

ESTADO ACTUAL Y PROYECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN RELACIONADA CON LA MANCHA ANGULAR DEL FRIJOL (*Phaeoisariopsis griseola*)

Carlos Jara, Guillermo Castellano y George Mahuku
Patología de Frijol, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali Colombia
Correos electrónicos: gmahuku@cgiar.org cjara@cgiar.org

RESUMEN

La mancha angular del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L., es causada por el hongo *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris. Esta enfermedad esta ampliamente distribuida en las zonas tropicales y subtropicales y afecta la calidad de las vainas, reduce el peso de la semilla y puede causar elevadas pérdidas en los rendimientos. El conocimiento de la diversidad y variación patogénica del hongo es necesario para identificar fuentes de resistencia confiables para un programa de mejoramiento. En este estudio se utilizó un juego de 12 variedades diferenciales para caracterizar por virulencia 419 aislamientos de *P. griseola* colectados de diferentes zonas de producción de frijol de todo el mundo. Todos los aislamientos de África y Latinoamérica fueron distribuidos en dos grupos grandes, uno Andino y otro Mesoamericano, los cuales tienen una alta correlación con los acervos genéticos del frijol. De 120 razas identificadas, solo 21 están en mas de dos países, mientras que 71 se encuentran en solo un país. Sesenta y ocho razas están presentes solo en Latinoamérica y 31 razas en países Africanos, esto muestra que, el uso variedades resistentes para el manejo de mancha angular de frijol debería ser específico por regiones. La evaluación de germoplasma y líneas avanzadas permitió identificar 11 genotipos resistentes a la raza más virulenta (raza 63-63) encontrada hasta ahora. Estos genotipos constituyen una fuente potencial de genes resistente a mancha angular de frijol y deben probarse en diversas regiones en el campo con el fin de identificar los genes de resistencia para utilizarlos en programas de mejoramiento.

Palabras claves: Enfermedades del frijol, Variabilidad patogénica, variedades resistentes, fitomejoramiento

SUMMARY

Angular leaf spot of common bean, *Phaseolus vulgaris* L., is caused by the fungus *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris. This disease is widely distributed in tropical and subtropical countries where it affects pod quality and cause high yield losses. Because knowledge of the genetic diversity and pathogenic variation of the pathogen is necessary for the identification of durable sources of resistances for a breeding program, we used a set of 12 common bean differential varieties to characterize 419 *P. griseola* isolates collected from different zones and countries of the world where beans are grown. All isolates from Africa and Latin America were distributed into two large groups, Andean and Mesoamerican that were highly correlated to common bean gene pools. Only 21 of the 120 races identified were found in more than one country, where as 71 were only found in one country. Some races (68) were present only in Latin America while 31 races were found only in Africa, showing that use of resistant varieties to manage angular leaf spot can be specific for different regions. Evaluations of germplasm accessions and advanced lines resulted in 11 genotypes that were resistant to the most virulent race (63-63) under greenhouse conditions. These genotypes constitute potential sources of resistance genes for a breeding program and should be evaluated under field conditions in different regions where ALS is an important production constraint

Key words: Dry bean diseases, genetic diversity, resistant varieties, plant breeding

INTRODUCCIÓN

La mancha angular del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L., es causada por el hongo *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris. Esta enfermedad esta ampliamente distribuida en las zonas tropicales y subtropicales desde el noroeste de la Argentina hasta el norte de México (Pastor et al, 1998). En Brasil, el más grande productor de frijol, mancha angular es económicamente importante, particularmente en los estados del Centro y Nordeste; también en Bolivia, Centroamérica y México ha habido un notorio incremento de la enfermedad (Sartorato, 2000). En África, donde existe el mayor consumo de frijol en el ámbito mundial, esta enfermedad es considerada uno de los más grandes impedimentos para la producción de frijol, particularmente en Malawi, Etiopía, Kenya, Uganda, Tanzania y la región de los grandes lagos la cual incluye Ruanda y la provincia de Kivu en el Congo, (Pastor et al, 1998; Wortmann et al., 1998). En Colombia, la mancha angular fue registrada en la década

de los cincuenta en el Valle del Cauca considerándose importante, especialmente en Palmira (Llanos, 1957).

P. griseola afecta principalmente las hojas de la planta causando lesiones que son delimitadas por las nervaduras formando ángulos que a veces coalescen dando origen a lesiones grandes que causan una defoliación prematura (Liebenberg y Pretorius, 1997). También se forman frecuentemente lesiones en tallos y pecíolos así como en vainas donde las lesiones son rojizas, redondas y ligeramente cóncavas. Este hongo es responsable de elevadas pérdidas en los rendimientos, afectando la calidad de las vainas y la reducción en el peso de la semilla (Jara, 1988; Liebenberg y Pretorius, 1997). Las pérdidas en variedades susceptibles pueden ser superiores al 80% (Pastor y Schwartz, 1994).

Aunque es posible el manejo a través del control químico (González et al, 1977), la resistencia genética es la mejor estrategia para el manejo de la enfermedad, debido fundamentalmente a que este es un cultivo de

pequeños agricultores con difícil acceso a insumos, (Liebenberg y Pretorius, 1997). En la mayoría de las regiones frijoleras *P. griseola* es un problema serio debido a la falta de variedades de frijol resistentes a la enfermedad. La mayoría de las fuentes de resistencia registradas en otras regiones generalmente corresponden a variedades con resistencia a los aislamientos locales del patógeno en donde fueron identificadas (Pastor-Corrales y Schwartz, 1994). Un claro ejemplo de esto fue la línea avanzada de CIAT, BAT 332 que se registró como resistente en muchas partes del mundo tales como Brasil (Mora et al, 1985), República Democrática del Congo, Rwanda y Colombia, (CIAT, 1985); sin embargo, se comportó como susceptible en países como Argentina y Brasil (Sartorato, 1989). Esta reacción diferencial se observa también en otras fuentes (Liebenberg y Pretorius, 1997). También, las variedades resistentes en un determinado año no necesariamente son resistentes en los años siguientes por cuanto *P. griseola* es un hongo altamente variable (Busugoro et al., 1999;

Guzmán et al., 1995; Pastor-Corrales et al., 1998.).

Los primeros registros acerca de la variabilidad patogénica del hongo en Colombia datan de la década de los cincuenta. Marín (1959) agrupó 33 aislamientos monospóricos del hongo de Colombia en 13 razas fisiológicas basándose en las reacciones diferenciales de los aislamientos con 14 líneas de frijol. Muchos investigadores desde entonces han registrado la existencia de razas en *P. griseola* (Álvarez Ayala, 1979; Buruchara, 1983; Correa Victoria, 1984; Pastor-Corrales et al., 1998; Jara y Mahuku, 1999). Esta variación de *P. griseola* también ha sido reportada en otro país como Brasil (Sartorato y Rava, 1984; Sartorato, 2000), en Latinoamérica (Pastor y Jara, 1995) y África (Busogoro et al., 1999; Guzmán et al., 1995).

Comprender la diversidad del patógeno y su variación patogénica es absolutamente necesario para identificar fuentes de resistencia confiables y establecer un programa efectiva de mejoramiento. Por lo anterior se fijaron como objetivos en esta investigación: estudiar la virulencia y variación patogénica del hongo causante de la mancha angular e identificar fuentes de resistencia a la mancha angular del frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de la Virulencia

Durante el estudio se utilizaron 419 aislamientos monospóricos de *P. griseola*, debidamente purificados a partir de muestras de tejidos afectados por la mancha angular en condiciones de campo, correspondientes a 23 países de América y de África (Tabla 1).

Tabla 1. Número de aislamientos de *Phaeoisariopsis griseola* utilizados en la caracterización de la virulencia

País	Aisl.	País	Aisl.
Colombia	63	Tanzania	8
Kenia	25	Etiopía	10
Ecuador	6	Sur África	2
Uganda	33	Costa Rica	37
Malawi	34	Honduras	22
Madagascar	3	Bolivia	31
Zambia	5	México	14
Rwanda	10	Nicaragua	10
RD Congo	4	Puerto Rico	7
Burundi	2	Guatemala	2
Brasil	71	Panamá	3

Las evaluaciones se realizaron en el CIAT bajo condiciones de invernadero, inoculando plantas de las Variedades Diferenciales Internacionales (Tabla 2).

Para el efecto, de cada aislamiento se hizo una suspensión de inóculo con una concentración de 2×10^4 conidias/mL, para inocular las variedades diferenciales. La inoculación se hizo por aspersión a los 17 días después de haber sido sembradas, en la primera hoja trifoliada tanto por el haz como

Tabla 2. Cultivares de frijol utilizadas como diferenciales para caracterizar las razas de *Phaeoisariopsis griseola*

Cultivar Diferencial	Tamaño semilla ¹	Acervo genético	Raza de frijol ²	Faseolina	Valor binario ³ cuando susceptible
A. Don Timoteo	G	Andino	C	H	1
B. G 11796	G	Andino	P	T	2
C. Bolón Bayo	G	Andino	P	H	4
D. Montcalm	G	Andino	NG	B	8
E. Amendoin	G	Andino	NG	T	16
F. G 5686	G	Andino	NG	H	32
G PAN 72	P	Mesoamericano	M	B	1
H.G 2858	M	Mesoamericano	D	B	2
I.Flor de Mayo	P	Mesoamericano	J	B	4
J.Mexico 54	M	Mesoamericano	J	B	8
K.BAT 332	P	Mesoamericano	M	B	16
L.Cornell 49242	P	Mesoamericano	M	S	32

¹ G = grande, M = mediano, P = pequeño ² Razas de frijol común del acervo andino: C = Chile, P = Perú, NG = Nueva Granada; razas del acervo mesoamericano: M = Mesoamérica, D = Durango, J = Jalisco. ³ Valor binario utilizado para nombrar las razas de *P. griseola*.

el envés sobre ocho plantas de cada variedad diferencial. Inmediatamente después de la inoculación las diferenciales se colocaron en cámara húmeda por 4 días al 100% de humedad relativa y a una temperatura de 22°C, aproximadamente; después las plantas fueron colocadas sobre una mesa en el invernadero a una temperatura promedio de 26°C. Las evaluaciones se efectuaron a los 10, 12, 14 y 17 días después de la inoculación utilizando la escala de severidad de 1 a 9, donde la evaluación 1 es sin síntomas visibles de la enfermedad y la evaluación 9 es severamente afectado (Van Schoonhoven y Pastor Corrales, 1987). Para la denominación de las razas, los grados 1 a 3 fueron considerados de incompatibilidad o resistencia y los grados 4 a 9 fueron considerados de compatibilidad o susceptibilidad. El valor de cada raza fue asignado al sumar los valores binarios de las variedades del juego diferencial (Tabla 2) que fueron compatibles con el aislamiento, señalado con una letra minúscula, por ejemplo en la raza 31-63 de Costa Rica, el primer valor fue obtenido de la suma de las letras abcd, donde: $1+2+4+8+16=31$ y el segundo valor ghijkl: $1+2+4+8+16+32=63$ (Tabla 2). El índice de diversidad de Shannon-Wiener (Odum, 1971) fue usado para medir la diversidad en la virulencia por región geográfica. La diversidad fue calculada como:

$$hs = -\sum_{i=1}^k p_i \ln p_i$$

en donde p_i es la frecuencia de aislamientos en cada raza y k es el número de razas presentes en cada región.

Fuentes de Resistencia en el campo

Evaluación de Líneas avanzadas de frijol. Se evaluaron 13.219 líneas avanzadas de frijol, bajo condiciones de campo en las localidades de Popayán, Santander de Quilichao y Darién. Cada línea fue sembrada en surcos de 3 metros de largo y a 0,60 m entre

surcos, con 40 semillas por surco, y sembrando testigos locales resistentes y susceptibles a la enfermedad cada 20 surcos de siembra. Las plantas fueron inoculadas tres veces por aspersión con mezcla de aislamientos locales (Tabla 3), a una concentración de 2×10^4 conidias/mL. Todas las inoculaciones se realizaron al finalizar del día para optimizar las condiciones de temperatura y humedad relativa. La primera inoculación se efectuó a los 25 días después de la siembra y se repitió cada 8 días. Las evaluaciones se iniciaban a la aparición de primeros síntomas y se realizaban tres lecturas de severidad de acuerdo al sistema de evaluación estándar de CIAT (Van Schoonhoven & Pastor Corrales, 1987).

Evaluación de genotipos del Banco de Germoplasma Se evaluaron 22.832 accesiones del banco de germoplasma de frijol del CIAT en la localidad de Santander de Quilichao. Inicialmente se sembraron 10 semillas por golpes a una distancia de un metro entre golpe; después de la primera selección al siguiente semestre se sembraron surcos de un metro y a 0,6 m entre surcos; las posteriores evaluaciones redujeron el número de accesiones al seleccionar solo las resistentes pero aumentando el tamaño de las parcelas. La metodología de inoculación, evaluación y selección fue similar a la de las líneas avanzadas. Inicialmente los genotipos con reacción de severidad menor a 6 fueron seleccionados (intermedias y resistentes), pero durante la última selección, se escogieron solo aquellos genotipos con reacción de severidad menor a tres. Los genotipos resistentes en el campo fueron evaluados en invernadero usando la raza 63-63, que ataca todas las variedades diferenciales.

Vivero internacional de Mancha Angular (BALSIT) En la estrategia de tener una mayor información acerca de la reacción de las potenciales fuentes de resistencia a *P. griseola*, se conformó un vivero internacional

Tabla 3. Fenotipos de virulencia de las razas colombianas utilizadas en inoculaciones de campo e invernadero.

Raza	Cultivares diferenciales ^a											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Santander de Quilichao												
1-55	a						g	h	i		k	l
13-55	a		c	d			g	h	i		k	l
13-63	a		c	d			g	h	i	j	k	l
31-39	a	b	c	d	e		g	h	i			l
31-47	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l
31-55	a	b	c	d	e		g	h	i		k	l
7-35	a	b	c				g	h				l
7-55	a	b	c				g	h	i		k	l
63-0	a	b	c	d	e							
Darién (Valle)												
14-0		b	c	d								
15-0	a	b	c	d								
30-0		b	c	d	e							
31-0	a	b	c	d	e							
46-0		b	c	d		f						
47-0	a	b	c	d		f						
61-0	a		c	d	e	f						
62-0		b	c	d	e	f						
63-0	a	b	c	d	e	f						
15-44	a	b	c	d					i	j		l
31-39	a	b	c	d	e		g	h	i			l
31-47	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l
5-47	a		c				g	h	i	j		l
63-15	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j		l
Popayán												
15-0	a	b	c	d								
30-0		b	c	d	e							
31-0	a	b	c	d	e							
46-0		b	c	d		f						
62-0		b	c	d	e	f						
15-45	a	b	c	d			g		i	j		l
31-35	a	b	c	d	e		g	h				l
31-47	a	b	c	d	e		g	h	i	j		l
7-35	a	b	c	d	e	f	g	h				l

^aCultivares diferenciales Andinos: A=Timoteo; B=G 11796; C=Bolon Bayo; D=Montcalm; E=Amendoin; F=G 5686. Mesoamericanos: G=PAN 72; H=G 2858; I=Flor de Mayo; J=Mex. 54; K=BAT 332; L=Cornell 49242.

de resistencia a mancha angular, denominado BALSIT ("Bean Angular Leaf Spot International Test"), el cual incluía 100 cultivares de *P. vulgaris* entre accesiones del Banco de Germoplasma y líneas avanzadas de CIAT y de otros programas nacionales con diferente color de la semilla, hábito de crecimiento y valores de severidad de tres o menos. Este vivero fue distribuido a Centroamérica, Brasil y África; cada dos años los genotipos que mostraban susceptibilidad en muchos lugares eran reemplazados con nuevos genotipos resistentes encontrados en otros experimentos. También, este vivero fue evaluado periódicamente en Colombia en las localidades de Popayán, Santander de Quilichao y Darién (Valle).

Evaluaciones de *Phaseolus acutifolius*. Se sembraron 303 accesiones del banco de germoplasma de *P. acutifolius*, las cuales incluían 148 domesticados y 155 silvestres, en dos surcos de 3 metros con testigos susceptibles y resistentes a la enfermedad cada 20 surcos. La inoculación y selección de

germoplasma fue similar a lo descrito anteriormente. En los siguientes semestres, se eliminaron las susceptibles y se sembraron 52 accesiones resistentes en parcelas de 4 surcos de 3 m de cada genotipo, las cuales fueron también inoculadas por separado en invernadero con dos razas, la andina 63-0 y la mesoamericana 31-47 (Tabla 3).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la virulencia

Las caracterizaciones por virulencia de los 419 aislamientos de *P. griseola* en invernadero permitieron determinar razas que de manera global formaron dos grupos (Tabla 4). Se identificaron por virulencia 120 razas distribuidos en dos grandes grupos, Andino y Mesoamericano, tanto en América como en África. El grupo andino consistió en los aislamientos que provienen de frijoles de grano grande del acervo genético andino y que fueron compatibles solo con las diferenciales del acervo genético andino, los aisla-

mientos del grupo mesoamericano mostraron compatibilidad con ambos acervos genéticos pero fueron más virulentos con los frijoles del acervo genético mesoamericano. Todos los aislamientos de países centroamericanos resultaron en razas mesoamericanas, en Colombia hubo ambas razas, en Ecuador solo razas andinas, y en Brasil predominaron las razas mesoamericanas aunque hubo una raza andina. Esta distribución corresponde con el tipo de frijol cultivado en estas regiones (Singh, 2001). En los países de África hubo aislamientos andinos y mesoamericanos en todos los países con excepción de Madagascar y Burundi que solo presentaron razas andinas (Tabla 4). Esto es el reflejo de los sistemas de producción en África, donde la mayoría de los países cultivan ambos tipos de frijoles en áreas muy próximas o en mezclas varietales (Pyndji, 1992), y este sistema está reflejando en la composición y distribución de las razas de *P. griseola* en estos países con la excepción de Madagascar y Burundi donde solo frijoles del acervo genético andino son cultivados y por lo tanto solo razas andinas del hongo han sido recuperadas (Wortmann et al., 1998).

De 120 razas del hongo, 71 tuvieron el carácter de ser razas únicas, es decir están presentes en un país pero no en otro lo que le otorga a las razas de *P. griseola* una alta especificidad, 21 razas fueron comunes a dos países y solo 7 razas se encuentran en más de 6 países. La raza más común fue la 31-39 (mesoamericana) presente en 11 de los 23 países y las razas andinas 30-0 y 31-0 así como la 31-47 (mesoamericana) presentes cada una en 9 países. No hay ninguna raza común a todos los países donde se presenta la enfermedad. En el dendrograma de las razas, (Figura 1) se puede observar claramente cuatro grupos de virulencia tres de ellos (I; II; III) conformados por razas mesoamericanas y un cuarto grupo (IV) formado por razas andinas. Este resultado muestra que el grupo mesoamericano de *P. griseola* es más diverso al compararlo con el andino tal como ocurre con los acervos genéticos del hospedero (Beebe et al., 2000; Pastor et al., 1998). Dentro del grupo andino, las razas provenientes de África formaron un grupo distinto a aquellos de Latinoamérica. Este grupo incluye razas que no son compatibles con los cultivares mesoamericanos y otro formado por razas andinas pero que siempre son compatibles con el cultivar Cornell 49242 y a veces con PAN 72 y que tienen la particularidad de ocurrir solo en África. Este grupo de aislamientos fue descrito antes (CIAT, 1997) pero los estudios usando marcadores moleculares mostraron que es típicamente andino y tiene la capacidad de atacar algunas variedades mesoamericanas. Se concluye que los aislamientos del grupo son el resultado de mutaciones puntuales en los genes de virulencia (Henríquez, 2000). Estos aislamientos sólo se encuentran en países que cultivan frijoles mesoamericanos y andinos en áreas

muy próximas. Otro resultado interesante fue la obtención de la raza más virulenta, la cual es capaz de quebrar la resistencia encontrada en todas las diferenciales. Hasta hoy, esta raza (63-63) se ha obtenido en un aislamiento de Honduras y en otro de Nicaragua y ha sido también reportada en Brasil (Sartorato, 2000), mostrando que *P. griseola* es un hongo muy virulento y nos indica además la necesidad de definir nuevos genotipos de frijol para incluir en las variedades diferenciales de manera que se puedan definir nuevas razas. Hemos utilizado esta raza en condiciones de invernadero para verificar y confirmar fuentes de resistencia ya identificadas.

El análisis de diversidad mostró que Brasil, Colombia, Costa Rica y Honduras son países con los más altos índices de diversidad en Latinoamérica. En África Uganda fue el país con mayor diversidad. En las tres regiones evaluadas Sudamérica, fue la región con el índice de diversidad más alto (3,64), seguida de Centroamérica (3,59) y África (3,35), y confirman los resultados registrados por Escorcia acerca de la alta diversidad de razas presentes en Brasil (1998). Sudamérica es más diverso debido a que en esta región se cultivan frijoles tanto andinos como mesoamericanos y esta fuertemente influenciada por la diversidad de razas presentes en Brasil (Sartorato, 2000).

Del total de las razas identificadas en este estudio, solo 21 razas son comunes a Sudamérica, Centroamérica y África. Además 68 razas de América no existen en África y 31 razas Africanas no han sido detectadas en América. Estos resultados sugieren que los programas de mejoramiento por resistencia a *P. griseola* deben focalizar una región en particular y que los genotipos destinados a esa región deben ser seleccionados utilizando aislamientos locales.

Respuesta de las variedades diferenciales

De todas las variedades diferenciales, el cultivar G 5686 (andino) fue el más resistente, siendo solo susceptible al 25% del total de aislamientos inoculados; análogamente fue susceptible al 26% del total de los aislamientos andinos y al 25% del total de los aislamientos mesoamericanos. Este genotipo es una fuente potencial de resistencia a mancha angular y debe ser considerado en un programa de mejoramiento ya sea solo o en combinación con otros genes (piramidación) preferiblemente de origen mesoamericanas para optimizar el potencial de resistencia estable. La variedad más susceptible fue Bolon Bayo (Andino) reaccionó al 98,9% de los aislamientos andinos y al 95,4% de los aislamientos mesoamericanos mientras que el diferencial andino Montcalm fue susceptible al 100% de los aislamientos andinos y con el 80% de los mesoamericanos. Es interesante señalar que todos los cultivares diferenciales mesoamericanos son resistentes a los aislamientos andinos de América. El cultivar

Tabla 4. Aislamientos de *Phaeoisariopsis griseola* caracterizados en razas andinas, mesoamericanas y únicas

País	Aislamientos por país	Razas por país			Razas Únicas por país
		Andinas	Mesoamericanas	Total	
Colombia	63	12	14	26	11
Kenia	25	5	9	14	5
Ecuador	6	5	0	5	1
Uganda	33	4	17	21	9
Malawi	34	4	12	16	5
Madagascar	3	3	0	3	0
Zambia	5	3	0	3	0
Rwanda	10	2	6	8	2
RD Congo	4	2	2	4	1
Burundi	2	2	0	2	0
Brasil	71	1	31	32	9
Tanzania	8	2	5	7	2
Etiopía	10	1	6	7	1
Sur África	2	1	0	1	0
Costa Rica	37	0	23	23	11
Honduras	22	0	17	17	6
Bolivia	31	0	14	14	2
México	14	0	10	10	2
Nicaragua	10	0	9	9	2
Puerto Rico	7	0	5	5	0
Guatemala	2	0	2	2	1
Panamá	3	0	2	2	0

diferencial mesoamericano PAN 72 fue susceptible al 93,8% de los aislamientos mesoamericanos, mientras que el BAT 332 y MEX 54, solo fueron afectados por el 36,8% y 35,6% de los aislamientos, respectivamente, siendo los más resistentes (Figura 2 y 3)

Fuentes de Resistencia en líneas avanzadas, Banco de germoplasma, BALSIT

Las evaluaciones de 22.832 accesiones resultaron en selección de 123 accesiones alta-

mente resistentes a los aislamientos locales de Santander de Quilichao. Estos genotipos ya han sido reportados (Pastor Corrales et al 1998). Cuando se evaluaron con la raza 63-63, solo 11 fueron resistentes o intermedio (Tabla 5) y conformaron un grupo interesante de fuentes potenciales de resistencia durable a mancha angular que pueden ser incorporados a un programa de mejoramiento. También ser utilizados directamente donde el tipo y color de grano sea el deseado.

Tabla 5. Características y reacción de 11 genotipos de frijol resistentes o intermedios al aislamiento PG 8 HND (Raza 63-63) de *Phaeoisariopsis griseola*, en condiciones de invernadero y su reacción de campo

Identificación	Características del Genotipo			Reacción	
	Hábito de crecimiento ^a	Color semilla ^b	Tamaño de Grano ^c	PG8 ^d HND	Campo ^e
A 279	1	6	G	2,00	R
G 05207	2	8	P	2,00	R
G 18224	3	6	P	5,00	R
G 06727	2	3/6	M	2,00	R
G 09603 (JALO EEP 558)	2	3	M	2,00	R
G 10474	4	6	M	2,00	R
G 10613	4	1	M	2,00	R
G 10772	4	8	M	1,00	R
G 14301	4	2/4	M	1,00	R
G 19115	4	5	M	6,00	R
G 22447	3	3	M	3,00	R

^a Hábito de crecimiento: 1 = Determinado; 2 = Indeterminado erecto; 3 = Indeterminado postrado o semivoluble 4 = Indeterminado voluble ^b Color de la semilla: El primer número se refiere al color primario y el segundo al color secundario. 1 = Blanco; 2 = crema; 3 = Amarillo; 4 = Café; 5 = Rosado; 6 = Rojo; 7 = Morado; 8 = Negro; 9 = Otros ^c Tamaño de la semilla: Según el peso de 100 semillas; P = Pequeño < 25 gr; M = Mediano 25-40 gr; G = Grande > 40 gr. ^d Reacción de los genotipos de frijol al aislamiento de P.g 8 HND basada en una escala de severidad de 1 a 9, donde 1 es un genotipo sin síntomas de la enfermedad y 9 es con síntomas muy severos ^e Origen geográfico del aislamiento utilizado en el estudio: HND=Honduras. ^f Campo : R = Resistente en Santander de Quilichao

Fuentes de resistencia en fríjol "Tepary" (*Phaseolus acutifolius*). De 303 accesiones de *P. acutifolius* evaluado, solo 52 mostraron reacción intermedia en el campo bajo condiciones de inoculación artificial con mezcla de aislamientos predominantemente mesoamericanos. Estas 52 accesiones fueron inoculadas en invernadero con un aislamiento andino (raza 63-0), y otro mesoamericano (raza 63-47). Las accesiones G 40031, G 40136 y G 40011 fueron las únicas con evaluación igual a 4 o menos a ambos aislamientos; las demás accesiones fueron susceptibles a uno o a los dos aislamientos. En general en este acervo no parece haber accesiones resistentes a los aislamientos de *P. griseola* y la mayoría parece ser muy susceptible con las razas mesoamericanas. Muy poca o ninguna resistencia existe en este tipo de acervo genético.

CONCLUSIONES

- Se identificaron 120 razas entre los 419 aislamientos de *P. griseola* caracterizados, lo que implica una gran variabilidad patogénica de este hongo. Muchas de las razas encontradas fueron únicas, lo que significa que existen en un país y están ausentes en los demás lo cual implica que el uso de variedades resistentes debería ser específico a cada región
- Las razas de *P. griseola* se dividen por virulencia en dos grandes grupos, uno Andino y otro Mesoamericano, los cuales tienen una alta correlación con el acervo genético del fríjol del cual se originaron. Esta información es útil en los programas de mejoramiento que están utilizando resistencia genética del hospedero como estrategia para el manejo de la mancha angular de fríjol.
- La especificidad patogénica del hongo sugiere que los genes de resistencia andinos pueden ser usados para controlar las razas mesoamericanas del hongo o viceversa. Sin embargo, la estrategia más acertada para el mejoramiento a esta enfermedad es piramidar genes de ambos acervos genéticos aumentando la base genética de las fuentes.
- No se identificaron fuentes de resistencia en *P. acutifolius*.
- Once fuentes potenciales de resistencia se han identificado en líneas avanzadas y accesiones del banco de germoplasma a las razas lentas. Sin embargo, no existen genotipos en *P. vulgaris* que sean resistentes a todas las razas que han sido caracterizadas.
- Estas fuentes deben probarse en diversas regiones en el campo y ser evaluadas en invernadero con los aislamientos más virulentos.
- Como la población de *P. griseola* es dinámica, es necesario monitorear permanentemente las variaciones en la estructura de las poblaciones del patógeno en el campo.

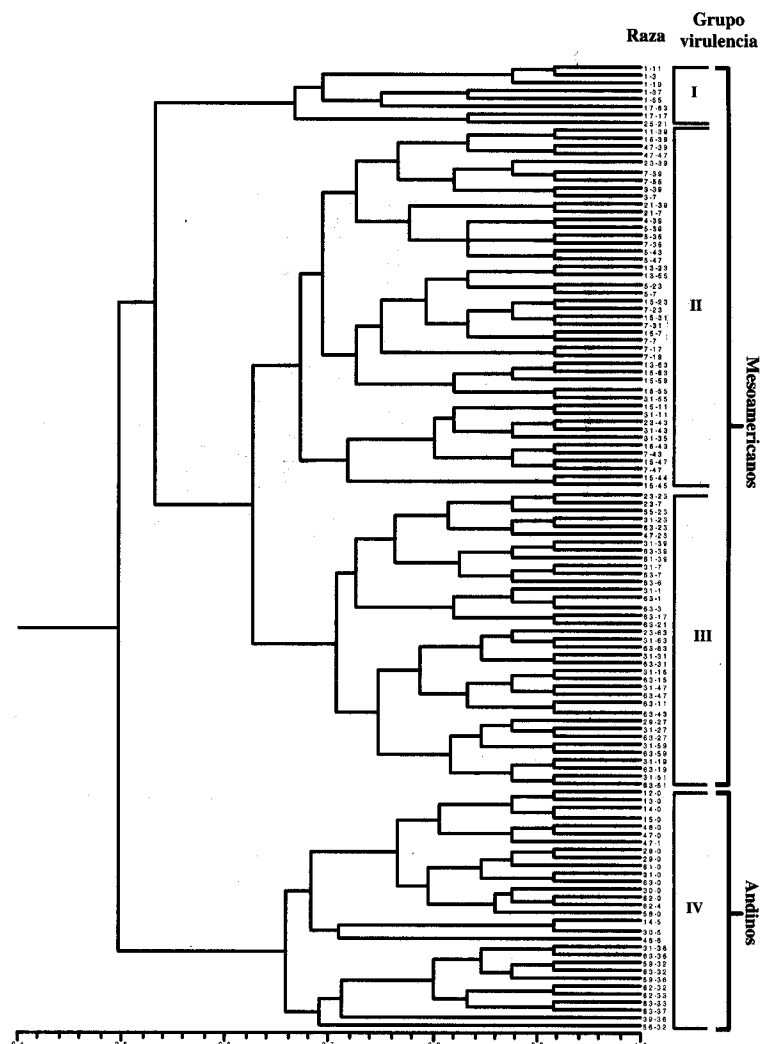
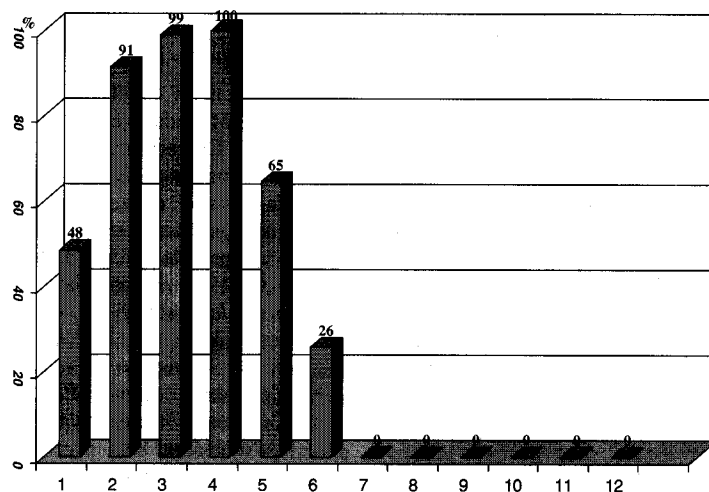


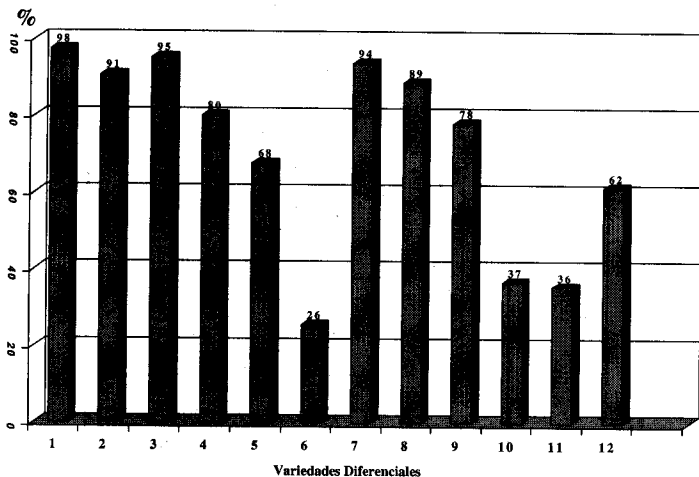
Figura 1. Fenograma de 120 razas de *Phaeoisariopsis griseola*, basado en la virulencia de los aislamientos sobre 12 cultivares diferenciales de frijol común. Elaborado mediante el método UPGMA a partir del coeficiente simple de apareamiento con el paquete estadístico NTSYS-pc, versión 1.80



Cultivares Diferenciales Andinos : 1=Timoteo; 2=G 11796; 3=Bolon Bayo; 4=Montcalm; 5=Amendoin; 6=G 5686.

Cultivares Diferenciales Mesoamericanos: 7=PAN 72; 8=G 2858; 9=Flor de Mayo; 10=Mex. 54; 11=BAT 332; 12=Cornell 49242

Figura 2 Porcentaje de compatibilidad de las variedades diferenciales con los aislamientos andinos



Cultivares Diferenciales Andinos : 1=Timoteo; 2=G 11796; 3=Bolon Bayo; 4=Montcalm; 5=Amendoin; 6=G 5686.

Cultivares Diferenciales Mesoamericanos: 7=PAN 72; 8=G 2858; 9=Flor de Mayo; 10=Mex. 54; 11=BAT 332; 12=Cornell 49242

Figura 3. Porcentaje de compatibilidad de las variedades diferenciales con los aislamientos mesoamericanos

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas del programa de Fitopatología de Frijol: Jorge Fory, Juan Bosco Cuasquer y Olmedo Solarte por su ayuda en este trabajo y a las personas que en África, Centroamérica y Brasil recolectaron muestras para realizar los aislamientos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez Ayala, G. y Schwartz, H. 1979. Preliminary investigations of pathogenic variability expressed by *Isariopsis griseola*. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 22: 86-88.

Beebe, S.E.; Skroch, P.W.; Tohme, J.; Duque, M.C.; Pedraza, F. y Nienhuis, J. 2000. Structure of genetic diversity among bean landraces of Middle American origin based on correspondence analysis of RAPD. Crop Sci. 40: 264-273.

Buruchara, Robin. 1983. Determination of pathogenic in *Isariopsis griseola* Sacc. and *Pseudomonas syringae* P.v. *Phaseolicola* (Burk., 1926) Young Dye, And Wilkie 1978. Tesis (Ph. D.), University Of Nairobi, Kenia. 188 Pgs.

Busogoro, J.P.; Jijakli, M.H y Lepoivre, P. 1999. Virulence variation and RAPD polymorphism in African isolates of *Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferr., the causal agent of angular leaf spot of common bean. Eur. J. Plant Pathol. 105: 559-569.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Bean Program. En Annual Report. Cali, Colombia. 29.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1995. Bean Program. En Annual Report. Cali, Colombia. 39-49.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1999. Bean Program. En Annual Report. Cali, Colombia. P 81-88.

Correa-Victoria, F. J. 1984. Angular leaf spot (*Isariopsis griseola* Sacc.) of red kidney beans in Michigan, M.Sc. Thesis, Michigan State University. 82p

Escorcia, B. 1988 Caracterización de la diversidad molecular y la virulencia de aislamientos del hongo *Phaeoisariopsis griseola* de Brasil y Bolivia. Cali, Colombia: Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Tesis. 120 p.

González, L C.; Gutiérrez, R.; Cascante, F. y Portilla, E. 1977. Combate de enfermedades foliares en frijol (*Phaseolus vulgaris*) mediante el uso limitado de fungicidas. Agronomía Costarricense 1: 107-118.

Guzmán, P.; Gilbertson R. L.; Nodari, R.; Johnson, W.C.; Temple, S.R.; Madela D.; Mkandawire, A.B.C. y Gepts, P 1995. Characterization of variability in the fungus *Phaeoisariopsis griseola* suggests coevolution with the commonbean (*Phaseolus vulgaris*) Phytopathology 85 : 600-607.

Jara, C. 1988. Efecto de *Phaeoisariopsis griseola* sobre los componentes de rendimiento en tres líneas de frijol común *Phaseolus vulgaris* en Popayan, Colombia. Resumen. En : Memorias IX Congreso Fitopatología. Ascolfi. Pasto. Colombia. p 21

Jara, C., Castellanos, G., Cuasquer, J B., Afanador, L. 1997 Estudio de la diversidad de *Phaeoisariopsis griseola* en aislamientos de Africa. Resumen En: Memorias XX Congreso Ascolfi. CIAT. Colombia. p 57

Liebenberg, M.M. y Pretorius Z.A. 1997. A review of angular leaf spot of common

bean (*Phaseolus vulgaris* L.) African Plant Protection 3 (2) : 81-106.

Llanos C. 1957. Patogenicidad de *Isariopsis griseola* Sacc. en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Acta Agronómica 7:165-190

Marin Villegas, J. 1959. Variabilidad de *Isariopsis griseola* Sacc agente causal de la mancha angular del frijol. Tesis. Universidad de Caldas. Manizales. Colombia. 123 p.

Mora, B., Pastor-Corrales, M.A.; Zambolin, L.; Vieira, C. y Chaves, G. 1985. Determinación de pérdidas en rendimiento en frijol común por mancha angular (*Isariopsis griseola* Sacc.). Phytopathology 75(10) : 1178

Odum, E.P., 1971. Fundamentals of ecology. W. B. Saunders company, Philadelphia. Pages 144-150.

Pastor, C. Marcial A. y Schwartz, H. F. 1994. Problemas de producción del frijol en los trópicos. Segunda Edición. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 805 p.

Pastor-Corrales, M.A. y Jara, C.E., 1995. La Evolución de *Phaeoisariopsis griseola* con el frijol común en América Latina. Fitopatología Colombiana 19 (1) : 1524

Pastor-Corrales, M.A.; Jara, C.; Singh, S., 1998. Pathogenic variation in, source of, and breeding for resistance to *Phaeoisariopsis griseola* causing angular leaf spot in common bean. Euphytica. 103 : 161-17 1.

Pyndji, M.M. y Trutmann, P. 1992. Managing Angular leaf spot on common bean in Africa by Supplementing Farmer Mixtures with Resistant Varieties. Plant Disease Report 76: 1144-1147.

Sartorato, A M y Rava, C A. 1984. Especializacão fisiológica de *Isariopsis griseola* sacc. em *Phaseolus vulgaris*. L. Summa Phytopathol. 10:58-59 (Abstr).

Sartorato, A., 1989. Resistencia vertical e horizontal do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) a *Isariopsis griseola* Sacc. Phd. Dissert. Univerdidade de Sao Paulo, Piracicaba, Sp, Brasil. 131p.

Sartorato, A. 2000. Pathogenic variation in *Phaeoisariopsis griseola* from Brazil. Ann Rep Bean Improv Coop 43:180-181.

Singh. S.P. . 2001. Broadening the genetic base of common bean cultivars. Crop Sci : 41: 1659-1675.

Van Schonhoven, A. y Pastor Corrales M.A. 1987. Standard system for the evaluation of bean germoplasm. CIAT, Cali, Col.. 56 p.

Wortmann, C. S.; Kirkby, R. A.; Eledu C.A. y Allen, D. J. 1998. Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa. CIAT, Cali, Col. 133p