

## REACCIÓN DE GENOTIPOS DE FRIJOL A *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO\*

### REACTION OF COMMON BEAN GENOTYPES TO *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* UNDER FIELD AND GREENHOUSE CONDITIONS

Rosa Navarrete-Maya<sup>1\$</sup>, Evangelina Trejo-Albarrán<sup>1</sup>, Jorge Navarrete-Maya<sup>1</sup>, José Manuel Prudencio-Sains<sup>1</sup> y Jorge Alberto Acosta Gallegos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación en Granos y Semillas, Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, UNAM, A. P. 25, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. <sup>2</sup>Campo Experimental Bajío-INIFAP. A. P. 10, C. P. 38000, Celaya, Guanajuato, Tel. 01 461 6 11 53 23, Ext. 200. (jamk@prodigy.net.mx). <sup>\$</sup>Autor para correspondencia: rosa\_navarrete@hotmail.com.

#### RESUMEN

Las pudriciones de raíz inducidas por *R. solani* y *Fusarium* spp. afectan al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el altiplano de México. Para identificar genotipos de frijol resistentes a ambos hongos bajo condiciones de invernadero y campo, se realizaron dos experimentos en 2001. En campo, bajo condiciones de temporal, se sembraron 15 genotipos el 24 de julio, en suelo naturalmente infestado con hongos inductores de pudriciones de raíz, en Texcoco, Estado de México. Durante el ciclo del cultivo se determinó la incidencia y severidad de la enfermedad en las etapas fenológicas V<sub>3</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>7</sub> y R<sub>8</sub>; además, se registraron temperatura ambiente y precipitación pluvial diaria. Los mismos genotipos se sembraron en invernadero el 27 de julio de 2001 en macetas con suelo del mismo sitio, las determinaciones realizadas en ambos ensayos fueron similares. Se tomaron muestras de tejido vegetal para el aislamiento e identificación de los hongos causantes de pudriciones de raíz; ambos, *R. solani* y *Fusarium* spp. se recuperaron. En campo, se observaron pudriciones de raíz durante todo el ciclo, con la mayor severidad en las etapas R<sub>5</sub> y R<sub>7</sub>, sin que se observaran genotipos inmunes. Negro Tacaná mostró resistencia intermedia a *Fusarium* spp. y G 12729 (genotipo silvestre) fue resistente en las primeras etapas fenológicas. En invernadero, ningún genotipo mostró un patrón de resistencia durante el ciclo. En campo, el ataque de *R. solani* fue menos severo que el de *Fusarium*

spp., mientras que en invernadero el ataque de *R. solani* fue más alto. En campo, los genotipos Pinto Villa, Wisc RRR, PI 203958 y BAT 477 mostraron resistencia intermedia y fueron consistentes en su respuesta a ambos hongos, pero en invernadero mostraron susceptibilidad. La incidencia y la severidad de los patógenos mostraron diferencias relacionadas con las condiciones climáticas registradas durante el ciclo del cultivo.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., clima, incidencia, pudriciones de raíz.

#### ABSTRACT

The root rot induced damage caused by *R. solani* and *Fusarium* spp. affects common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production at the highlands of Mexico. To identify bean genotypes resistant to both fungi, two experiments were conducted under field and greenhouse conditions. In the field, under rainfed conditions, 15 bean genotypes were planted on July 24 2001, at Texcoco, state of Mexico. Incidence and attack severity were determined at the phenological stages V<sub>3</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>7</sub> and R<sub>8</sub>; also, daily temperature and precipitation were recorded. The same genotypes were planted under greenhouse conditions on July 27th, 2001 in pots with soil

\* Recibido: Mayo, 2007

Aceptado: Diciembre, 2009

from the same site. Plant samples were collected from all genotypes for isolation and identification of fungi causing root rots. Both, *R. solani* and *Fusarium* spp. were recovered. Under field conditions, root rots were observed throughout the cycle, with the greatest severity at the R<sub>5</sub> and R<sub>7</sub> stages, no immune genotypes were observed. Cultivar Negro Tacana showed intermediate resistance to *Fusarium* spp. and G 12729 (a wild genotype) was resistant during the early phenological stages. Under greenhouse conditions, any genotype showed a consistent resistance pattern during the cycle. At the field, the attack by *R. solani* was less severe than that of *Fusarium* spp., whereas in the greenhouse the attack *R. solani* was severe. At the field, cultivars Pinto Villa, Wisc RRR, PI 203,958 and BAT 477 were intermediate and consistent in its response to both fungi; however, were susceptible in the greenhouse. The disease incidence and severity on the genotypes showed differences related to climatic conditions registered during the growth cycle.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris*, climate, incidence, root-rots.

## INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades que afectan al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) la pudrición de raíz causada por los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* se considera la más importante debido a la amplia distribución en todas las zonas de producción del cultivo y a la reducción de rendimiento que causa (Campos, 1991; López, 1991; Keinath *et al.*, 2000). En condiciones ambientales favorables para su desarrollo, temperaturas de 22 a 28 °C y alta humedad en el suelo, las pudriciones de raíz pueden retrasar y disminuir el desarrollo de las plantas, con reducción de hasta 53% en el rendimiento (Schwartz y Gálvez, 1980; Campos, 1991; Smith y Dunez, 1992; Keinath *et al.*, 2000).

Las especies de *Fusarium* que afectan al frijol son *F. oxysporum* Schl. f. sp. *phaseoli* Ken. y Snyd. y *F. solani* (Mart.) Appel y Wollenv. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyd. y Hans. (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). *F. solani* f. sp. *phaseoli* se encuentra ampliamente distribuido en las zonas templadas y ocasiona pudrición seca en la raíz (Romero, 1988; Smith y Dunez, 1992). Por otra parte, *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* induce el marchitamiento y se distribuye en zonas donde prevalecen temperaturas entre los 20 a 28 °C y períodos de sequía (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). En México, se han reportado daños por *Fusarium* spp. en los estados de: México,

Sinaloa, Tamaulipas, Durango, Jalisco, Veracruz, Guanajuato y Chiapas (Campos, 1991; Navarrete y Acosta, 1999).

*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* es inductor del marchitamiento, afecta a las plantas durante las etapas fenológicas de segunda hoja trifoliada (V<sub>4</sub>), prefloración (R<sub>5</sub>) y floración (R<sub>6</sub>) (Schwartz y Morales, 1989; Smith y Dunez, 1992; Abawi y Pastor-Corrales, 1990). Los síntomas se presentan después de siete a nueve días de la infección y en ataques severos la planta muere a los 21 días. En las plantas se observa pudrición seca por encima de la raíz pivotante y del cuello de la raíz, el tejido se torna rojizo y puede morir. Las hojas inferiores presentan amarillamiento y marchites, que inicia lateralmente, posteriormente abarca a las demás hojas y se observa defoliación prematura (Abawi y Pastor-Corrales, 1990; Smith y Dunez, 1992).

Respecto a *F. solani* f. sp. *phaseoli* que causa la pudrición seca de la raíz en plantas de 8 a 15 días de edad, los síntomas visibles inician en el hipocótilo y la raíz en forma de franjas o lesiones alargadas rojizas, las cuales se unen y se tornan café; llegan hasta el cuello de la raíz, las raicillas mueren y permanecen adheridas a la planta. Las plantas atacadas son de menor talla, con marchitamiento y clorosis, se induce la defoliación prematura; en ocasiones se desarrollan raíces adventicias (Schwartz y Gálvez, 1980; Campos, 1991; Smith y Dunez, 1992) que permiten la sobrevivencia de las plantas si la humedad del suelo es favorable.

Entre los factores favorables para el desarrollo de la infección por *Fusarium* spp. están: compactación del suelo, exceso de humedad, sequía, altas densidades de población, daño por herbicidas, aplicación de nitrógeno en forma amoniacal y los metabolitos tóxicos generados de los residuos de cultivos (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

La pudrición por *R. solani* con frecuencia afecta a las semillas durante la germinación, en las plántulas induce muerte pre o post emergente y en plantas, pudre la raíz. Las lesiones son ovales, hundidas, de color café rojizo y secas. Se observa flacidez del follaje y posteriormente el secamiento total. La enfermedad se desarrolla a temperaturas de 18 a 23 °C y con humedad en el suelo de moderada a alta (Romero, 1988; Abawi y Pastor-Corrales, 1990; Campos, 1991). Se cuenta con registros de daños por *R. solani* en los estados de: Veracruz, Tamaulipas, Sinaloa, Durango, Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, Chiapas, Estado de México y Yucatán (Campos, 1991; Navarrete y Acosta, 1999). En Durango, las pudriciones de raíz disminuyeron el rendimiento hasta 35% (Campos, 1991).

Para el control de ambos patógenos se recomienda realizar: prácticas culturales, el uso de productos químicos, semilla sana y variedades resistentes, ésta última es la medida más recomendable (Velásquez-Valle y Schwartz, 1997; Navarrete y Acosta, 1999; Estevez *et al.*, 2002). Se han reportado algunos genotipos tolerantes a las pudriciones de raíz, entre ellos BAT 477 (Abawi y Pastor-Corralles, 1990; Martin y Adams, 1987), Pinto Villa (Acosta-Gallegos *et al.*, 1995), PI 203958, Wis RRR y FR 266, resistentes a *F. solani* f. sp. *phaseoli* (Kelly, 1998; Navarrete *et al.*, 2000), Puebla 152 y BAT 477 resistentes a *Macrophomina phaseolina* (Pastor-Corralles y Abawi, 1988; Mayek-Pérez, *et al.*, 2001); Wisc RRR, Pinto Villa y Negro 8025 resistentes a *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Pastor-Corralles y Abawi, 1987; Acosta-Gallegos *et al.*, 1995; Velásquez-Valle y Schwartz, 1997); Wisc RRR, G 122 y FR 266 resistentes a *Sclerotinia sclerotiorum* (Kolkman y Kelly, 1998); Wisc RRR resistente a *Rhizoctonia solani* (Tu, 1991).

El objetivo de este estudio fue identificar germoplasma de frijol con resistencia a las pudriciones de raíz inducidas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en un suelo naturalmente infestado, bajo condiciones de campo e invernadero.

**Cuadro 1. Características del germoplasma de frijol utilizado en los ensayos de pudrición de raíz en Texcoco, Estado de México, 2001.**

Genotipo	Hábito de crecimiento	Ciclo biológico	Origen	Raza +	Color de semilla	Considerado resistente a
PI 203958	IIIb	Tardío	USAID	J	Negro	<i>F. solani phaseoli</i> (1, 2)
Negro Tacaná	II	Intermedio	INIFAP/ CIAT	M	Negro	Virus del mosaico amarillo del frijol
Puebla 152	IIIa	Intermedio	INIFAP	J	Negro	<i>Macrophomina phaseolina</i> (7)
Canario 107	I	Precoz	INIFAP	NG	Crema	Susceptible a pudriciones de raíz por <i>Fusarium</i> spp.
Wisc. RRR	I	Precoz	USAID	NG		<i>F. solani phaseoli</i> (1, 2); <i>F. oxysporum phaseoli</i> (3, 4), <i>Rhizoctonia solani</i> (6)
G 122	I	Precoz	CIAT	NG	Blanco	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (5)
FR 266	I	Precoz	USAID	NG		<i>F. solani phaseoli</i> (1, 2); <i>S. sclerotiorum</i> (5)
Pinto Villa	III	Intermedio	INIFAP	D	Pinto	<i>F. oxysporum phaseoli</i> (3, 4)
Negro 8025	II	Intermedio	INIFAP	D	Negro	<i>F. oxysporum phaseoli</i> (3, 4)
Negro Durango	III	Intermedio	INIFAP	M	Negro	
BAT 477	III	Intermedio	CIAT	M	Negro	<i>Macrophomina phaseolina</i> (4, 7), <i>Phaeoisariopsis griseola</i> (8), <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i> (9)
Negro Cotaxtla 91	II	Intermedio	INIFAP	M	Negro	
Negro INIFAP	II	Intermedio	INIFAP	M	Negro	
Flor de Mayo Bajío	III	Precoz	INIFAP	J	Rosa / Crema	
G 12729	IV	Tardío	CIAT		Negro / Gris	

+ J= Jalisco; M= Mesoamericana; NG= Nueva Granada. 1: Kelly (1998); 2: Navarrete-Maya *et al.* (2000); 3: Velásquez-Valle y Schwartz (1997); 4: Pastor-Corralles y Abawi (1988); 5: Kolkman y Kelly (1998); 6: Tu (1991); 7: Mayek-Pérez *et al.* (2001); 8: Martin y Adams (1987) y 9: (Prudencio-Sains *et al.* (2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

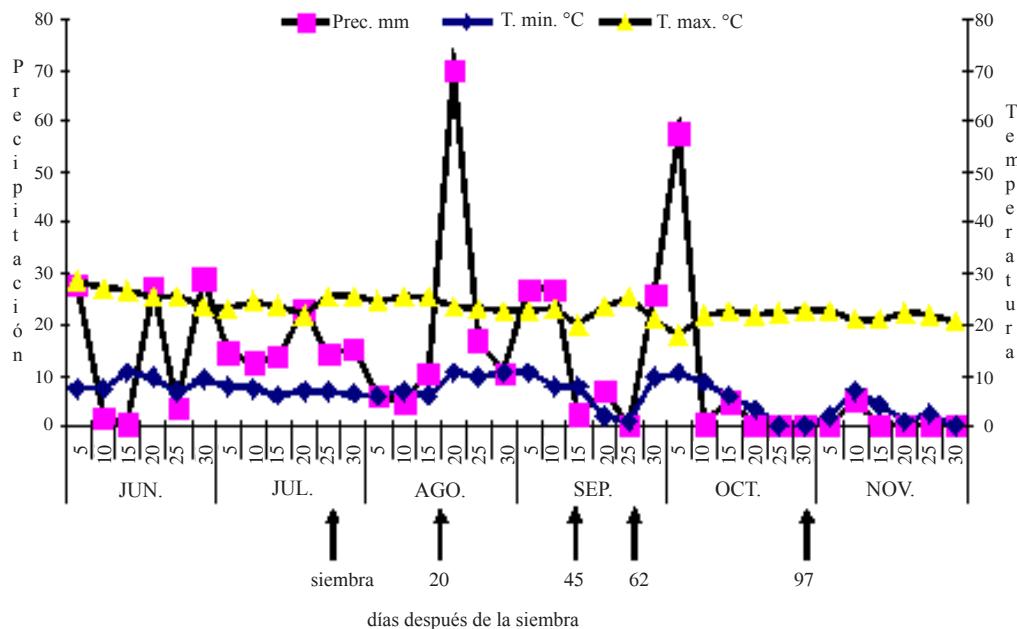
Se llevaron a cabo dos experimentos: uno en campo y otro en invernadero, en ambos se incluyeron 15 genotipos de frijol y se realizaron las mismas determinaciones.

**Sitio experimental.** Los ensayos se establecieron en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Texcoco, Estado de México (19° 29' latitud norte, 98° 51' longitud oeste, 2 240 m y 644 mm de precipitación anual). Sitio con clima templado húmedo con inviernos benignos (García, 1981), con suelo de tipo migajón arenoso profundo del orden molisol (clasificación FAO-UNESCO), color claro-oscuro, rico en humus en los estratos superiores y pH neutro.

**Germoplasma.** Se estudiaron 15 genotipos de frijol de diferentes orígenes y hábitos de crecimiento, algunos de ellos considerados por otros investigadores como resistentes a las pudriciones de raíz (Cuadro 1).

**Condiciones climáticas.** Los registros de precipitación, temperatura máxima y mínima diarias durante el ciclo

de cultivo se obtuvieron de una estación meteorológica, localizada a 500 m del sitio experimental (Figura 1).



**Figura 1. Precipitación, temperatura máxima y mínima acumuladas cada cinco días durante el ciclo de cultivo del frijol, Texcoco, Estado de México, 2001.**

**Experimento en campo.** Los 15 genotipos se sembraron el 24 de julio de 2001, cada genotipo se sembró en parcelas experimentales de un surco de 3 m de longitud, con separación de 0.6 m con 30 a 35 plantas por surco (40 semillas por surco), en un lote sembrado con frijol los últimos diez años, infestado en forma natural con los hongos *Fusarium* spp. y *R. solani*, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se realizaron las labores culturales recomendadas para la zona: fertilización al momento de la siembra con la dosis 40-40-00 kg ha de N<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, y control de plagas.

**Experimento en invernadero.** El 27 de julio de 2001 se sembraron cuatro semillas de cada genotipo en macetas con 1.5 kg de suelo tomado del mismo sitio donde se estableció el ensayo de campo, naturalmente infestado con los hongos *Fusarium* spp. y *R. solani*. Las macetas se distribuyeron en el invernadero en arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones por genotipo. Se proporcionaron las condiciones adecuadas para el desarrollo de las plantas: riego, fertilización y control de plagas.

**Porcentaje de germinación.** A los nueve días después de la siembra se cuantificaron las plántulas emergidas, para obtener el porcentaje de germinación con la fórmula (Moreno, 1996):

$$G (\%) = PE / PT \times 100$$

donde, G (%)= porcentaje de germinación, PE= plantas emergidas, PT= plantas totales.

**Grado de severidad.** Se determinó con la escala visual en la que 1=plantasanay 9=planta con la máxima severidad (Cuadro 2). Los genotipos con valores de 1.0 a 3.0 se consideraron resistentes, de 3.1 a 6.0 intermedios y de 6.1 a 9.0 susceptibles (Cuadro 2) (Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

**Porcentaje de incidencia.** La incidencia de las pudriciones de raíz se calculó con la fórmula de Van der Plank (1975):

$$I = PE / PT \times 100$$

donde, I= índice de incidencia (%), PE= número de plantas afectadas, PT= número total de plantas.

**Cuadro 2. Escala para determinar el grado de severidad del ataque de pudriciones de raíz en el cultivo de frijol.**

Grado de severidad	Apariencia del daño
1	Sin síntomas visibles de la enfermedad.
3	Decoloración ligera, sin lesiones necróticas o con 10% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz cubiertos con lesiones.
5	Aproximadamente 25% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos con lesiones, con decoloración fuerte, aunque los tejidos estén firmes.
7	Aproximadamente 50% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos con lesiones que se combinan con ablandamiento, pudrición y reducción considerable del sistema radical.
9	Aproximadamente 75% o más de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están afectados por estados avanzados de pudrición, en combinación con una reducción severa del sistema radical.

**Análisis estadístico.** Con los datos obtenidos se realizaron análisis de varianza y separación de medias de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan ( $p < 0.05$ ), con el programa estadístico MSTAT-C, para el diseño y análisis de experimentos agronómicos (Freed *et al.*, 1991). Para homogeneizar las varianzas los datos fueron transformados por medio de la raíz cuadrada (Little y Hills, 1988). También se determinó el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables evaluadas.

**Aislamiento de los hongos.** Porciones del material vegetal colectado se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 1% en solución acuosa, se depositaron en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) y se incubaron a 25 °C durante siete

días. Posteriormente se realizó la identificación de los hongos aislados por medio de las claves de Snyder y Hansen (Romero, 1988), Booth (1977) y Parmeter (1970).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros climáticos registrados (Figura 1, Cuadro 3) durante el ciclo del cultivo son indicativos de un ambiente favorable para el desarrollo del cultivo y a su vez de las enfermedades asociadas, con tres períodos de abundante precipitación al inicio y durante la etapa reproductiva y temperaturas bajas hasta la última semana de octubre.

**Cuadro 3. Factores climáticos registrados en promedio de los diez días previos a las evaluaciones de *Fusarium* spp. y *R. solani*. Texcoco, Estado de México, 2001.**

Factor	Días después de la siembra			
	20	45	62	97
Temperatura mínima °C	6.4	9.1	5.3	0
Temperatura máxima °C	25.3	22.6	24.2	22.4
Precipitación mm <sup>1</sup>	15.5	53.8	6.5	0

<sup>1</sup>acumulada en los 10 días previos.

## Experimento de campo

**Porcentaje de germinación.** El cultivar Flor de Mayo Bajío presentó el menor porcentaje de germinación (75%), lo que pudo deberse a un ataque de *R. solani* en pre-emergencia como lo muestra su alta incidencia en la etapa de la primera hoja trifoliada ( $V_3$ , 20 dds), en la que ambos patógenos, *Fusarium* spp. y *R. solani* mostraron alta severidad promedio de 4.3 y 5.3, respectivamente, con 100% de incidencia de ambos hongos. Además, algunas plantas mostraron ahogamiento pre emergente, lo cual coincide con lo señalado por Pedroza y Téliz (1991) y Abawi y Pastor-Corrales

(1990). Los genotipos Negro Cotaxtla 91, Negro INIFAP y Canario 107 mostraron un porcentaje de germinación de 91.6, 93.7 y 97.9%, respectivamente, por lo que la semilla fue considerada de alta calidad, ya que es superior al (85% que es el límite mínimo para considerarlas como tales (Navarrete y Acosta, 1999), los demás genotipos mostraron 100% de germinación.

**Incidencia de *R. solani*.** Este hongo presentó 100% de incidencia en todos los genotipos, lo que sugiere una relativa uniformidad de la infestación del suelo en el sitio experimental. La incidencia se observó desde la etapa de la

primera hoja trifoliada ( $V_3$ , 20 dds) hasta la de prefloración ( $R_s$ , 45 dds), en esta última etapa se registraron las más altas precipitaciones pluviales del ciclo, se acumularon 53.8 mm en los diez días previos a la evaluación (Figura 1) que corresponden al período de incubación del patógeno. En el

muestreo de etapa de formación de vainas ( $R_g$ , 62 dds) la incidencia del hongo fue 75% en algunos genotipos, lo cual se relacionó con una menor acumulación de lluvia (6.5 mm) y con la temperatura (Figura 1); en contraste, se observó un incremento en la incidencia de *Fusarium spp.* (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium spp.* en etapas fenológicas en que se observaron diferencias entre los 15 genotipos de frijol sembrados bajo condiciones de campo. Texcoco, Estado de México, 2001.**

Genotipo	<i>R. solani</i>		<i>Fusarium spp.</i>	
	62/ $R_g$	97/ $R_s$	20/ $V_3$	62/ $R_g$
PI 203958	100*	83.3	83.3	100
Negro Tacaná	100	91.7	91.7	83.3
Puebla 152	100	91.7	91.7	100
Canario 107	100	100	83.3	100
Wisc RRR	75.0	75.0	83.3	100
G 122	91.7	100	100	100
FR 266	100	100	91.7	100
Pinto Villa	100	100	100	100
Negro 8025	83.3	91.7	83.3	100
Negro Durango	100	100	100	100
BAT 477	83.3	100	83.3	100
Negro Cotaxtla 91	91.7	100	75	100
Negro INIFAP	75.0	91.7	100	100
Flor de Mayo Bajío	91.7	100	100	100
G 12729	91.7	91.7	58.3	100

\*= días después de la siembra / etapa fenológica; \*media de tres repeticiones.

Se ha reportado que la temperatura óptima para el desarrollo de la pudrición por *R. solani* es de 15 a 20 °C (De la Garza, 1996); además, Abawi y Pastor-Corrales (1990) mencionaron que las condiciones de humedad del suelo deben ser de moderadas a altas para que ocurra la enfermedad. En la etapa de formación de vainas ( $R_g$ , 62 dds), la precipitación previa acumulada fue menor (6.5 mm) que en la etapa  $V_3$  (Cuadro 3), lo que probablemente impidió el desarrollo óptimo del hongo.

A partir de la etapa  $R_g$ , se observó en Wisc RRR un porcentaje de incidencia de *R. solani* de 75% y se mantuvo así hasta la  $R_s$ . En los genotipos PI 203958, Negro Tacaná y Puebla 152 también se observó un menor porcentaje de incidencia de *R. solani* en la etapa  $R_g$ ; lo anterior pudo deberse a la presencia de resistencia de planta adulta, que como mencionan Schwartz y Gálvez (1980) en esa etapa es más alta que en plántulas, probablemente debido al aumento en el contenido de calcio, a la inducción de la producción de fitoalexinas y a la disminución de los exudados de la raíz. También Sánchez

y Cárdenas (1988) mencionaron que en la etapa de plántula *R. solani* causó el más alto daño al cultivo, el cual disminuyó con el desarrollo de la planta.

**Severidad de *R. solani*.** En las diferentes etapas fenológicas se observaron diferencias significativas para la severidad de *R. solani*, el mayor daño ocurrió a los 20 dds en la etapa  $V_3$  (Cuadro 5). Lo anterior coincide con lo señalado por Mendoza y Pinto (1983), Sánchez y Cárdenas (1988) y Campos (1991), acerca de que los mayores daños por este hongo se presentan en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Durante ese periodo la temperatura media (18.9 °C) coincidió con la óptima para el desarrollo de la enfermedad, como indicó De la Garza (1996). El valor máximo de severidad por *R. solani* fue de 5.4 en Canario 107; es decir, 25% de los tejidos del hipocotilo y raíz mostraron lesiones, ablandamiento, pudrición y reducción del sistema radical (Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987) (Cuadro 2). Los genotipos con menor daño fueron: Puebla 152, Wisc RRR,

Negro 8025, BAT 477, Negro INIFAP y G 12729. Los genotipos PI 203958, Negro Tacaná, Canario 107 y Flor de Mayo Bajío tuvieron valores de severidad altos ( $> 4.0$ ) en las primeras etapas fenológicas y posteriormente

descendieron conforme la planta llegaba a la etapa de madurez, al grado de que en la etapa R<sub>7</sub> fueron resistentes. Esto estuvo influenciado por el clima prevaleciente durante ese período, así como por la etapa fenológica de las plantas.

**Cuadro 5. Severidad de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp. en diferentes etapas fenológicas en 15 genotipos de frijol sembrados en campo. Texcoco, Estado de México. 2001.**

Genotipos	R. solani					<i>Fusarium</i> spp.				
	20/V <sub>3</sub> *	45/R <sub>5</sub>	62/R <sub>7</sub>	97/R <sub>8</sub>	X	20/R <sub>3</sub>	45/R <sub>5</sub>	62/R <sub>7</sub>	97/R <sub>8</sub>	X
PI 203958	4.6ab**	3.4cd	3.0bc	2.7cde	3.4	4.2abc	4.7ef	3.7defg	4.6bcde	4.3
Negro Tacaná	4.3ab	4.0ab	3.0bc	2.4e	3.4	3.5bcd	3.8fg	3.5efg	3.7e	3.6
Puebla 152	3.7bcd	3.3cd	2.9bc	2.8bcde	3.2	3.2bcde	5.4cde	4.5cde	4.0de	4.3
Canario 107	5.4a	4.2a	4.2a	3.2abcd	4.2	3.2bcde	7.1a	6.2 <sup>a</sup>	5.6a	5.5
Wisc RRR	3.9bcd	3.2d	2.2cd	2.3e	2.9	2.9cde	5.0de	3.1g	4.0de	3.7
G 122	4.7ab	4.0ab	4.4a	3.9a	4.2	5.0a	6.6ab	5.6ab	5.8a	5.7
FR 266	4.2bc	3.8abc	3.0bc	3.9a	3.7	4.7ab	5.0de	4.7bcd	5.6a	5.0
Pinto Villa	3.9bcd	3.2d	3.2b	3.4abc	3.4	4.2abc	5.2cde	4.6bcd	5.0abc	4.7
Negro 8025	3.1cd	3.4cd	2.7bc	3.4abc	3.1	4.7ab	4.7ef	3.7defg	4.9abcd	4.5
Negro Dgo.	4.3ab	3.2d	2.9bc	3.2abcd	3.4	5.0a	6.1bc	5.0bc	5.7a	5.4
BAT 477	3.6bcd	3.4cd	3.1b	2.7de	3.2	2.9cde	5.3cde	4.1cdefg	4.4cde	4.2
Negro Cotaxtla 91	4.1bc	3.2d	3.6ab	3.4abcd	3.6	2.4de	4.9de	4.5cde	4.5bcde	4.1
Negro INIFAP	3.9bcd	3.5bcd	1.8d	3.0bcde	3.0	3.9abc	5.8bcd	3.4fg	5.7a	4.7
Flor de Mayo Bajío	4.3ab	4.3a	3.2b	2.6de	3.6	5.3 <sup>a</sup>	5.2cde	4.0cdefg	4.0de	4.6
G 12729	2.8d	3.2d	3.1b	3.5ab	3.1	1.8e	3.0g	4.2cdef	5.4ab	3.6
Media	4.0	3.5	3.1	3.1	3.8	5.2	4.3	4.9		

\*= días después de la siembra/etapa fenológica; \*\*media de tres repeticiones. Cifras con la misma letra son estadísticamente similares según la prueba de Duncan  
p<0.05.

Los genotipos Negro Cotaxtla 91, Pinto Villa, G 122 y FR 266 mostraron respuesta variable durante el experimento, sus valores de severidad más altos se observaron en la etapa V<sub>3</sub>. Los dos últimos genotipos pertenecen a la raza Nueva Granada, que incluye a los que mostraron la mayor severidad, sus semillas tienen testa blanca o crema, lo que puede estar asociado su susceptibilidad. Pedroza y Téliz (1991) y Schwartz y Gálvez (1980) señalaron que las semillas de testa negra contienen sustancias fenólicas que inhiben el crecimiento de *R. solani*, las que no existen en semillas de color claro. Una respuesta similar se observó para semillas oscuras que mostraron tolerancia a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* y *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Valadez *et al.*, 1999).

El genotipo BAT 477 considerado por Abawi y Pastor-Corrales (1990) como resistente a *R. solani* sólo fue resistente en la etapa R<sub>8</sub>. Probablemente la cepa del hongo presente en el sitio del estudio fue más agresiva que la utilizada por Abawi y Pastor-Corrales. BAT 477 también se ha reportado

como resistente a *Macrophomina phaseolina* (Mayek-Pérez *et al.*, 2001) y a *Phaeoisariopsis griseola* (Martin y Adams, 1987).

**Incidencia de *Fusarium* spp.** La menor incidencia se observó en la etapa V<sub>3</sub>, posteriormente, se observó 100% de incidencia en todos los genotipos, excepto en Negro Tacaná que a partir de la etapa R<sub>7</sub> mostró 83.3% de incidencia (Cuadro 3).

La severidad e incidencia de *Fusarium* spp. mostró correlación negativa significativa ( $r = -0.641$  y  $r = -0.839$ ) con la temperatura máxima, mientras que para la severidad e incidencia de *R. solani* las correlaciones fueron positivas ( $r = 0.922$  y  $r = 0.714$ ). Por el contrario, la severidad de *Fusarium* spp. y los síntomas en el cuello de las plantas mostraron correlación positiva significativa ( $r = 0.762$  y  $r = 0.927$ ) con la precipitación (Cuadro 6). Los genotipos Negro INIFAP, Negro Durango, Flor de Mayo Bajío y G 122 mostraron incidencia de 100% desde la primera observación; es decir, son susceptibles a este hongo.

**Cuadro 6. Coeficientes de correlación entre condiciones climáticas, severidad e incidencia de *Fusarium spp.* y *R. solani* en 15 genotipos de frijol. Texoco, Estado de México. 2001.**

	Severidad de <i>Fusarium spp.</i>	Severidad de <i>R. solani</i>	Síntomas en cuello	Incidencia de <i>Fusarium spp.</i>	Incidencia de <i>R. solani</i>
Temperatura máxima °C	-0.641*	0.922*	-0.172	-0.839*	0.714*
Temperatura mínima °C	0.366	0.549	0.703*	-0.005	0.797*
Precipitación mm	0.762*	0.162	0.927*	0.417	0.564*

\*= significativo ( $p < 0.05$ ).

Severidad de *Fusarium spp.* Bajo condiciones de campo, *Fusarium spp.* fue más agresivo que *Rhizoctonia solani*, la mayor severidad se observó en prefloración, posiblemente favorecida por la precipitación (Figura 1). Posteriormente, la precipitación, la temperatura y la severidad de *Fusarium spp.* disminuyeron, lo anterior coincide con las correlaciones entre la precipitación y la severidad de *Fusarium spp.* ( $r = 0.76$ ); esto indica que conforme se incrementó la precipitación, también lo hizo el ataque del hongo. La temperatura máxima promedio, 22.7 °C mostró correlación negativa ( $r = -0.64$ ) (Cuadro 6), lo cual indica que temperatura superior a 22 °C reduce el daño por este patógeno, lo que coincide con lo mencionado por Schwartz y Morales (1989), quienes observaron que 20 °C es la temperatura óptima para el desarrollo de *F. oxysporum*.

En general, los genotipos Canario 107 y G 122 mostraron la mayor severidad a lo largo del ciclo, comportándose como intermedios. Canario 107, fue reportado por Velásquez-Valle y Schwartz (1997) y por Navarrete y Acosta (1999) como intermedio. El genotipo FR266 que Silbernagel (1990) reportó como resistente, en este experimento fue intermedio, con valores de severidad que variaron de 4.7 a 5.6 (Cuadro 5). Los genotipos Wisc RRR (2.9), BAT 477 (2.9) y Negro Cotaxtla 91 (2.4), mostraron resistencia solo en la etapa V<sub>3</sub>. El genotipo silvestre G12729, se comportó como resistente desde la etapa de primera hoja trifoliada (1.8), hasta la prefloración (3.0), sin dejar de considerar que el hongo está presente desde las primeras etapas, aunque los mayores daños se observan en las etapas de la segunda hoja trifoliada al llenado de vainas (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

## Experimento II. Invernadero

**Porcentaje de germinación.** Bajo condiciones de invernadero negro Tacaná, Wisc RRR, FR 266, Negro Durango y Negro 8025 mostraron 100% de germinación, lo cual indica que no obstante la presencia de los patógenos, estos genotipos

poseen resistencia que permitió que todas las plántulas germinaran. Esta respuesta es indicativa del vigor que presentan las semillas de estos genotipos (Moreno, 1996).

Los genotipos PI 203958, Puebla 152, Canario 107, G 122, Pinto Villa y BAT 477, mostraron germinación superior al 90%, mientras que G12729, Flor de Mayo Bajío y Negro INIFAP presentaron baja germinación (66.7 a 75%), y la mínima ocurrió en Negro Cotaxtla 91 que mostró 33%. El ataque de *R. solani*, probablemente influyó en la pudrición de las semillas de la variedad Negro Cotaxtla 91, ya que como lo mencionaron Pedroza y Téliz (1991) y Abawi y Pastor-Corrales (1990), este patógeno ataca a la semilla incluso antes de la germinación, siendo uno de los principales causantes de la muerte pre-emergente y en esta variedad las semillas fueron encontradas podridas, lo que muestra su susceptibilidad a *R. solani* en esta etapa de desarrollo.

**Incidencia de *R. solani*.** La incidencia de este hongo fue del 100% en todo el ciclo del cultivo para la mayoría de los genotipos, a excepción de Negro 8025, Negro Durango y G 12729, los cuales mostraron 83.3%, 90.4% y 88.9%, respectivamente, en la etapa V<sub>3</sub> (Cuadro 7). La incidencia se relacionó con la severidad en la primera observación (20 dds) ( $r = 0.51$ ). En general, los valores de incidencia de *R. solani* se incrementaron con el desarrollo del cultivo (Cuadro 7).

**Severidad de *R. solani*.** La severidad osciló entre 4.1 y 5.1 a lo largo del ciclo, esto es, los genotipos se comportaron como intermedios, teniendo el valor promedio más alto en la observación de la madurez fisiológica (Cuadro 8); probablemente debido a la competencia con *Fusarium spp.* que indujo el incremento de la severidad de *R. solani* como lo reportaron Pedroza y Téliz (1991), quienes observaron que al inicio del ciclo ambos patógenos presentaban valores de severidad similares, pero posteriormente la severidad de *R. solani* se incrementó y la de *Fusarium spp.* no obstante ser alta, se mantuvo por debajo de la de *R. solani*.

**Cuadro 7. Porcentaje de incidencia de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp. en diferentes etapas fenológicas en 15 genotipos de frijol sembrados en invernadero. Texcoco, Estado de México. 2001.**

Genotipo	<i>Rhizoctonia solani</i>				<i>Fusarium</i> spp.			
	20/V3*	45/R5	62/R7	97/R8	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8
PI 203958	100 **	100	100	100	100	66.6	100	100
Negro Tacaná	100	100	100	100	100	75.0	100	100
Puebla 152	100	100	100	100	100	100	100	100
Canario 107	100	100	100	100	100	100	100	100
Wisc RRR	100	100	100	100	100	75.0	100	100
G 122	100	100	100	100	100	100	100	100
FR 266	100	100	100	100	100	66.7	100	100
Pinto Villa	100	100	100	100	100	100	100	100
Negro 8025	83.3	100	100	100	100	100	100	100
Negro Durango	90.4	100	100	100	100	75.0	100	100
BAT 477	100	100	100	100	100	100	100	100
Negro Cotaxtla 91	100	100	100	100	100	50.0	100	100
Negro INIFAP	100	100	100	100	100	100	100	100
Flor de Mayo Bajío	100	100	100	100	100	100	100	100
G 12729	88.9	100	100	100	88.9	66.7	100	100

\*= días después de la siembra/etapa fenológica; \*\*= media de cuatro repeticiones.

**Cuadro 8. Severidad de *R. solani* y *Fusarium* spp. en diferentes etapas fenológicas en 15 genotipos de frijol sembrados en invernadero. Texcoco, Estado de México. 2001.**

Genotipos	<i>R. solani</i>					<i>Fusarium</i> spp.				
	20/V3*	45/R5	62/R7	97/R8	x	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8	x
PI 203958	4.6ab**	3.3d	4.5cde	4.2cd	4.1	3.6ef*	2.7de	4.5bc	3.2ef	3.5
Negro Tacaná	4.6abc	4.0cd	4.0e	6.5a	4.8	4.0cde	3.2cde	3.5cd	4.2cd	3.7
Puebla 152	3.7bcd	4.0cd	4.0e	4.5cd	4.0	4.6bcd	5.0a	3.5cd	3.5def	4.1
Canario 107	4.2bcd	5.7a	4.2de	4.2cd	4.6	4.8abcd	4.3abc	4.7b	3.5def	4.3
Wisc RRR	4.7ab	4.2bcd	6.3a	5.7ab	5.2	3.1ef	2.7de	6.0a	3.5def	3.8
G 122	4.3bcd	5.2ab	4.2de	5.7ab	4.8	5.7a	5.5a	4.7b	4.7bc	5.1
FR 266	4.2bcd	4.0cd	5.3bc	6.2a	4.9	3.1ef	2.7de	3.3d	5.2ab	3.6
Pinto Villa	3.5cde	3.7cd	4.5cde	6.3a	4.5	3.9cdef	3.2cde	3.2d	5.7 <sup>a</sup>	4.0
Negro 8025	3.2de	3.5cd	4.0e	6.0a	4.2	4.6bcd	3.7bcd	3.2d	6.0a	4.4
Negro Durango	4.3bcd	3.7cd	4.0e	5.0bc	4.2	4.8abcf	3.0de	4.7b	4.0cde	4.1
BAT 477	3.8bcd	4.2bcd	4.7cde	6.2a	4.7	4.7bcd	4.5ab	4.7b	4.0cde	4.5
Negro Cotaxtla 91	4.2bcd	6.0a	5.0cd	4.0d	4.8	3.0f	2.5e	4.0bcd	3.5def	3.2
Negro INIFAP	3.3de	5.7a	4.2de	4.0d	4.3	3.9def	4.7ab	3.5cd	3.3ef	3.8
Flor de Mayo Bajío	5.7a	4.5bc	6.2ab	4.7cd	5.3	5.3ab	3.5bcd	5.0ab	4.0cde	4.4
G 12729	3.0e	3.7cd	5.0cd	4.0d	3.9	3.2ef	2.7de	5.0ab	3.0f	3.5
Media	4.1	4.4	4.7	5.1	4.1	3.6	4.2	4.1		

\*= días después de la siembra/etapa fenológica; \*\*= medias de cuatro repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa.

En la etapa V<sub>3</sub> G12729 mostró el menor grado de severidad (3.0) seguido de Puebla 152, PI203958, Negro Durango y Negro 8025 (Cuadro 8). En R<sub>6</sub>, Wisc RRR y Flor de Mayo Bajío mostraron valores de 6.3 y 6.2, respectivamente; posteriormente, disminuyeron aunque en el caso de Wisc RRR la disminución no fue significativa (5.7) y en Flor de Mayo Bajío la incidencia descendió hasta 4.7; estos resultados contradicen lo mencionado por Tu (1991), quien reportó a Wisc RRR como resistente a *R. solani* y *Fusarium* spp. El resultado anterior sugiere alta agresividad de los patógenos en esta zona o que están presentes diferentes razas patogénicas a las utilizadas en la investigación mencionada. De todos los genotipos evaluados, en promedio, G 12729 (silvestre) mostró la menor severidad (3.9) del ataque de *R. solani*.

**Incidencia de *Fusarium* spp.** Los porcentajes más bajos de incidencia de *Fusarium* spp. se observaron en la etapa R<sub>5</sub>; en el resto, la incidencia fue del 100% en todos los genotipos. Es decir, todas las plantas mostraron daño, aunque en algunos casos no fueron severos, sólo manchados ligeros con lesiones en la raíz e hipocótilo en el 10% de los tejidos (Cuadro 7).

La más baja incidencia se presentó en R<sub>5</sub> en Negro Cotaxtla 91 (50%), mientras que PI 203958, FR 266 y G 12729 mostraron incidencia de 66.7%. En los materiales Negro Tacaná, Wisc RRR y Negro Durango, el porcentaje fue del 75%. Mientras que Puebla 152, Canario 107, G 122, Negro 8025, BAT 477, Negro INIFAP y Flor de Mayo Bajío, mostraron 100% de incidencia durante todo el ciclo.

**Severidad de *Fusarium* spp.** La severidad promedio fue 3.6 en la etapa de prefloración y la máxima de 4.2 en la etapa de formación de vainas. En las dos primeras observaciones varios genotipos mostraron resistencia; sin embargo, a los 62 dds todos los genotipos se comportaron como intermedios (Cuadro 8). *Fusarium* spp. fue menos agresivo que *R. solani*; sin embargo, en la etapa de primera hoja trifoliada se observaron genotipos con daños severos como G 122 (5.7) y Flor de Mayo Bajío (5.3), otros que también mostraron daños considerables fueron: Canario 107 (4.8), Negro Durango (4.8), BAT 477 (4.7), Puebla 152 (4.6) y Negro 8025 (4.6). Lo anterior significa que cerca de 25% de los tejidos del hipocótilo y la raíz estaban cubiertos por lesiones y manchas (Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

En la mayoría de los genotipos, el daño más bajo se observó en la etapa de prefloración, posiblemente *R. solani* no tuvo influencia en este descenso ya que los valores de correlación

entre ambos patógenos fueron bajos ( $r=0.36$ ). En esa misma etapa los genotipos que mostraron valores de severidad altos fueron: Puebla 152 (5.0), G 122 (5.5), BAT 477 (4.5) y Negro INIFAP (4.7). Esto indica que estos genotipos fueron más susceptibles a *Fusarium* spp. en esa etapa, lo cual coincide con Agrios (2005) quien observó que algunas plantas son susceptibles solo en determinada etapa de crecimiento y esta es una característica bajo control genético. En esta etapa se presenta mayor demanda de nutrientes hacia las yemas florales, para la formación de vainas y semillas, que sumado a la demanda de nutrientes por *Fusarium* spp. la planta se muestra más susceptible.

Los genotipos PI 203958, Wisc RRR, FR 266, Negro Durango, Negro Cotaxtla 91 y G 12729 mostraron valores iguales o inferiores a 3.0, lo que los clasifica como resistentes, debido a que presentaron daños mínimos, por lo menos en la etapa de prefloración (Cuadro 8). El valor de severidad más alto (6.0) se observó en los genotipos Wisc RRR a los 62 dds y Negro 8025 a los 97 dds.

A partir de la etapa de formación de vainas en la mayoría de los genotipos se observó un incremento en los daños causados por *Fusarium* spp., a excepción de los materiales Puebla 152, G 122, FR266, Pinto Villa, Negro 8025 y Negro INIFAP, algunos de los cuales en prefloración fueron los más atacados y posteriormente los daños disminuyeron. BAT 477 que presentó resistencia en una investigación efectuada por Pastor-Corrales y Abawi (1988) en la que inocularon *F. oxysporum* bajo condiciones de invernadero; en contraste, en esta investigación la reacción fue intermedia; mientras que el genotipo Puebla 152, evaluado también por esos investigadores, tuvo la misma respuesta (intermedio) en ambas investigaciones.

## CONCLUSIONES

El ataque de *Fusarium* spp. y *R. solani* varía de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo y se relaciona con las condiciones ambientales y la competencia entre ambos hongos para invadir los tejidos del hospedante.

Los genotipos con resistencia a *Fusarium* spp. fueron: G 12729 (silvestre), Negro Cotaxtla 91, Negro Tacaná y PI 203958, mientras que para *R. solani* fueron: G 12729, Negro Durango, Puebla 152, PI 203958 y Negro 8025. En contraste, Canario 107 fue el más susceptible a *R. solani* y a *Fusarium* spp.

El daño inducido por *R. solani* es más severo en las primeras etapas de desarrollo de las plantas. El daño causado por *Fusarium* spp. se presenta en la etapa de prefloración en campo y en la formación de vainas en invernadero.

La asociación entre *Fusarium* spp. y *R. solani* favorece la patogenicidad de *R. solani* lo que incrementa los daños en las últimas etapas de desarrollo del cultivo.

## LITERATURA CITADA

- Abawi, G. S. y Pastor-Corrales, M. A. 1990. Root rots of beans in Latin America: Diagnosis, research, methodologies and management strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 114 p.
- Acosta-Gallegos, J. A.; Ochoa-Márquez, R.; Arrieta-Montiel, M. P.; Ibarra-Pérez, F. J.; Pajarito-Ravelero, A. and Sánchez-Valdés, I. 1995. Registration of 'Pinto Villa' common bean. Crop Sci. 35:1211.
- Agrios, G. N. 2005. Fitopatología. Limada Noriega Editores. Segunda edición. México, D. F. 838 p.
- Campos A., J. 1991. Enfermedades del frijol. Trillas. México. p. 154-167.
- De la Garza, G. J. L. 1996. Fitopatología general. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León. 515 p.
- Estevez de Jensen, C.; Percheich, J. A. and Graham, P. H. 2002. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. Field Crops Research. 74:107-115.
- Freed, R.; Eisensmith, S. P.; Goetz, S.; Reicosky, D.; Smail, V. W. and P. Wolberg. 1991. MSTAT-C. A microcomputer program for design, management and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen. UNAM. México. 252 p.
- Keinath, A. P.; Batson, Jr, W. E.; Caceres, J.; Elliott, M. L.; Sumner, D. R.; Brannen, P. M.; Rothrock, C. S.; Huber, D. M.; Benson, D. M. Conway, K. E.; Schneider, R. M.; Motzenbocker, C. E.; Cubeta, M. A.; Ownley, B. H.; Canaday, C. H.; Adams, P. D.; Backman, P. A. and Fajardo, J. 2000. valuation of biological and chemical seed treatments to improve stand of snap bean across the Southern United States. Crop Protec. 19:501-509.
- Kelly, J. D. 1998. Bean roots, a plant breeder's prospective. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 41: 214-215.
- Kolkman, J. M. and Kelly, J. 1998. Inheritance of resistance to white mold in common bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 42:47-48.
- Little, T. M. y Hills. F. J. 1988 Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Trillas. México 270pp.
- López, F. L. C. 1991. Definición de prioridades de investigación fitopatológica para la zona templada del Altiplano Central de México. Agric. Téc. Méx. 17(1 y 2):17-51.
- Martin, G. B. and Adams, M. W. 1987. Landraces of *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) in northern Malawi. II. Generation and maintenance of variability. Econ. Bot. 41 2, pp. 204-215.
- Mayek-Pérez, N.; López-Castañeda, C.; López-Salinas, E.; Cumplán-Gutiérrez, J.; Acosta-Gallegos, J.A. 2001. Resistencia a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. en frijol común en condiciones de campo en México. Agrociencia. 35: 649-661.
- Mendoza, Z. C. y Pinto, C. B. 1983. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. p. 286-288.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 393.
- Navarrete, M. R. y Acosta, G. J. A. 1999. Reacción de variedades de frijol común a *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en el altiplano de México. Agron. Mesoam. 10 (1):37-46.
- Navarrete-Maya, R.; Navarrete-Maya, J.; Trejo-Albarrán, E.; Prudencio-Sains, J. M. and Acosta-Gallegos, J. A. 2000. Identification of root rot resistant bean genotypes from a core collection grown in Central Mexico. Ann. Rev. Bean Improv. Coop. 43:172-173.
- Pastor-Corrales, M. A. and Abawi, G. S. 1987. Reactions of selected bean germplasm to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Plant Dis. 71:990-993.
- Pastor-Corrales, M. A. and Abawi, G. S. 1988. Reactions of selected bean accessions to infection by *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 72:39-41.
- Pedroza, S. A. y Téliz, O. D. 1991. Importancia relativa de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp. y *Macrophomina phaseolina* en la pudrición de raíz de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en Puebla. Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología (Memorias). 24-26 de julio. INIFAP. Puebla. p. 75.

- Prudencio-Sains, J. M.; Navarrete-Maya, R.; Navarrete-Maya, J. y Acosta-Gallegos, J. A. 2008. Dinámica de los tizones común y de halo del frijol en el Valle de México. *Agric. Téc. Méx.* 34(2):213-223.
- Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. p. 309-317.
- Sánchez, A. J. H. y Cárdenas, A. M. 1988. Etiología y daños de las pudriciones radicales del frijol *Phaseolus vulgaris* L. en el estado de Durango. *Revista Chapingo.* 58-59:43-49.
- Schwartz, H. F. y Gálvez, G. E. 1980. Problemas de producción de frijol. CIAT. Cali, Colombia. p. 67-77.
- Schwartz, H. F. and Morales, F. J. 1989. Bean production problems in the tropics. CIAT. Cali, Colombia. p. 114-125.
- Silbernagel, M. J. 1990. Genetic and cultural control of *Fusarium* root rot in bush snap beans. *Plant Dis.* 74:61-66.
- Smith, I. M. y Dunez, J. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Mundi-prensa-Madrid, España. p. 30-31, 328-337.
- Tu, J. C. 1991. Management of root rot diseases of peas, beans and tomatoes. *Can. J. Plant Path.* 14:92-99.
- Valadez, M. E.; Carballo, C. A.; Ortega, D. y Fucikovski, Z. L. 1999. Pigmentos de la testa del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) como inhibidores del desarrollo in vitro de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* y *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Rev. Fitotec. Mex.* 22:151-159.
- Vander Plank, J. E. 1975. Principles of plant infection. Acad. Press. New York. 150 p.
- Velásquez-Valle, R. and Schwartz, H. F. 1997. Symptom response and internal discoloration in bean lines infected with *Fusarium oxysporum* f. spp. *phaseoli* isolates from USA and Spain. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* Vol (40):97-99.