

35



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

“IDENTIFICACION DE GENOTIPOS DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) RESISTENTES A Fusarium spp. Y Rhizoctonia solani EN TEXCOCO ESTADO DE MEXICO, BAJO CONDICIONES DE CAMPO E INVERNADERO.”

2001

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERA AGRICOLA PRESENTA: EVANGELINA TREJO ALBARRAN

ASESOR: DRA. ROSA NAVARRETE MAYA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**  
**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR**  
**DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
**DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN**  
**PRESENTE**

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

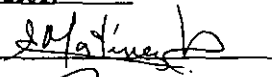
"Identificación de genotipos de frijol (Phaseolus vulgaris L.)  
resistentes a Fusarium spp. y Rhizoctonia solani en Texcoco  
Estado de México, bajo condiciones de campo e invernadero".


que presenta la pasante: Evangelina Trejo Albarrán  
con número de cuenta: 9202204-7 para obtener el título de :  
Ingeniera Agrícola

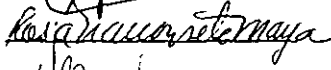
Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

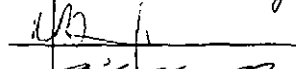
**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

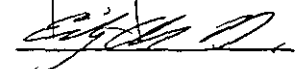
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de febrero de 2001.

PRESIDENTE Biol. Elva Martínez Holguin 

VOCAL M.C. Yazmín Cuervo Usan 

SECRETARIO Dra. Rosa Navarrete Maya 

PRIMER SUPLENTE Ing. Guillermo Basante Butron 

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Edgar Ornelas Díaz 

## DEDICATORIAS

*Porque se que hoy ve realizado uno de sus mas grandes anhelos, este esfuerzo está dedicado de una manera muy especial a mi madre:*

*Estela Albarrán Mendoza por su confianza, estar conmigo en los momentos mas difíciles y porque ha sabido guiar mi vida siendo además mi mejor amiga. De todo corazón "gracias".*

*A mi padre:*

*Gerardo Trejo Vargas por darme la oportunidad de tomar mis propias decisiones y hacer de mi vida un reto por ser mejor cada día como persona, profesional y como mujer.*

*A mis hermanos:*

*Miriam, Gerardo y Daniel por darme la dicha de contar con su cariño y apoyo. "Gracias" por todos esos momentos únicos que hemos compartido juntos.*

## AGRADECIMIENTOS

*Doy gracias a ¡Dios!, por permitirme llegar a este momento y poderlo compartir con las personas que quiero y aprecio.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme como profesional y darme la oportunidad de explorar nuevos horizontes.*

*A la carrera de Ingeniería Agrícola, pues a través de ella he recibido las mayores satisfacciones de mi vida.*

*A la Coordinación de Programas Académicos de la Universidad Nacional Autónoma de México, que me otorgó la beca del programa becas para tesis de licenciatura en proyectos de investigación.*

*Al Dr. Jorge Acosta Gallegos por todo el apoyo y la confianza otorgados para la realización de este proyecto.*

*Al INIFAP-CEVAMEX, por las facilidades proporcionadas para llevar a buen término esta investigación.*

*Agradezco de una manera muy especial a la Dra. Rosa Navarrete Maya por compartir conmigo sus conocimientos, abrimme las puertas a nuevas oportunidades de superación y sobre todo por su paciencia, sus consejos y su amistad.*

*Al Ing. Jorge Navarrete Maya por la colaboración y las observaciones realizadas al trabajo.*

*Al Ing. Edgar Ornelas Díaz por haberme guiado durante mi estancia en la carrera, el apoyo que siempre me ha brindado y su gran amistad.*

*A los profesores de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos transmitidos.*

*A los profesores:*

*Biol. Elva Martínez Holguín*

*M.C. Yazmín Cuervo Usan*

*Ing. Guillermo Basante Butrón*

*por las observaciones y recomendaciones hechas a este trabajo.*

*De una manera especial doy las gracias a Ramón Rodríguez Daza por su amor y confianza y por dar a mi vida fortaleza para seguir adelante. Sin él, llegar a este momento hubiera sido muy difícil.*

*Agradezco a Gonzalo Francisco Contreras B., Juan Ramón Gutiérrez C. y Karla M. Gutiérrez Z., por sus consejos y todos los momentos agradables que compartimos juntos.*

*A José Manuel Prudencio Sains por la amistad que me ha brindado. Su compañía y sugerencias enriquecieron este proyecto.*

*A Agustín Cervantes Márquez por su apoyo en la realización de los dibujos del presente trabajo y por el afecto que me ha dado durante todo este tiempo.*

*A Ismael López D. por estar siempre a mi lado compartiendo alegrías y tristezas.*

*A mis compañeros y amigos de Ingeniería Agrícola.*

*A las personas que me han impulsado moralmente brindándome una amistad sincera y desinteresada: en especial a las sras.: Ma. Auxilio Zamora, Celia Alba y Ma. del Carmen Cario.*

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

*Evangelina Trejo Albarán*

## INDICE

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1 Definición de resistencia	4
2.1.1 Resistencia de plantas no hospedantes	4
2.1.2 Resistencia verdadera	4
2.1.2.1 Resistencia horizontal	4
2.1.2.2 Resistencia vertical	4
2.1.3 Resistencia aparente	5
2.1.3.1 Escape a la enfermedad	5
2.1.3.2 Tolerancia a la enfermedad	5
2.2 Características generales del frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	5
2.2.1 Antecedentes	5
2.2.2 Importancia del frijol	6
2.2.2.1 Panorama internacional	6
2.2.2.2 Panorama nacional	7
2.2.3 Clasificación taxonómica	9
2.2.4 Características botánicas del frijol	10
2.2.5 Desarrollo y crecimiento	12
2.2.6 Valor nutritivo	15
2.2.7 Requerimientos climáticos y edáficos	16
2.2.8 Producción del frijol	16
2.3 Características del género <i>Fusarium</i>	17

2.3.1	Importancia de <i>Fusarium</i> como hongo fitopatógeno	17
2.3.2	Clasificación taxonómica y características morfológicas del género <i>Fusarium</i>	19
2.3.3	Ciclo de vida de <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Fusarium solani</i>	20
2.3.3.1	Germinación	20
2.3.3.2	Desarrollo y penetración	21
2.3.3.3	Invasión y colonización	22
2.3.3.4	Sintomatología	23
2.3.3.5	Diseminación	25
2.3.3.6	Control	26
2.4	Características generales del género <i>Rhizoctonia</i>	28
2.4.1	Importancia de <i>Rhizoctonia</i> como hongo fitopatógeno	28
2.4.2	Clasificación taxonómica y características morfológicas del género <i>Rhizoctonia</i>	28
2.4.3	Ciclo de vida de <i>Rhizoctonia solani</i>	30
2.4.3.1	Germinación	30
2.4.3.2	Desarrollo y penetración	30
2.4.3.3	Invasión y colonización	31
2.4.3.4	Sintomatología	31
2.4.3.5	Diseminación	33
2.4.3.6	Control	33
III.	MATERIALES Y METODOS	34
3.1	Ubicación del experimento	35
3.2	Material genético	36
3.3	Diseño experimental	36
3.4	Distribución de los genotipos en campo	37
3.5	Evaluaciones en campo	38
3.6	Distribución de los genotipos en invernadero	39
3.7	Evaluaciones en invernadero	40
3.8	Variables a evaluar	40
3.9	Evaluaciones de laboratorio	41



IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
4.1 Evaluaciones en Campo	43
4.1.1 Porcentaje de germinación	43
4.1.2 Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	44
4.1.3 Severidad de <i>Rhizoctonia solani</i>	46
4.1.4 Incidencia de <i>Fusarium</i> spp.	49
4.1.5 Severidad de <i>Fusarium</i> spp.	50
4.1.6 Síntomas sobre el cuello de la raíz	53
4.2 Evaluaciones en invernadero	55
4.2.1 Porcentaje de germinación	55
4.2.2 Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i>	56
4.2.3 Severidad de <i>Rhizoctonia solani</i>	57
4.2.4 Incidencia de <i>Fusarium</i> spp.	59
4.2.5 Severidad de <i>Fusarium</i> spp.	60
4.2.6 Síntomas sobre el cuello de la raíz	63
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
VIII. ANEXOS	74

## INDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro No.1.</b> Superficie, producción y rendimiento de frijol de los principales países productores en el periodo 93-95.	7
<b>Cuadro No.2:</b> Producción obtenida de los principales estados productores de frijol a nivel nacional durante el periodo 90-97.	8
<b>Cuadro No.3.</b> Superficie sembrada, cosechada y rendimiento de frijol en México durante el periodo 90-99.	9
<b>Cuadro No.4.</b> Hábitos de crecimiento del frijol de acuerdo al CIAT.	12
<b>Cuadro No.5.</b> Tabla de valor nutritivo del frijol.	16
<b>Cuadro No.6.</b> Características generales del material genético utilizado.	36
<b>Cuadro No.7.</b> Evaluaciones realizadas a lo largo del ciclo del cultivo del frijol.	39
<b>Cuadro No.8.</b> Escala de severidad para evaluar pudriciones de raíz según Schoonhoven, A.v. y M. A. Pastor-Corrales.	41
<b>Cuadro No.9.</b> Porcentaje de germinación de 15 genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de campo.	44
<b>Cuadro No.10.</b> Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de campo	46

<b>Cuadro No.11.</b> Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de <i>Rhizoctonia solani</i> bajo condiciones de campo	48
<b>Cuadro No.12.</b> Incidencia de <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de campo.	50
<b>Cuadro No.13.</b> Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de <i>Fusarium</i> spp., bajo condiciones de campo.	52
<b>Cuadro No.14.</b> Síntomas sobre el cuello de la raíz en 15 genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de campo.	54
<b>Cuadro No.15.</b> Porcentaje de germinación de 15 genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de invernadero.	56
<b>Cuadro No.16.</b> Incidencia de <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de invernadero.	57
<b>Cuadro No.17.</b> Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de <i>Rhizoctonia solani</i> bajo condiciones de invernadero.	58
<b>Cuadro No.18.</b> Incidencia de <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de invernadero.	60
<b>Cuadro No.19.</b> Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de <i>Fusarium</i> spp., bajo condiciones de invernadero.	62
<b>Cuadro No.20.</b> Síntomas sobre el cuello de la raíz en 15 genotipos de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de invernadero.	65

- Cuadro No.21.** Correlaciones de condiciones climáticas, severidad de daño e incidencia causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados bajo condiciones de campo. 74
- Cuadro No 22.** Correlaciones entre severidad del daño causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctoniasolani* y síntomas sobre el cuello de 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados bajo condiciones de campo. 75
- Cuadro No.23.** Correlaciones entre severidad del daño causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* de 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembrados bajo condiciones de invernadero. 75
- Cuadro No.24.** Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de campo. 76
- Cuadro No.25.** Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 20 dds., sembradas bajo condiciones de campo. 76
- Cuadro No.26.** Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de campo. 76
- Cuadro No.27.** Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 45 dds., sembrados bajo condiciones de campo. 77
- Cuadro No.28.** Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 45 dds., sembrados bajo condiciones de campo. 77
- Cuadro No.29.** Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 45 dds., sembradas bajo condiciones de campo. 77

<b>Cuadro No.30.</b> Análisis de varianza de daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 62 dds., sembradas bajo condiciones de campo	77
<b>Cuadro No.31.</b> Análisis de varianza de daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 62 dds., sembradas bajo condiciones de campo.	78
<b>Cuadro No.32.</b> Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol a los 62 dds., sembradas bajo condiciones de campo.	78
<b>Cuadro No.33.</b> Análisis de varianza de daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 97 dds., sembrados bajo condiciones de campo.	78
<b>Cuadro No. 34.</b> Análisis de varianza de daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 97 dds., sembradas bajo condiciones de campo.	78
<b>Cuadro No.35.</b> Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 97 dds., sembrados bajo condiciones de campo.	79
<b>Cuadro No.36.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 20 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	79
<b>Cuadro No.37.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 20 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	79
<b>Cuadro No.38.</b> Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de invernadero.	79
<b>Cuadro No.39.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 42 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	80

<b>Cuadro No.40.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 42 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero	80
<b>Cuadro No.41.</b> Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 42 dds., bajo condiciones de invernadero.	80
<b>Cuadro No.42.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 59 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	80
<b>Cuadro No.43.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 59 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	81
<b>Cuadro No.44.</b> Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 59 dds., bajo condiciones de invernadero.	81
<b>Cuadro No.45.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol a los 92 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	81
<b>Cuadro No.46.</b> Análisis de varianza de los daños causados por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol a los 92 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.	81
<b>Cuadro No.47.</b> Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 97 dds., bajo condiciones de invernadero.	82

## INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS

### GRAFICAS

<b>Gráfica No.1.</b> Precipitación y Temperaturas registradas en Texcoco, Edo. de México, 1999.	43
<b>Gráfica No.2.</b> Severidad del daño ocasionado por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol bajo condiciones de campo.	48
<b>Gráfica No.3.</b> Severidad del daño ocasionado por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol bajo condiciones de campo.	52
<b>Gráfica No.4.</b> Síntomas visibles sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol bajo condiciones de campo.	54
<b>Gráfica No.5.</b> Severidad del daño ocasionado por <i>Rhizoctonia solani</i> en genotipos de frijol, bajo condiciones de invernadero.	59
<b>Gráfica No.6.</b> Severidad del daño ocasionado por <i>Fusarium</i> spp. en genotipos de frijol, bajo condiciones de invernadero.	62
<b>Gráfica No.7.</b> Síntomas visibles sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol bajo condiciones de invernadero.	65

### FIGURAS

<b>Figura No.1.</b> Características morfológicas del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	11
<b>Figura No.2.</b> Etapas fenológicas del frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	15
<b>Figura No.3.</b> Síntomas del daño causado por <i>Fusarium</i> spp. en raíces de frijol.	24
<b>Figura No.4.</b> Ciclo de vida de <i>Fusarium</i> spp.	26

<b>Figura No.5.</b> Síntomas del daño causado por <i>Rhizoctonia solani</i> spp. en raíces de frijol.	32
<b>Figura No.6.</b> Ciclo de vida de <i>Rhizoctonia solani</i> .	33
<b>Figura No.7.</b> Ubicación del lugar donde se estableció la investigación.	34



## RESUMEN

Dentro de las enfermedades radiculares que afectan al frijol, las pudriciones de raíz inducidas por los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* son las de mayor importancia, no solo en nuestro país sino a nivel internacional. En México, ambos patógenos se encuentran distribuidos en todas las zonas productoras de frijol. Cuando se presentan las condiciones adecuadas para su desarrollo (principalmente temperatura y humedad), los dos patógenos llegan a ocasionar severos daños al cultivo y pérdidas económicas considerables, reduciendo su producción y rendimiento. Como una medida para contrarrestar éste problema, se recomienda el uso de variedades resistentes a las enfermedades causadas por los dos hongos.

Esta investigación se desarrolló con el objetivo principal de: "Identificar material genético con características de resistencia a pudriciones de raíz ocasionadas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*" Para ello se evaluó: el porcentaje de germinación, la incidencia, la severidad del daño causado en las raíces de cada planta y los síntomas visibles sobre el cuello de la raíz. Llevándose a cabo dos experimentos, uno bajo condiciones de campo y otro en invernadero. En campo los mayores daños fueron inducidos por *Fusarium* spp. en la etapa de prefloración (R5), debido principalmente a las condiciones ambientales que favorecieron el ataque de éste patógeno, los genotipos Wisc. RRR, BAT 477, Negro Cotaxtla 91 fueron los que mostraron el menor grado de severidad, aunque su comportamiento fue intermedio en la mayoría de las observaciones. *Rhizoctonia solani* estuvo presente durante todo el ciclo del cultivo; Sin embargo, los mayores daños los causó en las primeras etapas del desarrollo de las plantas, nuevamente Wisc. RRR y G 12729 destacaron como los materiales más resistentes y los menos tolerantes fueron: Negro INIFAP, Negro Durango y Puebla 152. En invernadero, la competencia entre ambos hongos fue un factor determinante que indujo una mayor agresividad de *Rhizoctonia solani*, sobre todo hacia las últimas etapas del ciclo de las plantas (a partir del llenado de vainas o R7). Mientras que *Fusarium* spp. causó lesiones que no llegaron a invadir el 25% de los tejidos de la raíz y el hipocótilo. G 12729, mostró los valores mas bajos al ataque de los dos patógenos, los genotipos Puebla 152, Negro Durango y Negro 8025 tuvieron los menores valores para *Rhizoctonia solani* y Negro INIFAP junto con PI 203958 los tuvieron para *Fusarium* spp.

La incidencia de ambos hongos fue alta desde la primera observación tanto en campo como en invernadero, con esto se corroboró la uniformidad de la infestación de *Rhizoctonia solani* y

*Fusarium* spp., de igual manera se observó que los patógenos estuvieron causando daños desde el inicio de su ciclo, aunque estos no fueron severos.

Los síntomas sobre el cuello de la raíz en campo fueron inducidos principalmente por *Fusarium* spp., mientras que en invernadero por *Rhizoctonia solani*, éste está relacionado con la severidad que cada uno causó tanto en campo como en invernadero.

## I INTRODUCCION

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) ha sido desde tiempos muy remotos una leguminosa de gran interés para el hombre. Se considera de origen Americano y se señala a México como el más probable centro de origen (Ortubé *et al.*, 1996).

Su adaptación es amplia, se le cultiva desde el trópico hasta las zonas templadas, tal vez ésta sea una de las causas por las cuales tiene una gran distribución en los cinco continentes. La importancia económica de este grano es diferente en cada país; para E.U.A. es una fuente generadora de divisas, mientras que para India, México y Brasil juega un papel primordial en la alimentación (Ortiz, 1998). En nuestro país es una leguminosa muy preciada, ya que forma parte esencial en la dieta de la población (Acosta *et al.*, 1998).

El rendimiento promedio obtenido en el país durante el periodo 90-99, fue de 630.9 kg/ha (SAGAR, 2000), cifra que se ve afectada al igual que la producción por factores de diversa índole como: la precipitación, temperaturas extremas y enfermedades (Muñoz *et al.*, 1995; SAGAR, 1998).

Dentro de las enfermedades que atacan al frijol se distinguen las del área foliar y las que dañan el sistema radicular, como las pudriciones de raíz inducidas principalmente por patógenos de los géneros *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* (Campos, 1991).

*Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*, son hongos que afectan a una gran diversidad de especies vegetales, entre las cuales figuran cultivos con alto valor económico como: jitomate (*Lycopersicon esculentum*), papa (*Solanum tuberosum*), algodón (*Gossypium hirsutum*), melón (*Cucumis melo*) y otros de importancia como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Romero, 1988).

Cuando se presentan las condiciones adecuadas para su desarrollo (temperaturas de 22 a 28 °C y humedades altas), ambos patógenos llegan a ocasionar daños hasta del 53% al cultivo y pérdidas económicas considerables al reducir su rendimiento (Campos, 1991).

Se tienen datos de que tanto *Fusarium* spp. como *Rhizoctonia solani* están distribuidos en todas las zonas productoras del frijol. Las especies del género *Fusarium* que afectan a esta leguminosa son: *F. oxysporum* f. sp. *phaseoli* y *F. solani* f. sp. *phaseoli*, mismos que llegan a presentar severos daños al cultivo y pérdidas económicas considerables (Abawi y Pastor-Corrales, 1990; Acosta, 1992).

En el control de ambos patógenos se pueden llevar a cabo diversas prácticas culturales, hacer uso de productos químicos y emplear variedades con resistencia, diversos investigadores concuerdan en que esta última opción es la manera mas práctica de combatirlos (Velásquez-Valle y Schwartz, 1997; Navarrete y Acosta 1999).

Por el papel preponderante que ocupa el frijol (*P. vulgaris* L.) dentro de la alimentación de los mexicanos, la gran demanda alimenticia y la necesidad de contar hoy en día con mayores producciones y mejores rendimientos, se hace indispensable ejercer un mayor control sobre los factores adversos que reducen el potencial de esta leguminosa. Dentro de estos factores figuran las enfermedades, mismas que solo serán controladas con un manejo integral, donde se hace fundamental el uso de variedades con resistencia a enfermedades como las pudriciones de raíz, inducidas por los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*. Con este fin se desarrolló esta investigación, en la cual se busca identificar material genético que pueda ser utilizado en trabajos posteriores sobre mejoramiento, de esta manera contar con variedades que satisfagan varios propósitos: altos rendimientos, calidad nutricional y resistencia a las enfermedades causadas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar bajo condiciones de invernadero y de campo la resistencia que presentan 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a lo largo de su ciclo de vida, al ataque de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*.

### **1.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar el comportamiento de los hongos *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* a lo largo del ciclo biológico de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

- Identificar genotipos que presenten mayor resistencia a *Fusarium* spp. y/o *Rhizoctonia solani*.

- Determinar la incidencia de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* a lo largo del ciclo del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

## II MARCO DE REFERENCIA

### 2.1 Definición de Resistencia

La resistencia se puede definir como el conjunto de mecanismos que brindan la capacidad a las plantas para evadir, retardar, inhibir o escapar al desarrollo de la infección causada por un patógeno. Los niveles de resistencia van desde la inmunidad, cuando los patógenos no causan daño alguno a las plantas, hasta la susceptibilidad, los patógenos causan diversos grados de daño en las plantas (Dickinson y Lucas, 1997; Agrios 1995).

De acuerdo a Agrios (1995), existen diferentes tipos de resistencia, como se observa a continuación:

**2.1.1 Resistencia de plantas no hospedantes.** Sólo en estos casos se puede hablar de una inmunidad, pues aunque se presenten las condiciones ambientales adecuadas para el ataque del patógeno, al no haber una compatibilidad con la planta, ésta no sufre daño alguno.

**2.1.2 Resistencia verdadera.** Es cuando la planta cuenta con diversos mecanismos de defensa que actúan contra el ataque del patógeno, estos pueden formar parte de la estructura y composición de la planta: ceras, cutícula, paredes celulares, endodermis, estomas o lenticelas, nutrientes, pH, compuestos tóxicos e inactivadores de enzimas, o bien pueden ser inducidos en el momento que inicia su ataque el patógeno: lignificación, capas de abscisión, barreras entre las heridas, tálides, fitoalexinas y mecanismos de destoxificación (Dickinson y Lucas, 1987).

Este tipo de resistencia a su vez se divide en:

**2.1.2.1 Resistencia horizontal.** Está controlada por diversos genes. poligénica o de genes múltiples, que se encargan de los procesos fisiológicos de la planta y además generan las estructuras y sustancias de los mecanismos de defensa. Es efectiva contra todas las razas de un patógeno y se ve afectada por las condiciones ambientales.

**2.1.2.2 Resistencia vertical.** Esta confiere la protección a la planta contra razas específicas

de patógenos. Es controlada por uno o algunos genes: resistencia monogénica u oligogénica. Inhibe o limita el establecimiento del inóculo inicial del patógeno.

**2.1.3 Resistencia aparente.** Se consigue cuando por diversas condiciones o circunstancias, el hospedante puede escapar a la infección o síntomas que causa un patógeno. Podemos encontrar:

**2.1.3.1 Escape de la enfermedad.** Se presenta cuando por alguna razón, uno o mas de los tres elementos para el desarrollo de la enfermedad: hospedante susceptible, condiciones ambientales favorables y un patógeno virulento, no interactúa en el momento adecuado o bien su duración es insuficiente. Se controla totalmente por el ambiente.

**2.1.3.2 Tolerancia a la enfermedad.** Es cuando a pesar de que las plantas están infectadas por un patógeno, tienen la capacidad de producir una buena cosecha.

## **2.2 Características Generales del Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.)**

### **2.2.1 Antecedentes**

El frijol común es originario del continente Americano de la zona comprendida entre México y Guatemala, siendo nuestro país el centro de diversificación primaria (Ortubé, *et al.*, 1996). Los restos más antiguos de esta leguminosa ya domesticada tienen una antigüedad aproximada de cinco mil años y fueron localizados en Coxcatlán, Puebla (SAGAR, 1998).

En la época prehispánica, el maíz y otros cultivos incluyéndose al frijol, fueron base en la dieta de aquellos pueblos, quienes domesticaron y cultivaron frijoles de diferentes tamaños, colores y características (Ortiz, 1998; Ortubé *et al.*, 1996).

Hay informes de que en esa época la siembra se efectuaba bajo condiciones de temporal en la mayoría de los pueblos indígenas. En el centro de México se realizaba bajo condiciones de riego en las chinampas o en terrazas, utilizando como abono cenizas o lodo con materia orgánica, modalidad que cambió después de la conquista, donde las tierras de riego se destinaron al cultivo del trigo y las de temporal se dejaron para el frijol y el maíz (SAGAR, 1998).

## **2.2.2 Importancia del frijol**

### **2.2.2.1 Panorama internacional**

El frijol tiene un diferente valor socioeconómico para cada país. En algunos países como México, Brasil e India, es básico en la alimentación, y en otros como Estados Unidos su importancia radica en la generación de divisas (Ortiz, 1998). El frijol tiene una amplia demanda en poblaciones de América Latina, China, Asia y Sur de Estados Unidos.

Los principales países productores de esta leguminosa a nivel mundial son: India, Brasil, China, México y Estados Unidos, que en su conjunto cosecharon una superficie equivalente al 70.9% del total mundial en el periodo 93-95, siendo la India el principal productor. Aunque la India aportó para ese periodo el 23.92% de la producción total mundial, Brasil el 16.60%, China el 10.95%, México el 7.50% y Estados Unidos el 7.1%, los mejores rendimientos los obtuvo Estados Unidos con 1705 Kg/ha, superando la media mundial de 659 Kg/ha; mientras que la India mostró los rendimientos mas bajos, de 423 Kg/ha. Nuestro país por su parte ocupó el tercer lugar en rendimientos con 655 Kg/ha (Cuadro No. 1).

El hecho de que la India tenga rendimientos tan bajos trae como consecuencia que deba importar frijol para satisfacer su demanda. Por su parte México y Brasil son los principales productores en América Latina con 1.2 y 2.8 millones de ton/año; sin embargo, sus rendimientos se consideran bajos, 655 y 660 Kg/ha respectivamente, destinando el total de su producción al autoconsumo. Mientras que China se coloca como el principal exportador del mundo, teniendo como destino de la producción a Asia del Sur. En nuestro continente el mayor exportador es Estados Unidos y sus importadores son: Inglaterra, Japón y principalmente México, que en 1990 importó 330 mil toneladas del básico y en 1997 54, 915 miles de toneladas (Ortiz, 1998).



**Cuadro No. 1. Superficie, producción y rendimiento de frijol de los principales países productores en el periodo 93-95.**

<b>País</b>	<b>Superficie cosechada (miles de ha)</b>	<b>producción (miles de ton)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
India	9,865	4,176	423
Brasil	4,772	2,897	607
China	1,406	1,911	1,359
México	2,000	1,310	655
E.U.A.	723	1,232	1,705
Otros	7,716	5,936	
<b>Total</b>	<b>26,482</b>	<b>17,461</b>	<b>(mundial) 659</b>

Fuente:FAO, citado por ORTIZ, 1998.

### 2.2.2.2 Panorama nacional

En México el frijol es muy importante, pues constituye un alimento básico para un alto porcentaje de la población y en muchos casos es una de las pocas fuentes de proteínas, su consumo es tal que durante el periodo 90-97 fue de 14.5 Kg/persona (Ortiz, 1998; SAGAR, 1998). Las principales clases comerciales de frijol que se consumen son: Flor de Mayo, Flor de Junio, Azufrado, Pinto, Bayo y Negro (Acosta y Rosales, 1998).

El cultivo de la leguminosa está distribuido por todo el país, ocupando grandes superficies de siembra. Lo anterior, además del aporte alimenticio que tiene, lo coloca como el segundo cultivo mas importante de México (SAGAR, 1998).

La superficie nacional destinada para siembra en el periodo 90-97 fue de 2.2 millones de hectáreas, siendo los principales productores los estados de Zacatecas (32.45% de la producción nacional), Durango (13.16%), Chihuahua (9.21%), San Luis Potosí (6.11%) y Guanajuato (5.68%), quienes en su conjunto aportaron el 66.6% de la producción total nacional (SAGAR, 1998).

La producción nacional es netamente temporalera y eso se constata al observar que de los 2.2 millones de hectáreas sembradas en el periodo 90-97, el 86.90% corresponden a la producción de temporal y el resto, 13.10% es de riego. Así que de 1'201,149 toneladas totales, 394,648 fueron de riego y 806,501 mil de temporal, destacando Zacatecas con la mayor producción en temporal 270,946 mil ton/ha, que representó el 33.6% de la producción total y en riego, Sinaloa con 138,654

mil toneladas. (Cuadro No. 2).

**Cuadro No. 2. Producción obtenida de los principales estados productores de frijol a nivel nacional durante el periodo 90-97.**

Principal es estados productos	Año de producción/producción ton/ha.								
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	Promedio
ZAC.									
Riego	*107,212	104,490	60,216	68,361	105,732	79,810	71,417	75,273	84,088
Temporal	378,412	364,598	73,968	244,145	349,811	280,014	318,872	157,749	270,946
Total	485,654	469,083	134,184	312,506	455,543	359,824	390,289	233,022	355,014
SIN.									
Riego	78,290	141,978	98,206	155,253	156,278	186,023	130,772	162,435	138,654
Temporal	21,043	18,432	10,023	14,578	23,198	17,520	8,211	17,095	16,263
Total	99,333	160,410	108,229	169,831	179,476	203,543	138,983	179,530	154,917
DGO.									
Riego	5,276	7,821	8,207	9,928	7,648	6,147	5,027	6,986	7,130
Temporal	105,813	166,015	34,023	166,504	128,222	140,152	191,490	35,476	120,932
Total	111,089	173,836	42,230	176,432	135,870	146,299	196,517	42,462	128,092
CHIH.									
Riego	6,819	6,169	3,562	5,981	23,132	23,790	16,598	17,510	12,945
Temporal	82,230	68,258	23,281	143,195	49,394	46,407	134,628	65,315	76,589
Total	89,049	74,427	26,843	149,176	72,526	70,197	151,226	82,825	89,534
NAY.									
Riego	26,837	39,394	13,060	30,280	30,455	27,211	23,793	21,993	26,628
Temporal	23,774	57,080	14,428	71,938	60,579	67,088	48,504	50,446	49,230
Total	50,611	96,474	27,488	102,218	91,034	94,299	72,297	72,439	75,858
OTROS									
Riego	134,022	150,181	111,830	112,128	145,208	128,714	98,247	121,454	125,223
Temporal	307,606	254,103	267,770	265,282	284,582	268,039	301,538	221,180	272,513
Total	502,239	404,284	379,600	377,410	429,790	396,768	399,785	342,634	397,736
TOTAL									
Riego	358,486	450,033	295,081	381,931	468,453	451,695	345,854	405,651	394,648
Temporal	928,878	928,486	423,493	905,642	895,786	819,220	1'003,243	547,261	806,501
Total	1'287,364	1'378,574	718,574	1'287,573	1'364,239	1'270,915	1'349,097	952,912	1'201,149

Fuente: Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SARH: 1990, 1991, 1992 y 1993. SAGAR: 1994, 1995, 1996 y 1997. Zac.: Zacatecas, Sin.: Sinaloa, Dgo.: Durango, Chih.: Chihuahua y Nay.: Nayarit.

La superficie cosechada para el mismo periodo fue de 1'881,149 hectáreas, 336,645 menos de las que se sembraron, esto debido a múltiples factores como la presencia de plagas, periodos de sequía, inundaciones, enfermedades, lluvias, etc., que afectaron a las diversas entidades productoras, su impacto depende de la variedad de frijol de que se trate (SAGAR, 1998) (Muñoz *et al.*, 1995) (Cuadro No.3).

El rendimiento promedio del periodo 90-99 fue de 630.9 Kg/ha (Cuadro No.3). El rendimiento del frijol al igual que la producción, están influenciados por una gran cantidad de factores entre los que se encuentran la precipitación y la evaporación, que en su conjunto determinan el 80% del rendimiento (Ortiz, 1998).

**Cuadro No. 3. Superficie sembrada, cosechada y rendimiento de frijol en México durante el periodo 90-99.**

Años	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (kg / ha)
1990	2'271,620	2'094,017	615.0
1991	2'198,857	1'988,981	693.0
1992	1'860,880	1'295,588	555.0
1993	2'151,020	1'873,862	687.0
1994	2'385,562	2'086,687	654.0
1995	2'353,750	2'040,447	623.0
1996	2'195,898	2'048,456	659.0
1997	2'319,561	1'615,057	598.0
1998	2'376,318	2'146,472	587.0
1999	2'393,688	1'694,659	638.0
Pomedio	2'250,715	1'888,423	630.9

Fuente: SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria. 2000. Serie Histórica de superficie sembrada, cosechada y rendimiento de los principales cultivos. México.

### 2.2.3 Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Familia	Leguminosae
Subfamilia	Papilionoideae
Tribu	Phaseolae
Subtribu	Phaseolinae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

#### 2.2.4 Características botánicas del frijol

El frijol es una planta C3 que fija el CO<sub>2</sub> y lo reduce directamente en el ciclo de Calvin; es principalmente autógama, aunque también llega a presentar polinización cruzada, su emergencia es epigea (los cotiledones están sobre el suelo) (Escalante y Kohashi, 1993). Presenta un fotoperiodo de día corto, ya que días largos retardan la floración.

Debouck e Hidalgo (1995, citados por Ortubé *et al.*, 1996), describen al frijol como una planta de consistencia herbacea, que posee hojas simples y compuestas insertadas en los nudos del tallo y ramas.

Tiene una raíz típica y ligeramente fibrosa, con presencia de nódulos bacterianos (*Rhizobium phaseoli*), que realizan la fijación del nitrógeno atmosférico.

Su tallo funciona como el eje central de la planta, puede ser corto y robusto, o de guía y voluble con pubescencias cortas y rígidas, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos.

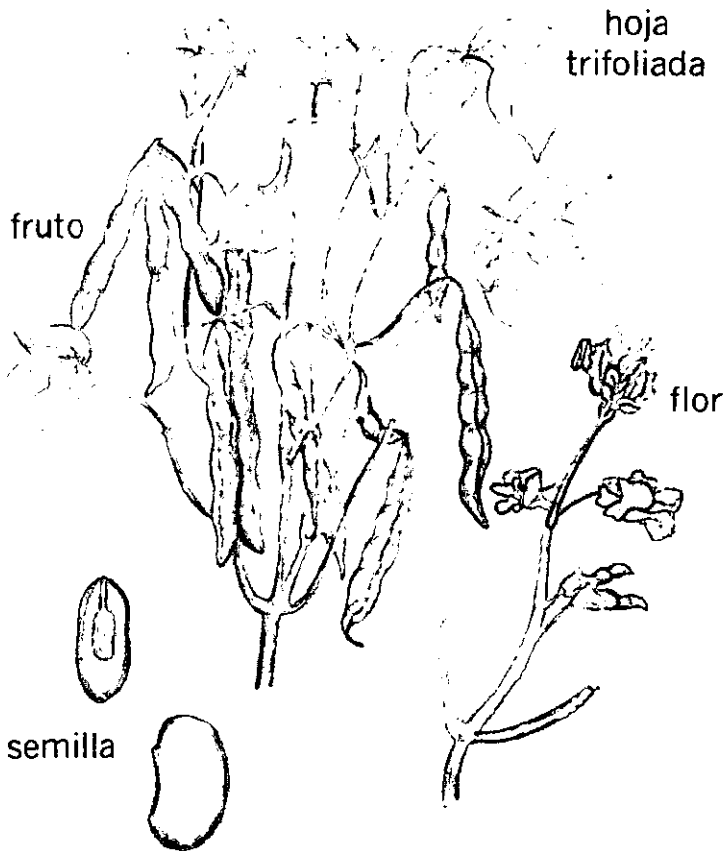
Presenta dos tipos de hojas: simples y compuestas. Las simples o cotiledonares sólo están presentes en las primeras etapas de desarrollo de la planta, las compuestas están conformadas por tres folíolos (trifoliadas) son de diversos tamaños, alternas, pecioladas y con nervadura reticulada.

Sus flores, hermafroditas con forma amariposada, presentan varios colores que por lo general son blanco o lila y están agrupadas en racimos (Ortiz, 1998; Ortubé, *et al.*, 1996).

El fruto es una vaina cilíndrica de tamaño variable, formada por dos carpelos carnosos y dehiscentes que contienen de cinco a seis semillas.

Las semillas de forma arriñonada, también de diferentes tamaños presentan una amplia gama de colores: blancos, amarillos, crema, rosa, rojos, negros, pintos, entre otros. Pueden ser planos o bolas de superficie opaca o brillante (Escalante y Kohashi, 1993) (Figura No. 1).

Figura No.1. Características morfológicas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).



Fuente: tomado de Ortubé *et al.*, 1996. Adaptado por Cervantes, M.A.

### 2.2.5 Desarrollo y crecimiento

**Hábitos de crecimiento.** Para clasificar a estas plantas de acuerdo a su hábito de crecimiento se consideran diversas características como: el tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo el número de nudos, la longitud de los entrenudos, la altura de la planta, la aptitud para trepar, el grado y tipo de ramificación.

En plantas de frijol se observan dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. Las plantas de hábito determinado también denominadas de mata, se caracterizan por ser arbustivas y presentar racimos florales axilares en la etapa de floración y un racimo terminal en el tallo principal y en las ramificaciones. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, los racimos son únicamente axilares. En este hábito podemos encontrar dos modalidades: 1) El tallo principal y las ramas crecen en forma limitada y dan la apariencia de tipo mata o arbusto. 2) El tallo principal y las ramas tienen la capacidad de trepar sobre un soporte, en este último se distinguen las variedades de media guía, guía larga y trepadoras (Cuadro No.4).

**Cuadro No.4. Hábitos de crecimiento del frijol de acuerdo al CIAT**

Tipo	Hábito de crecimiento	Descripción
I	Determinado arbustivo	Ia.- Tallo y ramas fuertes y erectas Ib.- Tallo y ramas débiles
II	Indeterminado, arbustivo: tallos y ramas erectas	Ila.- Tallo recto sin guías Ilb.- Tallo recto con pequeñas guías
III	Indeterminado arbustivo: (con tallos y ramas débiles, de consistencia rastroso)	IIIa.- Guías cortas sin habilidad para trepar IIIb.- Guías largas con capacidad para trepar
IV	voluble (con tallos y ramas débiles, largos y torcidos)	Su tallo desarrolla doble capacidad de torsión, favoreciendo su habilidad trepadora; es el tipo que se utiliza en asociación maíz/frijol

Fuente: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1987.

En las variedades de hábito determinado, la floración se presenta de la parte superior del tallo o de las ramas hacia abajo y en las de hábito indeterminado, de abajo hacia arriba.

**Fenología.** Las etapas fenológicas del frijol se pueden agrupar en dos fases: la fase vegetativa y la reproductiva (Escalante y Kohashi, 1993) (Figura No.2).

## **Fase vegetativa (V)**

Esta fase está compuesta por cinco etapas: germinación, emergencia aparición de hojas primarias, primera hoja trifoliada, tercera hoja trifoliada. Su inicio se da desde el momento en que existen las condiciones necesarias para la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales (crecimiento determinado) o racimos (crecimiento indeterminado).

### **Germinación (V-0)**

Inicia cuando la semilla cuenta con la humedad necesaria para la reanudación del crecimiento del embrión, efectuándose el crecimiento del hipocótilo, termina cuando emerge el gancho plumular (Figura No.2 V-0).

### **Emergencia (V-1)**

Esta etapa inicia cuando por los menos el 50% de la población esperada\* presenta los cotiledones a nivel del suelo, durante la misma se endereza el gancho plumular, los cotiledones toman una posición horizontal en el primer nudo. Termina con el despliegue de las hojas primarias (Fig. No.2 V-1).

### **Hojas primarias (V-2)**

Principia cuando las hojas primarias están completamente desplegadas, hay una expansión de estas hojas y de los folíolos de las hojas compuestas (Fig. No.2 V-2).

### **Primera hoja trifoliada (V-3)**

La primera hoja trifoliada está totalmente abierta y ubicada en un plano (Fig. No.2 V-3).

### **Tercera hoja trifoliada (V-4)**

En este caso la tercera hoja trifoliada está completamente desplegada y los folíolos están en un solo plano (Fig. No.2 V-4).

\* La consideración del 50% de la población se aplica en todas las etapas de las plantas.

## **Fase reproductiva (R)**

Esta fase inicia cuando aparecen los primeros botones florales en plantas de crecimiento determinado (apicales) y los racimos en hábito de crecimiento indeterminado (axilares). Esta fase se compone de las siguientes etapas: prefloración, floración, formación de vainas, llenado de vainas y maduración.

### **Prefloración (R5)**

Inicia cuando aparece el primer botón o primer racimo en la planta (Fig. No.2 R-5).

### **Floración (R6)**

Esta etapa está determinada por la apertura total de la primera flor, desde que las flores son turgentes y tienen el color característico de la especie, hasta que se marchitan para dar paso a la vaina (Fig. No.2 R-6).

### **Formación de vainas (R7)**

Se considera que la planta ha entrado en esta etapa desde que presenta la primera vaina con la corola de la flor desprendida, hasta que la vaina ha alcanzado su máximo desarrollo (Fig. No.2 R-7).

### **Llenado de vainas (R8)**

Una vez que la vaina terminó su crecimiento, empieza el de la semilla que marca el comienzo de la etapa R8, a lo largo de ésta la semilla experimenta además cambios en su tonalidad hasta adquirir la que caracteriza a su variedad. La planta también sufre cambios: amarillamiento de hojas y abscisión de las mismas (Fig. No.2 R-8).

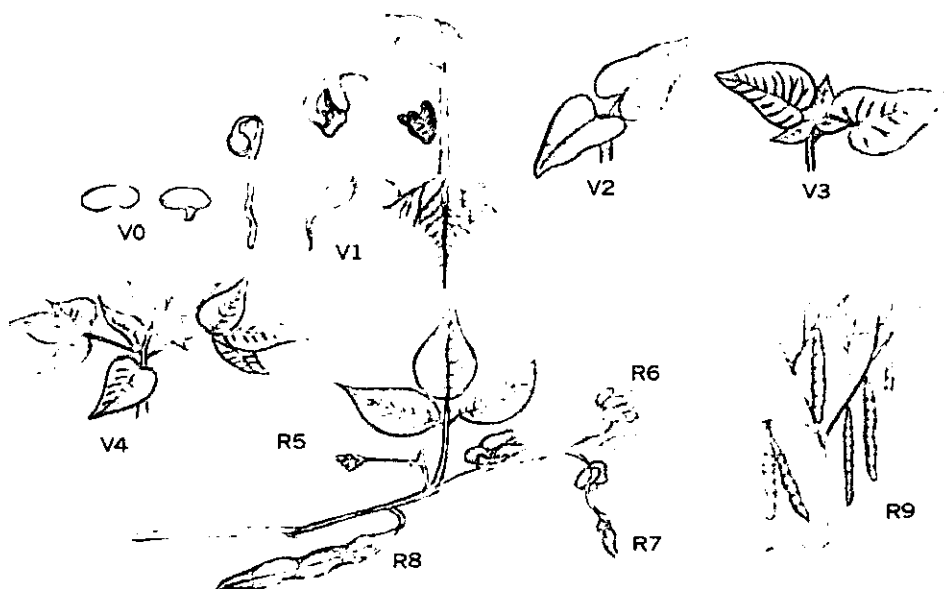
### **Maduración (R9)**

Finalmente en la etapa R9 se efectúa la decoloración y secado de las vainas. La planta pierde sus hojas completamente y solo quedan unidas las vainas. La planta completa su ciclo (Fig. No.2 R-9).



**Ciclo Biológico.** De acuerdo a la duración de su ciclo biológico el frijol se puede dividir en: variedades precoces con duración de 100 días a madurez; intermedias de 100 a 115 días y tardío con más de 115 días (Acosta *et al.*, 1998).

**Figura No.2. Etapas fenológicas del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).**



Fuente: Escalante y Kohashi-Shibata. 1993. Adaptado por Cervantes, M.A.

### 2.2 6 Valor nutritivo

El grano de frijol seco es 100% comestible y contiene 80% de proteínas y carbohidratos (Ortiz, 1998); además está compuesto por 4.30 g de fibra, 1.80 g de grasas y 7.90% de humedad por cada 100 g de alimento crudo en peso neto, adicionalmente aporta diversos minerales y vitaminas (Cuadro No. 5). Los valores varían de acuerdo al tipo de frijol de que se trate (Flor de Mayo, Negro, Azufrado, Blanco) (Muñoz *et al.*, 1996).

**Cuadro No. 5. Tabla de valor nutritivo del frijol.**

LÍPIDOS		MINERALES		VITAMINAS	
Grasas totales g	1.80	Cálcio mg	228.00	Retinol µg	1.00
Colesterol mg	0.00	Fósforo mg	407.00	Ácido ascórbico mg	0.00
Saturados totales g	0.12	Hierro mg	5.50	Tiamina mg	0.62
Monoinsaturados (oleico) g	0.06	Magnesio mg	140.00	Riboflavina mg	0.14
Poliinsaturados (linoléico) g	0.18	Sodio mg	24.00	Niacina mg	1.70
		Potasio mg	1406.00	Piridoxina mg	0.40
		Zinc mg	2.79	Ácido fólico µg	
				Cobalamina µg	0.00

100 g de alimento crudo en peso neto, mg = miligramos, µg = microgramos. Muñoz *et al.*, 1996.

### 2.2.7 Requerimientos climáticos y edáficos

Clima: A esta leguminosa se le encuentra tanto en regiones templadas como tropicales, para su desarrollo requiere de precipitaciones equivalentes a 1000 y 1500 mm anuales en promedio. No resiste heladas y lluvias excesivas.

Suelo: se cultiva en suelos de franco-limosos a ligeramente arenosos, tolerando también suelos franco-arcillosos (SAGAR, 1998).

Según Ortiz (1998) el cultivo requiere de una temperatura de 15-27 °C y una precipitación en temporal de 300-500 mm. El pH del suelo más adecuado es de 5.5-7.0, aunque la SAGAR (1998) maneja un rango de 5.5-6.5.

### 2.2.8 Producción del frijol

Para el cultivo del frijol es necesario preparar el terreno con un subsuelo en caso de suelos compactados. Hay que barbechar después de la cosecha para aprovechar la humedad del suelo y permitir que el barbecho alcance de 20 a 30 cm de profundidad, posteriormente es recomendable efectuar un paso de rastra, de preferencia cuando emerja la primera generación de malezas (Ibarra y Castillo, 1998).

Acosta y Rosales (1998), recomiendan que la semilla a utilizar para la siembra esté adaptada a la región de cultivo.

La cantidad de semilla a utilizar va a estar determinada por el tamaño de la misma de tal manera que de semilla chica serán necesarios 25 kilos; de mediana 30 a 45 kilos y de 50 a 60 kilos para semillas grandes (Ibarra y Castillo, 1998). La semilla puede sembrarse de forma manual o mecánica, depositándola de 6 a 8 centímetros de profundidad a una separación entre plantas de 7 a 10 cm y de 60 a 70 cm, entre surcos (Rosales *et al.*, 2000).

Es muy importante mantener el terreno libre de malas hierbas y de plagas. El control en caso de las malezas se puede hacer con tracción mecánica, tracción animal o bien mediante productos químicos. El control de las plagas es básicamente con productos químicos (Acosta *et al.*, 1998).

La cosecha se realiza en el momento que las vainas adquieren un color paja, entonces las plantas se trillan mediante el golpe con vara, paso de animales o tractor, esto se hace de preferencia cuando la humedad de la semilla esté entre el 14 y 16 %. Su almacenamiento debe ser en lugares secos, fríos, con buena ventilación y limpios, sin la presencia de insectos o roedores (Rosales *et al.*, 2000).

### **Pudriciones de raíz causadas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en frijol**

En el frijol, generalmente se le ha dado mayor importancia a las enfermedades foliares que a las pudriciones de raíz, debido básicamente a la rápida detección de los síntomas; sin embargo, las pudriciones de raíz también pueden retrasar y disminuir el desarrollo de las plantas, ocasionando además pérdidas en la producción (Keenan *et al.*, 1974, citado por Sánchez y Cárdenas, 1988; Schwartz y Gálvez, 1980). Dentro de los patógenos que inducen este tipo de enfermedades se encuentran los hongos de los géneros *Fusarium* y *Rhizoctonia*.

## **2.3 Características generales del género *Fusarium***

### **2.3.1 Importancia de *Fusarium* como hongo fitopatógeno**

Este patógeno se encuentra dentro de los hongos que causan pudriciones de raíz, su distribución es muy amplia y el número de hospedantes también. La marchitez es un síntoma típico de las plantas afectadas por la enfermedad, donde los restos de vegetales infectados son la principal fuente de inóculo. Dentro de las diez especies en las que se le ha dividido, sin duda alguna la más perjudicial

es *F. oxysporum* pues entre sus hospederos figuran cultivos con alto valor económico como: jitomate (*Lycopersicon esculentum*), papa (*Solanum tuberosum*), chícharo (*Pisum sativum*), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cebolla (*Allium cepa*), col (*Brasica oleraceae*), melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus vulgaris*), plátano (*Musa* spp.), café (*Coffea arabica*), tabaco (*Nicotina tabaco*), algodón (*Gossypium* spp.), etc.

En muchos casos el hongo no ataca de manera individual, si no que lo hace en asociación con otros patógenos (Parry, 1990). Esto demuestra su capacidad para adaptarse a la interacción con otros organismos fitopatógenos para obtener un beneficio mutuo.

En frijol, *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* y *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, están considerados como los principales patógenos que causan las pudriciones de raíz en América Central, América del Sur, África y otras áreas. En Nicaragua, Valles Altos de México, Venezuela, Noreste de Brasil y regiones andinas del Perú, se han presentado severos daños al cultivo y pérdidas económicas considerables, aunque desafortunadamente no existen datos cuantitativos de éstas (Pastor-Corrales y Abawi, 1990).

*F. solani* f. sp. *phaseoli* es el responsable de la enfermedad conocida como pudrición seca de las raíces de frijol. En 1992, la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, señaló a *F. solani* como un problema de producción en los estados de Sinaloa, Tamaulipas, Durango, Jalisco, Veracruz, Guanajuato y Chiapas.

Se ha encontrado que *F. solani* está afectando en mayor proporción a cultivos como el frijol y la papa, ocasionando una pudrición seca en raíz y tubérculos, respectivamente. Esta es una situación grave porque en general se observa que las pudriciones causadas por hongos son las más generalizadas, en parte debido a que las poblaciones de los hongos se han incrementado, al ser favorecidas por múltiples factores, entre ellos la práctica del monocultivo (Romero, 1988).

La pudrición de raíz ocasionada por *F. solani* f. sp. *phaseoli*, es una de la más extendidas a nivel mundial, aunque básicamente se le encuentra en zonas templadas (Smith y Dunez, 1992). La

severidad del daño que ocasiona depende de la ocurrencia de otros factores que afecten a la planta.

*Fusarium oxysporum*. La enfermedad que causa este patógeno se conoce como “marchitamiento o amarillamiento por *Fusarium*” y se presenta como un problema crítico en zonas del país donde prevalecen temperaturas altas (20 a 28 °C) y períodos de sequía durante el ciclo del cultivo (SARH 1992).

### 2.3.2 Clasificación taxonómica y características morfológicas de *Fusarium*

Reino	Fungi
División	Mastigomicota
Clase	Deuteromicetes
Orden	Moniliales
Familia	Moniliaceae
Género	<i>Fusarium</i>
Especies	<i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Fusarium solani</i>

Las especies *F. solani* y *F. oxysporum*, cuentan con formas especiales (f. sp.), es decir formas que atacan a una especie vegetal en particular, a las que atacan al frijol se les ha denominado forma especial *phaseoli*.

#### Descripción del género *Fusarium*

Según la descripción que hace Link en 1915 (citado por Romero, 1988), *Fusarium* presenta conidióforos alargados en forma de botella, con ramas a intervalos regulares o verticiladas, septados, individuales o agrupados en esporodoquios; conidios de dos tipos: a) microconidios elípticos o piriformes, unicelulares o bicelulares, no curvados en cabezuelas o en cadenas (Fig. No.4-e:mi), b) macroconidios falcados en forma de media luna o elípticos, de hasta nueve septas, ápice puntiagudo, romo o en forma de gotero, base puntiaguda o en forma de pie (Fig. No.4-e: ma). c) clamidosporas si se producen, globosas, ovales o piriformes, individuales o en grupos, intercalares o terminales, uni o bicelulares, lisas o rugosas y generalmente de color café (Fig. No.4-f: cl). No todas las especies se reproducen sexualmente, las que si lo hacen producen peritecios del

tipo *Nectria*, *Hypomyces*, *Gibberella* o *Calonectria* (Romero, 1988).

*Fusarium solani* (Mart.) Appel and Wollenw. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyder y Hansen produce los tres tipos de esporas asexuales. Sus macroconidios tienen forma de “hoz” son multiseptados, gruesos, no puntiagudos, con pared gruesa, anchura máxima de 4.5-5.5 micras y generalmente son producidos en esporodoquios. Los microconidios son pequeños y elípticos producidos en conidióforos alargados y las clamidosporas son de redondas a ovales o piriformes con diámetro de 6-16 micras. Estas están formadas en la punta de ramas cortas o intercaladamente en las hifas. Generalmente se producen de manera individual, pero también se les puede encontrar en pares o formando grandes masas. Las masas de esporas son color crema amarillo, azul-verde o violeta (Schwartz y Morales, 1989).

*Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *phaseoli* Kendrick and Snyder produce macroconidios finos, alargados, puntiagudos, de pared delgada, anchura máxima 3-4.5 micras y 25 a 35 micras de largo, de 3 a 5 septas, a menudo tienen una célula basal pedicelada, se forman al principio en fialides individuales y luego en esporodoquios. Los microconidios siempre están presentes son oval-elipsoides mono o bicelulares y se forman en fialides cortas no ramificadas, nunca en cadena, pero agrupadas en falsos capítulos. Las clamidosporas son hialinas sin septos, son solitarias o pueden estar en cadenas cortas (Smith, *et al.*, 1992; SARH, 1992) y las masas de esporas son color rosa, púrpura o violeta. Hasta 1992 se conocían dos razas fisiológicas del patógeno (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

### 2.3.3 Ciclo de vida de *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*

#### 2.3.3.1 Germinación

Las clamidosporas y macroconidios actúan como inóculo primario. Las clamidosporas se forman cuando las condiciones no son favorables para un crecimiento activo del hongo, estas esporas requieren de nitrógeno, carbohidratos y una humedad relativa superior al 96% (N.A.S., 1980). El micelio del hongo no crece a través del suelo, en la naturaleza está limitado sobre todo a los tejidos de los huéspedes. Blakeman y Williamson (1994) mencionan que la germinación de las clamidosporas de *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* puede estimularse por diversos aminoácidos como

asparagina, glutamina, glicina, entre otros, y por los azúcares glucosa, sacarosa y fructuosa tanto en el suelo como “*in vitro*”. El estímulo se da por exudados de raíces de plantas hospederas o por contacto con residuos de material contaminado (Fig. No.4-a).

Los macroconidios están eventualmente atrapados entre las paredes de los vasos xilemáticos, aquí germinan y posteriormente penetran a las células produciendo microconidios (Schwartz y Morales, 1989).

Tanto las clamidosporas de *F. oxysporum* como de *F. solani* pueden persistir en forma inactiva durante varios años y germinar al disponer de nutrientes y de las condiciones adecuadas, como cuando se localizan en las partes jóvenes de las raíces.

#### 2.3.3.2 Desarrollo y penetración

Con la germinación de las clamidosporas se inicia la elongación de las hifas, la penetración tiene lugar principalmente en la zona de elongación de la raíz, puede ser también a través del meristemo apical y de los pelos radiculares, aunque esta vía no es muy común, también utilizan las heridas o ataques de otros organismos como los nemátodos de los géneros *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. Las lesiones de las plantas son muy importantes para la infección inicial, ya que éstas incrementan la ocurrencia de una infección exitosa. Los factores que favorecen su germinación y desarrollo son: compactación del suelo, exceso de humedad, sequías que causen estrés a las plantas, altas densidades de población, daños por herbicidas, nitrógeno en su forma amoniacal, metabolitos tóxicos de los residuos de los cultivos y temperaturas del suelo favorables (SARH, 1992) (Fig. No.4-b).

Según Campos (1991) el desarrollo de *Fusarium solani* se puede producir a partir de los 22 °C, mientras que Smith *et al.*, (1992) mencionan que los óptimos térmicos del suelo para su desarrollo son de 26-28 °C, favoreciéndose por déficits hídricos en el suelo. En el caso de *F. oxysporum*, el óptimo de temperatura para su desarrollo es de 20 °C (Schwartz y Morales, 1989).

### 2.3.3.3 Invasión y colonización

El patógeno invade el xilema de la planta, pues el fluido xilemático es un medio perfecto de desarrollo, ya que cuenta con un pH de 5.0 en promedio.

Desde el punto de penetración, el hongo se extiende hacia arriba por los vasos xilemáticos mediante crecimiento miceliar y formación de microconidios que se transportan en la corriente transpiratoria (Smith *et al.*, 1992). En el interior de su hospedero el hongo establece una relación parasítica y se forman algunas estructuras de infección específicas como apresorios y haustorios. Su desarrollo es acompañado por un incremento en su actividad metabólica que implica un rápido aumento en la síntesis de macromoléculas, particularmente de RNA y proteínas (Sussan, 1992). La patogénesis está relacionada con el bloqueo de los vasos y con la formación de enzimas y toxinas (Fig. No.4-c).

Cuando la colonización se lleva a cabo en raíces jóvenes, el hongo se mueve inter o intracelularmente en los vasos del xilema en desarrollo y los invade antes de que logren su madurez (Marshall *et al.*, 1981).

En sus etapas iniciales el hongo generalmente es confinado a los elementos de los vasos del xilema, pero también puede invadir las células del parénquima xilemático, después el micelio en desarrollo y los conidios se expanden por la planta. Conforme la enfermedad avanza puede invadir tejidos adyacentes como el cambium y floema.

En grados más severos de infección, además de invadir los tejidos ya mencionados, los esporodoquios forman grandes cantidades de macroconidios sobre la superficie de las partes afectadas, donde después de un tiempo corto los macroconidios frecuentemente se convierten en clamidosporas; éstas regresan al suelo cuando la planta muere, persistiendo en los residuos de cosecha, para posteriormente reiniciar el ciclo (Marshall *et al.*, 1985).

En general la acción destructiva de *Fusarium* spp. se puede resumir como sigue:

a) El micelio del hongo crece y esporula dentro de los vasos del xilema ocluyéndolos (Fig.No.4-e).



- b) El patógeno produce enzimas que oxidan a ciertas sustancias orgánicas y las transforman en melaninas.
- c) Los vasos del xilema se colapsan o se distorsionan después de la invasión del patógeno y funcionan sólo a una pequeña fracción de su capacidad.
- d) *Fusarium* produce las toxinas: ácido fusárico, ácido deshidrofusárico y licomarasmina que afectan la permeabilidad de las células al agua y causan trastornos respiratorios.
- e) El hongo produce enzimas pectolíticas y celulolíticas que atacan y degradan las sustancias pectínicas y la celulosa de los tejidos, además se forman geles y gomas que taponan las perforaciones de los vasos e impiden la circulación del agua.
- f) Las plantas infectadas por *Fusarium* spp. presentan tildes, que pueden bloquear el movimiento del agua por los vasos. La combinación de estas acciones altera el equilibrio del agua en la planta enferma, y cuando la cantidad de agua disponible para las hojas es menor del mínimo necesario para su función, los estomas se cierran, las hojas se marchitan y finalmente muere toda la planta (De la Garza, 1996).

#### 2.3.3.4 Sintomatología

La aparición de síntomas ocurren después de que el patógeno se ha establecido en el interior de los tejidos del huésped, el marchitamiento que el hongo ocasiona en las porciones aéreas de la planta es un efecto subsecuente de la infección que logró invadir a la raíz (N.A.S., 1980). En *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* los síntomas se observan en el hipocótilo y la raíz, inicialmente en forma de franjas o puntos alargados de color rojizo cuando la planta tiene de 8 -15 días de nacida (etapa V1-V3). A medida que la enfermedad avanza las lesiones se unen y se tornan de color café (SARH, 1992), extendiéndose hasta el cuello de la raíz sin una forma definida, las raicillas mueren por el ataque, pero permanecen adheridas a la planta. En las plantas atacadas se desarrollan raíces adventicias que les permiten continuar vivas e incluso producir grano, pero si las condiciones favorecen el desarrollo del hongo, éste puede llegar a matarlas (Campos, 1991) (Fig. No.3). Por otro lado, la parte aérea tiene un crecimiento lento, presenta síntomas de marchitamiento, clorosis y una defoliación prematura. Cuando la raíz muere, el interior del tallo se hace hueco (Schwartz y Gálvez, 1980).

*F. oxysporum* ataca a la planta durante las etapas fenológicas V4, R5 y R6. Los síntomas de las plantas susceptibles atacadas aparecen a los 7-9 días después de la inoculación y en ataques severos la planta afectada puede morir a los 21 días aproximadamente. Dichos síntomas consisten en una podredumbre seca de la porción superior de la raíz pivotante y del cuello del tallo al nivel del suelo o justo por encima de éste; el tejido del tallo toma una coloración rojiza que puede oscurecerse gradualmente y necrosarse eventualmente (Smith *et al.*, 1992) (Fig. No.3).

**Figura No.3. Síntomas del daño causado por *Fusarium* spp. en raíces de frijol.**



La severidad de la enfermedad es proporcional a la temperatura de incubación y a la densidad de inóculo, los síntomas aéreos iniciales aparecen en las hojas inferiores de la planta (hojas más viejas), las cuales presentan amarillamiento y marchitamiento, debido a la reducción de la absorción de agua por la raíz, posteriormente las hojas jóvenes también presentan estas características, pero de manera más pronunciada. En las hojas infectadas también se pueden observar márgenes necróticos. La clorosis va cubriendo progresivamente toda la planta. Las

plantas severamente afectadas muestran marchitez permanente y defoliación prematura (SARH, 1992; Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

Las masas de esporas rosadas típicas de esta forma especial de *Fusarium* pueden hacerse visibles en el tallo. Es muy característica también la coloración vascular, evidente después de la aparición inicial de los síntomas foliares.

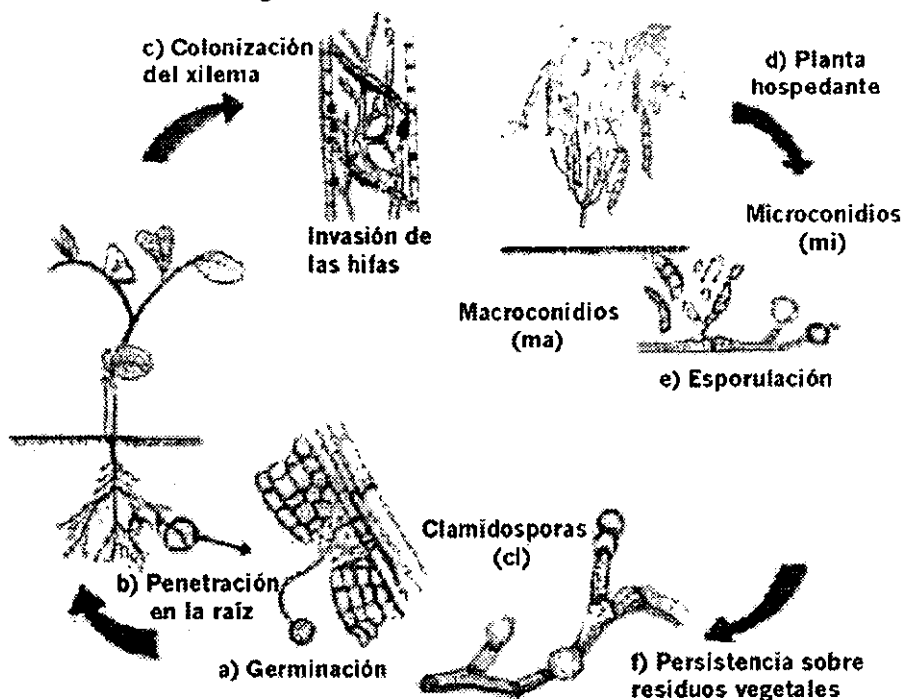
Cuando el frijol es sembrado por varios años consecutivos en un mismo terreno se incrementan las pudriciones causadas por hongos como *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Thielaviopsis*, obteniéndose bajos rendimientos (N.A.S., 1980).

#### 2.3.3.5 Diseminación

Este patógeno tiene diferentes medios de diseminación, entre ellos están: los animales (incluyendo al hombre), el agua, el viento, el suelo, plantas infectadas, residuos de cosecha y semillas (Fig. No.4-f); sin embargo, los agentes más importantes en la práctica son el suelo y el material de multiplicación. Esta forma de diseminación se da cuando los propágulos del hongo (conidios y clamidosporas) se encuentran en la superficie de semillas infectadas o en el interior de las mismas, o bien si las semillas permanecen en los residuos de cosecha contaminados. En la semilla el hongo puede mantenerse viable por 7 meses o más, lo que le permite sobrevivir de una estación a otra (Marshall y Beckman, 1981).

El hombre disemina al patógeno a través del manejo de material vegetal infectado y la maquinaria e implementos de trabajo, que muchas veces conservan residuos de suelo donde se encuentra el hongo, ocasionando la expansión de la enfermedad.

Figura No.4. Ciclo de vida de *Fusarium* spp.



Fuente: Parry. 1990, adaptado por Cervantes, M.A.

### 2.3.3.6 Control

Las formas de controlar al hongo pueden ser a través de: a) prácticas culturales, b) control químico y c) aprovechamiento de variedades que presentan resistencia genética.

a) Dentro de las prácticas culturales de las que se puede hacer uso están:

- Mantener un adecuado drenaje y fertilización para promover el desarrollo vigoroso de la planta.

- Rotaciones de 6-8 años en las que no se cultive ninguna especie de leguminosa o bien la rotación de cultivos como Frijol-Cebada-Frijol, incorporando la paja o rastrojo de la cebada

antes de sembrar frijol. En esta práctica lo que hace disminuir la población de *Fusarium* spp., es la descomposición lenta del rastrojo, pues éste liga los nutrimentos del terreno - particularmente el nitrógeno soluble, a tal grado que interfiere en la germinación de las clamidosporas y en el desarrollo de los tubos germinativos de las esporas que si germinan (N.A.S., 1980).

- En terrenos con problemas críticos de *F. oxysporum* se debe implementar una rotación de cultivos de cereales por periodos largos de tiempo, mínimo 5 años (SARH, 1992).
- Incorporación de residuos de cosecha con altos contenidos de Nitrógeno y Carbono.
- En general todas aquellas prácticas que reduzcan la compactación del suelo.
- Realización del encalado.
- Fertilización potásica y el uso de nitratos.

b) Control químico: Se refiere al uso de distintos tratamientos fungicidas, los cuales se aplican tanto al suelo como a las semillas, reduciendo los daños ocasionados por *Fusarium*. Los fungicidas protectores aplicados como recubrimiento de la semilla pueden destruir o inactivar al inóculo transportado en la semilla o proteger la semilla y la plántula contra las esporas que germinan en el suelo (etapas V0-V3).

Los productos más usados son: Thiram, Quintozene y Captafol. El tratamiento a semillas es más efectivo cuando se aplica como "slurry" o "garapiñado", que consiste en empapar las semillas con solución fungicida. Otros de los fungicidas que se pueden utilizar son Benomyl y Captán. Benomyl es un producto sistémico con movilidad local, se dice que es un fungicida con sitio específico, con un alto riesgo de desarrollo de resistencia, por lo cual se recomienda mezclarlo con fungicidas de diferente modo de acción, como el Captán o el Mancozeb (Robles, 1995). Captán por su parte es un fungicida de contacto, muy utilizado en la desinfección de semillas y tubérculos, en semillas se recomienda usar una dosis de 1-3 g de ingrediente activo por gramo de semilla, por lo general es

aplicado antes o durante la siembra (Schwartz y Gálvez, 1980; Díaz, 1993; De la Garza 1996).

c) Resistencia genética: Se pueden obtener variedades resistentes, como resultado de los trabajos de mejoramiento y manejo del cultivo, a través de la selección de material potencialmente resistente al ataque del hongo.

## 2.4 Características generales del género *Rhizoctonia*

### 2.4.1 Importancia económica de *Rhizoctonia* como hongo fitopatógeno

En frijol la pudrición ocasionada por *Rhizoctonia* ha sido mencionada como una de las más frecuentes, convirtiéndose en un problema serio en países como: Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Costa Rica y Venezuela (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). En México para 1992 se informó de daños ocasionados por *Rhizoctonia* en los estados de Veracruz y Tamaulipas en la región Oriental de la costa del Golfo de México, así como en los estados de Sinaloa, Durango, Jalisco, San Luis Potosí, Guanajuato, Centro de Chiapas y Yucatán. En las zonas productoras de Durango se observaron disminuciones en rendimiento hasta de 35% atribuibles al complejo de pudriciones radiculares (SARH, 1992).

*Rhizoctonia solani* Kuhn se encuentra en el suelo como parásito facultativo o como saprofito, su capacidad patogénica es tan alta que se encuentra en una amplia gama de plantas de todo tipo: malezas, ornamentales, árboles forestales y casi cualquier cultivo hortícola con síntomas de ahogamiento, cancrrosis, pudrición de la corona (Romero, 1988; Mendoza y Pinto, 1983).

### 2.4.2 Clasificación taxonómica y características morfológicas de *Rhizoctonia solani*.

Reino: Fungi  
 División: Mastigomicota  
 Clase: Deuteromicetes  
 Orden: Poliporales  
 Grupo: Micelia-esterilia  
 Género: *Rhizoctonia*  
 Especie: *Rhizoctonia solani* Kuhn (*R. solani*)

El género *Rhizoctonia* fue descrito por De Candolle en 1915, designando a la especie parasítica del azafrán como *R. crocorum*. Fue en el texto de Kuhn, publicado en 1958 donde se describió a la enfermedad provocada por *Rhizoctonia* en la papa, nombrando al hongo que la causaba como *Rhizoctonia solani* Kuhn (Walker, 1975).

La identificación de *Rhizoctonia solani* se realiza considerando sus características miceliares. Se le conoce como hongo estéril y se le ha clasificado dentro del grupo denominado “micelia-esterilia”, ya que durante muchos años se pensó que era incapaz de producir algún tipo de esporas ya sea sexual o asexual. En la actualidad se sabe que este hongo produce basidiosporas por lo que a esta especie, perteneciente a la clase basidiomicetes se le denominó *Thanatephorus cucumeris* (Agrios, 1995).

Su reproducción es por fragmentación de las hifas al azar (Alexopoulos y Mims, 1985). Este hongo produce hifas gruesas. El tamaño y color del micelio varían con la edad; está incoloro cuando es joven y se torna café-rosado cuando envejece (Mendoza y Pinto, 1983). El diámetro celular oscila de 3-7 micras y la relación entre longitud y ancho de célula es generalmente mayor de 5:1, las hifas jóvenes se ramifican en dirección del crecimiento y se ensanchan en el punto de unión con las hifas madres (Departamento de Agricultura de E.U.A., 1980). Las hifas principales se ramifican en ángulo agudo, con una constricción donde surge la ramificación y una septa cerca de ella, después se forman hifas con células cortas muy ramificadas; estas ramificaciones se producen en ángulos rectos (De la Garza, 1996) (Fig. No.6-b). Presenta células multinucleadas en las hifas jóvenes. Sin estructuras asexuales de reproducción forma esclerocios que son considerados órganos de resistencia; son de color café-rojizo o negros, de forma variable, generalmente pequeños, no muy compactos, formados por filamentos miceliares (Romero, 1988) (Fig. No.6-a:es).

Como ya se mencionó la fase sexual o perfecta de *Rhizoctonia solani* Kuhn es; *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Dont., la cual forma basidios en la base de las plantas, sobre todo cuando hay abundante lluvia (Campos, 1991). Agrios (1995) menciona que las esporas de este hongo sólo se forman bajo condiciones ambientales especiales en el laboratorio y que son extremadamente raras en la naturaleza, de aquí que sean de poco valor en el diagnóstico del hongo; sin embargo, es

importante conocerlas. La fase basidial aparece en forma de fina película escamosa recubriendo la superficie de hojas y tallos del huésped, cercanos al suelo. Los basidios se localizan en los ápices de pequeñas cimas poco simétricas, son de forma de barril, piriformes o mazudos de 12-18 x 4.7 micras, el talo es multiseptado, pasando por binucleado en el himenio. La fusión de dos núcleos tiene lugar en el basidio (Walker, 1975).

### **2.4.3 Ciclo de vida de *Rhizoctonia solani***

#### **2.4.3.1 Germinación**

Las fuentes de inóculo primario son el micelio, los esclerocios y las basidiosporas. El micelio y esclerocios sobreviven en el suelo, en residuos de cosecha y en semillas contaminadas (Fig. No.6-a). Los esclerocios se consideran como estructuras de resistencia (Díaz, 1993). Estas estructuras germinan a una temperatura óptima de 21 a 25 °C (De la Garza, 1996). Como aun no se ha registrado claramente el papel de las basidiosporas se les ha dado poca importancia (Schwartz y Gálvez, 1980).

La germinación de los esclerocios se estimula al igual que con *Fusarium* spp. por los exudados de la raíz y las condiciones adecuadas de humedad, temperatura del suelo y el estado nutricional del inóculo (Campos, 1991). El patógeno forma un apresorio y penetra directamente al hospedero.

#### **2.4.3.2 Desarrollo y penetración.**

El desarrollo de la enfermedad se da principalmente a bajas temperaturas en frijol, con un intervalo óptimo de 15 a 20 °C (De la Garza, 1996). La penetración del hongo en la planta puede ser aprovechando las aberturas naturales o heridas provocadas por otros organismos, pero principalmente penetra en forma mecánica a través de la cutícula y epidermis. Con frecuencia forma una almohadilla o cojín de infección sobre la superficie del tallo o de la raíz, posteriormente la penetración se realiza por clavijas de infección o hifas individuales (Fig.No.6-c). En la lesión que produce el hongo existen enzimas pécticas capaces de hidrolizar las pectinas y ácidos pécticos (N.A.S., 1980; Campos, 1991).

La severidad de la enfermedad se favorece por condiciones de humedad de moderadas a altas y



una temperatura de 23-28 °C en medio agar (Abawi y Pastor-Corrales, 1990). Díaz (1993) menciona que la temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 25-29 °C, además, lluvias y climas templados seguidos de temperaturas cálidas favorecen la enfermedad. Mientras que las temperaturas altas hacen emerger rápidamente a las plántulas y de esa manera pueden escapar a la infección; por su parte Latorre (1992) menciona que la infección se favorece con temperaturas de 15-18 °C durante la emergencia, ocurriendo a menudo conjuntamente con la fusariosis.

El departamento de Agricultura de los E.U.A. (1980) indica que la mayoría de los aislamientos crecen bien en PDA a 25 °C. El micelio joven es hialino, pero las colonias viejas varían de blanco a un tono marrón.

El estado basidial obtenido "*in vitro*" crece en temperaturas de 23-28 °C, pero en algunas cepas logran un crecimiento óptimo a temperaturas inferiores o superiores, requiriendo un pH de 5-7.

#### **2.4.3.3 Invasión y colonización**

En el suelo el micelio crece libremente en ausencia de un substrato vegetal y atacará a todos los tipos de tejidos vegetales, en el interior de la planta los esclerocios son comunes en el área medular de las plantas infectadas (Departamento de Agricultura de los E.U.A, 1980) (Fig. No.6-d).

#### **2.4.3.4 Sintomatología**

El hongo ataca a las semillas durante la germinación, las raíces y las plántulas; así mismo puede afectar las ramas y vainas que estén en contacto con el suelo, los momentos más críticos de daño ocurren durante las etapas vegetativas V0-V2 del cultivo del frijol, siendo precisamente en esta etapa cuando las plántulas son más susceptibles al hongo (SARH, 1992).

Esta enfermedad es más frecuente en plántulas que en plantas jóvenes. Las plántulas pueden morir por *Rhizoctonia solani* antes de emerger del suelo, lo que se llama ahogamiento pre emergente, esto se debe a la destrucción del meristemo apical. Si las plántulas emergen el ataque es a la base del tallo, causando una pudrición húmeda que provoca el decaimiento y muerte de las plantas, las lesiones siempre son hundidas y muestran varios tonos de color mate, café o café-rojizo,

esto se conoce como ahogamiento post-emergente (Romero, 1988) (Fig. No.6-f). Las lesiones o chancros invaden la porción del hipocótilo y las raíces, la forma de las lesiones varía de circular a oblonga, están deprimidas y delimitadas por márgenes de color café, cuando las lesiones se unen pudren totalmente el hipocótilo e impiden la absorción de nutrientes, como consecuencia la parte aérea de la planta manifiesta flacidez en el follaje y finalmente el secamiento total (Campos, 1991) (Fig. No.5).

**Figura No.5. Síntomas del daño causado por *Rhizoctonia solani* en raíces de frijol.**

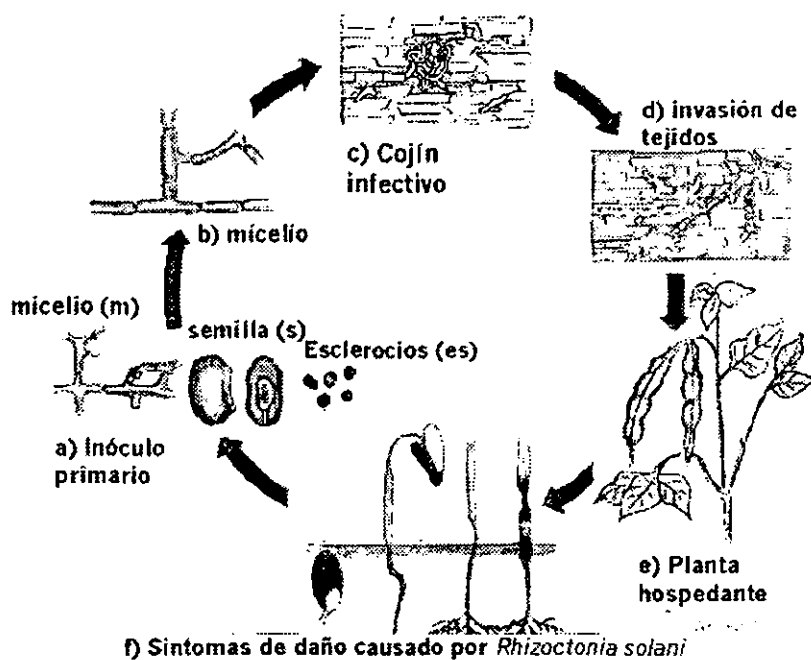


A medida que avanza el desarrollo de las plántulas (a partir de las 3 semanas después de la siembra) se van haciendo más resistentes al ataque del hongo (SARH, 1992). Schwartz y Gálvez (1980) dicen que las plantas adultas muestran mayor resistencia a la infección como resultado del incremento en el contenido de calcio en los tejidos de las plantas, de la inducción de fitoalexinas y/o la disminución de exudados en el hipocótilo.

### 2.4.3.5 Diseminación

Este hongo se puede dispersar mediante el suelo infestado, durante las labores de cultivo, en el agua de riego o internamente en la semilla (Latorre, 1992); el viento también juega un papel importante ya que arrastra los esclerocios y basidiosporas a grandes distancias.

Figura No.6. Ciclo de vida de *Rhizoctonia solani*



Fuente: Mendoza y Pinto, 1983, adaptado por Cervantes, M.A.

### 2.4.3.6 Control

Su control al igual que en *Fusarium* spp. se puede dividir en tres formas; a) uso de prácticas culturales, b) control químico y c) aprovechamiento de variedades resistentes.

a) Entre las prácticas culturales que se pueden utilizar se encuentran:

- Realizar rotaciones con cultivos no susceptibles como avena, maíz, trigo o cebada

- Evitar siembras profundas pues así disminuye la cantidad de tejido (debajo del suelo) que queda en contacto con el inóculo.
- Procurar un buen drenaje del suelo, es conveniente mantener un nivel mínimo de humedad en el suelo durante la etapa de germinación de la semilla (V0).
- En las zonas productoras bajo condiciones de temporal, la siembra se debe hacer sobre camas, para que pueda mantenerse un buen drenaje superficial.
- En zonas productoras donde se tenga opción de escoger diferentes fechas de siembra, se debe tener presente que las plántulas de frijol emergen más rápidamente del suelo a temperaturas superiores a los 21°C, con lo cual pueden escapar a la infección del hongo.
- Uso de semilla limpia de calidad garantizada
- Barbechos profundos a 30 cm permitirán disminuir la cantidad de inóculo en el suelo al incorporarse los residuos de cosecha varios meses antes de realizar la siembra.

b) En el control químico se recomienda:

- Hacer un tratamiento químico a la semilla. Entre los productos que se pueden utilizar están: Quintocene o PCNB, Thiram, Zineb, Captán, Benomil o Carboxin en razón de 1-3g de ingrediente activo (i.a) por gramo de semilla (Schwartz y Gálvez, 1980; Díaz, 1993; De la Garza 1996).
- Aplicación foliar de fungicidas sistémicos
- Tratamiento del suelo

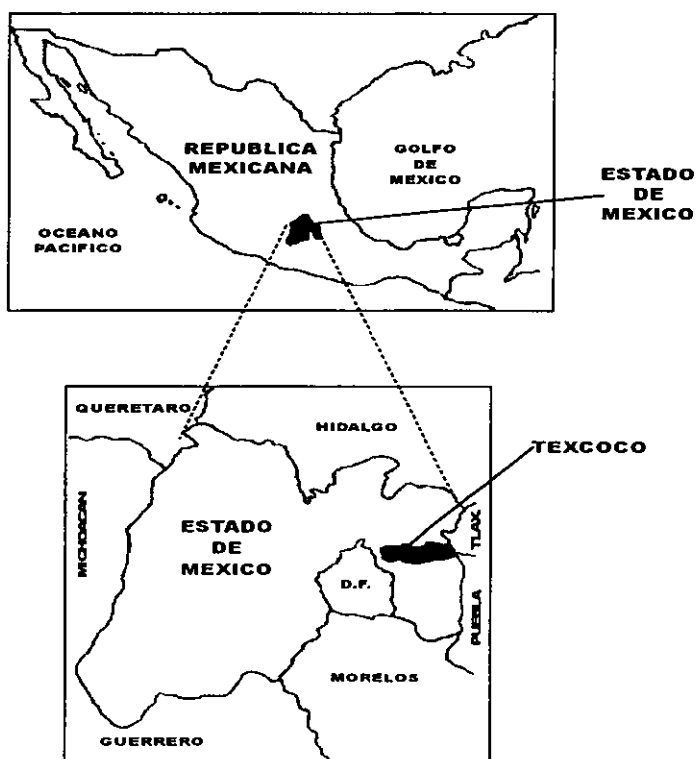
c) Hacer uso de variedades resistentes o de material que cuente con estas características.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación de los experimentos

La fase experimental de este trabajo se realizó en el “Campo Experimental Valle de México” (CEVAMEX) localizado en Texcoco Edo. de México, a  $19^{\circ}29'$  latitud N y  $98^{\circ}51'$  longitud W, a 2240 msnm (Fig. No.7). Con un clima Templado-Humedo con inviernos benignos (García, 1989) y con 644 mm de precipitación anual, presenta un suelo de tipo : Migajón-Arenoso profundo, orden molisol (Clasificación FAO-UNESCO) color claro-oscuro, rico en humus en los estratos superiores, pH neutro.

Figura No.7. Ubicación del lugar donde se estableció el experimento



Se registraron las condiciones ambientales prevalecientes (temperatura máxima, media, mínima y precipitación) durante el ciclo biológico del frijol, que se obtuvieron en la estación climatológica mas cercana de la Universidad Autónoma Chapingo.

### 3.2 Material genético

El material genético utilizado forma parte de la colección nacional de frijol que esta a cargo del Dr. Acosta, líder nacional de leguminosas comestibles, INIFAP-SAGAR. En el cuadro No.6 se enlistan las características de los genotipos.

**Cuadro No. 6. Características generales del material genético utilizado**

GENOTIPOS	Hábito de crecimiento	Estatus Biológico	Origen	Raza	Color del grano	Ciclo Biológico
1.-PI 203958	IIIb	Criollo	USA ID	Jalisco	Negro	Tardío
2.-Negro Tacaná	II	Mejorado	INIFAP/CIAT	Mesoamericana	Negro	Intermedio
3.-Puebla 152	IIIa	Criollo	Puebla	Jalisco	Negro	Intermedio
4.-Canario 107	I	Mejorado	INIFAP, Méx.	Nueva Granada	Crema	Precoz
5.-Wisc RRR	I	Mejorado		Nueva Granada		Precoz
6.-G 122	I	Criollo	CIAT	Nueva Granada	Blanco	Precoz
7.-FR 266	I	Mejorado		Nueva Granada		Precoz
8.-Pinto Villa	III	Mejorado	INIFAP, Méx.	Durango	Pinto	Intermedio
9.-Negro Durango	III	Mejorado		Durango	Negro	Intermedio
10.-Negro 8025	II	Mejorado		Mesoamericana	Negro	Intermedio
11.-BAT 477	III	Mejorado	CIAT, Colombia	Mesoamericana	Negro	Intermedio
12.-Negro Cotaxtla 91	II	Mejorado		Mesoamericana	Negro	Intermedio
13.-Negro INIFAP	II	Mejorado	INIFAP, Méx.	Mesoamericana	Negro	Intermedio
14.-Flor de Mayo Bajío	III	Mejorado	INIFAP, Méx.	Jalisco	Rosa/Crema	Precoz
15.-G12729	VI	Silvestre	CIAT	Mexicanos	Negro/Gris	Tardío

Fuente: Información proporcionada por el Dr. Acosta G. J.A. del CEVAMEX.

### 3.3 Diseño experimental

El trabajo se dividió en tres: evaluaciones en campo, evaluaciones en invernadero y evaluaciones de laboratorio. En campo y en invernadero se sembraron los 15 genotipos de frijol, en ambos casos se utilizó un arreglo experimental completamente al azar, con tres repeticiones en

campo y cuatro en invernadero. En laboratorio se aislaron los hongos del material vegetal infectado para su identificación, incremento y conservación.

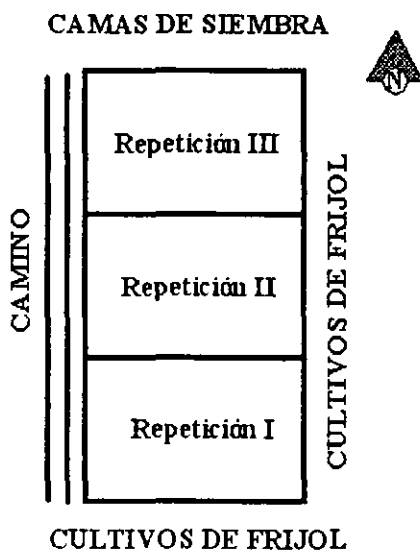
Los resultados obtenidos se analizaron bajo un diseño completamente al azar y se realizaron correlaciones simples entre: la severidad de daño, la incidencia, los síntomas visibles sobre el cuello y las condiciones climáticas que prevalecieron.

De los datos, también se efectuaron análisis de varianza y separación de medias con la prueba múltiple de Duncan, lo anterior se llevó a cabo en el programa estadístico MSTAT-C, propuesto para el diseño y análisis de experimentos agronómicos (Freed, *et al.*, 1991).

Para reducir los coeficientes de variación en los análisis de varianza los datos fueron transformados, utilizando la raíz cuadrada. Lo anterior se hizo con la finalidad de tener mayor confiabilidad en los resultados (Reyes, 1985).

#### 3.4 Distribución de los genotipos en campo

Los genotipos estuvieron distribuidos en tres repeticiones como se observa a continuación:



El ordenamiento de los genotipos fue de sur a norte iniciando en cada caso con el primer genotipo que se muestra a continuación.

Repetición I	Repetición II	Repetición III
1	7	6
2	5	3
3	8	15
4	10	10
5	13	11
6	1	13
7	4	1
8	15	8
9	3	5
10	6	7
11	14	9
12	12	12
13	11	14
14	2	2
15	9	4

### 3.5 Evaluaciones en campo

La siembra se realizó el 24 de julio de 1999, cada genotipo se sembró en un surco de 2 metros de longitud con 20-25 plantas por surco, el suelo utilizado, estuvo infectado de manera natural con inóculo de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*. En total se tuvieron 3 repeticiones por genotipo (45 surcos).

- Se realizaron cuatro evaluaciones para determinar la severidad de las pudriciones de raíz, en dichas evaluaciones fueron extraídas las plantas completas examinando el sistema radical en las etapas fenológicas de la planta: V3 (20 días después de la siembra (dds.)), R5 (45 dds.), R7 (62 dds.), R8 (97 dds.). Comparándolas con la escala visual de Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987).

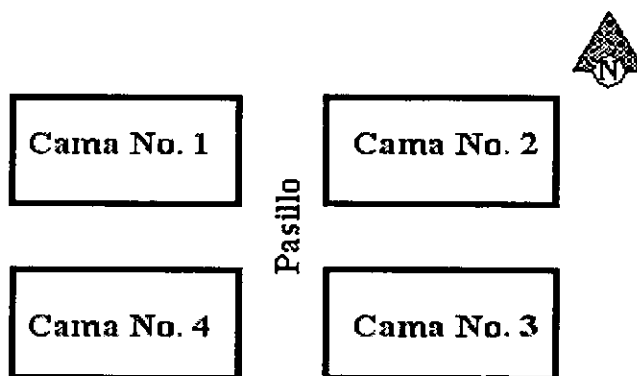


**Cuadro No.7. Evaluaciones realizadas a lo largo del ciclo de cultivo del frijol**

No. de evaluación	Días después de la siembra		Etapa Fenológica	Características
	Campo	Invernadero		
1	20	20	V3 (Etapa vegetativa)	Aparece la primera hoja trifoliada
2	45	42	R5 (Prefloración)	En plantas de hábito determinado aparece el primer botón floral y en las de indeterminado el primer racimo.
3	62	59	R7 (Formación de vainas)	En las plantas aparece la primera vaina y la corola de la flor se desprende.
4	97	92	R8 (Madurez fisiológica)	Inicia el llenado de las vainas, observándose un crecimiento acelerado de la semilla, al final de la etapa las semillas adquieren el color característico de la variedad.

### 3.6 Distribución de los genotipos en invernadero

En invernadero los materiales estuvieron distribuidos en cuatro camas como se puede apreciar a continuación:



El orden que presentaron estos materiales se enlista abajo:

Cama No.1	Cama No.2	Cama No.3	Cama No.4
7	6	13	6
13	3	10	3
10	13	8	15
8	11	5	10
5	10	7	11
1	15	6	1
4	1	3	13
15	8	12	8
3	5	1	5
11	7	4	7
12	2	9	9
14	14	2	12
6	12	11	14
2	9	14	2
9	4	15	4

### 3.7 Evaluaciones en invernadero

La fecha de siembra fue el 27 de julio de 1999. Se llevó a cabo en macetas con suelo infectado de manera natural con inóculo de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani*. Se sembraron cuatro semillas por maceta, donde cada semilla se consideró como una repetición.

Al igual que en campo, se llevaron a cabo cuatro observaciones en las etapas fenológicas: V3, R5, R7 y R8.

### 3.8 Variables a evaluar

Las variables a evaluar fueron:

1) La Incidencia de *Fusarium* spp. y de *Rhizoctonia solani*

- Esta se calculó, utilizando la fórmula propuesta por Van Der Plank (1963), donde:

$$I = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas}} \times 100$$

2) La severidad de pudriciones en raíz, en base a la escala de Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987), como se describe en el cuadro No.8.

3) Los síntomas visibles por encima del cuello de la raíz, considerando la misma escala que en el caso de la severidad.

**Cuadro No.8. Escala de severidad para evaluar pudriciones de raíz**

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 cubiertas por lesiones
5	Aproximadamente 25% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos por lesiones, con decoloración fuerte, aunque los tejidos estén firmes
7	Aproximadamente 50% de los tejidos del hipocótilo y de la raíz están cubiertos con las lesiones que se combinan con ablandamiento, pudrición y reducción considerable del sistema radical.
9	Aproximadamente el 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.

Fuente: Schoonhoven y Pastor-Corrales, 1987. Donde: valores 1-3=Resistentes, 3.1-6=Intermedias, 6.1-9 Susceptibles.

### 3.9 Evaluaciones de laboratorio

- Del material vegetal obtenido en las evaluaciones se aislaron los patógenos para su identificación.

Se prepararon medios de cultivo de papa dextrosa agar (PDA) y agua agar (AA) necesarios para el desarrollo de las colonias de hongos. Los medios se prepararon y posteriormente se esterilizaron en autoclave a 120 °C durante 20 minutos, se dejaron enfriar y se vaciaron en cajas de petri estériles. Todas las actividades se realizaron en condiciones asépticas.

- Aislamiento de los hongos

a) Se tomaron trozos de tejidos vegetales donde se observaron síntomas de la presencia de los hongos, aproximadamente 0.5 cm.

hongos, aproximadamente 0.5 cm.

b) Se colocaron en hipoclorito de sodio al 1% durante 2 minutos, agitándose continuamente.

c) Se eliminó el hipoclorito y se dejaron escurrir las porciones vegetales, secando el exceso con papel absorbente estéril.

d) Las porciones vegetales se sembraron en cajas de Petri con PDA

e) Se dejaron en la incubadora a un rango de temperatura de 26 °C a 28 °C, de 5 a 7 días, lapso en el cual se desarrolló el micelio de los hongos.

- Reaislamiento de los hongos.

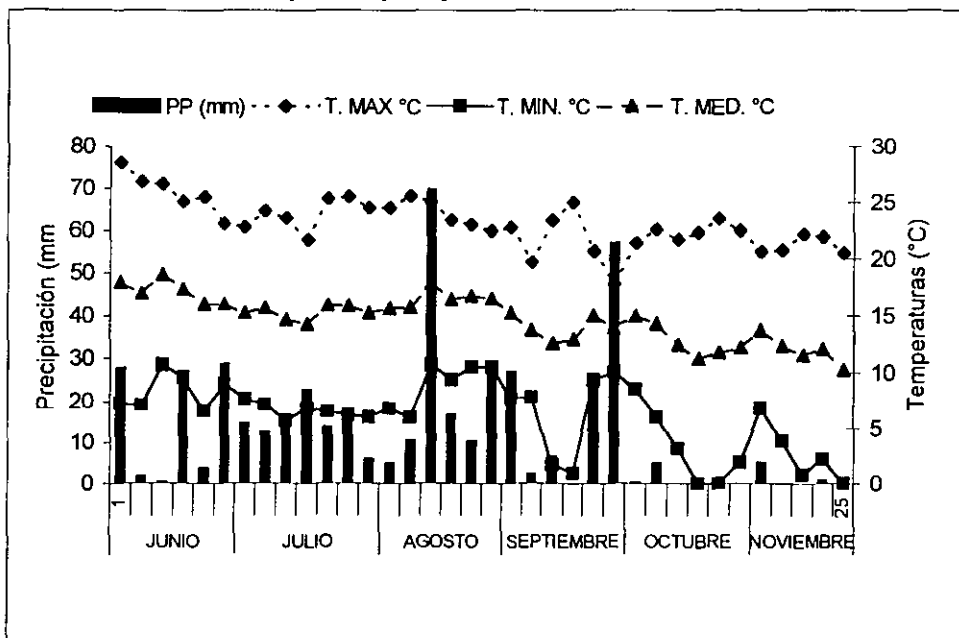
Se hicieron observaciones de las colonias y todas aquellas que tuvieron características de *Fusarium* spp. o de *Rhizoctonia solani*, fueron reaisladas en cajas de Petri con PDA. Una vez aisladas se incubaron para incrementar la colonia.

De las colonias puras se identificaron los hongos, basándose en las estructuras de reproducción o de sus características particulares a nivel microscópico: macroconidios, microconidios y clamidosporas en el caso de *Fusarium* spp. y características miceliares en el caso de *Rhizoctonia solani*.

## V RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las condiciones ambientales que prevalecieron a lo largo de la investigación se muestran en la gráfica No.1.

Gráfica No.1. Precipitación y temperaturas en Texcoco, Edo. de México 1999



### 4.1 Evaluaciones en Campo

#### 4.1.1 Porcentaje de germinación

En campo y en invernadero se tomó el porcentaje de germinación, nueve días después de la siembra.

Flor de Mayo Bajío (F.M.B.) fue el genotipo con menor porcentaje de germinación, presentando un valor del 75%. En este comportamiento el causante principal fue *Rhizoctonia solani*, lo anterior se afirma pues al momento de realizar la primera observación a los 20 días después de la siembra (dds.), (Etapa V3) F.M.B. tuvo altos índices de daño y los síntomas fueron

en su mayoría lesiones hundidas de forma oblonga y delimitadas por márgenes color café; como lo menciona Campos (1991), además de existir algunas plántulas (8.3%) con problemas de ahogamiento pre emergente, que coincide con lo que afirman Pedroza y Téliz (1991) y Abawi y Pastor-Corrales (1990).

Las variedades Canario 107, Negro INIFAP (N. INIFAP) y Negro Cototaxtla 91 (N. Cot. 91), tuvieron un porcentaje de germinación inferior al 100%, con valores de: 98, 94 y 92% respectivamente (Cuadro No.9), si consideramos que el rango de aceptación para semillas de buena calidad es del 85% (Navarrete y Acosta, 1999), entonces estos materiales tienen un buen porcentaje de germinación.

**Cuadro No.9. Porcentaje de germinación de 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de campo**

Genotipos	% de germinación
PI 203958	100
Negro Tacaná	100
Puebla 152	97.9
Canario 107	100
Wisc RRR	100
G 122	100
FR 266	100
Pinto Villa	100
Negro 8025	100
Negro Durango	100
BAT 277	100
Negro Cotaxtla 91	91.6
Negro INIFAP	93.7
Flor de Mayo Bajío	75.0
G 12729	100

#### 4.1.2 Incidencia de *Rhizoctonia solani*

La incidencia de *Rhizoctonia solani* observada en la mayoría de los genotipos, confirma la uniformidad de la infestación en el sitio experimental, aspecto que ya habían mencionado Navarrete y Acosta (1999).

Este patógeno presentó el 100% de incidencia desde las primeras etapas de desarrollo de las plantas hasta la etapa de prefloración (45 dds.), periodo en el que se registraron los mayores valores de precipitación. Después, a partir de la etapa de formación de vainas (62 dds.), en la

mayoría de los materiales la incidencia descendió (Cuadro No.10), lo cual significa que no todas las plantas observadas mostraron daños ocasionados por *Rhizoctonia solani* a partir de esta etapa. El descenso está correlacionado con la disminución en el ataque del patógeno ( $r = 0.63$ ) y la severidad de *Fusarium* spp. ( $r = 0.58$ ) (ANEXO Cuadro No. 22), consecuencia del decremento en la precipitación y la temperatura (Gráfica No.1), las cuales impidieron que se presentaran las condiciones óptimas para el desarrollo del hongo. De la Garza (1996), dice que el óptimo de temperatura es de 15 a 20 °C mientras que Abawi y Pastor-Corrales (1990) mencionan que las condiciones de humedad deben ser de moderadas a altas lo cual no se presentó en esta observación.

Wisc. RRR, fue el único genotipo que a partir de la formación de vainas bajó en su porcentaje de incidencia al 75% y se mantuvo así hasta la última observación (etapa de llenado de vainas – R8-) (Cuadro No.10).

Por su parte PI 203958, Negro Tacaná (N. Tac.) y Puebla 152 tuvieron un descenso de la incidencia en la última observación (etapa de llenado de vainas) (83.3%, 91.7% y 91.7% respectivamente), tanto en el caso de estos materiales como en el de Wisc. RRR y G12729, coinciden con la afirmación que hacen Schwartz y Gálvez (1980) de que la resistencia a *Rhizoctonia solani* en las plantas adultas es mayor, por el aumento en el contenido de calcio, la inducción de fitoalexinas y la disminución de exudados de la raíz.

Varios genotipos: G 122 (91.7%), Negro 8025 (83.3%), BAT 477 (83.3%), N. Cot. 91 (91.7%), N. INIFAP (75%) y F.M.B. (91.7%), experimentaron un descenso en la incidencia únicamente cuando las condiciones fueron desfavorables para el hongo (a los 62 dds -etapa R7-), después la incidencia se volvió a incrementar.

Canario 107, FR 266, Pinto Villa y Negro Durango (N. Dgo), tuvieron una incidencia del 100% en todas las observaciones, esto indica que a pesar de que las lesiones o la severidad de daño no sean altas, el hongo estuvo atacando a las plantas a lo largo de su ciclo de vida, una razón importante de este comportamiento es la raza a la que pertenecen los materiales, los primeros dos provienen de la raza Nueva Granada y los siguientes de la raza Durango (Cuadro No.6), lo cual

sugiere en una primera instancia que sean más susceptibles a la raza o razas de *Rhizoctonia solani* que existen en el campo experimental.

**Cuadro No.10. Incidencia de *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol bajo condiciones de campo.**

Genotipos	Incidencia (%)/ Días después de la Siembra (dds), Etapa fenológica			
	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8
PI 203958	100 *	100	100	83.3
Negro Tacaná	100	100	100	91.7
Puebla 152	100	100	100	91.7
Canario 107	100	100	100	100
Wisc RRR	100	100	75.0	75.0
G 122	100	100	91.7	100
FR 266	100	100	100	100
Pinto Villa	100	100	100	100
Negro 8025	100	100	83.3	91.7
Negro Durango	100	100	100	100
BAT 277	100	100	83.3	100
Negro Cotaxtla 91	100	100	91.7	100
Negro INIFAP	100	100	75.0	91.7
Flor de Mayo Bajío	100	100	91.7	100
G 12729	100	100	91.7	91.7

- Media de 3 repeticiones

#### 4.1.3 Severidad de *Rhizoctonia solani*

En campo los análisis de varianza realizados para la severidad de *Rhizoctonia solani* mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 45 dds. (etapa R5), 62 dds. (etapa R7) y 97 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.24, 27, 30 y 33).

El mayor daño inducido por *Rhizoctonia solani* se presentó a los 20 días después de la siembra (dds.), este descendió conforme avanzó el ciclo del cultivo (Gráfica No.2), lo anterior coincide con lo que propusieron Mendoza *et al.*, 1987 y Campos, 1991; que los daños de *Rhizoctonia solani* son mas severos en las primeras etapas de desarrollo del frijol.

Durante las primeras etapas del desarrollo de las plantas el ataque de *Rhizoctonia solani* se vio favorecido por las condiciones ambientales, sobre todo por la temperatura promedio de 16°C (Gráfica No.1), rango que está dentro del óptimo para el hongo indicado por De la Garza (1996).



En general los valores de severidad para *Rhizoctonia solani*, no fueron superiores a 5.4 de la escala de severidad, lo que significa que el 25% de los tejidos del hipocótilo y la raíz mostraron lesiones, además de ablandamiento, pudrición y reducción del sistema radical (Cuadro No.7).

Los genotipos Puebla 152, Wisc. RRR, N. 8025, BAT 477, N. INIFAP y G12729, tuvieron los valores de daño mas bajos a lo largo del ciclo del cultivo, por lo menos para este patógeno. Mientras que PI 203958 (4.6), N. Tac. (4.3), Canario107 (5.4) y F.M.B. (4.3) que iniciaron con valores de daño altos (arriba de 4.0) fueron descendiendo conforme la planta llegaba a su madurez, al grado de presentar resistencia en la etapa de llenado de vainas (Cuadro No.11), esto estuvo relacionado con las condiciones ambientales (Gráfica No.1) y con la etapa fenológica de las plantas. Además como anteriormente se mencionó, según Schwartz y Gálvez las plantas se vuelven mas resistentes por la concentración de calcio en los tejidos y la inducción de fitoalexinas entre otros.

N. Cot. 91, Pinto Villa, G 122 y FR 266 tuvieron un comportamiento variable a lo largo de su ciclo de vida; sin embargo, los valores mas altos de daño fueron de 4.1 en N. Cot. 91, 3.9 en Pinto Villa., 4.7 para G 122 y 4.2 en FR 266, en todos los casos estos valores se registraron a los 20 dds., los últimos dos materiales pertenecen a la raza Nueva Granada. La mayoría de los genotipos que provienen de esta raza, han sido de los mas dañados, cabe mencionar que una característica presente en estos materiales, es el color claro de la testa (crema o blanco), que influyó tal como lo afirman investigadores como Pedroza y Téliz (1992) y Schwartz y Gálvez (1980), quienes sugieren que los extractos de semillas negras, contienen sustancias fenólicas que inhiben el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, lo que no existe en semillas de testa clara.

La mayoría de los materiales mostró resistencia a *Rhizoctonia solani* en R7, excepto; Canario 107 (4.2), G 122 (4.4), Pinto Villa (3.2), BAT 477 (3.1), N. Cot. 91 (3.6), F.M.B. (3.2) y G12729 (3.1), que se comportaron como intermedios, aunque los valores que presentaron fueron bajos (inferiores a 4.0, excepto en Canario 107).

El genotipo BAT 477 fue reportado por Abawi y Pastor-Corrales como resistente a este patógeno en 1990, mientras que en la presente investigación los valores de la severidad del daño

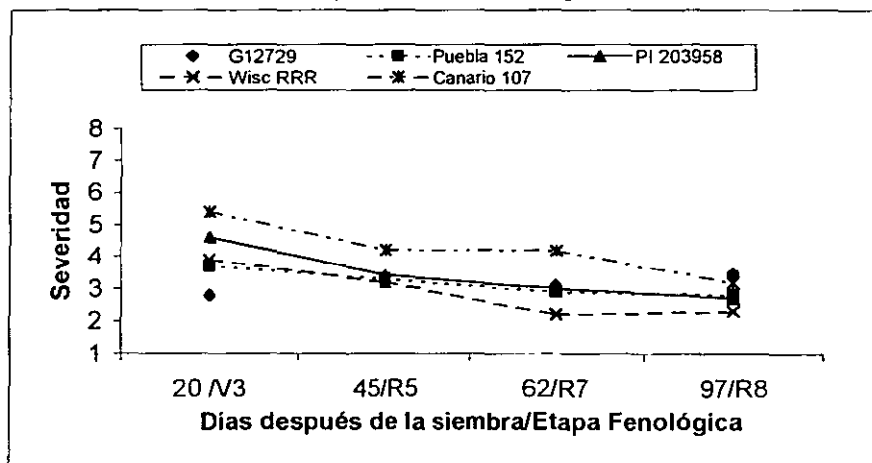
fueron de 3.6 a los 20 dds. (etapa V3), 3.4 a los 45 dds. (etapa R5), 3.1 a los 62 dds. (etapa R7) y 2.7 a los 97 dds. (etapa R8), como se puede observar solamente en la etapa R8 mostró resistencia.

**Cuadro No.11. Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de campo.**

Genotipos	Días después de la siembra/Etapa fenológica			
	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8
PI 203958	4.6ab*	3.4cd	3.0bc	2.7cde
Negro Tacaná	4.3ab	4.0ab	3.0bc	2.4c
Puebla 152	3.7bcd	3.3cd	2.9bc	2.8bcde
Canario 107	5.4a	4.2a	4.2a	3.2abcd
Wisc. RRR	3.9bcd	3.2d	2.2cd	2.3e
G 122	4.7ab	4.0ab	4.4a	3.9a
FR 266	4.2bc	3.8abc	3.0bc	3.9a
Pinto Villa	3.9bcd	3.2d	3.2b	3.4abc
Negro 8025	3.1cd	3.4cd	2.7bc	3.4abc
Negro Durango	4.3ab	3.2d	2.9bc	3.2abcd
BAT 477	3.6bcd	3.4cd	3.1b	2.7de
Negro Cotaxtla 91	4.1bc	3.2d	3.6ab	3.4abcd
Negro INIFAP	3.9bcd	3.5bcd	1.8d	3.0bcde
Flor de Mayo Bajío	4.3ab	4.3a	3.2b	2.6de
G 12729	2.8d	3.2d	3.1b	3.5ab

\* Medias de 3 repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

**Gráfica No.2. Severidad de daño ocasionado por *Rhizoctonia solani* en 15 genotipos de frijol, bajo condiciones de campo.**



#### 4.1.4 Incidencia de *Fusarium* spp.

La menor incidencia se presentó durante la aparición de la primera hoja trifoliada a los 20 dds. (etapa V3), posteriormente todos los genotipos tuvieron el 100%, a excepción de N. Tac. que a los 62 dds. (etapa de formación de vainas –R5-) mostró una incidencia del 83.3% (Cuadro No.12).

En este caso la severidad de *Fusarium* spp. y de *Rhizoctonia solani* tuvieron una alta correlación con la incidencia del patógeno en las primeras etapas fenológicas de las plantas ( $r = 0.84$  y  $r = 0.53$ , respectivamente) (ANEXO Cuadro No.22), lo cual indica que el bajo porcentaje de plantas dañadas dentro de la población total, estuvo estrechamente relacionado con el ataque de *Fusarium* spp., que en esta etapa iba iniciando, y con los valores de *Rhizoctonia solani* que fueron los mas bajos en todo el ciclo, no hay que olvidar que los daños más severos de este patógeno ocurren durante las primeras etapas de desarrollo de las plantas (SARH, 1992). Sánchez y Cárdenas (1988), observaron que en la etapa de plántula, *Rhizoctonia solani* fue el patógeno que afectó al cultivo, mientras que en la etapa de desarrollo vegetativo fue disminuyendo la densidad de inóculo del patógeno y por consiguiente, su ataque.

El genotipo G 12729 tuvo el menor porcentaje de incidencia: 58.3%, seguido de N. Cot. 91 con 75%. Los materiales PI 203958, Canario 107, Wisc. RRR, N. 8025 y BAT 477 tuvieron un 83.3% y N. Tac., Puebla 152, FR 266, de 91.7% (Cuadro No.12), el comportamiento de estos materiales donde la incidencia inicial fue inferior al 100% y en etapas posteriores se mantuvo igual al 100%, confirman que a pesar de los daños sufridos en etapas tempranas, los daños mas severos se registran a partir de etapas avanzadas; como en la aparición de la tercera hoja trifoliada (etapa V4) o de la prefloración (etapa R5) en adelante, según lo afirman Schwartz y Gálvez (1988).

Por otro lado N. INIFAP, N. Dgo., F.M.B. y G 122 mostraron una incidencia del 100% desde la primera observación, esto indica una tendencia hacia la susceptibilidad al ataque de *Fusarium* spp., de hecho en estudios anteriores realizados por Navarrete y Acosta (1999), N. INIFAP y F.M.B. presentaron los mayores grados de severidad (5.9 y 5.3 respectivamente) entre un total de

52 genotipos evaluados, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación.

**Cuadro No.12. Incidencia de *Fusarium* spp. en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de campo.**

Genotipos	Incidencia (%)/Días Después de la Siembra (dds.)			
	20	45	62	97
PI 203958	83.3 *	100	100	100
Negro Tacaná	91.7	100	83.3	100
Puebla 152	91.7	100	100	100
Canario 107	83.3	100	100	100
Wisc RRR	83.3	100	100	100
G 122	100	100	100	100
FR 266	91.7	100	100	100
Pinto Villa	100	100	100	100
Negro 8025	83.3	100	100	100
Negro Durango	100	100	100	100
BAT 477	83.3	100	100	100
Negro Cotaxtla 91	75	100	100	100
Negro INIFAP	100	100	100	100
Flor de Mayo Bajío	100	100	100	100
G 12729	58.3	100	100	100

\* Medias de 3 repeticiones

#### 4.1.5 Severidad de *Fusarium* spp.

Los análisis de varianza realizados para la severidad de *Fusarium* spp. mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 45 dds. (etapa R5), 62 dds. (etapa R7) y 97 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.25, 28, 31 y 34).

Bajo estas condiciones, *Fusarium* spp. fue mas agresivo que *Rhizoctonia solani*, los valores de daño mas altos se presentaron a los 45 dds. (Etapa R5) (Gráfica No.3).

Probablemente la razón por la cual en la segunda observación se incrementaron los valores de severidad hasta tener incluso genotipos susceptibles, fue el incremento de la precipitación que favoreció la presencia de este patógeno (Gráfica No.1), después la precipitación y la temperatura disminuyeron así como la severidad de daño causada por *Fusarium* spp., lo anterior coincide con los resultados obtenidos en 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. Por otro lado, la temperatura máxima que fue en promedio de  $22.7^{\circ}\text{C}$  tuvo una correlación negativa ( $r = -0.64$ ), lo cual señala que temperaturas superiores a  $22^{\circ}\text{C}$  reducen el daño por este patógeno (ANEXO Cuadro No.21). Esta temperatura se aproxima a los  $20^{\circ}\text{C}$  que Schwartz y Morales (1989) indican como óptima para el desarrollo de *F. oxysporum*.

En general Canario 107 y G 122 fueron los de mayor daño a lo largo del ciclo, comportándose como intermedios. Canario 107, ya había sido reportado por Velásquez-Valle y Schwartz (1997) y Navarrete y Acosta (1999) como Intermedio. Por otro lado el genotipo FR 266 que Silbernagel, (1990) reportara como resistente, en este experimento fue intermedio, presentando valores de daño que varían de 4.7 a 5.6 (Cuadro No.13). Los genotipos Wisc. RRR, BAT 477 y N. Cot. 91, mostraron resistencia solo a los 20 dds. con valores de 2.9 en los dos primeros materiales y 2.4 para N. Cot. 91. Por otra parte G12729, se comportó como resistente desde los 20 dds, con un valor de severidad de 1.8 (en la etapa V3), a los 45 dds., con un valor de 3.0 (en la etapa R5). No hay que olvidar que el hongo está presente desde las primeras etapas, aunque los mayores daños se observan en etapas que van de la V4 a la R6 (SARH, 1992).

Solo tres genotipos mostraron valores por arriba de 6.1; G 122 y N. Dgo. en la etapa de prefloración y Canario 107 desde la prefloración (45 dds), hasta la formación de vainas (62 dds). En investigaciones realizadas por Sánchez y Cárdenas (1988) encontraron que en la etapa de floración *Fusarium* spp. fue el patógeno que más aislaron de lesiones tanto de raíces primarias como secundarias, lo que coincide con nuestros resultados.

F.M.B. presentó valores de severidad similares a los obtenidos en la investigación de Navarrete y Acosta realizada en 1997, donde evaluaron el comportamiento de *Fusarium* spp. en dos fechas de siembra (24 de abril y 8 de mayo). Por su parte Pinto Villa y N. INIFAP mostraron valores de severidad similares a los resultados obtenidos por estos investigadores en su siembra del mes de mayo. Los valores de severidad de Puebla 152 fueron menores que en su trabajo.

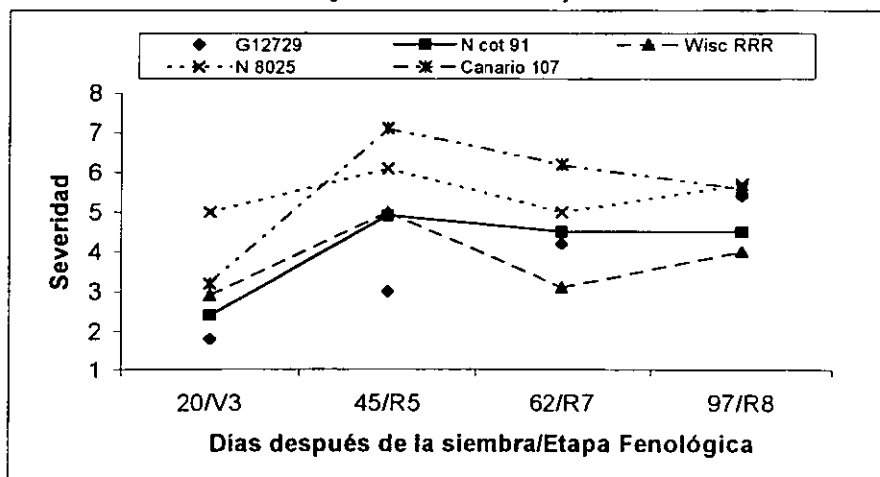
PI 203958 que Schwartz y Gálvez (1980) citaron como resistente a *Fusarium* spp. mientras la concentración del inóculo fuera baja, en esta investigación se comportó como intermedio, presentando valores de 4.7 a los 45 dds. y 4.6 a los 97 dds.

**Cuadro No.13. Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de *Fusarium* spp., bajo condiciones de campo.**

Genotipos	Días después de la siembra/Etapa fenológica			
	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8
PI 203958	4.2 abc*	4.7 cf	3.7 defg	4.6 bcde
Negro Tacaná	3.5 bcd	3.8 fg	3.5 cfg	3.7 e
Puebla 152	3.2 bcde	5.4 cde	4.5 cde	4.0 de
Canario 107	3.2 bcde	7.1 a	6.2 a	5.6 a
Wisc. RRR	2.9 cde	5.0 de	3.1 g	4.0 de
G 122	5.0 a	6.6 ab	5.6 ab	5.8 a
FR 266	4.7 ab	5.0 de	4.7 bcd	5.6 a
Pinto Villa	4.2 abc	5.2 cde	4.6 bcd	5.0 abc
Negro 8025	4.7 ab	4.7 cf	3.7 defg	4.9 abcd
Negro Durango	5.0 a	6.1 bc	5.0 bc	5.7 a
BAT 477	2.9 cde	5.3 cde	4.1 cdefg	4.4 cde
Negro Cotaxtla 91	2.4 de	4.9 de	4.5 cde	4.5 bcde
Negro INIFAP	3.9 abc	5.8 bcd	3.4 fg	5.7 a
Flor de Mayo	5.3 a	5.2 cde	4.0 cdefg	4.0 de
Bajío				
G 12729	1.8 e	3.0 g	4.2 cdef	5.4 ab

\* Medias de 3 repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Gráfica No.3. Severidad de daño ocasionado por *Fusarium* spp. en 15 genotipos de frijol, bajo condiciones de campo.**



#### 4.1.6 Síntomas sobre el cuello de la raíz

Los análisis de varianza realizados para los síntomas sobre el cuello de la raíz mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 45 dds. (etapa R5), 62 dds. (etapa R7) y 97 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.26, 29, 32 y 35).

Considerando la sintomatología observada por encima del cuello de la raíz; franjas de color café-rojizo y en algunos casos plantas con el interior del tallo hueco y presentando coloraciones rojizas, como lo describen Schwartz y Gálvez (1980). Los síntomas se atribuyen principalmente a *Fusarium* spp., esto se debe a que su agresividad fue mayor que la de *Rhizoctonia solani*, pues se vio favorecido por las condiciones de precipitación que incrementaron la humedad en el suelo (SARH, 1992). En las correlaciones realizadas se corroboró que a partir de los 45 dds. y hasta la última observación (97 dds.), las lesiones eran predominantemente inducidas por *Fusarium* spp. (etapa de prefloración,  $r = 0.94$ , etapa de formación de vainas,  $r = 0.96$  y etapa de llenado de vainas,  $r = 0.93$ ) (ANEXO Cuadro No.22). A pesar de que *Rhizoctonia solani* también ocasionó daños considerables; aproximadamente el 40% de las lesiones ( $r = 0.76$  a los 62 dds. y  $r = 0.87$  a los 97 dds.).

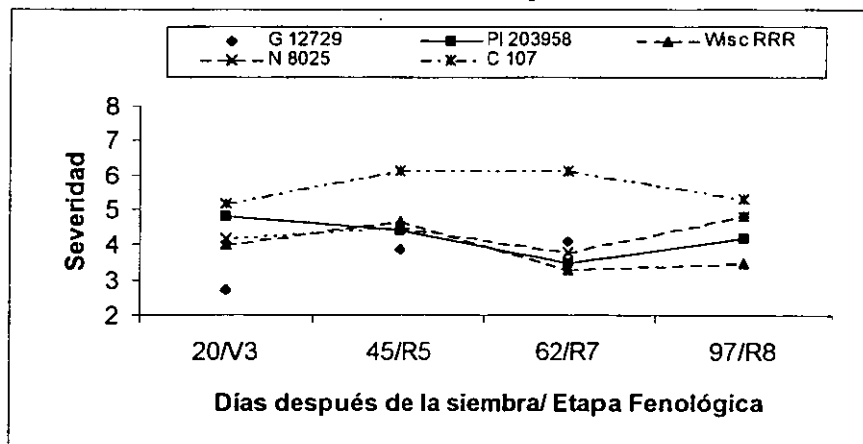
Los genotipos con menores síntomas fueron: N. Tac., Wisc. RRR y G 12729 con un valor promedio a lo largo de la investigación, de 3.8 a 3.9, mientras que los mayores síntomas los mostraron los genotipos: Canario 107 y G 122 (Valores promedio de las cuatro observaciones realizadas, de 5.7 y 5.2 respectivamente) (Cuadro No.14), Canario 107 presentó susceptibilidad a los 45 y 62 dds. (valor de 6.1 en ambos casos) y G 12729 se comportó como resistente a los 20 dds., después los síntomas se incrementaron (Gráfica No.4), tal como sucedió en la severidad de daño inducido por *Fusarium* spp.

Cuadro No.14. Síntomas sobre el cuello de la raíz en 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de campo.

Genotipos	Días después de la siembra/Etapa Fenológica			
	20/V3	45/R5	62/R7	97/R8
PI 203958	4.8 abc*	4.4 efg	3.5 de	4.2 bc
Negro Tacaná	4.0 bcd	4.2 fg	3.7 cde	3.5 c
Puebla 152	3.9 cd	4.9 bcde	4.1 bcd	4.2 bc
Canario 107	5.2 a	6.1 a	6.1 a	5.3 a
Wisc. RRR	4.0 bcd	4.7 bcde	3.3 e	3.5 c
G 122	5.1 ab	5.2 bcd	5.3 a	5.4 a
FR 266	4.5 abc	4.8 bcdef	4.4 bc	5.3 a
Pinto Villa	3.9 cd	4.7 cdef	4.2 bcd	4.7 ab
Negro 8025	4.2 abcd	4.5 efg	3.8 bcde	4.8 ab
Negro Durango	4.9 abc	5.2 bc	4.5 b	5.2 a
BAT 477	4.0 bcd	4.7 bcdef	4.0 bcde	3.7 c
Negro Cotaxtla 91	3.3 de	4.6 def	4.0 bcde	4.1 bc
Negro INIFAP	4.6 abc	5.3 b	3.6 de	4.9 ab
Flor de Mayo Bajío	5.2 a	4.9 bcde	3.8 bcde	4.1 bc
G 12729	2.7 e	3.9 g	4.1 bcd	4.8 ab

\* Medias de 3 repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Gráfica No.4. Síntomas visibles sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol bajo condiciones de campo.





## 4.2 Evaluaciones en Invernadero

### 4.2.1 Porcentaje de germinación en invernadero

En condiciones de invernadero solamente Negro Tacaná, Wisc RRR, FR 266, Negro Durango y Negro 8025 tuvieron el 100% de germinación, lo cual indica que a pesar de la presencia de los patógenos, estos genotipos mostraron cierta resistencia morfológica que permitió que todas las plántulas germinaran.

Los genotipos PI 203958, Puebla 152, Canario 107, G 122, Pinto Villa y BAT 477, mostraron valores por arriba del 90%, mientras que G12729, Flor de Mayo Bajío, Negro INIFAP y Negro Cotaxtla 91 presentaron un porcentaje de germinación muy bajo, sobre todo Negro Cotaxtla 91, con una germinación inferior al 50% (Cuadro No.15), lo anterior se atribuye a la calidad inicial de la semilla pues al hacerse los muestreos correspondientes se encontraron semillas duras (8.3% en cada caso). Para el caso de Negro Cotaxtla 91 (raza mesoamericana) y Flor de Mayo Bajío (raza Jalisco), se observó un 16.7% de semillas duras. Moreno (1996) denomina así a las semillas que no absorben agua porque tienen una cubierta impermeable. Por otro lado, N. INIFAP (raza mesoamericana) mostró un 8.3% de semillas “podridas”, observándose una descomposición de la semilla provocada por microorganismos tal como lo menciona Moreno, 1996.

*Rhizoctonia solani* probablemente influyó en la pudrición de las semillas de la variedad Negro INIFAP, ya que como lo mencionan 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 preemergente y en esta variedad diversas semillas fueron encontradas con problemas de pudrición, situación que muestra la susceptibilidad de Negro INIFAP en la etapa V0 de su desarrollo. También hay que considerar la posibilidad de que las semillas hayan transmitido al patógeno, pues como lo indican Navarrete y Moreno (1995), la semilla es la fuente mas importante para que el hongo sobreviva, permaneciendo en estado de reposo hasta que la plántula inicia su desarrollo, causando la muerte de la semilla o la plántula en pre o post emergencia.

La germinación del 75% observada en G12729, se atribuye principalmente a la dureza de la testa, pues como muchos materiales silvestres esta es una característica que dificulta la penetración del agua a la semilla y por consiguiente retarda la germinación, por tal motivo al

momento de tomar los datos de germinación estas plántulas aun no germinaban. Esto parece ser lo mas acertado ya que a lo largo de las observaciones no se encontraron semillas dañadas por los patógenos o plántulas con daños graves como en otros materiales.

**Cuadro No.15. Porcentaje de germinación de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).  
Bajo condiciones de invernadero.**

Genotipos	% de germinación
PI 203958	91.7
Negro Tacaná	100
Puebla 152	91.7
Canario 107	91.7
Wisc RRR	100
G 122	91.7
FR 266	100
Pinto Villa	91.7
Negro 8025	100
Negro Durango	100
BAT 277	91.7
Negro Cotaxtla 91	33.3
Negro INIFAP	66.7
Flor de Mayo Bajío	66.7
G 12729	75

#### 4.2.2 Incidencia de *Rhizoctonia solani*

La incidencia fue del 100% en todo el ciclo del cultivo para la mayoría de los genotipos, a excepción de N. 8025, N. Dgo. y G 12729, los cuales tuvieron valores de 83.3%, 90.4% y 88.9% respectivamente en la etapa de formación de la primera hoja trifoliada (V3, 20 dds) (Cuadro No. 16).

La incidencia estuvo estrechamente relacionada con la severidad de daño que causó el patógeno en las plantas, por lo menos en la primer observación (20 dds) ( $r = 0.51$ ), lo que significa que conforme aumentó la severidad del daño de *Rhizoctonia solani*, también lo hizo la incidencia. En general los valores de *Rhizoctonia solani* fueron incrementándose conforme avanzó el ciclo del cultivo (Cuadro No.17).

El factor determinante bajo condiciones de invernadero fue la competencia entre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp. por ganar espacio en la invasión de los tejidos de las plantas, aspecto que tiene como consecuencia: una mayor agresividad, un alto grado de severidad y por consiguiente

incidencias de *Rhizoctonia solani* del 100% desde las primeras etapas de desarrollo hasta el final del ciclo.

**Cuadro No.16. Incidencia de *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.**

Genotipos	Incidencia (%)/ Días después de la Siembra (dds), Etapasfenológicas			
	20/V3	42/R5	59/R7	92/R8
PI 203958	100 **	100	100	100
Negro Tacaná	100	100	100	100
Puebla 152	100	100	100	100
Canario 107	100	100	100	100
Wisc RRR	100	100	100	100
G 122	100	100	100	100
FR 266	100	100	100	100
Pinto Villa	100	100	100	100
Negro 8025	83.3	100	100	100
Negro Durango	90.4	100	100	100
BAT 277	100	100	100	100
Negro Cotaxtla 91	100	100	100	100
Negro INIFAP	100	100	100	100
Flor de Mayo Bajío	100	100	100	100
G 12729	88.9	100	100	100

\* Media de 4 repeticiones

#### 4.2.4 Severidad de *Rhizoctonia solani*

Los análisis de varianza realizados para la severidad de *Rhizoctonia solani* mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 42 dds. (etapa R5), 59 dds. (etapa R7) y 92 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.36, 39, 42 y 45).

En invernadero la severidad osciló entre 4.1 y 5.1 a lo largo del ciclo, ésto es; los genotipos se comportaron como intermedios, teniéndose el valor promedio mas alto en la última observación (Gráfica No.5), lo más probable es que haya existido una competencia con *Fusarium* que indujera el incremento de la severidad de *Rhizoctonia solani* como lo mencionan Pedroza *et al.* (1991), pues al inicio del ciclo ambos patógenos presentaban valores de severidad similares, pero posteriormente la severidad de *Rhizoctonia solani* se incrementó y la de *Fusarium* spp. a pesar de ser alta, siempre se mantuvo por debajo del otro hongo.

El genotipo G12729, fue el de menor grado de severidad (Valor inferior a 4), seguido de Puebla 152, PI203958, N. Dgo. y N. 8025, mientras que el valor mas bajo (3.0) fue el de G12729 a los 20 dds. (Cuadro No.17).

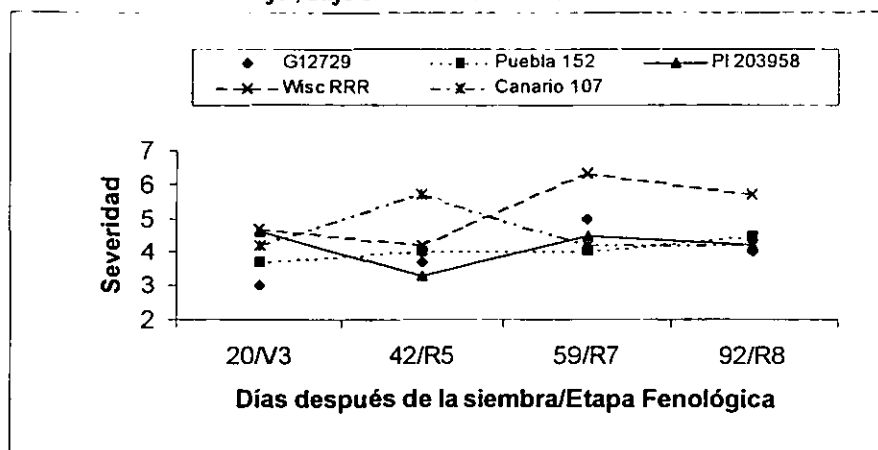
A los 59 dds Wisc. RRR y F.M.B. tuvieron valores de 6.2 y 6.3 respectivamente posteriormente éstos bajaron, aunque en el caso de Wisc. RRR no fue significativo (5.7) y en F.M.B. el valor descendió hasta 4.7; esto contradice a lo dicho por Tu (1991), donde reporta a Wisc. RRR como resistente a *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* spp, el resultado anterior sugiere una mayor agresividad de los patógenos en esta zona o que se trate de diferentes razas patogénicas a las de su trabajo.

**Cuadro No.17. Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de Invernadero.**

Genotipos	Días después de la siembra/Etapa fenológica			
	20/V3	42/R5	59/R7	92/R8
PI 203958	4.6 ab*	3.3 d	4.5 cde	4.2 cd
Negro Tacaná	4.6 abc	4.0 cd	4.0 e	6.5 a
Puebla 152	3.7 bcde	4.0 cd	4.0 e	4.5 cd
Canario 107	4.2 bcd	5.7 a	4.2 de	4.2 cd
Wisc RRR	4.7 ab	4.2 bcd	6.3 a	5.7 ab
G 122	4.3 bcd	5.2 ab	4.2 de	5.7 ab
FR 266	4.2 bcd	4.0 cd	5.3 bc	6.2 a
Pinto Villa	3.5 cde	3.7 cd	4.5 cde	6.3 a
Negro 8025	3.2 de	3.5 cd	4.0 e	6.0 a
Negro Durango	4.3 bcd	3.7 cd	4.0 e	5.0 bc
BAT 477	3.8 bcde	4.2 bcd	4.7 cde	6.2 a
Negro Cotaxtla 91	4.2 bcd	6.0 a	5.0 cd	4.0 d
Negro INIFAP	3.3 de	5.7 a	4.2 de	4.0 d
Flor de Mayo Bajío	5.7 a	4.5 bc	6.2 ab	4.7 cd
G 12729	3.0 e	3.7 cd	5.0 cd	4.0 d

\*Medias de cuatro repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

Gráfica No.5. Severidad de daño ocasionado por *Rhizoctonia solani* en 15 genotipos de frijol, bajo condiciones de invernadero.



#### 4.2.3 Incidencia de *Fusarium* spp.

Los menores porcentajes de incidencia causados por *Fusarium* spp. se presentaron en la etapa de prefloración, la razón fue que disminuyó la severidad del daño causado por este patógeno, pues como se puede ver en el cuadro del ANEXO No.23, existe una alta correlación ( $r = 0.84$ ) entre ambas variables lo cual explica este comportamiento.

En el resto de las observaciones, etapa de aparición de la primera hoja trifoliada -V3-, formación de vainas -R7- y llenado de vainas -R8-, la incidencia siempre fue del 100% en todos los genotipos, es decir todas las plantas mostraron daños, aunque en algunos casos no fueron severos, decoloraciones ligeras con lesiones en la raíz e hipocótilo que equivalían al 10% de los tejidos (Cuadro No.18).

La menor incidencia se presentó en el genotipo N. Cot. 91 y fue del 50%, mientras que PI 203958, FR 266 y G 12729, tuvieron una incidencia del 66%.

En los materiales N. Tac., Wisc. RRR y N. Dgo., el porcentaje fue del 75%. Puebla 152, Canario 107, G 122, N. 8025, BAT 477, N. INIFAP y F.M.B., tuvieron un 100% de incidencia durante todo el ciclo.

**Cuadro No.18. Incidencia de *Fusarium* spp. en genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero.**

Genotipos	Incidencia (%)/Días después de la siembra (dds), etapas fenológicas			
	20/V3	42/R5	59/R7	92/R8
PI 203958	100 *	66.6	100	100
Negro Tacaná	100	75.0	100	100
Puebla 152	100	100	100	100
Canario 107	100	100	100	100
Wisc RRR	100	75.0	100	100
G 122	100	100	100	100
FR 266	100	66.7	100	100
Pinto Villa	100	100	100	100
Negro 8025	100	100	100	100
Negro Durango	100	75.0	100	100
BAT 477	100	100	100	100
Negro Cotaxtla 91	100	50	100	100
Negro INIFAP	100	100	100	100
Flor de Mayo Bajío	100	100	100	100
G 12729	88.9	66.7	100	100

\* Medias de 4 repeticiones.

#### 4.2.5 Severidad de *Fusarium* spp.

Los análisis de varianza realizados para la severidad de *Fusarium* spp. en invernadero, mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 42 dds. (etapa R5), 59 dds. (etapa R7) y 92 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.25, 28, 31 y 34).

En invernadero, los valores promedio de severidad fueron el mínimo de 3.6 en la etapa R5 y el máximo de 4.2 en la etapa de formación de vainas. En las primeras dos observaciones varios genotipos mostraron resistencia, a partir de los 59 dds todos los genotipos se comportaron como intermedios (Cuadro No.19).

*Fusarium* spp. fue menos agresivo que *Rhizoctonia solani*; sin embargo desde la primera observación, etapa de aparición de la primera hoja trifoliada -V3-, existieron materiales con daños severos como es el caso de G 122 y F.M.B., cuyos valores de severidad fueron superiores a 5 (5.7 y 5.3 respectivamente), otros que también tuvieron daños considerables fueron: Canario 107 (4.8), N Dgo. (4.8), BAT 477 (4.5), P 152 (4.6) y N 8025 (4.6), lo anterior significa que cerca

del 25% de los tejidos del hipocótilo y la raíz estaban cubiertos por lesiones y presentaban decoloración fuerte (Cuadro No.19).

En la etapa de prefloración (R5), se registraron los menores daños en la mayoría de los genotipos, aparentemente *Rhizoctonia solani* no tuvo gran influencia en este descenso, pues los valores de correlación entre ambos patógenos fueron de  $r = 0.36$  (ANEXO No.23). Los genotipos que tuvieron altos valores de severidad fueron: Puebla 152 (5.0), G 122 (5.5), BAT 477 (4.5) y N. INIFAP (4.7). Esto indica que dichos genotipos son más susceptibles a *Fusarium* spp. en la etapa de prefloración (R5), este comportamiento es factible, pues como lo menciona Agrios (1995), algunas plantas son susceptibles solo en una determinada etapa de crecimiento, característica heredada genéticamente.

Los genotipos PI 203958, Wisc. RRR, FR 266, N. Dgo., N. Cot. 91 y G 12729 tuvieron valores igual o inferiores a 3.0, que los clasifican como resistentes, según la escala propuesta por Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987), pues los daños que presentaron fueron mínimos por lo menos en la etapa de prefloración (Cuadro No.19).

El valor de severidad mas alto fue el de 6 y lo presentaron los genotipos Wisc. RRR a los 59 dds. y N. 8025 a los 92 dds., es importante mencionar que este último genotipo tuvo ese mismo valor para *Rhizoctonia solani*, de lo cual se puede deducir que a través de la presión que ejercen ambos patógenos por invadir los tejidos vegetales, Negro 8025 tiende a la susceptibilidad hacia las últimas etapas de su desarrollo (Gráfica No.6).

A partir de los 59 dds. (Etapa de formación de vainas) en la mayor parte de los genotipos hubo un incremento en los daños provocados por *Fusarium* spp., a excepción de los materiales Puebla 152, G 122 y N. INIFAP que a los 42 dds (etapa R5) fueron los mas atacados y posteriormente los daños fueron descendiendo.

La variedad BAT 477 que presentó resistencia en una investigación hecha por Pastor-Corrales *et al.* 1987 donde inoculó *F. oxysporum* bajo condiciones de invernadero, fue intermedia en este

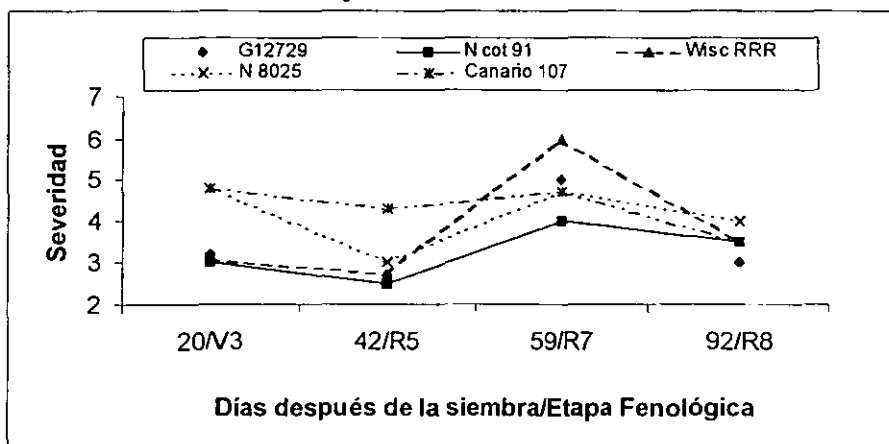
trabajo y Puebla 152, evaluada también por el investigador, tuvo el mismo comportamiento que en su trabajo (Intermedia).

**Cuadro No.19. Comportamiento de 15 genotipos de frijol al ataque de *Fusarium* spp., bajo condiciones de invernadero.**

Genotipos	Días después de la siembra/ Etapa fenológica			
	20/V3	42/R5	59/R7	92/R8
PI 203958	3.6 cf*	2.7 de	4.5 bc	3.2 ef
Negro Tacaná	4.0 cde	3.2 cde	3.5 cd	4.2 cd
Puebla 152	4.6 bcd	5.0 a	3.5 cd	3.5 def
Canario 107	4.8 abcd	4.3 abc	4.7 b	3.5 def
Wisc RRR	3.1 cf	2.7 de	6.0 a	3.5 def
G 122	5.7 a	5.5 a	4.7 b	4.7 bc
FR 266	3.1 cf	2.7 de	3.3 d	5.2 ab
Pinto Villa	3.9 cdef	3.2 cde	3.2 d	5.7 a
Negro 8025	4.6 bcd	3.7 bcd	3.2 d	6.0 a
Negro Durango	4.8 abcf	3.0 de	4.7 b	4.0 cde
BAT 477	4.7 bcd	4.5 ab	4.7 b	4.0 cde
Negro Cotaxtla 91	3.0 f	2.5 e	4.0 bcd	3.5 def
Negro INIFAP	3.9 def	4.7 ab	3.5 cd	3.3 ef
Flor de Mayo	5.3 ab	3.5 bcde	5.0 ab	4.0 cde
Bajo				
G 12729	3.2ef	2.7de	5.0ab	3.0f

\* Medias de 4 repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Gráfica No.6. Severidad de daño ocasionado por *Fusarium* spp en 15 genotipos de frijol, bajo condiciones de invernadero.**





#### 4.2.6 Síntomas sobre el cuello de la raíz

Los análisis de varianza realizados para los síntomas sobre el cuello en invernadero, mostraron diferencia significativa en las cuatro observaciones realizadas: a los 20 dds. (etapa V3), 42 dds. (etapa R5), 59 dds. (etapa R7) y 92 dds. (etapa R8) (ANEXO Cuadros No.38, 41, 44 y 47).

Los síntomas visibles sobre el cuello de la raíz fueron considerables desde las primeras etapas del desarrollo de las plantas; de 3.5-5.7 a los 20 dds., de 3.3-7.0 a los 42 dds., de 5.2-7.7 a los 59 dds., de 4.5-7.3 a los 92 dds. (Cuadro No.20), esto se debe a que el ataque de los hongos fue severo durante todo el ciclo del cultivo (Gráfica No.7), especialmente el de *Rhizoctonia solani*, patógeno que mostró daños que fueron incrementándose conforme avanzó el ciclo del cultivo. Los valores de correlación entre los síntomas sobre el cuello y la severidad de los daños, fueron altos en las cuatro observaciones realizadas; en V3 ( $r = 0.76$ ), R5 ( $r = 0.81$ ), R7 ( $r = 0.67$ ) y R8 ( $r = 0.95$ ) (ANEXO Cuadro No. 23). Esto indica que conforme aumentaba la severidad de *Rhizoctonia solani*, los daños sobre el cuello de la raíz eran mayores.

*Fusarium* spp. solo tuvo baja correlación a los 42 dds. (etapa R5) momento en que disminuyeron los daños causados por este patógeno. En la etapa de aparición de la primera hoja trifoliada (V3), la correlación fue de  $r = 0.66$ , en la formación de vainas fue de  $r = 0.76$  y en la etapa de llenado de vainas de  $r = 0.78$  (ANEXO Cuadro No. 23). Al igual que en el caso de *Rhizoctonia solani* el aumento en los daños estuvieron estrechamente relacionados con la severidad de los síntomas visibles sobre el cuello de la raíz.

Los valores de daño mas bajo se observaron en el genotipo G12729, en las etapas V3 (3.5) y R5 (3.3). En la etapa R5, además de G 12729, Wisc. RRR y N. Dgo. experimentaron un descenso en los síntomas sobre el cuello de la raíz (3.7 en ambos casos), esto se debió a que en los tres casos la severidad de ambo hongos fue baja.

G 122 se comportó como susceptible a partir de la etapa de prefloración y permaneció así hasta el final del ciclo. A los 42 dds. (R5) el valor de severidad fue de 6.5 y de los 59 dds. (R7) hasta los 92 dds. (R8), el valor de severidad fue de 6.7 (Cuadro No.20), esto significa que cerca del

50% de los tejidos del hipocótilo y la raíz, estaban cubiertos por lesiones con decoloraciones fuertes, a pesar de que los tejidos permanecían firmes.

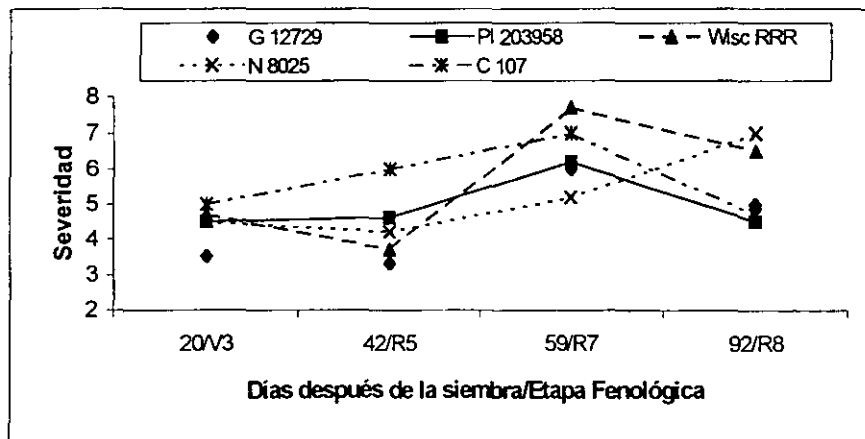
Los genotipos FR 266, Pinto Villa, BAT 477 y Wisc. RRR, presentaron susceptibilidad a *Fusarium* spp. a partir de la etapa de formación de vainas. FR 266 tuvo un valor de 6.3 a los 59 dds. (R7) que aumentó a los 92 dds. a 7.2, El valor de Pinto Villa a los 59 dds. (R7) fue de 6.2 y a los 92 dds. (R8) se incrementó a 7.3. BAT 477 presentó un valor de 6.7 a los 59 dds. y de 7.0 a los 92 dds., solamente Wisc RRR que tenía a los 59 dds. un valor de severidad de 7.7 sufrió un descenso y a los 92 dds. el valor de severidad fue de 6.5; sin embargo, esta disminución en la severidad no fue significativa pues siguió clasificándose como susceptible (Cuadro No.20).

**Cuadro No.20 Síntomas sobre el cuello de la raíz en 15 genotipos de frijol bajo condiciones de invernadero.**

Genotipos	Días después de la siembra/Etapa fenológica			
	20/V3	42/R5	59/R7	92/R8
PI 203958	4.5 bcde*	4.6 cd	6.2 cde	4.5 d
Negro Tacaná	4.7 abcd	4.5 cde	6.0 def	7.0 a
Puebla 152	5.0 abcd	5.5 bc	5.5 ef	5.0 cd
Canario 107	5.0 abcd	6.0 ab	7.0 abc	4.7 d
Wisc RRR	4.7 bcde	3.7 de	7.7 a	6.5 ab
G 122	5.4 ab	6.5 ab	6.7 abcd	6.7 a
FR 266	4.4 cdef	4.3 cde	6.3 bcde	7.2 a
Pinto Villa	4.1 def	4.2 cde	6.2 cde	7.3 a
Negro 8025	4.5 bcde	4.2 cde	5.2 f	7.0 a
Negro Durango	5.1 abc	3.7 de	6.2 cde	5.7 bc
BAT 477	4.5 bcde	4.5 cde	6.7 abcd	7.0 a
Negro Cotaxtla 91	4.5 bcde	7.0 a	6.0 def	4.5 d
Negro INIFAP	3.8 ef	6.0 ab	5.7 ef	5.3 cd
Flor de Mayo Bajío	5.7 a	5.2 bc	7.2 ab	5.0 cd
G 12729	3.5 f	3.3 c	6.0 def	5.0 cd

\* Medias de 4 repeticiones. Cifras con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

**Gráfica No.7 Síntomas visibles sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol bajo condiciones de invernadero.**



## V CONCLUSIONES

- ◆ El ataque de *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* varía de acuerdo a la etapa del cultivo y esta estrechamente relacionado con las condiciones ambientales y la competencia que exista entre ambos para invadir los tejidos del hospedante.
- ◆ Los genotipos más prometedores contra *Fusarium* spp. fueron: G 12729, N. Cot. 91, N. Tac. y PI 203958.
- ◆ Los genotipos más prometedores contra *Rhizoctonia solani* fueron: G 12729, N.Dgo., Puebla 152, PI 203958 y N. 8025.

### Campo

- ◆ La variedad Canario 107 presentó los más altos valores de severidad para *Rhizoctonia solani solani* y *Fusarium* spp.
- ◆ El daño inducido por *Rhizoctonia solani*, fue más severo en las primeras etapas de desarrollo de las plantas.
- ◆ Los mayores valores de severidad fueron los causados por *Fusarium* spp., en la etapa R5.
- ◆ Ningún genotipo mostró valores e severidad mayores a seis, inducidos por *Rhizoctonia solani*.
- ◆ La incidencia de *Rhizoctonia solani* fue del 100% desde el inicio del ciclo y descendió a partir de la etapa R7 del ciclo de las plantas. *Fusarium* spp. tuvo una incidencia inferior al 100% solo en la etapa V3.

## Invernadero

- ◆ La asociación entre *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* favoreció una mayor patogenicidad de *Rhizoctonia solani* ocasionando que los daños se incrementaran en las últimas etapas del cultivo (R7,R8).
- ◆ Los mayores valores de severidad causados por *Fusarium* spp., se presentaron en la etapa R7.
- ◆ Los menores valores de severidad causados por *Fusarium* spp. se registraron en la etapa R5 y los de *Rhizoctonia solani* en la etapa V3.
- ◆ La incidencia de *Fusarium* spp. fue del 100% en las etapas V3, R7 y R8 de las plantas, mientras que la incidencia de *Rhizoctonia solani* fue inferior al 100% solo en la etapa V3.

## VI RECOMENDACIONES

- ◆ Se deben continuar los estudios con los genotipos mas prometedores para obtener híbridos con resistencia a las enfermedades aquí evaluadas junto con otras características deseables, como la calidad nutricional y tiempo de cocción.
- ◆ Incrementar el uso de variedades resistentes a pudriciones de raíz causadas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* para disminuir las pérdidas en la producción.
- ◆ Cuando no se cuente con variedades resistentes es necesario dar un tratamiento fungicida a las semillas e implementar prácticas culturales que impidan el incremento del inóculo de los patógenos.

## Invernadero

- ◆ La asociación entre *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* favoreció una mayor patogenicidad de *Rhizoctonia solani* ocasionando que los daños se incrementaran en las últimas etapas del cultivo (R7,R8).
- ◆ Los mayores valores de severidad causados por *Fusarium* spp., se presentaron en la etapa R7.
- ◆ Los menores valores de severidad causados por *Fusarium* spp. se registraron en la etapa R5 y los de *Rhizoctonia solani* en la etapa V3.
- ◆ La incidencia de *Fusarium* spp. fue del 100% en las etapas V3, R7 y R8 de las plantas, mientras que la incidencia de *Rhizoctonia solani* fue inferior al 100% solo en la etapa V3.

## VI RECOMENDACIONES

- ◆ Se deben continuar los estudios con los genotipos mas prometedores para obtener híbridos con resistencia a las enfermedades aquí evaluadas junto con otras características deseables, como la calidad nutricional y tiempo de cocción.
- ◆ Incrementar el uso de variedades resistentes a pudriciones de raíz causadas por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* para disminuir las pérdidas en la producción.
- ◆ Cuando no se cuente con variedades resistentes es necesario dar un tratamiento fungicida a las semillas e implementar prácticas culturales que impidan el incremento del inóculo de los patógenos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1- 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 p. 7-12.
- 2.- ACOSTA, G.J.A. 1992. El cultivo del frijol y su problemática en México. En: Solorzano, V.E (ed.) Ciclo de seminarios del curso de producción de leguminosas de grano. Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México p. 1-11.
- 3.- ACOSTA, G. J.A y NAVARRETE, M.R. 1996. Identificación de genotipos de frijol con resistencia múltiple a enfermedades en la mesa central de México. Agricultura Técnica en México. 22 (2):187-197. México.
- 4 - ACOSTA, G.J.A. y ROSALES S. R. 1998. Nuevas alternativas para producir frijol en el Estado de México. Demostración de tecnologías agrícolas. INIFAP-SAGAR. No.17: 15-16.
- 5.- ACOSTA, G. J.A., ROSALES S.R. y ALVARADO M.S. 1998. Tecnología de producción de frijol para el Estado de México. INIFAP-SAGAR. Desplegable Técnica No.1. Edo de Méx.
- 6.- AGRIOS, N.G. 1995. Fitopatología. Segunda edición. Editorial UTEHA. México, D.F. pp. 838.
- 7 - ALEXOPOULOS, J.C y W. MIMS 1985. Introducción a la micología. Ediciones Omega. Barcelona, España. pp. 638.
- 8.- BLAKEMAN, J.P. and WILLIAMSON, B. 1994. Ecology of plant pathogens. CAB International. p.42-45.
- 9.- CAMPOS, A.J. 1991. Enfermedades del frijol. Trillas. México. p. 154-167.

- 10.- DE LA GARZA G.J.L. 1996 Fitopatología General. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey Nuevo León. pp. 515.
- 11.- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. 1980. Compendio de enfermedades de la soja. Editorial Hemisferio Sur. Argentina p. 17-19.
- 12.- DIAZ, F.A. 1993. Enfermedades infecciosas de los cultivos. Ed. Trillas. México p. 60-61.
- 13.- DICKINSON, C.H. y LUCAS, J.A. 1987. Patología vegetal y patógenos de plantas. Editorial Limusa. México. pp. 229-275.
- 14.- ESCALANTE, E. J.E. y KOHASHI-SHIBATA, J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol, manual para la toma de datos. Primera edición. Colegio de posgraduados. Texcoco México. pp. 84.
- 15.- FREED, R., EISENSMITH, S.P., GOETZ, S., REICOSKY, D., SMAIL, V.W. AND WOLBERG, P. 1991. MSTAT-C. A microcomputer program for design, management and analysis of agronomic research experiments. Michigan State University.
- 16.- FRENCH, E.R. y T.T. HEBERT. 1982. Métodos de investigación fitopatológica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. p. 154-167.
- 17.- GARCIA, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen. UNAM. México. p 252.
- 18.- IBARRA P. F. y CASTILLO R.A. 1998. Como producir frijol bajo temporal. INIFAP-SAGAR. Publicación # 12: Tecnologías para aumentar la producción de frijol en Durango. Durango, Méx. p. 7-8.
- 19.- JAMES, W.C. 1974. Disease assessment keys. Ann. Rev. Phytopath. 12:27-48.



- 20.- LATORRE, G.B. 1992. Enfermedades de las plantas cultivadas. 4ª edición. Ediciones, Universidad Católica de Chile. Chile. p. 501-506.
- 21.- MARSHALL, E.M., ALOIS, A. B and BECKMAN, H.C. 1981. Fungal wilt diseases of plants. Academic Press. USA. p. 51-64.
- 22.- MENDOZA, Z.C. y PINTO, C.B. 1983. Principios de Fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Chapingo, México. p. 286-288.
- 23.- MORENO., M.E. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera edición. UNAM. Méx. 1996. pp. 112-122.
- 24.- MUÑOZ de CH. M., CHAVEZ, V.A., ROLDAN, A. J.A., LEDESMA, S. J.A., MENDOZA M. E. y PEREZ-GIL, R. F. 1996. Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Primera edición. Editorial Pax. México. D.F. México. p. 38.
- 25.- MUÑOZ-OROZCO, A., MIRANDA-COLIN, S. y SERRANO-COVARRUBIAS, L.M. 1995. Diversidad genética y resistencia a factores adversos en frijol. En: Diversidad genética y patología del frijol. Editado por: PEREZ, M.J., FERRERO, C.R. y GARCIA, E.R. Colegio de posgraduados en Ciencias Agrícolas. México. pp. 1-9.
- 26.- N. A. S. 1980. Desarrollo y control de las enfermedades de las plantas. Vol. 1. Editorial LIMUSA. México. pp. 223.
- 27.- 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. Agronomía Mesoamericana. México. 10 (1): 37-46.
- 28.- NAVARRETE, M.R. y MORENO M. 1995. Problemática Fitosanitaria de Post cosecha en frijol. En: PEREZ, M.J., R FERRERO. C. y R. GARCIA E. (eds). Diversidad Genética y Patología del Frijol. Colegio de Postgraduados. México. p. 69-107.

- 29.- NUÑEZ, B.A. 1994. La producción e investigación en México. En: El agua y la energía en la cadena alimentaria: Granos básicos. Foro de consulta permanente. Bauer, M., Chong, I., Moreno, E., Quintanilla, J. Y Torres, F., (eds.). Instituto de investigaciones económicas . UNAM. México p. 51-55.
- 30.- NYVALL, F.R 1989. Field crop diseases handbook. 2<sup>nd</sup> Edition. An avi book. Van Nostrand Reinhold. N. York, USA. p. 226-228.
- 31.- ORTIZ, V.M. 1998. El frijol en el Estado de Zacatecas. 1ª edición. Gobierno del Estado de Zacatecas. México. p. 11-41.
- 32.- ORTUBE, J., RIVADENERA, C., KORIYAMA, M., y ANZOATEGUI, T. 1996. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Las leguminosas en la Agricultura Boliviana. Editado por MENESES, R., WAAIJENBERG, H. y PIEROLA, L. Proyecto Rhizobiología. Bolivia. pp.227-233.
- 33.- PARRY, W.D. 1990. Plant pathology in agriculture. Cambridge University Press. N.Y., U.S.A. p.250-252.
- 34.- PASTOR-CORRALES, M.A., and ABAWI, G.S. 1987. Reactions of Selected Bean Germ Plasms to infection by *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*. Plant Dis. 71: 990-993.
- 35.- PASTOR-CORRALES, M.A, and ABAWI, G.S. 1990. Root rots of beans in Latin America: Diagnosis, Research, Methodologies and Management strategies. Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia p. 7-12.
- 36.- PEDROZA, S.A. y TELIZ, O.D. 1991. Importancia relativa de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp. y *Macrophomina phaseoli* 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.

- 37.-REYES, C.P. 1985. Diseños de Experimentos Aplicados. Editorial Trillas. México. p. 299-309.
- 38.- ROMERO, C.S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México p. 309-317.
- 39.- ROSALES, S.R., ACOSTA, G.J.A. y CAMPOS, E.A. 2000. Alternativas de producción para el cultivo de frijol en el Estado de México. En: Memoria Técnica No.1. Día de campo CEVAMEX 2000. INIFAP-CIRC-CEVAMEX. pp 101.
- 40.- SALGADO, M.O., SCHWARTZ, H.F., BRICK, M.A. and PASTOR-CORRALES, M.A. 1994. Resistance to *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli* in tepary beans (*Phaseolus acutifolius*). Plant Dis. 78: 357-360.
- 41.- SANCHEZ, A., J.H. y CARDENAS, A.M. 1988. Etiología y daños de las pudriciones radicales del frijol *Phaseolus vulgaris* L. en el estado de Durango. Revista Chapingo No.58-59:43-49.
- 42.- SAGAR. 1994, 1995, 1996, 1997. Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- 43.- SAGAR.-Centro de Estadística Agropecuaria. 2000. Serie Histórica de superficie sembrada, cosechada y rendimiento de los principales cultivos. México.
- 44.- SAGAR. 1998. Situación actual y perspectivas de la producción de frijol en México. Editado por: GALARZA, M. J.M. México D.F. pp 67.
- 45.- SARH. 1990, 1991, 1992, 1993. Anuario estadístico de la producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- 46.- SARH. 1992. Guía fitosanitaria para el cultivo del frijol. Serie Sanidad Vegetal. pp.9-5, 9-7,9-15.

- 47.- SCHOONHOVEN, A.V. y PASTOR-CORRALES, M.A. 1987. Sistema Estandar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p.52.
- 48.- SCHWARTZ, H.F. y GALVEZ, G.E. 1980. Problemas de producción de frijol. CIAT. Cali Colombia. p 67-77.
- 49 SCHWARTZ, H.F. and MORALES, F.J. 1989. Bean production problems in the tropics. CIAT. Cali, Colombia. p.114-125.
- 50.- SILBERNAGEL, M.J. 1990. Genetic and cultural control of *Fusarium* Root Rot in Bush Snap Beans. Plant Dis. 74: 61-66.
- 51.- SMITH, I.M. y J. DUNEZ. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Mundi-prensa-Madrid, España p.30-31, 328-337.
- 52.- SUSSAN, Y. 1992. Fungal plant interactions. 3th. Edition. Champan and Hall p. 171-173, 228-237.
- 53.- THOMSON, N.T. 1991 Agricultural Chemicals. IV Book fungicides. Thomson publication. USA p. 71-116.
- 54.- TU, J.C. 1991. Managment of root rot diseases of peas, beans and tomatoes. Can. J. Plant Path. 14: 92-99.
- 55.- VELASQUEZ-VALLE, R., and SCHWARTZ, H.F. 1997. Symptom response and internal discoloration in bean lines infected with *Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli* isolates from USA and Spain Ann. Rep. Bean Improv. Coop. (40): 97-99.
- 56.- WALKER, C.J. 1975. Patología vegetal. Ed Omega. Barcelona, España p. 515-519.

## VII. ANEXOS

Cuadro No.21. Correlaciones de condiciones climáticas severidad de daño e incidencia causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* en 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas bajo condiciones de campo.

	SEV F.	SEV R.S.	SIN S.C.	INC F.	INC R.S.
T MAX.	-0.641*	0.922*	-0.172 NS	-0.839*	0.714*
T MIN.	0.366 NS	0.549 NS	0.703*	-0.005 NS	0.797*
T MED.	-0.041 NS	0.836*	0.441 NS	-0.418 NS	0.920*
PREC.	0.762*	0.162 NS	0.927*	0.417 NS	0.564*

\* Significativo, NS No significativo al 0.05 de probabilidad de error

T MAX., T MIN., T MED., PREC: Temperaturas máxima, mínima y media, precipitación.

SEV R.S., SEV F., SIN S.C., INC R.S., INC F: severidad de *Rhizoctonia solani*, severidad de *Fusarium* spp., síntomas sobre el cuello, incidencia de *Rhizoctonia solani*, incidencia de *Fusarium* spp.

Cuadro No.22 Correlaciones entre severidad de daño causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* de 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas bajo condiciones de campo.

Variables	Variables/ Días después de la siembra															
	SEV R.S.				SEV F.				SIN S.C.				INC R.S.			
	20	45	62	97	20	45	62	97	20	45	62	97	20	45	62	97
SEV R.S.	—	—	—	—												
SEV F.	0.43NS	0.30NS	0.80*	0.81*	—	—	—	—								
SIN S.C.	0.72*	0.40NS	0.76*	0.87*	0.84*	0.94*	0.96*	0.93*	—	—	—	—				
INC R.S.	0.60*	0.29NS	0.63*	0.56*	0.63*	-0.02NS	0.58*	0.40NS	0.68*	0.07NS	0.47NS	0.51*	—	—	—	—
INC F.	0.53*	0.23NS	0.01NS	0.41NS	0.84*	0.70*	0.29NS	0.48NS	0.76*	0.56*	0.20NS	0.45NS	0.77*	-0.07NS	-0.23NS	0.09NS

\* significativo NS No significativo al 0.05 de probabilidad de error.

SEV R.S.: severidad de *Rhizoctonia solani*, SEV F.: severidad de *Fusarium* spp., SIN S.C.: síntomas sobre el cuello, INC R.S.: incidencia de *Rhizoctonia solani*.

INC F.: incidencia de *Fusarium* spp.

Cuadro No.23. Correlaciones entre severidad de daño causada por *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* de 15 genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas bajo condiciones de invernadero.

Variables	Variables/ Días después de la siembra															
	SEV R.S.				SEV F.				SIN S.C.				INC R.S.			
	20	42	59	92	20	42	59	92	20	42	59	92	20	42	59	92
SEV R.S.	—	—	—	—	0.15	0.36	0.51	0.78								
SEV F.	0.15NS	0.36NS	0.51*	0.78*	—	—	—	—								
SIN S.C.	0.76NS	0.81*	0.67*	0.95*	0.66*	0.49NS	0.76*	0.78*	—	—	—	—				
INC R.S.	0.51*	0.24NS	0.16NS	0.35NS	-0.05NS	0.28NS	0.25NS	0.38NS	0.26*	0.46NS	0.25NS	0.22NS	—	—	—	—
INC F.	0.47NS	0.05NS	0.16NS	0.26NS	0.33NS	0.84*	0.25NS	0.28NS	0.60*	0.14NS	0.25NS	0.38NS	0.44NS	0.27NS	1*	-0.07NS

\* Significativo NS No significativo al 0.05 de probabilidad de error.

SEV R.S.: severidad de *Rhizoctonia solani*, SEV F.: severidad de *Fusarium* spp., SIN S.C.: síntomas sobre el cuello, INC R.S.: incidencia de *Rhizoctonia solani*,

INC F.: incidencia de *Fusarium* spp.

## ANÁLISIS DE VARIANZA

## Pudriciones de raíz bajo condiciones de campo

## Primera observación

Cuadro No.24. Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	3.985	0.285	2.415	1.76**	0.0042
Error	165	19.445	0.118			
Total	179	23.430				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 17.32%

Cuadro No.25. Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 20 dds., sembradas bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	12.922	0.923	4.181	1.76**	0.0000
Error	165	36.426	0.221			
Total	179	49.348				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 25.02%

Cuadro No. 26. Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	5.164	0.369	3.012	1.76**	0.0004
Error	165	20.210	0.122			
Total	179	25.374				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 17.16%

## Segunda observación

Cuadro No.27. Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 45 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	1.892	0.135	3.903	1.76**	0.0000
Error	165	5.713	0.035			
Total	179	7.605				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 9.90%

Cuadro No.28. Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 45 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	8.510	0.608	8.770	1.76**	0.0000
Error	165	11.436	0.069			
Total	179	19.946				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 11.68%

Cuadro No.29. Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 45 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.280	0.163	5.169	1.76**	0.0000
Error	165	5.199	0.032			
Total	179	7.479				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 8.12%

## Tercera observación

Cuadro No.30. Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 62 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	5.814	0.415	4.371	1.76**	0.0000
Error	165	15.675	0.095			
Total	179	21.489				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 17.89%



Cuadro No.31. Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 62 dds., sembradas bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	6.738	0.481	5.387	1.76**	0.0000
Error	165	14.740	0.089			
Total	179	21.478				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 14.59%

Cuadro No.32. Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz en genotipos de frijol a los 62 dds., sembradas bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	4.842	0.346	6.401	1.76**	0.0000
Error	165	8.915	0.054			
Total	179	13.756				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 11.50%

#### Cuarta observación

Cuadro No.33. Análisis de varianza de daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 97 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	3.315	0.237	3.035	1.76**	0.0003
Error	165	12.874	0.078			
Total	179	16.189				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 16.09%

Cuadro No. 34. Análisis de varianza de daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 97 dds., sembradas bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	4.808	0.343	4.902	1.76**	0.0000
Error	165	11.559	0.070			
Total	179	16.367				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 12.12%

Cuadro No.35. Análisis de varianza de síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 97 dds., sembrados bajo condiciones de campo.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	4.515	0.323	4.712	1.76**	0.0000
Error	165	11.294	0.068			
Total	179	15.809				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05  
 Coeficiente de variación = 12.40%

### Putridiones de raíz bajo condiciones de invernadero

#### Primera observación

Cuadro No.36. Análisis de varianza de los daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 20 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	4.803	0.343	2.868	1.76**	0.0007
Error	165	19.735	0.120			
Total	179	24.538				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05  
 Coeficiente de variación = 17.36%

Cuadro No.37. Análisis de varianza de los daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 20 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	7.565	0.540	7.552	1.76**	0.0000
Error	165	11.805	0.072			
Total	179	19.370				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05  
 Coeficiente de variación = 13.30%

Cuadro No.38. Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 20 dds., bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.745	0.196	2.916	1.76**	0.0006
Error	165	11.095	0.067			
Total	179	13.840				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05  
 Coeficiente de variación = 12.10%

ESTA TESIS NO SALIÓ  
 DE LA BIBLIOTECA

## Segunda observación

Cuadro No.39. Análisis de varianza de los daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 42 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.257	0.161	5.441	1.92**	0.0000
Error	45	1.334	0.030			
Total	59	3.591				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 8.29%

Cuadro No.40. Análisis de varianza de los daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 42 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	3.401	0.243	5.805	1.92**	0.0000
Error	45	1.883	0.042			
Total	59	5.285				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 10.87%

Cuadro No.41. Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 42 dds., bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	3.437	0.245	5.601	1.92**	0.0000
Error	45	1.972	0.044			
Total	59	5.409				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 9.52%

## Tercera observación

Cuadro No.42. Análisis de varianza de los daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 59 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	1.701	0.121	4.836	1.92**	0.0000
Error	45	1.131	0.025			
Total	59	2.831				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 7.35%

Cuadro No.43. Análisis de varianza de los daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 59 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.266	0.162	4.539	1.92**	0.0001
Error	45	1.605	0.036			
Total	59	3.871				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 9.22%

Cuadro No.44. Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 59 dds., bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	0.944	0.067	3.724	1.92**	0.0004
Error	45	0.815	0.018			
Total	59	1.758				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 5.36%

#### Cuarta observación

Cuadro No.45. Análisis de varianza de los daños causados por *Rhizoctonia solani* en genotipos de frijol a los 92 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.559	0.183	10.603	1.92**	0.0000
Error	45	0.776	0.017			
Total	59	3.334				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 5.81%

Cuadro No.46. Análisis de varianza de los daños causados por *Fusarium* spp. en genotipos de frijol a los 92 dds., sembrados bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.692	0.192	7.744	1.92**	0.0000
Error	45	1.117	0.025			
Total	59	3.809				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación = 7.84%

Cuadro No.47. Análisis de varianza de los síntomas sobre el cuello de la raíz de genotipos de frijol a los 92 dds., bajo condiciones de invernadero.

Fuentes	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor de F calculada	Valor de F de tablas	Probabilidad
Genotipos	14	2.845	0.203	12.666	1.92**	0.0000
Error	45	0.722	0.016			
Total	59	3.567				

\*\* significativo. La f de tablas está dada con un error del 0.05

Coefficiente de variación =5.24%