E	

Continúa . . .

Híbridos Cenicafé		Grupo de reacción determinado	Cantidad de clones probados
		M-558	E
		M-559	E
(S.B. x D.Res.) x DA-10	L.8-1677	M-541	E
		M-542	E
		M-548	E
		M-552	E
		M-558	E
		M-559	E
(Cat. x Sid.) x DA-10	L.8-1677	M-624	E
		M-641	E
		M-646	E
		M-715	E
		M-723	E
(Cat. x Lig. M) x DA-10	L.8-1677	M-797	E
		M-827	E
			25

TABLA 20. Resistencia a roya en plántulas F3 de Cat. x H. de T. Resumen de las reacciones obtenidas.

Progenie	Arbol F2 L-109	Plántulas F3 (N°)					Prueba incompleta		
		Plantas sembradas	Plantas inoculadas	Resistencia definida			A	R	
				Ng3	F3	E			(1)
Mer. 2303	691	63	60	12	-	-	-	44	4
	696	40	40	5	-	1	2	24	8
	706	48	48	2	-	-	2	36	8
	766	54	51	15	-	-	-	34	2
	767	63	63	1	-	-	-	56	6
Mer. 2375	822	29	19	9	-	-	-	19	1
	824	32	31	1	-	-	1	22	7
	834	42	41	6	-	-	-	24	11
	835	43	43	7	-	-	-	27	9
	1844	31	31	-	-	-	6	15	10
Mer. 2385	1859	59	59	2	-	-	-	42	15
	1873	50	50	1	-	-	-	36	13
	1879	43	42	4	-	-	-	27	11
	1888	50	50	3	-	-	-	32	23
	1889	55	52	14	-	-	-	25	13
	1890	56	55	1	-	-	-	42	12
	1897	44	43	5	-	-	-	34	4
	1898	49	46	4	-	-	-	38	4
	1899	52	51	5	-	-	-	31	15
	1902	56	57	14	-	-	-	40	3
Mer. 2386	1903	54	53	1	-	-	-	43	9

Continúa . . .

progenie F1	Arbol F2 L-109	P l á n t u l a s F3 (N°)									
		Plantas sembradas		Plantas inoculadas		Resistencia definida			Prueba incompleta		
		A	R	A	R	Ng3	E	(1)	(2)		
Mer. 2387	1956	54	52	11	-	-	-	-	37	4	
	1958	54	53	22	-	-	1	-	26	4	
	1967	44	38	7	-	-	-	-	28	3	
	1977	40	40	-	-	-	3	-	32	5	
	1979	51	51	11	-	-	1	-	27	12	
Mer. 2391	1999	44	43	4	-	-	-	-	24	15	
	2030	39	39	-	-	-	-	-	36	3	
	2036	49	38	-	-	-	-	-	21	17	
Mer. 2392	2054	46	45	-	-	-	-	-	39	6	
	2068	29	25	10	-	-	-	-	9	6	
	2092	40	40	9	-	-	-	-	26	5	
	2093	47	47	-	-	-	5	-	34	8	
	2094	44	44	9	-	-	-	-	29	6	
	2095	41	38	-	-	-	-	-	18	20	
Ar. #7	882	32	32	-	-	-	2	-	10	20	
	883	42	33	17	-	-	-	-	16	-	
	892	20	20	-	-	-	-	-	12	8	
	895	51	51	29	-	-	-	-	21	1	
	905	50	49	9	-	-	-	-	40	-	
	909	38	38	7	2	1	1	-	27	-	
	934	36	30	15	-	-	-	-	15	-	

Continúa . . .

Progenie Fl	Arbol F2 L-109	Plántulas F3 (N°)									
		Plantas sembradas		Plantas inoculadas		Resistencia definida			Prueba incompleta		
		A	R	Ng3	E	A	R	Ng3	E	(1)	(2)
Ar. #4	979	42		42		9		2		22	7
	983	42		41	7	3	1			27	3
	989	38		33	15					18	
	998	42		39	9	1				29	
	1000	49		48	16					31	1
	1002	52		52	8		1			42	1
Ar. #1	1309	34		34	16					18	
	1318	49		42	8					33	1
	1324	39		38	1					37	
	1360	32		31	5					26	
Ar. #2	1372	41		35	22					13	
	1386	33		30	3					20	7
	1404	34		33	10					22	1
	1409	43		40	17					23	
	1430	51		51	19					32	
			2438		428	15	6	26		1611	352

(1) Son plantas resistentes sin el grupo fisiológico definido, debido a que el espectro de reacción está incompleto. Puede pertenecer a los grupos R, Ng1, Ng2 ó Ng3.

(2) Pueden pertenecer a cualquier grupo, a excepción del A.

5. ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DE LA RESISTENCIA

Las epifitotias causadas por Hemileia vastatrix en la isla de Ceylán se desarrollaron principalmente por la complementación entre las condiciones del ambiente, de temperatura, humedad y vientos y las homogeneidad del Coffea arabica (7, 8). Esto sucedió en 1878 y dice Large (7) que fué una pena el que los cultivadores y el gobierno de Ceylán, hubiesen hecho caso omiso de los comentarios y recomendaciones del investigador Derkelley efectuados en 1869.

Al sur de la India ocurrieron epifitotias semejantes a las de Ceylán y sin embargo actualmente se cultiva Coffea arabica en un número de acres comparable al que existía en la isla. Dice Mayne que ésto ha sido posible por el avance de la investigación científica y la adaptabilidad de la organización y considera que con los conocimientos disponibles sería posible reestablecer el cultivo del cafeto en Ceylán (8).

Especialización fisiológica

Hacia 1871, a la llegada de la roya a la India, el material de cafeto más cultivado era el Coffea arabica var. Old Chick. El "Coorg" también arabico, fué seleccionado por los cultivadores y permaneció en cultivo desde 1870, hasta la primera década del siglo veinte. Epoca en que por su susceptibilidad fué reemplazado por el Kent, también seleccionado por un agricultor hacia 1918-20. El C. liberica fué introducido en 1872 y posteriormente se vió atacado por el hongo. Esta especie sirvió además para que los cultivadores efectuaran hibridaciones con el C. arabica y seleccionaran materiales que aún se muestran poco afectados por la roya (9, 10).

Mayne en la Estación de Bolehonur logró definir 4 razas fisiológicas en H. vastatrix; con base en la capacidad diferencial de los aislamientos del hongo, obtenidos en los cultivares Coorg, Kent y dos híbridos interespecíficos de C. arabica x C. liberica (S-200 y S-353), explicando así la "pérdida de la resistencia de cada material de café en cultivo".

Branquinho D'Oliveira (5), utilizando el material de roya y cafetos colectados en países de Africa, Indonesia e India y cafetos de América, logró adicionar otra nueva raza fisiológica. El trabajo continuado en el Centro de Investigación de las Royas del Café en Oeiras, ha definido ya 30 razas de roya en 17 clones diferenciadores. Estos clones comprenden 5 especies de Coffea y dos híbridos interespecíficos (16).

Ocurrencia de las razas

Citemos algunos casos. El área de cultivo de café en Brasil ha permanecido con las mismas variedades de C. arabica que permitieron el establecimiento del hongo. En estas condiciones existen ya las razas I, II, III y XV, detectados en el período de 1970 a 1974. La raza II se observó por primera vez en 1970, la XV en 1972 y las dos restantes en el estudio efectuado en 1974 en los 448 aislamientos del hongo y los clones diferenciadores del CIPC. La identificación de las razas existentes indicó que 437 aislamientos correspondieron a la raza II, 7 a la raza III, 2 a la raza I (14).

Las variedades de café cultivadas en la India son: de C. canephora que ocupan el 40%, S-795 el 20% y de C. arabica el 40% restante (9, 10). Existen, en este país, 13 razas donde se incluyen la I, II, III y a falta de la XV existe la raza XVI. Esta última posee todos los factores de virulencia necesarios para infectar tanto los materiales de C. arabica que tengan, solos o en combinación, los 4 factores SH de resistencia, como los hí

bridos interespecíficos de C. arabica x C. liberica, donde se ha determinado un quinto factor SH. Se sabe de la existencia de la raza XXV capaz de infectar los híbridos, existentes en la India, de C. arabica x C. canephora. Las 8 razas restantes presentan 2 ó más factores de virulencia que anularían los correspondientes factores de resistencia conocidos en C. arabica (14, 16).

En el CIFC, Tabla 21, en condiciones de invernadero se han encontrado razas en mezcla en el material de roya recién recibido o se han detectado nuevas razas con más factores de virulencia que los originales a medida que se han desarrollado los híbridos entre cafetos portadores de los factores SH; y también cuando se han separado los factores de resistencia en las progenies de híbridos interespecíficos como Coffea arabica x C. canephora. De un lado, en la gran mayoría de los casos anotados en la Tabla 21, la especie de Coffea más frecuente en el lugar de origen es C. arabica y de otro, el mantenimiento de cada raza aislada se efectúa sobre plántulas de C. arabica var. Caturra si el inóculo es proveniente de esta especie.

vulnerabilidad de los factores BH

Los casos mencionados anteriormente nos permiten ver cómo diferentes razas de H. vastatrix se establecen e incrementan hasta hacerse evidentes, en los materiales de Coffea arabica portadores de los factores SH. Este hecho calificaría dichos factores de resistencia como débiles, según el concepto expuesto por Vander Plank. Un gene de resistencia vertical es débil cuando permite el incremento de razas con más genes de los necesarios para anular ese factor de resistencia; o mejor, un gene de resistencia con esta característica no posee acción estabilizadora sobre las razas con varios genes adicionales y en estas condiciones dichas razas compiten ampliamente con las razas de menos genes (11).

TABLA 21. Aislamientos de Hemileia vastatrix en los cuales se han manifestado variantes y mezclas de razas.

Aislamiento N°	Origen	Especie de Coffea en el lugar de origen	Raza N°	Factores de virulencia v
22	Tanzania	<u>C. arabica</u>	I	2.5
22a			XXIV	2.4.5
35	Etiopía	"	II	5
35a			I	2.5
128	"	"	II	5
128a			III	1.5 ⁺
130	Kenya	"	II	5
130a			VII	3.5
137	Filipinas	"	II	5
137a			X	1.4.5 ⁺
138	"	<u>C. dewevrei</u> var. excelsa	II XIII	5 * ⁺
148	Sur vietman	<u>C. arabica</u>	II	5
148a			I	2.5
167	Sur India	"	VIII	2.3.5
167a			XII	1.2.3.5 ⁺
178	Sur India	<u>C. arabica</u>	VIII	2.3.5
178a			XIV	2.3.4.5
178c			XVI	1.2.3.4.5 ⁺
264	Rep. Cent.	<u>C. dewevrei</u> var. excelsa	XIX	1.4
264a	Africana		XXVII	1.4.6**
292	Sur India	<u>C. arabica</u>	XVII	1.2.5
292			XXIII	1.2.4.5 ⁺

a,c= variantes de cada aislamiento establecido

+ = Mezcla en el inóculo original

* = Infecta híbrida Kawisari y Dorbón

** = Necesita confirmarse

Nelson (11) discute este criterio de Vander Plank y con base en varios ejemplos concluye que la "filosofía de llamar genes débiles ó fuertes evita el hecho de que las razas simples no sean siempre las más aptas para vivir". Entre los ejemplos que Nelson cita, está el caso de Australia donde la raza más prevalente presenta genes de virulencia adicionales a los necesarios para infectar los trigos más cultivados. Otro ejemplo es el de un mutante de la roya del trigo, con tres genes adicionales al de la raza original, que compitió con ella y además uno de los genes adicionales de virulencia anuló un gene de resistencia considerado como fuerte, o con capacidad estabilizadora sobre las razas complejas.

Nelson ha trabajado con Helminthosporium maydis que causa en maíz la enfermedad conocida como tizón. Las pruebas con mezclas de razas simples y complejas indican que indistintamente predominan unas u otras. En trabajos efectuados con Phytophthora infestans en papa, los resultados en condiciones de invernadero sobre predominancia de razas entre simples y complejas, han sido contradictorios con los resultados de campo. Thurston citado por Nelson (11) comenta el respecto de estos resultados que: los diferentes aislamientos de una raza varían en agresividad; las pruebas de invernadero no son las más recomendables para evaluar fitness*; las concentraciones de inóculo utilizados en el invernadero son a menudo considerablemente más altas que en las condiciones naturales; el sistema de muestreo puede ejercer preferencias en favor de uno de los componentes de la mezcla.

De Loureiro (4) durante cinco años efectuó muestreos, en condiciones de campo, para determinar la variación natural de la composición genética de las poblaciones de Phytophthora infestans en papa, y concluye que tales muestreos no tienen valor práctico ya que no traducen la capacidad infectiva de las razas del parásito, en esa región. El número de razas identificadas y la existencia en el campo de las razas más complejas del parásito parecen ser bastante independientes del genotipo del hospedero.

*Capacidad de adaptación

A pesar de que en H. vastatrix - Coffea no se conocen estudios de esta naturaleza, sin embargo, con base en los casos citados se podría concordar con Nelson (11) en que la predominancia de una raza depende de: su eficiencia en la infección, su capacidad de esporulación, período de incubación y/o esporulación, y no estricta y únicamente de su número de genes de virulencia.

Toda especulación es válida hasta tanto no se disponga de mayores evidencias. En el caso que nos interesa, sería un poco arriesgado considerar los factores SH como demasiado vulnerable si prácticamente no se tiene suficiente información de su comportamiento en condiciones de campo. El criterio más válido, en este momento, es el de que la vulnerabilidad de los genes de resistencia vertical, se debe principalmente a la simplificación genética de las poblaciones del hospedante, a su homogeneidad. Marshall Ward insinuó esta verdad hace más de un siglo cuando estudió el problema de la roya del cafeto en Ceylán (7).

La experiencia con el cultivar S-795, que desde 1946 se ha mostrado poco afectado por los ataques de roya en la India, donde existen las razas capaces de anular su resistencia, indica que se requiere un poco más de moderación al juzgar la vulnerabilidad de los genes SH. Este cultivar puede segregarse en su progenie plantas con los factores SH5, SH2 SH5, SH3 SH5 y SH2 SH3 SH5 que dan origen a variabilidad en el cultivo.

Podríamos esperar un comportamiento semejante de la resistencia en el campo, con las progenies de los híbridos de Caturra por híbrido de Timor.

Uso actual de la resistencia

Los tipos de resistencia considerados actualmente son: la resistencia horizontal, definida como la que restringe el espacio y el proceso de la in-

fección; y la resistencia vertical que interviene la colonización y el crecimiento del parásito después de la infección (11).

El mejoramiento de la resistencia a enfermedades se ha desarrollado con base en la segunda, y la experiencia enseña que ha condicionado la frecuencia de nuevas razas, creando una situación crítica para muchas de las variedades cultivadas (11).

El hecho de que en este proceso se haya descartado la primera, quizás se deba a que su manifestación no es tan notoria, ya que ocurre esporulación del parásito, y aún con tipos de pústula de susceptibilidad. Sin embargo, algunas alteraciones del comportamiento del parásito en el hospedante, comparado con plantas completamente susceptibles, tienen su repercusión atenuando la manifestación de la epifitotia. Tales alteraciones conocidas son por ejemplo, prelongación del período de latencia, iniciación de la esporulación más tardíamente, menor cantidad de esporulación (1, 12, 13).

Actualmente existen planteamientos que permiten un mejor uso de la resistencia vertical y son mayores los esfuerzos para detectar la resistencia horizontal en condiciones de invernadero y de campo.

Veamos algunas consideraciones: en el mejoramiento inducido y orientado por el hombre, ha ocurrido la purificación extrema de los materiales trabajados y puestos en el campo, constituyendo poblaciones homogéneas. Estas poblaciones de plantas hospedantes causan la presión que selecciona, de la variabilidad del patógeno, nuevas razas; cuando el nuevo genotipo del parásito se ha incrementado y se hace evidente, causa la explosión epidemiológica (1).

En el caso de los materiales en condiciones naturales, la selección ha sido el resultado de la evolución paralela entre hospedante y patógeno; con presión de selección alterna de resistencia en el hospedante y de virulen-

cia en el patógeno. Este proceso finalmente ha dado origen, bien sea al sistema complementario de gen a gen, que proporciona alto nivel de resistencia a razas particulares del patógeno; o al nivel de protección más bajo, que no está restringido a razas particulares del patógeno y se hereda generalmente en forma cuantitativa, indicando la interacción de numerosos genes (2).

Según Brock (2), la selección para el segundo tipo de resistencia comienza a operar tan pronto como falla la resistencia gen a gen. Continuará dicha selección hasta que ocurra una mutación en el hospedante y restaure la resistencia vertical.

Por consiguiente, el hospedante está protegido por dos sistemas genéticos, genes mayores que proporcionan la resistencia específica y poligenes que proporcionan un espectro amplio de tolerancia a las razas presentes (2). En las condiciones naturales debe tenerse en cuenta también la distribución espacial que juega papel importante al reducir las posibilidades de explosiones epidemiológicas (1).

Para aprovechar ambos sistemas sería necesario disponer de un completo rango de variación del patógeno, o lo que se acerque a este ideal; poseer medidas precisas y seguras de la expresión genotípica de cada una de las resistencias; conocer lo más preciso posible los efectos del ambiente sobre el desarrollo de la enfermedad (2).

Sin embargo como en forma práctica no se dispone de tales elementos, si se pueden obtener resultados favorables manteniendo el patógeno en niveles aceptables.

Para la resistencia vertical

La variabilidad genética puede obtenerse: por mezcla genotípica para resistencia de materiales dentro de la misma especie, o multilíneas; por mezcla de especies, que quizás no sea el óptimo económico. Ambos procesos han atenuado la cantidad de enfermedad, al reducir la proporción de esporulación de razas solas o en mezcla y finalmente también resulta baja la proporción de desarrollo de la epifitotia (1).

El uso de multilíneas ya se experimentó en Colombia con buenos resultados de control de dos royas del trigo. Según Browning (1) la variedad Miramar 63 producida en Colombia, fué el primer cultivar comercial de multilíneas, utilizado para controlar la roya linear y la roya del tallo. Miramar 63 fué una mezcla mecánica de partes iguales de 10 de las mejores líneas con resistencia a la roya linear y a la roya del tallo. Fué ampliamente aceptada y sus rendimientos en algunas áreas fueron el doble de las variedades testigo. Durante dos años la roya del tallo infectó dos líneas; sin embargo las pérdidas totales siempre fueron menores que el máximo teórico del 20%. Las dos líneas susceptibles a la roya del tallo, más otras dos, se reemplazaron por 4 líneas nuevas, de la reserva de 600 líneas que aún quedaban, para constituir Miramar 65. Los cultivares colombianos han sido utilizados más extensamente fuera del país que dentro (1).

En avena se ha observado que el uso de cultivares multilineales estabilizan las pérdidas, ocasionadas por epifitotias de la enfermedad conocida como roya de la corona (1).

Otra alternativa en el uso de los genes de resistencia vertical, es aprovechar su carácter dominante y utilizar los híbridos F_1 como variedades, esto ofrecería un método flexible para explotar las fuentes de resistencia intravarietales e intraespecíficas (6).

Para la resistencia no específica

Brock (2) considera que el mejor criterio de selección es "la habilidad rendidora", no descuidando la capacidad de reproducción del patógeno y la composición de las razas en el área.

En cebada los dos tipos de resistencia parecen estar presentes. En condiciones de campo se han observado diferencias claras en susceptibilidad. Las observaciones preliminares y los trabajos posteriores indicaron diferencias amplias y consistentes en el período de latencia. Se ha observado además que las diferencias del período de latencia son mucho mayores en plantas adultas que en plántulas (12, 13).

En lo que respecta a la resistencia no específica, no se debe exagerar el interés en determinarla como único objetivo, puesto que un proceso de esta naturaleza sería capaz de utilizar demasiado tiempo y no hay completa garantía de éxito. Debe reconocerse que en la naturaleza se suceden ambos sistemas de resistencia y será más ventajoso disponer y manejar ambas resistencias.

En Colombia nuestros cafetales son bastante homogéneos, las condiciones ambientales son las necesarias para el hongo, sin embargo también poseemos una organización y material con el cual se ha planteado ya el uso de la resistencia, con base en las experiencias existentes fuera del país, incluyendo la posibilidad de utilizar la F₁* de híbridos entre variedades comerciales y materiales con resistencia (3).

* Comunicación personal del Dr. Jaime Castillo, Jefe de la Sección de Fitormejoramiento.

6. BIBLIOGRAFIA

1. BROWNING, J.A. and FREY, K.J. Multiline cultivars as a means of disease control. Annual Review of Phytopathology. 7:355-382. 1969.
2. BROCK, R.D. Disease Resistance breeding. Journal of the Australian Institute of Agricultural Science. 33(2):72-76. 1967.
3. 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.
4. DE LOUREIRO, S.M. Melhoramento da batateira para a resistencia ao mildio, *Phytophthora infestans* (Mort.) De Bary. I-Racas fisiológicas em Batateira no continente Portugues E variacao Natural Da composicao genética Das populacoes. Agronomia Lusitana 30:43-58. 1969.
5. D'OLIVEIRA, D.A. Es ferrugens do cafeeiro. Revista do café Português. 1(4):5-13; 2(5):5-12; 2(6):5-13; 2(7):9-17; 2(8):5-22; 4(16):5-15. 1954-57.
6. MACER, R.C.F. The resistance of cereals to yellow rust. In. A meeting for discussion disease resistance in plants. The Royal Society, 6 Carlton House Terrace. London SW1Y5AG. 1971.
7. LARGE, E.C. The advance of the fungi. London P. 196-207. 1946.
8. MAYNE, W.W. Control of coffee leaf disease in India. World Crops. 23(4):206-207. 1971.

9. NARASIM HASWAMY, R.L. La herrumbre del café (Hemileia) en la India. *Café*, 3(9):41-49. 1961.
10. _____. Arabica selection S-795 - Its origin and performance- A study, *Indian Coffee* May. Op. 1960.
11. NELSON, R.R. Stabilizing Racial Population of Plant Pathogens by use of resistance genes. *Journal of environmental quality* 1 (3):220-227. 1972
12. PARLEVLIIET, J.E. Partial resistance of barley to leaf-rust, Puccinia hordei I- Effect of cultivar and development stage on latent period. *Euphytica* 24(1):21-27. 1975.
13. _____ and VAN OMMEREN, A. Partial resistance of Barley to leaf rust, Puccinia hordei. II Relationship between field trials, microplat tests and latent period. *Euphytica* 24(2):293-303. 1975.
14. PROGRESS REPORT. Coffee rust research center Oeiras - Portugal. 144 p. 1960-1965.
15. RIBEIRO, I.J.A., SUGIMORI, M.H., MORAES, S.A. e MONACO L.C. Races fisiologicas de Hemileia vastatrix Berk. y Dr. Summa phytopathologica 1:19-22. 1975.
16. RODRIGUES, D.J.; DETENCOURT, A.J. and RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Annual Review of Phytopathology* 13:49-70. 1975.