

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA



Evaluación de la Efectividad Biológica de Cepas de *Bacillus spp.* en la Regulación de *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* para el Control de la Marchitez del Chile ( *Capsicum annum L.* ) y su Efecto en el Desarrollo de Plantas Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

GERARDO VELASCO VAZQUEZ

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el  
Título de :

Ingeniero en Agrobiología

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE BOTANICA

Evaluación de la Efectividad Biológica de Cepas de *Bacillus spp.*  
en la Regulación de *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y  
*Rhizoctonia solani* para el Control de la Marchitez del Chile  
( *Capsicum annuum* L. ) y su Efecto en el Desarrollo de Plantas  
Bajo Condiciones de Invernadero

TESIS

POR

GERARDO VELASCO VAZQUEZ

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN AGROBIOLOGIA.

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO

---

DR. FRANCISCO DANIEL HERNANDEZ CASTILLO

SINODAL

SINODAL

---

DR. GABRIEL GALLEGOS MORALES

---

BIOL. JOEL LUNA MARTINEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMIA

---

M.C. ARNOLDO OYERVIDES GARCIA

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DEL 2006

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme brindado la oportunidad de iniciar mi formación profesional en esta valiosa e importante institución que día con día fortalece la sabiduría que en cada uno de sus egresados lleva consigo al retirarse de ella.

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo, por su excelente participación y manera de apoyarme con sus conocimientos como asesor en la elaboración de éste trabajo de investigación, tan valioso para mí. Gracias.

Al Dr. Gabriel Gallegos, por haberme dado la oportunidad de realizar éste trabajo de investigación, además de haberme apoyado enérgicamente con sus conocimientos y habilidades, ya que para mi formación profesional es muy importante por los nuevos conocimientos adquiridos. Gracias Dr.

Al Biol. Joel Luna, por su valiosa participación en la elaboración de éste documento tan importante para mí dentro de mi carrera profesional, el cual sin duda alguna le agradezco grandemente por haberme enseñado parte de sus conocimientos.

## DEDICATORIA

Al ser todo poderoso por la importante oportunidad que nos ofrece para poder desarrollarnos en los caminos de la vida y por todas las cosas buenas que nos ofrece cuando lo necesitamos.

A mis padres que con tanto amor, sacrificio y entrega me brindaron el apoyo para seguir adelante y prepararme a pesar de las circunstancias. Gracias por haberme dado la oportunidad de vivir ellos son:

Sr. Antonio Velasco Hidalgo

Sra. Angela Vázquez de la Torre

A mis Hermanos que por siempre los recordaré por su valioso apoyo hacia mí, ellos son:

Manuel, Josefa, Gabino, Roberto

A mis cuñadas ( o)s: Adalberto, Concepción

A mis sobrinos: Jorge, Consuelo, Julio, Gilberto, etc.

A mi Esposa que con tanto amor y cariño me brindó el apoyo necesario para poder continuar superándome y a toda su familia tan hermosa que tiene. Lucerito Gracias, Amor te amo.

A mis amigos que siempre los recordaré por los ratos de alegría que tuvimos, la lista es demasiado extensa pero ellos saben que fueron los mejores, les menciono algunos de ellos son: Carlos, Jaime, Juan Luis, Julio, Atilano, Ahimer y toda la familia de Gerardo Palatos gracias por haberme dado la oportunidad de conocerlos.

## INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
AGRADECIMIENTOS -----	i
DEDICATORIA -----	ii
INDICE DE CONTENIDO -----	iii
INDICE DE TABLAS -----	vi
INDICE DE TABLAS DEL APÉNDICE -----	vii
RESUMEN -----	ix
I. INTRODUCCION -----	1
Objetivo -----	2
Hipótesis -----	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
El Cultivo del Chile -----	3
Generalidades del Cultivo -----	3
Importancia -----	3
Estados Productores -----	4
La Marchitez del Chile -----	4
Generalidades de la Enfermedad -----	4
Agente Causal -----	5
Marchitez por <i>Phytophthora</i> -----	6
Ubicación Taxonómica -----	6
Etiología -----	7
Sintomatología -----	7
Ciclo Biológico -----	8
Epidemiología -----	9
Marchitez por <i>Fusarium</i> -----	10
Ubicación Taxonómica -----	11
Etiología -----	11
Sintomatología -----	12
Ciclo Biológico -----	12

Epidemiología -----	13
Marchitez por <i>Rhizoctonia</i> -----	14
Ubicación Taxonómica -----	14
Etiología -----	14
Sintomatología -----	15
Epidemiología -----	16
Control Biológico Antagónico -----	17
Antibióticos -----	18
Bacterias Como Agentes Biocontrol -----	19
Colonización de la Raíz -----	20
Factores que Afectan la Colonización -----	21
Competencia Bacterial -----	22
Otros Tipos de Control -----	22
Control Cultural -----	22
Control Genético -----	23
Control Químico -----	24
III. MATERIALES Y METODOS -----	26
Localización -----	26
Clima -----	26
Temperatura -----	26
Suelo -----	26
Material Vegetativo -----	27
Material Biológico -----	27
Establecimiento del Experimento -----	28
Siembra del Almácigo -----	28
Preparación de Macetas -----	28
Transplante -----	28
Fertilización -----	28
Preparación de Fitopatógenos -----	29
Bacterias -----	29
Mezcla de Cepas -----	29

Hongos -----	29
Diseño Experimental -----	30
Inoculación Bacterias -----	31
Inoculación Hongos -----	32
Parámetros Estudiados -----	32
Longitud de Raíz -----	33
Peso seco de Raíz -----	33
Diámetro de Tallo -----	33
Altura de Planta -----	33
Número de Frutos -----	33
Peso de Frutos -----	34
Incidencia -----	34
Severidad -----	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES -----	35
Longitud de Raíz -----	35
Peso seco de Raíz -----	35
Diámetro de Tallo -----	37
Altura de Planta -----	38
Número de Frutos -----	38
Peso de Frutos -----	38
Incidencia -----	39
Severidad -----	39
V. CONCLUSIONES -----	42
VI. LITERATURA CITADA -----	43
VII. APÉNDICE -----	52

## INDICE DE TABLAS

- No. 1. Procedencia de las cepas bacterianas empleadas para el control de la marchitez del chile bajo condiciones de invernadero-----Pág. 27
- No. 2. Tratamientos estudiados para determinar el efecto antagónico de la mezcla de ocho cepas de *Bacillus spp.* contra la marchitez del chile bajo condiciones de invernadero-----Pág. 31
- No. 3. Escala de índice de la enfermedad-----Pág. 34
- No. 4. Efecto de la mezcla de bacterias del género *Bacillus spp.* en diferentes variables agronómicas en plantas de chile bajo condiciones de invernadero-----Pág. 36
- No. 5. Evaluación de la incidencia y severidad sobre el efecto de la mezcla de bacterias del género *Bacillus spp.* en plantas de chile bajo condiciones de invernadero-----Pág. 40

## INDICE DE TABLAS DEL APENDICE

Tabla 1 del apéndice. Resultado estadístico de la longitud de raíz en los tratamientos evaluados-----	Pág. 53
Tabla 2 del apéndice. Análisis de varianza de la longitud de raíz en los tratamientos evaluados -----	Pág. 53
Tabla 3 del apéndice. Resultado estadístico del peso seco de raíz en los tratamientos evaluados-----	Pág. 54
Tabla 4 del apéndice. Análisis de varianza del peso seco de raíz en los tratamientos evaluados -----	Pág. 54
Tabla 5 del apéndice. Resultado estadístico del diámetro de tallo en los tratamientos evaluados-----	Pág. 55
Tabla 6 del apéndice. Análisis de varianza del diámetro de tallo en los tratamientos evaluados -----	Pág. 55
Tabla 7 del apéndice. Resultado estadístico en la altura de planta de los tratamientos evaluados-----	Pág. 56
Tabla 8 del apéndice. Análisis de varianza en la altura de planta de los tratamientos evaluados -----	Pág. 56
Tabla 9 del apéndice. Resultado estadístico del número de frutos en los tratamientos evaluados-----	Pág. 57
Tabla 10 del apéndice. Análisis de varianza del número de frutos en los tratamientos evaluados -----	Pág. 57

Tabla 11 del apéndice. Resultado estadístico del peso de frutos en los tratamientos evaluados-----Pág. 58

Tabla 12 del apéndice. Análisis de varianza del peso de frutos en los tratamientos evaluados -----Pág. 58

Tabla 13 del apéndice. Resultado estadístico de la incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados-----Pág. 59

Tabla 14 del apéndice. Análisis de varianza de la incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados -----Pág. 59

Tabla 15 del apéndice. Resultado estadístico de la severidad en la enfermedad de los tratamientos evaluados-----Pág. 60

Tabla 16 del apéndice. Análisis de varianza de la severidad en la enfermedad de los tratamientos evaluados -----Pág. 60

## RESUMEN

El cultivo del chile, es una de las principales hortalizas en nuestro país y de gran consumo popular, debido a que la producción se encuentra distribuida en diversas regiones de México, sin embargo, el cultivo se encuentra expuesto a diversos factores que reducen su capacidad productiva y uno de ellos es la presencia de enfermedades como es la marchitez, causado por *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*, entre otros. Una de las alternativas para lograr resultados favorables, es el uso del control biológico por medio de bacterias del suelo, el cual reduce las enfermedades en gran escala, debido al potencial que estas bacterias poseen sobre los agentes fitopatógenos.

Los resultados obtenidos de la investigación realizada en plantas de chile, indican que con la inoculación de bacterias de cepas nativas del género *Bacillus* presentaron un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, promoviendo estadísticamente mayor longitud de raíz, peso seco de raíz, altura de planta, diámetro de tallo y peso de fruto. No obstante estas pruebas de investigación pueden ser muy prometedoras para las futuras generaciones, ya que estos trabajos de investigación son solo pruebas preeliminares que en realidad tienen gran importancia para el campo mexicano porque se encuentra sustentada en los propios recursos naturales.

En el presente trabajo se determinó el efecto de biocontrol de bacterias del género *Bacillus* (de suelos nativos del Noreste de México) contra *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de invernadero, logrando una reducción del 70% en la incidencia de las enfermedades cuando las plantas fueron inoculadas con una mezcla de cepas nativas de *Bacillus* spp. no siendo así con la bacteria comercial que fue del 50% mismas que fueron comparadas en relación a los tratamientos efectuados. Así mismo se obtuvo un menor índice de severidad de la enfermedad.

## INTRODUCCION

En México el cultivo del chile (*Capsicum annum* L.), es de enorme importancia para la economía nacional, por la mano de obra que genera y por la generación de divisas, debido a su exportación. Es un cultivo altamente perecedero y el valor de la producción está determinado por la oferta y la demanda. En nuestro país esta hortaliza constituye una parte importante en la dieta de los mexicanos en todos los niveles socio-económicos, ya que como condimento acompaña casi a todos los tipos de comidas que se preparan y por ello su consumo es a diario como verdura fresca o procesado en salsa, polvo o encurtido.

El cultivo ocupa una gran superficie en el país, mayor a otros cultivos hortícolas; en el ciclo primavera – verano del 2000 se sembraron 112 000 ha, ocupando de 120 – 150 jornales/ha, durante el ciclo agrícola (INEGI, 2001).

El cultivo se encuentra expuesto a diversos factores que limitan su capacidad de producción, uno de ellos es la presencia de enfermedades que atacan fuertemente al cultivo como es la marchitez del chile, causados por agentes patógenos en el suelo como *Phytophthora*, *Fusarium* y *Rhizoctonia*, entre otros, provocando la muerte desde el almácigo hasta la etapa de producción. Para disminuir las pérdidas del cultivo ocasionados por este tipo de enfermedades se ha utilizado como método de control, principalmente químico, con resultados poco satisfactorios, dado que la enfermedad se presenta en forma severa, reduciendo la producción. Una de las alternativas más exitosas para lograr resultados favorables, es el uso del control biológico por medio de bacterias del suelo, el cual reduce las enfermedades en gran escala, debido a que estas bacterias poseen acción antagónica sobre los fitopatógenos inhibiendo el desarrollo de estos en el cultivo. El uso de bacterias antagónicas posee diversas ventajas sobre otros empleados tradicionalmente dado que no

causa contaminación, no es tóxico para el hombre, tiene efecto prolongado de protección, es de fácil aplicación y de bajo impacto en el medio ambiente. A continuación se mencionan algunos ejemplos, Olivares (1993) menciona a *Bacillus sp.* como inhibidor de *Phytophthora capsici*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Alternaria* en condiciones de invernadero, y además observó que para el caso de semillas certificadas tratadas con *B. subtilis* al transplante se reduce la marchitez; así mismo, se reporta que la marchitez del chile causada por los patógenos pertenecientes a los géneros *Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Pythium* se reduce la enfermedad con la aplicación de *B. subtilis* a la semilla (Casarrubias,1992). Dada la importancia y potencial que posee el uso del control biológico con bacterias antagónicas, se logra obtener mayor regulación de los agentes fitopatógenos en el cultivo.

#### **Objetivo:**

- Evaluar la efectividad de una mezcla de cepas nativas de *Bacillus spp.* en la regulación de *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* en plantas de chile, bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar la efectividad en la promoción del crecimiento y desarrollo de las plantas de chile, bajo condiciones de invernadero.

#### **Hipótesis:**

- La inoculación de cepas nativas de *Bacillus spp.* reducirá la incidencia y severidad de *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani* en plantas de chile, bajo condiciones de invernadero.
- La inoculación de cepas nativas de *Bacillus spp.* promoverá el crecimiento y desarrollo de las plantas de chile, bajo condiciones de invernadero.

## REVISION DE LITERATURA

### El Cultivo del Chile

#### Generalidades del Cultivo

El género *Capsicum*, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área de Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7 000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América (Cano, 1994).

De las cinco especies de chile que se consumen, la que sobresale por su diseminación y aceptación mundial es *Capsicum annum*, especie domesticada en México y con gran tradición cultural en la nación (Laborde y Pozo, 1984).

#### Importancia

El chile se mantiene como un cultivo altamente rentable, donde el productor generalmente recupera su inversión y obtiene ganancias (Rosas, 1997), además juega un papel importante en la alimentación ya que proporciona vitaminas y minerales. El consumo de estas hortalizas puede ser verde o en seco (Castaños, 1993).

Del total de la producción del chile en el país la mayoría es para consumo interno y aproximadamente el 10 % se dedica a la exportación principalmente los tipos dulces, de ahí que sea uno de los principales abastecedores de chile a los mercados de Estados Unidos de América y Canadá durante todo el año (Laborde y Pozo, 1984).

En México, el chile es uno de los cultivos de gran importancia en nuestro País y de mayor consumo popular, especialmente en estado fresco en cualquiera de sus formas de uso, procesado en salsas, polvo y en encurtido (Laborde y Pozo, 1984).

Dentro la gran cantidad de variantes de chiles que hay en México, tanto cultivados como silvestres, seis son los tipos más populares en todo el territorio nacional, en base a su demanda y al área sembrada, ellos son: jalapeño, ancho o poblano, puya o guajillo, serrano, pasilla y bell (Gómez, 1997).

### **Estados Productores**

La producción de chile en México se encuentra bien desarrollada, debido a que se cultiva en diversas regiones del país. Entre los principales productores de esta hortaliza se encuentra Zacatecas con 35,000 ha sembradas con chile guajillo, anchos y pasilla; Sinaloa con una superficie de 17,043 ha de ancho, jalapeño, anaheim, serrano, cola de rata, caribe y bell; Chihuahua con jalapeño y anaheim en 13,500 ha; Guanajuato con un área de 13,300 ha de ancho, pasilla y otros; San Luis Potosí con 12,000 ha de guajillo, anchos, serrano y otros (Gómez, 1997).

### **La Marchitez del Chile**

#### **Generalidades de la Enfermedad**

En el cultivo de chile, las enfermedades fungosas son el factor principal que ocasiona la disminución de la producción, siendo esta hasta en un 80%. La enfermedad conocida como marchitez o tristeza del chile ha originado que muchas regiones productoras hayan disminuido su superficie de siembra (Bayer, 1989; Romero, 1993).

La marchitez del chile es una enfermedad que ocasiona la pérdida de vigor y muerte en la planta, debido a una necrosis en las raíces, atacando desde plántula hasta maduración del fruto. Esta enfermedad es muy común en México y en ocasiones provoca grandes pérdidas a los agricultores, sobre todo cuando hay una asociación de varios patógenos en los suelos (García, 1985).

La marchitez por el ataque de patógenos se debe a la presencia y actividad de estos en los tejidos vasculares xilémicos de las plantas. En pocas semanas los patógenos puede ocasionar la muerte de plantas o de los órganos que se localizan por arriba del punto de la invasión vascular, por lo común el patógeno continúa invadiendo los vasos hasta causarle la muerte a toda la planta (Agrios, 1999).

Al inicio de la enfermedad en plantas adultas solo parte de estas puede mostrar síntomas, en un principio ataca la raíz, seguida por una flacidez como si sufriera por falta de agua; las plantas presentan una apariencia normal por la mañana, pero en el transcurso del día se marchitan, repitiéndose esta secuencia hasta que las plantas mueren (León, 1982).

### **Agente Causal**

La marchitez del chile es ocasionada, principalmente, por hongos del suelo perteneciente a los géneros: *Fusarium*, *Phytophthora*, *Phytium*, y *Rhizoctonia* que además de afectar al chile pueden ocasionar daños a una gran cantidad de cultivos (García, 1984).

La enfermedad es causada por diferentes hongos dependiendo de la edad de la planta y las condiciones del clima, sobre todo de la humedad del suelo; *Fusarium*, *Alternaria* y *Rhizoctonia* se encuentran afectando plántulas con mayor frecuencia que plantas adultas, mientras que *Fusarium* y

*Phytophthora* afecta plántulas y plantas en producción por igual, sobre todo si existe un exceso de humedad en el suelo (Flores y Frías, 1992).

### **Marchitez por *Phytophthora***

*Phytophthora capsici* L. es el principal causante de la marchitez del chile de plantas en etapas de prefloración y en estado de maduración del fruto, y se le ha encontrado responsable a nivel nacional de la disminución de los rendimientos ocasionando pérdidas considerables bajo condiciones de lluvias frecuentes. Este hongo se ha encontrado atacando aparte del chile, a pepino, calabaza, frijol, tomate y berenjena (Romero, 1993; Mendoza y Pinto, 1985).

Este agente fitopatógeno, fue encontrada por primera vez en Nuevo México, E.U.A., por Leonian (1922) atacando a cultivos de chile. En México fue descubierto por Galindo en el año de 1956, atacando plantaciones de chile en los campos de la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, México, y pueblos aledaños (Romero, 1993).

### **Ubicación Taxonómica**

Este hongo tiene una posición taxonómica de acuerdo a Alexopoulos et al. (1996) de la siguiente forma:

Reino -----Stramenopila  
 División -----Oomycota  
 Clase -----Oomycetes  
 Orden -----Peronosporales  
 Familia -----Pythiaceae  
 Género -----*Phytophthora*  
 Especie -----*capsici*

## **Etiología**

El micelio es bien desarrollado, con hifas cenocíticas y robustas. Los esporangios son ramificados y generalmente ovoides, piriformes, limoniformes, elipsoide, esféricos o irregularmente elongados, con papilas prominentes, simples y apicales, algunas veces con más de tres y variablemente dispuestas; su germinación normalmente es por zoosporas y bajo condiciones especiales por tubos germinativos. El tamaño del esporangio es extremadamente variable midiendo de 35 a 85  $\mu$ . Es una especie con oogonios esféricos, terminales; anteridios claviformes, terminales, anfígenos, oosporas lisas y appleróticas (Alexopoulos et al., 1996).

*P. capsici* es una especie heterotálica en la cual dos tipos de aislamientos tienen compatibilidad, designados como A1 y A2 (Bowers y Mitchell, 1990).

## **Sintomatología**

La enfermedad puede presentarse en cualquier estado de crecimiento del chile y cualquier parte de la planta puede ser afectada, aunque normalmente se encuentra en el suelo desde donde infecta la raíz o la base del tallo; el patógeno puede ser acarreado por el viento en época de lluvias e infectar las partes aéreas como hojas, ramas y frutos (Lowell et al., 1993; Messiens y Lafon, 1968; Weber, 1932).

Los síntomas característicos de la marchitez del chile ocasionada por *Phytophthora* inician con una marchitez muy leve de la planta y después de tres a cuatro días, se marchitan completamente, observándose en el cuello un marcado necrosamiento; al efectuarse un corte se nota una coloración café oscura. El marchitamiento se debe a la secreción de toxinas del hongo y el taponamiento de los vasos conductores (Mendoza y Pinto, 1985).

Las infecciones de la fruta comienzan como puntos aguanosos, verde oscuro que se desarrollan rápidamente hasta cubrir la fruta entera, después se vuelve flácida, y arrugada permaneciendo adheridos a la planta (Leonian,1922).

*Rhizoctonia* y *Fusarium* producen síntomas semejantes a *P. capsici*, sin embargo, *Phytophthora* es el principal causante de la marchitez del chile en todas las etapas del cultivo (Agrios, 1999).

*P. capsici* puede atacar a la plántula y a la planta adulta, siendo las épocas más sensibles el transplante y la fructificación. En semillero, si el ataque es anterior a la emergencia de la plántula las semillas no logran germinar; si es posterior, se produce marchitez, la plántula se colapsa cayendo sobre el sustrato. Al observar el cuello se encuentran estrangulamientos y podredumbres, que en ocasiones afectan también a las raíces. En planta adulta podemos observar en la parte aérea, al principio, epinastia (en las horas de calor las hojas más jóvenes se marchitan e intentan recuperarse), pero en poco tiempo terminan por marchitarse de forma brusca e irreversible (sin presentarse amarillamientos de hojas), muriendo completamente la planta (Gómez, 2000).

### **Ciclo Biológico**

El ciclo biológico del patógeno inicia con la germinación de las oosporas mediante un tubo germinativo que termina en un esporangio después de haber pasado su período de reposo y cuando las condiciones son favorables, posteriormente los esporangios liberan las zoosporas de tipo A1 o A2 en presencia de agua, nadando para infectar a la planta o se enquistan para posteriormente iniciar su germinación e infección formando micelio que produce la infección o de existir dos micelios compatibles (A1 y A2) pueden aparearse para formar las oosporas, en caso contrario puede continuar su ciclo asexual formando esporangios en los tejidos infectados para luego liberar zoosporas y continuar infectando plantas. Las oosporas pueden servir como estructuras de

resistencia que al ciclo siguiente germinan e infectan tejido susceptible para iniciar un nuevo ciclo (Ramírez y Romero, 1980).

El hongo infesta el suelo y muchas veces es acarreado por la semilla (Doolittle, 1953). Aunque este patógeno tiene esporangios desprendibles, la diseminación por viento a larga distancia no ocurre, Redondo et al. (1991).

Las infestaciones se dan más frecuentemente en el cuello de la planta, debido a que las zoosporas del hongo son llevadas por el agua (Mendoza y Pinto, 1985).

Una vez localizada en su sitio de acción, la zoospora se enquista y tiene la capacidad de penetrar la cutícula por fuerza mecánica y no por degradación enzimática y el proceso infectivo se inicia con la emisión de un tubo germinativo y posteriormente la formación del apresorio. Dentro del tejido, el micelio crece inter e intracelularmente, ocasionando el taponamiento del lumen de los vasos xilémicos (León, 1982 ; Redondo et al. 1991).

La infección en las raíces de Chile se da cuando de la corteza de la raíz principal emergen las raíces laterales, entonces la disolución de las células corticales causa la liberación en el suelo de una solución rica en carbohidratos y aminoácidos que atraen a las zoosporas de *Phytophthora* iniciando así el proceso infectivo (Dickinson, 1987).

## **Epidemiología**

Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de este patógeno son la alta humedad del suelo y temperaturas frescas. Esta enfermedad se presenta con mayor incidencia en las últimas etapas de desarrollo del cultivo, es decir, en el período de fructificación y maduración del

fruto, el cual coincide con la época en que se presentan con mayor frecuencia e intensidad las lluvias (SARH, 1991).

El patógeno sobrevive de una estación a otra en los residuos de la cosecha, en las semillas atacadas o en el suelo, únicamente en forma de oosporas y no de micelio (Ramírez y Romero, 1980 ; Mendoza y Pinto, 1985). Estas oosporas constituyen la fuente de inóculo más efectivo de un año al siguiente debido a su resistencia a las temperaturas bajas y a las sequías (Romero, 1993).

*Phytophthora capsici*, es un hongo sumamente agresivo bajo una temperatura óptima de 25 a 28 C° y alta humedad, ya que puede destruir campos enteros de chile, calabaza, pepino, tomate, berenjena, etc., en un tiempo muy corto, debido a su gran velocidad de crecimiento y abundante esporulación (Romero, 1993).

La enfermedad se caracteriza por la presencia de zoosporas capaces de nadar en agua y responsables en buena medida de la diseminación del hongo, dentro del cual el agua de riego juega un papel importante, ya que, además de ser capaz de diseminar el inóculo en el campo, su exceso favorece el desarrollo de la enfermedad, siendo los ataques más graves en riegos a pie que en riego por goteo. Los embalses y los canales de riego pueden estar contaminados, siendo ésta una posible vía de entrada del hongo en la parcela de cultivo (Gómez, 2000).

### **Marchitez por *Fusarium***

El interés predominante de éste género se debe a su poder fitopatógico sobre una extensa variedad de hospederos como son: cereales, hortícolas, forestales, industriales y ornamentales, en los que suele producir una diversidad

de enfermedades con frecuencia devastadores, además de ser de los hongos más frecuentemente aislados por fitopatólogos (Booth, 1971; Agrios, 1999).

En México fue identificado y estudiado por Crispin et al., citado por Sanchez (1983), quienes lo reportan como un problema principal en el cultivo de chile en las zonas productoras del país, sobre todo en Durango y Zacatecas.

### **Ubicación Taxonómica**

Alexopoulos et al. (1996) clasifican taxonómicamente a este hongo como Ascomycetes asexuales, considerando que la clase Deuteromycetes es un sistema artificial que ha sido obliterado en favor de una alternativa menos artificial, por lo que ubican al género *Fusarium* como un anamorfo de Ascomycetos que forman peritecios.

### **Etiología**

Este hongo produce tres tipos de esporas que son asexuales y se pueden formar al mismo tiempo (Melhus y Kent, 1939). Las esporas hialinas son de dos clases: las microconidias, que son de una célula simple y las macroconidias, que son esporas septadas de más de dos células. Las clamidosporas son de pared gruesa. Las conidias se desarrollan sobre las hifas en cortos conidioforos que son ramificados y se encuentran en un esporodio (Melhus y Kent, 1939; Streets, 1978).

Las microconidias son de una célula en forma oblonga u ovoide, simple o en cadenas; las macroconidias son curvadas, en forma de canoa con más de dos células y terminaciones mas o menos punteadas, con terminación basal y un pie definido (Streets, 1978; Barnett y Hunter, 1987).

## Sintomatología

Muchas especies de *Fusarium* ocasionan daño en las raíces de las plantas, dando como resultado un marchitamiento de la parte aérea; en plantas jóvenes causa “ damping – off, podredumbre cortical y achaparramiento (García, 1985; Dixón, 1981), sin embargo, algunos autores afirman que el género *Fusarium* que se cita en diversos países como enfermedad del chile no es en realidad más que una invasión secundaria sobre las lesiones de *P. capsici* (Messiens y Lafón, 1968).

Las plantas son afectadas en todos los estados de desarrollo, pudiendo incluso podrir la semilla recién germinada en el suelo (Walker, 1965). En un principio se observa amarillamiento y marchitez de las hojas inferiores, la cual avanza hacia las superiores; las hojas ya afectadas se secan y quedan adheridas a la planta. Cuando este síntoma es evidente, el sistema vascular de la planta se encuentra descolorido apreciándose una coloración marrón en la parte más cercana al cuello y raíces principales denominado pudrición, la cual impide la circulación de sustancias nutritivas, motivo por el que la planta se marchita y termina por secarse. Durante las horas de mayor insolación, en las plantas enfermas se observa un colapso general mostrando cierta recuperación en las horas más frescas y en la noche (Lowell, 1993).

Después que el hospedero muere, se desarrolla un micelio algodonoso produciendo sobre la superficie del tejido muerto gran cantidad de microconidias, macroconidias y clamidosporas, especialmente en tiempos húmedos (Walker, 1965; Dixón, 1981; León, 1982).

## Ciclo Biológico

El patógeno penetra por las raicillas jóvenes o por las heridas producidas en las raíces adultas, crece en los tejidos radicales externos hasta llegar al

tejido vascular en forma axial, produciendo micelio que luego invade las raíces y posteriormente el tallo (Navarro, 1999).

## **Epidemiología**

*Fusarium* se encuentra en los suelos infectados en forma de clamidospora ya sea asociado con fragmentos de tejidos o partículas de humus o dentro de ellas mismas que representan la fuente primaria de inóculo en el campo (Nash et al., 1961).

Los suelos con abundante materia orgánica son más susceptibles al desarrollo de la enfermedad, así como los suelos afectados por nematodos que favorecen la penetración del hongo en las raíces (Blancard et al., 1996).

Este hongo predomina comúnmente en suelos relativamente calientes, puede sobrevivir en el suelo o en residuos de cosecha como saprofito hasta 16 años aún en ausencia de plantas susceptibles; dicha enfermedad es favorecida por una elevada humedad del suelo, necesaria para la germinación de las esporas (clamidosporas) y crecimiento del micelio (Roberts y Boothroy, 1978; León, 1982).

El hongo causa daños severos en aquellos suelos ubicados en zonas de clima cálido y temperatura de 28 – 29 C° con un pH de 7.2 (Clayton, 1923).

El patógeno es diseminado por el agua de riego y partículas de suelo esparcidas por el viento o introducido por semillas a nuevas áreas, por el uso de variedades susceptibles, por utilizar planta infectada o por cualquier otro medio que movilice plantas contaminadas como arados, rastras, el hombre, ganado, etc (U. S. D. A, 1965; Roberts, 1978; León, 1982).

## **Marchitez por *Rhizoctonia***

Sanchez (1983) y Agrios (1999) citan a *Rhizoctonia solani* como agente fitopatógeno en la mayoría de las plantas anuales provocando pérdidas, incluyendo malas hierbas, casi todas las hortalizas y plantas florales, varios cultivos mayores y también en plantas perennes tales como pastos de césped, plantas de ornato, arbustos y árboles.

Destaca por su importancia fitopatológica, ya que ocasiona diferentes enfermedades a una amplia variedad de plantas, en la mayor parte del mundo y bajo condiciones ambientales más diversas que cualquier otra especie de hongo (Gormely, 1980).

Rolfs citado por Walker (1965), fue el primero en descubrir este hongo sobre tallos de papa.

## **Ubicación Taxonómica**

Alexopoulos et al. (1996) clasifican taxonómicamente a este hongo como un Basidiomycetes asexual, considerando que la clase Deuteromycetes (donde anteriormente se le ubicaba) es un sistema artificial que ha sido obliterado en favor de una sistemática filogenética.

## **Etiología**

El agente patógeno no forma esporas durante su crecimiento somático (anamorfico); el estado perfecto o sexual (telomorfico), ha sido observado en la superficie de tallo enfermo durante prolongados períodos de calor y tiempo húmedo. El estado sexual es el de *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Dank, que es un basidiomiceto; el hongo sobrevive las estaciones en forma de micelio o de esclerocio, en el suelo o en la superficie de las raíces, al llegar un

ambiente húmedo y cálido, los esclerocios germinan produciendo micelio, atacando las plantas (Roberts, 1978).

### Sintomatología

Literalmente el término *Rhizoctonia* significa “ matar raíces “ fue acuñado a principios del siglo pasado por Condolle, para designar un micelio estéril que causaba la pudrición radical en alfalfa en la que observó chancros hundidos, circulares y oblongos de márgenes café (Dixon, 1981).

El hongo es causante de la marchitez típica en plántulas de semillero, cuyos síntomas no se distinguen comúnmente de aquellos causados por *Pythium*, sin embargo los tallos de las plántulas infectadas por *Rhizoctonia* son de color pardo más oscuras que los tallos de color paja infectadas por *Pythium* (Robert y Boothroyd, 1978).

En las fases iniciales de infestación de las raíces pueden formarse chancros circulares y oblongos, limitados por márgenes de color café. Al avanzar la infección los chancros aumentan de tamaño volviéndose rojizos, toscos y secos retardando el crecimiento de la planta. Cuando la infección se produce en estado de plántula aparecen lesiones necróticas o un adelgazamiento del tallo donde se localiza la lesión, lo que origina la caída de la plántula. En el hipocotilo de las plantas más viejas pueden formarse chancros cafés rojizos con bordes bien definidos que pueden extenderse por encima de la superficie del suelo y dentro de ellos pueden formarse pequeños esclerocios color café que posiblemente serán la fuente de infestación (Christon, 1962).

Los síntomas pueden variar en los diferentes cultivos o incluso en la misma planta, dependiendo de la etapa de crecimiento de la planta y de las condiciones ambientales (Agrios, 1999).

La planta con pudriciones radiculares presenta varios síntomas, como el amarillamiento y muerte de las hojas inferiores; a medida que el tiempo transcurre, dicho amarillamiento es en general en toda la planta, en caso de sobrevivir, sus hojas presentan un color café (León, 1982).

*R. solani* puede producir podredumbre del pie o secadera (damping off), chancro del tallo, pudrición radical y pudrición del fruto (Bolkan, 1980).

### **Epidemiología**

El inóculo de *R. solani* consiste de esclerocios y micelio principalmente, el cual puede sobrevivir asociado a residuos de cosecha como saprofito; su diseminación se realiza a través del agua de riego, por el viento, en el material de transplante o por semilla (Bolkan, 1980).

Roberts (1978) sostiene que *R. solani* crece más rápidamente en cultivos adultos a una temperatura de 30 °C; en papa son más graves en suelos húmedos a 18 °C, teniendo una temperatura favorable para su crecimiento y propagación de 15 – 20 °C.

En condiciones favorables el hongo ataca plántulas antes de que emerjan o poco después de la emergencia. Las lesiones pueden llegar a cubrir toda la base del tallo y destruir las raíces. En el cuello provoca una pudrición no compacta, por lo que desprende fácilmente la epidermis (Mendoza y Pinto 1985).

El hongo se propaga por la lluvia o el riego por inundación, así como con los órganos de propagación (semillas, varetas, etc) infectados o contaminados (Agrios, 1999).

*Rhizoctonia* es capaz de diseminarse ampliamente en el suelo a través del crecimiento de sus hifas (Dickinson, 1987).

### **Control Biológico Antagónico**

Desde el punto de vista ecológico se define al control biológico como la acción de parásitos, predadores o patógenos que mantienen la densidad de la población de un organismo plaga en un promedio menor del que ocurriría en su ausencia (De Bach, 1985).

Este tipo de control ha existido siempre, debido a que en la naturaleza las poblaciones se regulan entre sí, pero, es alterado por la intervención de diversos factores entre ellos el hombre. Actualmente se han tratado de manipular dichas poblaciones para obtener grandes beneficios en la agricultura (Cook, 1985).

La palabra antagonismo fue introducida a la microbiología por vez primera en 1874 por Roberts al demostrar una acción antagónica entre *Penicillium graucum* y una bacteria (Baker, 1987).

El control biológico de patógenos del suelo por la inducción de microorganismos ha sido estudiada por más de 65 años, aunque recientemente se han incrementado los trabajos efectuados en ese campo (Weller, 1988).

El estudio de las interacciones antagónicas entre los hongos tales como micoparasitismo, lisis, inhibición, competencia, antibiosis y fungistasis son particularmente importantes en el control biológico de hongos fitopatógenos (Baker y Cook, 1974).

En este contexto, García y Virgen (1991) reportaron que el marchitamiento de la sandía, causado por *Fusarium oxysporum fsp. Niveum* se

redujo con la aplicación de *Bacillus subtilis* (Quantum 4000 HB) dando una protección contra éste patógeno de un 74.62 %, para la variedad Jubilee W.R. y en un 64.52 % para la variedad All-Sweet, con la dosis de inóculo de  $1.6 \times 10^{10}$  bac/ 100 gr. de semilla.

Sanford (1926) experimentó que el control biológico de la roña de la papa (*Streptomyces scabies*) adicionando abono verde, da buenos resultados debido al incremento de bacterias saprófitas que se multiplican sobre el material orgánico.

Ferreira (1991) experimentó con un aislamiento de *B. subtilis*, la inhibición *in vitro* del agente causal de la muerte en la vid *Eutypa lata*, obteniendo en PDA el 91 % de inhibición del crecimiento micelial y un 100 % en la germinación de ascosporas.

Merrieman et al. (1975) probaron el efecto de siete organismos antagonicos en plantas desarrolladas de Chile en suelos estériles; entre ellos destaca *B. subtilis* en suelo inoculado con *Rhizoctonia solani*.

Flores (1995) estudió el proceso de antagonismo *in vitro* de bacterias del rizoplasma en plantas de Chile contra *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium sp.* obteniendo resultados de un 80 – 90 % de inhibición.

Tschen (1987) estudió el efecto antagonico *in vitro* de *B. subtilis* sobre *Rhizoctonia solani*, observando claramente zonas de inhibición, del crecimiento micelial del hongo.

## **Antibióticos**

Los antibióticos son sustancias producidas por microorganismos que son tóxicas a otros microorganismos, a los cuales lisan y matan mediante

secreciones enzimáticas (Agrios, 1999). La mayoría de los antibióticos conocidos, son productos de los *Actinomycetos* y de algunos hongos, como *Penicillium spp.* (De Bauer, 1987), los cuales son absorbidos y traslocados sistemáticamente a la planta; actúan directamente sobre el patógeno o sufren ciertas transformaciones en los tejidos vegetales antes de ejercer su efecto.

Los mecanismos de supresión del patógeno por un agente de control biológico son por competición por sustrato, exclusión, antibiosis y explotación (parasitismo y depredación), sideróforos y resistencia inducida (Weller, 1988).

La antibiosis es el antagonismo entre dos organismos, particularmente microorganismos del suelo en la que el microorganismo antagónico produce una sustancia inhibitoria al patógeno (USDA, 1965). En concreto es cualquier interacción entre dos o más poblaciones de especies las cuales afectan su desarrollo y sobrevivencia.

Los microorganismos benéficos especialmente *Actinomycetos* se incrementan principalmente en el uso de aditamentos orgánicos y compiten por la raíz (Sun y Huang, 1985).

Para producir antibióticos, las bacterias deben de contar con alimento adecuado, especialmente sustratos de carbohidratos que pueden ser provistas por exudados de la semilla o raíz, y la calidad del sustrato puede afectar la cantidad de antibióticos producidos (Brown, 1974).

### **Bacterias como Agentes de Biocontrol**

La rizósfera es un medio ambiente natural en el que la actividad de los microorganismos es mantenida en un alto nivel debido a la liberación continua de sustancias orgánicas por las raíces de las plantas (Prikryl y Vancura, 1980).

De la microflora total de la rizósfera, las bacterias con habilidad para ser utilizadas como agentes de control biológico comprenden menos del 10 % de la población total ( Schoroth, 1982 ).

Entre las bacterias que presentan alto potencial como agentes de control biológico se encuentran algunos géneros como: *Actinoplanes*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Amorphosporangium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micromonospora*, *Pseudomonas*, *Pasteuria*, *Cellulomonas*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Serratia*, *Xantomonas* y *Streptomices* (Weller, 1988).

Broadbent et al. (1977) Señalan que *Bacillus spp.* es una excelente opción para el control biológico, ya que producen endosporas que son altamente tolerantes al calor y a la desecación.

Dentro de los microorganismos benéficos de la rizósfera se encuentran aquellos que además de tener un efecto antagónico también promueven el desarrollo de las plantas (Weller, 1988).

### **Colonización de la Raíz**

La colonización de la raíz por bacterias implica que después de ser introducida se distribuya a lo largo de la raíz, se propague y sobreviva aún cuando exista la presencia de competidores de la microflora natural de la rizósfera, sin embargo el transporte de la bacteria por la punta de la raíz es algunas veces ineficiente y no siempre la punta queda y permanece colonizada debida a la competencia con otras bacterias nativas del suelo (Bahme y Schroth, 1987).

Howie et al. (1987) señalan que la colonización de las raíces por las bacterias ocurren en dos fases: durante la primera fase la bacteria se adhiere y

se transporta sobre la elongación de la punta de la raíz; en la segunda fase la bacteria se extiende localmente y se desarrolla hasta los límites del nicho, compitiendo con organismos nativos logrando sobrevivir.

Ahmad y Baker (1987) indican que la competencia en la rizósfera puede dar la idea de la habilidad relativa que tenga la bacteria para colonizar la raíz.

### **Factores que Afectan la Colonización de la Raíz**

Algunas de las causas por las que la bacteria no coloniza la raíz es debido a la incapacidad que algunas ocasiones presentan para multiplicarse a tiempo o lo suficiente para conservarse en la punta de la raíz (Foster, 1986).

El genotipo de la planta influye directamente en la cantidad y composición de la microflora en la rizósfera, debido a la diferencia de exudados que presenta la raíz (Atkinson et al., 1975).

La percolación del agua en el suelo ayuda al movimiento de la bacteria, pero este movimiento se puede ver afectado por algunas características del suelo como tipo de suelo, la distribución y tamaño de los poros, el contenido de agua y el pH; sin embargo también se puede ver afectado por las características de la bacteria como su forma, tamaño, la carga electrostática de la membrana entre otras (Bahme y Schroth, 1987).

Suslow y Schroth (1982) mencionan que ciertas áreas sobre la raíz tales como conjunciones celulares y puntos de emergencia de raíces laterales, parecen ser favorecidas por la colonización de algunas bacterias debido a los abundantes exudados de esas áreas.

## **Competencia Bacterial en la Rizósfera**

Elad y Chet (1987) indican que la competencia por nutrientes en la rizósfera probablemente ocurre en la mayoría de las interacciones entre la bacteria y el patógeno.

Las bacterias agentes de control biológico en grandes poblaciones llegan a disminuir la cantidad de carbón y nitrógeno disponibles para la estimulación de esporas de hongos fitopatógenos (Elad y Baker, 1985). Bowen y Rovira (1976) afirman que los nutrientes son el factor limitante de la competencia entre las bacterias durante la colonización de la rizósfera. Loper et al. (1985) mencionan que existe menos competencia entre las bacterias nativas de la rizósfera a pH ácido. La exclusión del nicho es potencialmente un mecanismo de antagonismo de las rizobacterias (Suslow, 1982, citado por Weller, 1988).

Dupler y Baker (1984) definen a una bacteria competente en la rizósfera como aquella que se multiplica y sobrevive sobre la raíz a diferencia de una bacteria incompetente que es rápidamente desplazada.

## **Otros Tipos de Control**

### **Control Cultural**

Además del control biológico, son necesarias las prácticas culturales para prevenir y disminuir la enfermedad, aplicando la nivelación del terreno para evitar encharcamientos, buen control de riego, limpieza de embalses y canales de riego, en parcelas infectadas conviene llevar a cabo desinfecciones para el cultivo siguiente, siendo una buena opción la solarización, sembrar semilla certificada y/o desinfectada, usar plantas sanas y fuertes en el transplante, realizar surcos altos, no realizar los trasplantes profundos, rotación de cultivos y cuando se haya presentado la marchitez, aislar y quemar las plantas

enfermas y la eliminación total de los residuos (Laborde y Pozo, 1984; Gómez, 2000).

Algunos métodos de cultivo en ocasiones son útiles para disminuir el nivel de infección sin embargo, el drenaje adecuado de los suelos es el más importante de todos (Romero, 1993).

### **Control Genético**

La resistencia genética en plantas de Chile constituye la solución más práctica, duradera y económica para el control de *P. capsici*, debido a que existen reportes tanto en el extranjero como en nuestro país de fuentes de resistencia, que son factibles de incorporar a las variedades comerciales de Chile (Delgadillo, 1990). En ese sentido se han desarrollado variedades de Chile "criollos de Morelos", con alta resistencia y posibilidades de cruzar con las variedades comerciales, excepto el Chile pasilla debido a la incompatibilidad con variedades comerciales (Romero, 1993); así mismo, la variedad criollo Cuayucatepec, mulato bajo y L – 3015 presentan resistencia a *P. capsici* (Mora, 1991).

La variación patogénica de *P. capsici* existente en México es más amplia que en otros países, debido a que la reacción de susceptibilidad que presentan las fuentes de resistencia extranjeras al ser inoculadas con las cepas de *P. capsici* colectadas en las diversas zonas chileras del país es mayor y a el comportamiento resistente de la línea 29, evaluada por Mora en 1977 en Costa Rica (Redondo, 1979).

## Control Químico

El método de control para tales patógenos ha sido principalmente mediante el uso de fungicidas, sin embargo, los resultados obtenidos no han sido del todo satisfactorios ( Arnol, 1992 ).

Con relación al control químico de la enfermedad, se han obtenido resultados muy contradictorios debido a la reducida efectividad que se tienen con los fungicidas aplicados ya que las raíces laterales se benefician muy poco o nada (Burke y Baker, 1966; Arnold, 1992).

Bruin y Edginton (1980) evaluaron aislamientos de *P. capsici* “in vitro” a dosis subletales de Metalaxil y observaron que los aislamientos desarrollaron resistencia al fungicida.

En el caso de pudrición de raíz en Chile la combinación de metalaxil + ditranon mostraron un prometedor control efectivo para *Phytophthora capsici* y Antracnosis (Byong y Young, 1993).

De los productos efectivos para reducir la pudrición radical por *Fusarium* y *Rhizoctonia* en los hipocotilos y raíces jóvenes los más efectivos han sido: Formaldehído, Benomilo, y TCMTB (Bolkan, 1980).

León (1982) recomienda para el control de *Rhizoctonia solani* a fungicidas como el Pentacloronitrobenceno 300 g/ha aplicando al fondo del surco antes de la siembra, y Ftalimida 100 g/ha.

García (1985) propone eliminar las plantas de Chile que presenten los síntomas de la enfermedad y en las cavidades dejadas por estas, aplicar sulfato de cobre, hidróxido cúprico o caldo bordelés.

Las aspersiones al follaje y dirigidas al cuello de la planta con Captafol 2 g / lt de agua, y Mancozeb, pueden ayudar al control de la enfermedad causada por *P. capsici*; incluso antes del transplante, se puede sumergir la raíz en una solución fungicida antes de llevarlos al campo definitivo (Mendoza y Pinto, 1985).

García (1980) indica como medidas preventivas de la enfermedad en el almácigo, la fumigación de este con formol al 4%, con vapam o con bromuro de metilo.

El daño del cultivo por Damping – off causado por *Phythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Phytophthora spp.* se redujo considerablemente con un tratamiento a la semilla usando Thiram a una concentración de 3 g / kg de semilla (Hamouda,1988).

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización**

La presente investigación fue realizada en el invernadero del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado en Buenavista, Saltillo, Coahuila dentro de las coordenadas geográficas 25 ° 23' latitud norte y 101 ° 00' longitud oeste, a 1743 metros sobre el nivel del mar (Mendoza, 1983).

### **Clima**

El clima en el sitio experimental y de acuerdo a la clasificación de Köepen modificada por García (1973), se ubica dentro de la clasificación del tipo BS<sub>1</sub>KX' que corresponde a seco, semi-seco, templado con lluvias escasas todo el año, con un porcentaje de precipitación invernal mayor de 18% con respecto al total anual y verano cálido.

### **Temperatura**

La temperatura media anual es de 17.1°C, con una precipitación anual de 450 - 500 mm y evaporación media anual es de 1956 mm, la cual es siempre mayor que la precipitación media anual (Valadez 1994).

Para las condiciones del invernadero oscilaba una temperatura de 26 - 28 °C y humedad relativa del 60 % mismas que fueron controladas en relación a las condiciones externas.

### **Suelo**

El suelo fue esterilizado con bromuro de metilo, cubriéndolo por tres días, logrando con ello su esterilización con la finalidad de evitar la incidencia de patógenos extraños externos al estudio.

### Material Vegetativo

Se emplearon semillas de chile jalapeño variedad tampiqueño 74, mismas que fueron adquiridas a partir de una empresa semillera.

### Material Biológico

Se utilizaron ocho cepas nativas de *Bacillus*, aisladas de diferentes regiones del país, empleándose además una cepa comercial. El origen de las cepas bajo estudio se muestran en la tabla 1. Los hongos bajo estudio fueron *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, obtenidas de la rizósfera de plantas de chile enfermas.

**Tabla 1. Procedencia de las cepas bacterianas empleadas para el control de la marchitez del chile bajo condiciones de invernadero**

No. Cepa	Cepa	Procedencia
1.-	CaM2	Cadereyta, N.L.
2.-	BS	Comercial
3.-	EA01	Ebano, S.L. P.
4.-	EA05	Ebano, S. L. P.
5.-	RE – 1703	Hidalgo, Tamps.
6.-	EL01	Ebano, S.L. P.
7.-	RE01	Hidalgo, Tamps.
8.-	RE04	Hidalgo, Tamps.
9.-	PC01	Mante, Tamps.

## **Establecimiento del Experimento**

### **Siembra del almácigo**

Se emplearon charolas de nieve seca de 120 cavidades, cuyo sustrato fue la mezcla de "peat mos" con perlita, depositando dos semillas por cavidad. Las charolas se mantuvieron bajo condiciones de invernadero para la germinación y crecimiento de la plántula. Posteriormente se le adicionó fertilizante foliar conteniendo N, P, K + Microelementos a una concentración de 20 ml / litro de agua.

### **Preparación de Macetas**

Se emplearon bolsas plásticas de color negro de 45 cm de altura por 30 cm de diámetro ocupando un volumen de suelo estéril de 14 Kg por maceta, transplantándose dos plantas por maceta.

### **Transplante**

Este se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura de 15 cm, suficiente para iniciar el proceso de transplante a su respectiva maceta. Previo a ello se dio un riego al suelo. Esta actividad se llevo a cabo junto con la inoculación de las cepas bacteriales.

### **Fertilización**

Para esta práctica se utilizó nutriente vegetal foliar a base de N, P, K + Microelementos a una concentración de 20 ml / litro de agua. Se realizaron diferentes aplicaciones, una durante el almácigo, otra después del transplante y la última durante la floración.

## Preparación de Fitopatógenos

### Bacterias

Las cepas bacterianas empleadas en este ensayo fueron incrementadas en cajas Petri, conteniendo agar nutritivo; se mantuvieron incubadas a 35 °C por un período de 7 días hasta obtener su completo desarrollo. Posteriormente, se preparó una suspensión de las mismas; para ello se le agregó a cada caja Petri 20 ml de agua destilada estéril y se raspó la superficie del medio con una varilla de vidrio, para lograr el desprendimiento de las bacterias, enseguida se depositó esta suspensión en matraces de 250 ml previamente esterilizados para cada cepa. Una vez obtenida la suspensión se realizó el conteo bacteriano con la ayuda de un hematocímetro, con la finalidad de medir su concentración y realizar el ajuste necesario a la concentración deseada que fue de  $1 \times 10^8$  bacterias / ml en una suspensión de 100 ml.

### Mezcla de Cepas

Cada cepa contenida en una suspensión bacteriana de 100 ml fue mezclada vertiéndola en un matraz de 1000 ml previamente esterilizado para obtener una suspensión bacteriana final de 800 ml a una concentración de  $1 \times 10^8$  u. f. c. La cepa comercial no fue mezclada y se utilizó como referencia de testigo comercial, a la misma concentración.

### Hongos

*Phytophthora capsici* fue incrementado en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA ) por 8 días. Al cabo de ese tiempo se tomaron explantes de 0.5 cm de diámetro del margen del crecimiento vigoroso y se transfirieron (cinco) a cada caja Petri (cuatro repeticiones) conteniendo 20 ml agua destilada estéril a la que se le adicionaron 10 semillas de chile jalapeño (desinfectadas

con cloralex al 1 % y enjuagadas con agua destilada estéril) para favorecer la formación de esporangios del patógeno. Estas cajas se mantuvieron a temperatura ambiente y luz continua por 13 días. En seguida, el agua y los explantes del hongo de las cuatro repeticiones se concentraron a un matraz de 250 ml, agitándose el contenido por 3 h obteniéndose una concentración de 743,333 esporangios / ml.

Para las cepas de *Fusarium*, la siembra se efectuó en cajas Petri conteniendo PDA, incubándolo a 24 °C durante 10 días. Al cabo de este tiempo se obtuvieron cinco explantes de 0.5 cm de diámetro depositándolos en un matraz de 250 ml conteniendo 175 ml de agua destilada, el que se paso al agitador durante 3 h para luego realizar el conteo obteniendo una suspensión a una concentración de 555, 000 esporas / ml.

Para el caso de *Rhizoctonia solani* la siembra fue efectuada en cajas Petri conteniendo PDA, incubándolo a 24 °C durante 5 días debido a que se esperaba que las otras cepas estuvieran listas para la inoculación ya que *Rhizoctonia* no esporula, simplemente desarrolla micelio de crecimiento rápido y vigoroso. El contenido de una caja Petri se fragmentó con un bisturí y se virtió a un matraz de 250 ml con 175 ml de agua destilada estéril y se maceró en una licuadora por 3 min.

### **Diseño Experimental**

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. Los resultados fueron evaluados por análisis de varianza en donde los datos fueron transformados por  $\sqrt{x+1}$  para incidencia y  $x+1$  para severidad, la comparación de medias fue por la prueba de Diferencia Mínima Significativa (P=0.05). Cada repetición consistió de una maceta con 14 kg de suelo estéril y dos plantas de chile. Los tratamientos se localizan en la tabla 2.

**Tabla 2. Tratamientos estudiados para determinar el efecto antagónico de la mezcla de ocho cepas de *Bacillus spp.* en la regulación de la marchitez del chile bajo condiciones de invernadero.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Productos</b>
T1	Mezcla de bacterias + Hongos
T2	Mezcla de bacterias sin Hongos
T3	Bacterias ( comercial ) + Hongos
T4	Bacterias ( comercial ) sin Hongos
T5	Hongos
T6	Testigo

### **Inoculación de las Bacterias**

La inoculación de las bacterias se efectuó después de haber preparado la suspensión bacteriana. Para esto se emplearon los 800 ml de la mezcla bacteriana citada anteriormente a la concentración de  $1 \times 10^8$  bacterias / ml, se sumergieron las raíces de las plantas a transplantar por un período de 5 minutos. Enseguida se realizó el trasplante en los tratamientos correspondientes. Para la inoculación de la cepa comercial, se realizó el mismo procedimiento a la misma concentración que la mezcla de bacterias.

Se realizó una segunda inoculación, 10 días después de la primera, que consistió en aplicar sobre la base del tallo 10 ml de suspensión bacteriana por planta, empleando una pipeta. La mezcla de cepas fue nuevamente preparada conteniendo la misma concentración y dilución que en la primer inoculación, al igual que en la cepa comercial.

## Hongos

La inoculación de los hongos se llevó a cabo 17 días después del trasplante; inoculándose todas las cepas de hongos *Phytophthora capsici*, *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*, de acuerdo a los tratamientos señalados en la tabla 2. Para este proceso se depositó la suspensión del patógeno a la concentración señalada anteriormente directamente a las raíces descubiertas, aplicándose 5 ml de suspensión por planta a tratar con la ayuda de una pipeta.

Durante la inoculación, *Phytophthora capsici* contenía una concentración de 743,333 esporangios / ml y *Fusarium oxysporum* 555, 000 esporas / ml, mismos que fueron contabilizados con el hematocímetro al efectuarse la preparación. Para el caso de *Rhizoctonia solani*, se empleo solo micelio fragmentado debido a que el hongo no produce esporas, no contabilizándose el número de propágulos por ml.

## Parámetros Estudiados

Los parámetros estudiados se tomaron a los 137 días después del trasplante. Para ello, el contenido de las macetas fue obtenido tratando de no destruir el sistema radicular; se desprendió el suelo y se depositaron las plantas de cada maceta en bolsas de papel dextrasa de 5 kg de capacidad marcándose en su exterior el número de tratamiento y repetición. Dichas bolsas se trasladaron inmediatamente al laboratorio de fitopatología para el estudio correspondiente.

### **Longitud de Raíz**

Este dato fue obtenido una vez lavada las raíces con agua corriente. La lectura consistió en medir de la base del tallo hasta la parte terminal de la raíz, sin dañar su sistema radical.

### **Peso seco de Raíz**

Las raíces de plantas de cada unidad experimental se lavaron cuidadosamente en agua corriente para eliminar impurezas y se dejaron secar por una hora sobre las mesas de trabajo del laboratorio, posteriormente fueron colocadas en una estufa durante 72 horas a 70° C para después tomar las lecturas correspondientes.

### **Diámetro de Tallo**

Esta evaluación se llevo acabo por medio del instrumento de medición denominado pie de rey, obteniendo con ello los datos correspondientes de cada planta.

### **Altura de Planta**

Para evaluar este parámetro se hizo el uso de una regla de 60 cm de longitud, tomando con ello la lectura correspondiente de la base del tallo hasta la parte apical de la planta.

### **Número de frutos**

Todos los frutos fueron cosechados y contabilizados para el análisis de este parámetro.

### **Peso de Frutos**

La actividad correspondiente a esta evaluación, consistió en pesar todos los frutos de cada planta por tratamiento y por repetición obteniéndose así los resultados de este estudio.

### **Incidencia**

Para el estudio de esta variable se contabilizaron el total de plantas enfermas y sanas en base a las condiciones de la misma, para posteriormente aplicar el análisis estadístico correspondiente.

### **Severidad**

Para la evaluación de este parámetro se contabilizaron las plantas en relación al índice de enfermedad de acuerdo a la tabla 3 (Arbeláez y Calderón, 1992). Posteriormente los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente.

**Tabla 3. Escala de índice de la enfermedad utilizados en la evaluación**

<b>Índice de la enfermedad</b>	<b>Sintomatología</b>
0	Planta sana
1	Síntoma en el tercio inferior de la planta
2	Síntoma en el tercio medio de la planta
3	Síntoma en el tercio superior de la planta
4	Planta muerta

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de los tratamientos efectuados por la aplicación de la mezcla de cepas nativas de *Bacillus spp.* contra la marchitez del chile muestra efectos significativos ( $p = 0.05$ ) sobre la incidencia y severidad, así como en otras variables evaluadas.

### Longitud de Raíz

La longitud de raíz varía de 22.0 cm en el tratamiento inoculado con hongos a 53.80 cm en el tratamiento con hongos más la mezcla de bacterias (tabla 4). El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre tratamientos (tabla 2 del apéndice ). La prueba de medias indica que la longitud de raíz se incrementa significativamente en los tratamientos con las plantas que contienen la mezcla de bacterias con hongos y la mezcla de bacterias sin hongos en relación a el resto de los tratamientos. Los resultados indican que obtenemos un 244.54% de incremento en la longitud de raíces cuando se les aplica la mezcla de bacterias. En los resultados mostrados en la tabla 4 podemos observar que no existe diferencia estadística en la longitud de raíces en los tratamientos con bacteria comercial con hongos, la bacteria comercial sin hongos y plantas sin hongos y sin bacterias. Lo anterior demuestra que los tratamientos con la mezcla de bacterias presentan efecto significativo sobre el crecimiento de la longitud de raíz en las plantas, mientras que la bacteria comercial no produce el mismo efecto sobre el crecimiento de raíces.

### Peso seco de Raíz

El peso seco de raíz varía de 1.15 gr en el tratamiento inoculado con hongos a 7.50 gr en el tratamiento con hongos más la mezcla de bacterias

**Tabla 4. Efecto de la mezcla de bacterias del género *Bacillus spp.* en diferentes variables agronómicas en plantas de chile bajo condiciones de invernadero**

<b>Tratamientos</b>	<b>Longitud de raíz</b>	<b>%</b>	<b>Peso seco de raíz</b>	<b>%</b>	<b>Φ de tallo (cm)</b>	<b>%</b>	<b>Altura de planta</b>	<b>%</b>	<b>Número de frutos</b>	<b>%</b>	<b>Peso de frutos</b>	<b>%</b>
T1 Bacterias + Hongos	53.80 A	244.50	7.50 A	646.55	0.68 A	200.00	40.40 A	187.91	12.80 A	182.86	35.65 AB	435.82
T2 Bacterias	46.40 A	210.91	6.62 AB	570.68	0.65 AB	191.18	37.60 AB	174.88	7.00 A	100.00	40.82 A	499.02
T3 Bacterias (comercial) + Hongos	30.20 B	137.27	2.34 CD	201.72	0.49 CD	144.12	26.50 C	123.25	10.20 A	145.71	10.48 BC	128.12
T4 Bacterias (comercial)	26.60 BC	120.91	1.40 D	120.69	0.43 DE	126.47	23.50 C	109.30	4.20 A	60.00	2.40 C	29.34
T5 Hongos	22.00 C	100.00	1.15 D	100.00	0.34 E	100.00	21.50 C	100.00	7.00 A	100.00	8.18 BC	100.00
T6 Testigo	34.00 B	154.5	4.38 BC	377.59	0.56 BC	164.70	34.70 B	161.39	9.00 A	128.5	34.86AB	426.16

(tabla 4). El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre tratamientos (tabla 4 del apéndice). La prueba de medias indica que la mezcla de bacterias con hongos y la mezcla de bacterias sin hongos producen mayor efecto sobre el peso seco de raíces en comparación con los otros tratamientos evaluados. Los resultados indican que obtenemos un 646.55% de incremento en el peso seco de raíces cuando se les aplica la mezcla de bacterias. En los resultados señalados en la tabla 4 podemos observar que no existe diferencia estadística en el peso seco de raíces entre los tratamientos con bacteria comercial más hongos, bacteria comercial sin hongos y el tratamiento inoculado con hongos. Lo anterior indica que la bacteria comercial no produce efecto significativo sobre el incremento del peso seco de raíces, mientras que la mezcla de bacterias sí produce incremento en el peso seco de raíces.

### **Diámetro de Tallo**

El diámetro de tallo varía de 0.34 cm en el tratamiento inoculado con hongos a 0.68 cm en las plantas inoculadas con hongos más la mezcla de bacterias (tabla 4). El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre los tratamientos evaluados ( tabla 6 del apéndice). La prueba de medias indica que la mezcla de bacterias con hongos y la mezcla de bacterias sin hongos son los tratamientos que presentan estadísticamente el mayor diámetro de tallo y fueron diferentes a las plantas tratadas con bacteria comercial sin hongos, bacteria comercial con hongos y al tratamiento inoculado con hongos debido a que mostraron menor diámetro de tallo. Los resultados indican que obtenemos un 200% de incremento en el diámetro del tallo cuando se le aplica la mezcla de bacterias. En los resultados señalados en la tabla 4 podemos observar que no existe diferencia estadística en el diámetro del tallo en los tratamientos con bacteria comercial sin hongos y en el tratamiento inoculado con los hongos. Lo anterior demuestra que la bacteria comercial no presenta efecto sobre el diámetro del tallo, mientras que la mezcla de bacterias si causan efecto sobre la misma.

### **Altura de Planta**

La altura de planta varía de 21.5 cm en el tratamiento inoculado con hongos a 40.4 cm en el tratamiento con hongos más la mezcla de bacterias (tabla 4). El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre tratamientos (tabla 8 del apéndice). La prueba de medias indica que la mezcla de bacterias con hongos y la mezcla de bacterias sin hongos inducen estadísticamente mayor altura de planta que el resto de los tratamientos. Los resultados indican que obtenemos un 187.91% de incremento en la altura de las plantas cuando se les aplica la mezcla de bacterias. En los resultados mostrados en la tabla 4 podemos observar que no existe diferencia estadística en la altura de plantas en los tratamientos con bacteria comercial más hongos, bacteria comercial sin hongos y el tratamiento inoculado con hongos. Lo anterior implica que la bacteria comercial de *Bacillus subtilis* no presenta efecto sobre la altura de planta, mientras que la mezcla de bacterias del género *Bacillus* (de suelos nativos del Noreste de México) en plantas inoculadas y no inoculadas con hongos si induce una respuesta positiva en el crecimiento de la planta.

### **Número de Frutos**

El número de frutos producidos fueron de 4 a 12 (tabla 4). El análisis de varianza (tabla 10 del apéndice) muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Los resultados indican que los tratamientos efectuados con bacterias tanto la comercial como la mezcla del género *Bacillus* no producen efectos significativos sobre el número de frutos en las plantas (tabla 4).

### **Peso de frutos**

El peso de frutos varía de 2.40 gr en el tratamiento con bacteria comercial sin hongos a 40.82 gr en el tratamiento sin hongos más la mezcla de

bacterias (tabla 4). El análisis de varianza muestra diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 12 del apéndice). La prueba de medias indica que la mezcla de bacterias sin hongos y la mezcla de bacterias con hongos inducen estadísticamente mayor peso de los frutos que el resto de los tratamientos. Los resultados indican que obtenemos un 499.02% de incremento en el peso de frutos cuando se les aplica las bacteria bajo estudio. En los resultados mostrados en el tabla 4 podemos observar que no existe diferencia estadística en el peso de frutos en los tratamientos con bacteria comercial más hongos, bacteria comercial sin hongos y el tratamiento inoculado con hongos. Lo anterior implica que la bacteria comercial no produce efecto sobre el peso de frutos, mientras que la mezcla de bacterias sí produce una respuesta positiva en el incremento del peso de frutos.

### **Incidencia**

La incidencia de la enfermedad en las plantas inoculadas con los hongos varía del 30% cuando se les aplica la mezcla de bacterias al 50% cuando se trataron con la bacteria comercial (tabla 5). El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre tratamientos (tabla 14 del apéndice). La prueba de medias indica que la incidencia en el tratamiento con la mezcla de bacterias es estadísticamente inferior a el tratamiento con la bacteria comercial y al tratamiento inoculado con hongos. Lo anterior indica que la mezcla de bacterias sí produce una respuesta positiva al reducir la incidencia de la enfermedad.

### **Severidad**

La escala de severidad de la enfermedad en las plantas inoculadas con hongos varía de 1.6 al aplicar la mezcla de bacterias a 2.8 cuando se les aplicó la bacteria comercial y 3.8 en el tratamiento sin aplicaciones de bacterias (tabla 5). El análisis de varianza indica que existe diferencia significativa entre

tratamientos (tabla 16 del apéndice). La prueba de medias indica que la severidad en el tratamiento con la mezcla de bacterias aplicada a plantas inoculadas con hongos es estadísticamente menor al el tratamiento con bacteria comercial y al tratamiento sin aplicaciones de bacterias. Esto indica que la mezcla de bacterias reduce la severidad de la enfermedad.

**Tabla 5. Evaluación de la incidencia y severidad sobre el efecto de la mezcla de bacterias del género *Bacillus spp.* en plantas de chile bajo condiciones de invernadero**

Tratamientos	Incidencia (%)	Severidad
T1 Mezcla de Bacterias + Hongos	30 B	1.6 C
T2 Mezcla de Bacterias	0 C	1.0 D
T3 Bacterias (comercial) + Hongos	50 A	2.8 B
T4 Bacterias (comercial)	0 C	1.0 D
T5 Hongos	50 A	3.8 A
T6 Testigo	0 C	1.0 D

El incremento en el desarrollo de las plantas observado en nuestro estudio, posiblemente sea debido al mejor crecimiento y desarrollo de raíces, producto de los microorganismos benéficos inoculadas a la raíz, que además de tener un efecto antagónico también promueve el desarrollo de las plantas como pueden ser hortícolas, ornamentales, forestales. Merrieman et al. (1975) probaron el efecto de siete organismos antagónicos en plantas desarrolladas de chile en suelos estériles; entre ellos destaca *Bacillus subtilis*; además, el comportamiento de éstos tratamientos pudo haber sido por la competencia que

existe en nutrientes entre los microorganismos (Elad, 1987; Bowers, 1990). Así mismo, los buenos resultados obtenidos por la aplicación de la mezcla de bacterias pudieran deberse a la capacidad de adaptabilidad que presentaron dichos microorganismos en la rizósfera (Dupler, 1984; Ahmad, 1987) o a las condiciones del suelo utilizado en el estudio y al tipo de cultivo. Olivares (1993) menciona que *Bacillus subtilis* inhibió a *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Alternaria* en condiciones de invernadero al aplicar sobre semillas certificadas; Casarrubias (1992) reporta que la marchitez del chile causada por *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora* y *Pythium* se redujo al inocular *Bacillus subtilis* a la semilla. Finalmente se puede decir que las bacterias poseen un gran potencial para ser empleados como agentes de biocontrol en las enfermedades de los cultivos causadas por agentes fitopatógenos, pudiendo lograr la reducción de éstos debido a la acción antagónica que poseen. Por esta razón las cepas de *Bacillus spp.* constituyen una alternativa más como organismo biocontrolador de fitopatógenos además de ocasionar efectos colaterales beneficiosos como la disminución tanto en el uso de fungicidas, como de costos en producción y reducción de la contaminación del medio ambiente particularmente en suelo y agua.

## CONCLUSIONES

- 1.- La mezcla de bacterias del género *Bacillus* presenta un efecto significativo en la promoción y desarrollo de las plantas de chile inoculadas con estas bajo condiciones de invernadero.
- 2.- La mezcla de bacterias del género *Bacillus* inducen estadísticamente mayor longitud de raíz, peso seco de raíz, altura de planta, diámetro de tallo y peso de fruto.
- 3.- La mezcla de bacterias del género *Bacillus* no promueve estadísticamente mayor número de frutos.
- 4.- La mezcla de bacterias del género *Bacillus* reduce la incidencia de la marchitez en plantas de chile.
- 5.- La mezcla de bacterias del género *Bacillus* disminuye el índice de severidad de la marchitez en plantas de chile.

## LITERATURA CITADA

Agrios, G. N. 1999. Fitopatología. Quinta reimpresión de la segunda edición. Editorial Limusa. México. 838 p.

Ahmad, J. S. and R. Baker. 1987. Competitive saprophytic ability and cellulolytic activity of rhizosphere – competent mutants of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*. 77: 358 – 362.

Alexopoulos, C. J., C. W. Mims and M. Blanckwell. 1996. *Introductory Mycology*. Cuarta edition. Editorial John Wiley and Sons. New York. 869 p.

Arbeláez, G. y O.L. Calderón. 1992. Determinación de razas fisiológicas de *F. oxysporum. f.sp. dianthi* del clavel en Colombia. *Agronomía Colombiana*. 8: 243-247.

Arnold, E. 1992. *The BMA guide for pesticides, chemical and health*. British Medical Association. Londres, 215 p.

Atkinson, T. G., J. L. Neal and R. I. Larson. 1975. Genetic control of the rhizosphere microflora of wheat. *Phytopathology*. 75: 216 - 220

Bahme, J. B. and M. N. Schroth. 1987. Spatial – temporal colonization patterns of a rhizobacterium on under ground organs of potatoes. *Phytopathology*. 77: 1093 – 1100.

Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1987. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4<sup>a</sup> edición. Macmillan publishing company. U.S. A. 218 p.

Baker, K. F. and R. C. Cook. 1974. Biological control of plant pathogens. Freeman, San Francisco. 433 p.

Baker, K. F. 1987. Evolving concepts of biological control of plant pathogens. Ann. Rev. Phytopathol. 25: 67 – 85.

Bayer. 1989. Manual para la protección de las hortalizas. México, 50 p.

Blancard, D. L. y H. Pitrat, M. 1996. Enfermedades de las cucurbitáceas. Ediciones Mundi – Prensa, libros, S. A.; Castellon, Madrid. 301p.

Byong, H. S. and K. K. Young. 1993. Development of mixed pesticides for control of sesame major diseases. Biol. Abstra. 95: 1052 – 1053.

Bowen, G. P. and A. D. Rovira. 1976. Microbial colonization of plant roots. Ann. Rev. Phytopathol. 14: 121 – 144.

Bowers, J. H. and D. J. Mitchell. 1990. Effect of soil – water metric potential and periodic flooding on mortality of pepper caused by *Phytophthora capsici*. Phytopathology 80: 1447 – 1450.

Bolkan, A. H. 1980. Las pudriciones radicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 310 p.

Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, England. 237 p.

Broadbent, P., K. F. Baker., N. Franks and J. Holland. 1977. Effect of *Bacillus spp.* on increased growth of seedlings in steamed and in nontreated soil. Phytopathology 67:1027 – 1034.

Brown, M. E. 1974. Seed and bacterization. *Ann. Rev. Phytopathology* 12: 181 – 195.

Bruin, G. C; and L. V. Edginton. 1980. Induce resistance to ridomil of some Oomycetes. *Phytopathology* 70: 459 – 460.

Burke, O. W. and A. W. Barker. 1966. Importance of lateral roots in fusarium root rot of beans. *Phytopathology* 56 : 292 – 294.

Cano, A. M. F.1994. El cultivo de chile. Monografías. Pimiento. Htm.com. pp 1 –18 p.

Cantú, C. L. I. 1970. Pruebas de adaptación y rendimiento de 8 variedades de chile dulce en la región de la ex – hacienda el Canadá, Mpio. De Gral. Escobedo. Tesis. U.N.L. México. 58 p.

Casarrubias, C. V. 1992. Evaluación de la eficiencia de *Bacillus subtilis* para el control de la marchitez del chile (*Capsicum annum*) en condiciones de invernadero. Tesis. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. 38 p.

Castaño, C.M. 1993. Horticultura, Manejo Simplificado. Primera edición. Universidad Autónoma de Chapingo, México.527 p.

Christon, T. 1962. Penetración and host parasite relation ships of *R. solani* in the bean plant. *Phytopathology* 52: 381 – 389.

Cook, J. R. 1985. Biological control of plant pathogens: theory to aplicaciones. *Phytopathology* 75: 25 – 29.

Clayton, E. E. 1923. The relation of temperature to the *Fusarium* Wilt of the tomato. *Amer. J. Bot.* 10: 71 – 88.

De Bach, P. 1985. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Editorial continental. México. 949 p.

De Bauer, M. L. 1987. Fitopatología. Editorial Limusa. México. 384 p.

Delgadillo, S. F. 1990. Resistencia genética a enfermedades en cultivos de importancia en México. Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología. Culiacán, Sinaloa. 131 p.

Dickinson, C. H. 1987. Patología vegetal y patógenos de las plantas. Limusa. México. 312 p.

Dixon, G. R. 1981. Vegetables Crop Diseases MacMillan, Publishers LTD. Hong Kong. 404 p.

Doolittle, R. 1953. Southwest gardening. Albuquerque. New México. 195 p.

Dupler, M. and R. Baker. 1984. Survival of *Pseudomonas putida* a biological control agent in soil. Phytopathology 74: 195 – 200.

Elad, Y. and R. Backer. 1985. Influence of trace amounts of cations and siderophore-producing *Pseudomonads* on Chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum*. Phytopathology 75: 1047 – 1052.

Elad, Y. and I. Chet. 1987. Possible role of competition for nutrients in biocontrol of *Pythium* damping – off by bacteria. Phytopathology 77: 190 – 195.

Ferreira, M. S. 1991. Biological control on *Eutypa lata* on grapevine by an antagonistic strain of *Bacillus subtilis*. Phytopathology 81: 283 – 287.

Foster, R. C. 1986. The ultrastructure of the rizoplane and rizosphere. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 211 – 234.

Flores, A. G. 1995. Antibiosis in vitro de bacterias del rizoplano contra hongos causantes de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.). Tesis. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila. México. 51 – 52 p.

Flores, O. A. y G. Frías T. 1992. El triste del cultivo del chile en Ramos Arizpe Coahuila. Folleto Informativo. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 35 p.

García, A. M. 1985. *Patología Vegetal Práctica*. ED. Limusa. México. 256 p.

García, C. J., y C. G. Virgen. 1991. Control de *Fusarium oxysporum fsp. niveum* con *Bacillus subtilis* en condiciones de campo. Memorias del XIV Congreso Nacional de Control Biológico. Buenavista, Saltillo, Coah. pp. 164-169.

Gómez, B. J. 1997. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Año Dos Mil. México, D.F. pp. 8 – 11.

Gómez, G. V. 2000. Principales enfermedades que afectan al cultivo del pimiento. *Rev. Vida Rural*. No. 107. Madrid, España. pp. 1 – 7.

Gormely, J. P. 1980. Determinación de la patogenicidad de dos cepas de *Rhizoctonia solani* Kuhn en cuatro hospederos bajo condiciones de laboratorio durante la primavera, verano y otoño. Tesis. ITESM. Monterrey N. L. 68 p.

Hamouda, A.M. 1988. Fungal diseases of vegetable marrow and their control in the southern region of oman. *Trop. Pest. Mang.* 32 : 156 – 158.

Howie, W. J., R. J. Cook and D. M. Weller. 1987. Effects of soil matric potential and cell motility on wheat root colonization by fluorescent pseudomonads suppressive to take – all. *Phytopathology* 77: 286 – 292.

INEGI. 2001. Avance de siembra de cultivos seleccionados del ciclo primavera - verano. Indicadores del sector alimentario. Internet (<http://www.inegi.gob.mx/estadistica/espanol/economia/feconomia.html> ).

Laborde, J. A. y O. Pozo, 1984. El Presente y pasado del chile en México. SARH – INIA, México. 80 p.

Leon, G. H. 1982. Enfermedades de cultivos en el estado de Sinaloa. SARH – INIA - CIAPAN, México. 262 p.

Loper, J. E., C. Haack, and M. N. Schroth. 1985. Population dynamics of soil pseudomonads in rhizospore of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 416 – 422.

Leonian, L. H. 1922. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici*. *Phytopathology* 12: 401 – 408.

Lowell, L. B., S. Green K., G. Hartman L. y J. Poulos M. 1993. Enfermedades del chile, una guía de campo. Editorial Centro Asiático de Investigación y desarrollo vegetal. U.S. A. 98 p.

Melhus, E. I. and G. C. Kent. 1939. Elements of plant pathology Macmillan and Co. New York, USA. pp. 330 – 335.

Mendoza, Z. C. y C. Pinto 1985. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. UACH, Chapingo, México. 311 p.

Mendoza, H. J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata a la UAAAN. pp. 1 – 5.

Messiens, C. M. y Lafon. R. 1968. Enfermedades de las hortalizas. Oikos . Tau, S. A. Barcelona. 361 p.

Merriemam, P.R., R.D. Prince., J.F. kollmorgen., T. Piggot and E.H. Ridge. 1975. Effect of seed inoculation with *Bacillus subtilis* and *Streptomyces griseus* on the growth of cereales and carrots aust. J. Agric. Res. 25: 219 – 226.

Mora, A. A. 1991. Resistencia genética del chile (*Capsicum annum*) a la marchitez y al complejo viral en Tehuacán Pue. Soc. Mex. De Fitop. XVIII. Congreso Nal. Puebla. 224 p.

Nash, S. M., T. Christou and W. C. Snyder. 1961. Existence of *Fusarium solani* as clamydospore in soil. Phytopathology 51: 308 – 312 pp.

Navarro, N. Y and W. L. Park. 1999. *Rhizobium leguminosarum*\_ como organismo biocontrolador de la interacción hospedero – patógeno: clavel (*Dianthus caryophyllus*) – *Fusarium oxysporum fsp. dianthi*. Revista Colombiana de Química. 28: 2 – 6.

Olivares, Z. M. 1993. Diagnóstico y control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annum* L.) en Ramos Arizpe – coahuila. Tesis. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila, México. 61 p.

Prikryl, Z. and V. Vancura. 1980. wheat root exudation as dependent on growth concentration gradient of exudates and the presence of bacteria. Plan soil. 57: 69 - 83.

Ramírez, V. J. y C. S. Romero. 1980. Supervivencia de *Phytophthora capsici* Leo. agente causal de la marchitez del chile. *Agrociencia* 39: 9 – 18.

Redondo, J. E. 1979. Obtención de fuentes de resistencia al hongo *Phytophthora capsici* Leo. En materiales de chile *Capsicum* spp. L. Memorias del XXVII Congreso American Society for Horticultural Science. Región Tropical y del Caribe. México. 70 p.

Redondo, J. E., M. C. Rodríguez y M. C. Sosa. 1991. Mecanismos de infección por *Phytophthora capsici* Leo, en chile. Simposio Nacional. Aspectos fitopatológicos de maíz, frijol y chile. C. P. Montecillos, México. 177 p.

Roberts, D. A. y C. W. Virgen. 1978. Fundamentos de Patología Vegetal. Editorial Acribia. México. 392 p.

Romero, C. S. 1993. Hongos fitopatógenos. Uach, Chapingo, México. 347 p.

Rosas, R. M. 1997. Hortalizas, frutas y flores. Editorial Año Dos mil. México, D.F. pp. 29 – 30.

Sanford, J. B. 1926. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. *Phytopathology* 16: 525 – 547.

Sánchez, R. G. 1983. Pudrición radicular del frijol (*Phaseolus vulgaris*) causado por *Fusarium solani* fsp. *phaseoli*. Monografía sin publicar UAAAN. 108 p.

SARH. 1991. Enfermedades virales y marchitez del chile. Divulgación Distrital. Saltillo, Coahuila, México. 6 p.

Streets, B. R. 1978. The diagnosis of plant diseases. A field and laboratory manual emphasizing the most practical methods for rapid identification University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. 390 p.

Sun, S. K. and J. W. Huang. 1985. Mechanism of control *Fusarium* Wilt diseases by treatment of soil with S – H. Mixture. Plant. Prot. Bull. 27: 159 – 169.

Suslow, T. V. and M. N. Schroth. 1982. Rhizobacteria of sugarbeets: effects of seed application and root colonization on yield. Phytopathology 72: 199 – 206.

Tschen, J. S. M. 1987. Control of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. Trans. Mycol. Soc. Japan. 28: 483 – 493.

United States Department of Agriculture. 1965. Enfermedades de las plantas. The yearbook of agriculture. ED. Herrero, México. 1099 p.

Valadez, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. 3ª. Reimpresión. Editorial Limusa, S. A. México. 298 p.

Walker, J. C. 1965. Patología vegetal. Traducción, 2ª. edición Americana. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 818 p.

Weber, G. F. 1932. Blight of pepper in Florida caused by *Phytophthora capsici*. Phytopathology 22: 775 – 780.

Weller, M. D. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Ann. Rev. Phytopathol. 26: 379 – 407.

# APENDICE

Tabla 1. Longitud de raíz en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	54.00	63.00	59.00	48.00	45.00
2	45.00	43.00	52.00	47.00	45.00
3	31.00	23.00	38.00	29.00	30.00
4	22.00	28.00	15.00	38.00	30.00
5	20.00	14.00	32.00	24.00	20.00
6	40.00	36.00	28.00	30.00	36.00

Tabla 2. Análisis de varianza de la longitud de raíz en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	3727.500000	745.500000	18.7155	0.000
ERROR	24	956.000000	39.833332		
TOTAL	29	4683.5000			

C.V. = 17.78 %

Tabla 3. Peso seco de raíz en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	8.87	8.53	9.87	5.71	4.52
2	2.99	3.85	7.30	11.99	6.99
3	2.00	1.00	3.63	1.99	3.10
4	0.62	1.10	0.42	1.62	3.26
5	0.81	0.58	1.09	1.96	1.35
6	9.01	4.04	2.91	2.75	3.21

Tabla 4. Análisis de varianza del peso seco de raíz en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	183.920685	36.784138	8.0810	0.000
ERROR	24	109.246155	4.551923		
TOTAL	29	293.16684			

C.V. = 54.67 %

Tabla 5. Diámetro de tallo en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	0.70	0.75	0.70	0.62	0.62
2	0.60	0.65	0.70	0.65	0.65
3	0.45	0.35	0.60	0.45	0.60
4	0.40	0.40	0.35	0.45	0.55
5	0.30	0.20	0.35	0.40	0.45
6	0.70	0.55	0.55	0.50	0.50

Tabla 6. Análisis de varianza del diámetro de tallo en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	0.426750	0.085350	13.5881	0.000
ERROR	24	0.150749	0.006281		
TOTAL	29	0.577499			

C.V. = 15.10 %

Tabla 7. Altura de planta de los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	41.50	43.00	45.50	38.00	34.00
2	36.50	36.50	42.50	35.50	37.00
3	26.50	21.50	30.00	26.50	28.00
4	18.00	27.00	16.50	25.50	30.50
5	24.50	17.50	24.00	20.50	21.00
6	36.50	40.50	37.50	29.50	29.50

Tabla 8. Análisis de varianza en la altura de planta de los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	1559.099609	311.819916	17.5179	0.000
ERROR	24	427.201172	17.800049		
TOTAL	29	1986.300781			

C.V. = 13.74 %

Tabla 9. Número de frutos en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	8.00	20.00	6.00	17.00	13.00
2	12.00	14.00	2.00	5.00	2.00
3	6.00	6.00	13.00	2.00	24.00
4	3.00	5.00	2.00	7.00	4.00
5	4.00	1.00	8.00	14.00	8.00
6	15.00	4.00	6.00	9.00	11.00

Tabla 10. Análisis de varianza del número de frutos en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	222.566406	44.513283	1.4199	0.252
ERROR	24	752.400146	31.350006		
TOTAL	29	974.966553			

C.V. = 66.92 %

Tabla 11. Peso de frutos en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	32.50	80.10	15.05	16.80	33.80
2	87.50	90.80	5.00	7.00	13.80
3	5.50	4.00	11.70	4.20	27.00
4	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00
5	6.40	3.80	4.00	16.00	10.70
6	52.50	7.00	51.50	34.80	28.50

Tabla 12. Análisis de varianza del peso de frutos en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	7068.660156	1413.732056	2.7151	0.044
ERROR	24	12496.646484	520.693604		
TOTAL	29	19565.306641			

C.V. = 103.42 %

Tabla 13. Incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Con datos modificados ( $\sqrt{x+1}$ )

TRATA.					
1	1.00	7.14	1.00	7.14	7.14
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Los datos originales fueron transformados a  $\sqrt{x+1}$  para poder aplicar el análisis estadístico.

Tabla 14. Análisis de varianza de la incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	232.480957	46.496193	24.6667	0.000
ERROR	24	45.239441	1.884977		
TOTAL	29	277.720398			

C.V. = 37.51 %

Tabla 15. Severidad de la enfermedad en los tratamientos evaluados

TRATA.					
1	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	3.00	2.00	2.00	1.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Con datos modificados ( x+1)

TRATA.					
1	1.00	2.00	1.00	2.00	2.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	2.00	4.00	3.00	3.00	2.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00
6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Los datos originales fueron transformados a x+1 para poder aplicar el análisis estadístico.

Tabla 16. Análisis de varianza de la severidad de la enfermedad en los tratamientos evaluados

FV	GL	SC	CM	F	P>F
TRATAMIENTOS	5	34.666664	6.933333	34.6666	0.000
ERROR	24	4.800003	0.200000		
TOTAL	29	39.466667			

C.V. = 23.96 %