

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Manejo del Pato sistema *Capsicum annuum L.* - *Cercospora capsici* (Heald y Wolf)  
con *Bacillus subtilis* (Jansen) bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**NICOLÁS ATANACIO TABAREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Manejo del Patosistema *Capsicum annuum* L. - *Cercospora capsici* (Heald y Wolf.)  
con *Bacillus subtilis* (Jansen) bajo Condiciones de Invernadero

Por:

**NICOLÁS ATANACIO TABAREZ**

TESIS

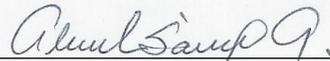
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

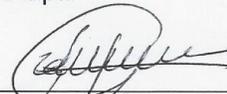
Aprobada por el Comité de Asesoría:



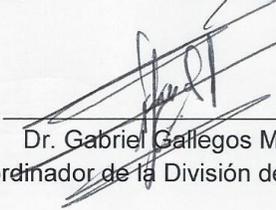
Dra. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda  
Asesor Principal



M.C. Abel Sánchez Arizpe  
Coasesor



M.P. Victor Manuel Villanueva Coronado  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2017

## AGRADECIMIENTOS

A la primera persona que agradezco es a dios por haberme traído a este mundo y permitirme permanecer en él y por darme las fuerzas necesarias para continuar de pie en cada uno de los días llenos de momentos difíciles.

A mi amigo, **Víctor Hugo Ortiz**, ya que tú fuiste la persona que me informó sobre esta gran universidad, donde permanecí siempre sin defraudar la confianza que depositaban en mí al darme la información.

A mi **ALMA TERRA MATER**, Por permitirme haberme sentido siempre como en casa y por tomarme como uno de los seleccionados para ingresar a recibir mi formación profesional y darme la dicha de salir de ella diciendo que orgullosamente soy un **BITRE DE LA NARRO**.

A todos los profesores del **Departamento de Parasitología**, que colaboraron con mi formación profesional.

A la Doctora **Ma. Elizabeth Galindo**, que no solo contribuyó en la realización exitosa de este trabajo, sino que además, me mostró su apoyo incondicional desde aquel primer momento en que me presenté con ella como su tutorado, no solo me brindó su apoyo como tutora, sino que además me tendió su mano y me demostró que podía confiar en ella sin importar cual fuese la situación, ella siempre estuvo ahí conmigo en cada momento difícil apoyándome, dándome consejos y siempre animándome a seguir fuertemente hacia adelante. Por ello muchísimas gracias Doctora.

Al MC. **Abiel Sánchez Arizpe**, por trasmitirme sus conocimientos y siempre mostrando interés a través de sus clases y por la revisión y aporte de sugerencias a este trabajo.

Al M.P. **Víctor Manuel Villanueva**, por sus aportes durante la revisión de éste trabajo.

Al Lic. **Francisco Ortiz**, usted que siempre me mostró ser un buen amigo, un ejemplo a seguir, siempre llenándome de buenos consejos para tener una mejor perspectiva de lo que es el campo laboral, además de brindarme todo su apoyo incondicional durante todo el tiempo que permanecí en la universidad.

A mi Amigazo **Cristóbal Rendón**, que no solo nunca dejó de demostrarme su amistad, si no que siempre me demostró lo que significa tener un familiar que puede

ser un gran amigo y que siempre me brindó de todo su apoyo incondicional dándome ánimos todo el tiempo, te doy las gracias por estar día a día hablando conmigo ya que gracias a eso nunca me sentí completamente solo.

A la larga cadena de profesores que colaboraron en mis estudios desde el preescolar hasta la universidad, especialmente a la profesora **Maribel Ortiz**, quien además de transmitirme sus conocimientos me brindó su muy valiosa amistad.

A mis Amigos compañeros de cuarto **Pablo**, que siempre estuvo conmigo en las buenas y en las malas demostrándome siempre un gran compañerismo y hermandad, también a **Daniel**, por demostrarme una amistad incondicional y siempre haciendo de cada momento más divertido.

A todos mis compañeros de la generación que en algún momento colaboraron conmigo durante días difíciles, en especial a mis amigos **Edwin, José Molina, Mario Alberto, Maximiliano, Juan Carlos, David, Alonso, Marco Antonio**, y a mis amigas **Rubi, Abigail** y muy en especial a **Candelaria Gómez**, por su gran compañerismo y excelente amistad brindada durante toda la carrera, pasando por momentos difíciles pero siempre mostrándome apoyo incondicional.

A mis amigos de otras carreras: **Jesús Gómez** y **Roberto Magaña**, con los cuales conviví frecuentemente y siempre me mostraron un gran compañerismo y amistad.

A mi amiga: **Laura Itzel Ortiz**, por la amistad que siempre me ha demostrado desde antes de entrar en la etapa de universitario y por el apoyo a distancia que siempre me brindó.

A mi novia: **Marlene Gómez Vázquez**, por todos y cada uno de los momentos que hemos pasado llenos de felicidad, dándome ánimos en cada momento, demostrándome día a día que a su lado las cosas pueden ser más fáciles, gracias al apoyo incondicional que me brinda y demostrarme su cariño minuto a minuto.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES

#### **Eligio Atanacio Ramírez y María De Jesús Tabarez Bello**

Ustedes que con todo lo que me han enseñado en la vida, me han demostrado que tienen todas las profesiones del mundo, ya que no solo lograron formarme como persona sino que también me enseñaron a valorar todas y cada una de las cosas que se pueden obtener en la vida. Ustedes que han dado todo por mí, que supieron llevarme por el buen camino y nunca me dejaron solo mientras lo recorría. Hoy quiero dedicarles éste logro, porque no es solo mío sino de ustedes también. El apoyo que me brindaron, hoy en día se ve reflejado. Muchas gracias por creer siempre en mí, por enseñarme a ver el valor de las cosas y lo más importante me enseñaron a no rendirme en momentos difíciles. Nunca dejaré de amarlos y tampoco dejaré de agradecerles todo lo que han hecho por mí.

A mi abuelita **Fidencia Bello Zamora**, porque el logro que he culminado, es también tuyo, porque me demostraste que no solo se puede tener una sola madre en la vida, eso es lo que has sido y siempre será así, siempre me demostraste un cariño muy especial, me enseñaste lo bueno y lo malo de la vida y a como sobresalir durante cada momento difícil.

A mis tías: **María Elen y María de la Paz**, por todo el apoyo brindado durante la etapa de mi carrera y por ese cariño que día a día me demostraron.

A mis hermanos: **Marcos, Nelson, y Eligio**, porque a su lado siempre fue todo más fácil, ustedes siempre me han apoyado y día a día me demostraron todo su cariño y aunque pasamos por varias peleas nunca dejaron de ser peleas de hermanos y nunca dejamos de sentir esa atracción de nuestra sangre.

A mis hermanitas: **Briseida y Yerania** Ustedes que son las más consentidas de la familia se merecen la dedicatoria de este para que así mismo se animen a seguir adelante en sus estudios para que lleguen a culminar sus estudios y tengan también una carrera profesional.

A mi cuñada: **Dalia Benítez** por el aprecio que me ha brindado desde el día en que llego a nuestras vidas.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>XII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Justificación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
El Cultivo de Chile.....	3
Antecedentes e importancia económica.....	3
Importancia Alimenticia.....	4
Características del Cultivo.....	4
Botánica.....	4
Descripción General del Cultivo.....	5
Tallos.....	5
Hojas.....	6
Flores.....	7
Fruto.....	7
Raíz.....	8
Fenología del cultivo.....	8
Aspectos generales.....	8
Ubicación Taxonómica.....	9
Clasificación Agronómica.....	9
Requerimientos Ambientales.....	10
Origen y Distribución.....	10
Problemas Fitosanitarios.....	11
Enfermedades del Suelo.....	13
<i>Phytophthora capsici</i> .....	13
Características morfológicas.....	13
	VI

Importancia y distribución.....	14
Ubicación taxonómica.....	14
Síntomas.....	14
Ciclo de la enfermedad.....	15
Ciclo biológico.....	15
Condiciones que favorecen al patógeno.....	16
Manejo del patógeno.....	16
<i>Rhizoctonia solani</i> .....	17
Antecedentes históricos.....	17
Características.....	17
Importancia.....	17
Ubicación taxonómica.....	18
Características morfológicas.....	18
Condiciones que favorecen a la enfermedad.....	19
Síntomas.....	19
Tipos de control.....	19
Control químico.....	19
<i>Fusarium oxysporum</i> .....	20
Importancia.....	20
Ubicación taxonómica.....	20
Distribución.....	21
Características morfológicas.....	21
Síntomas.....	21
Condiciones que favorecen al patógeno.....	22
Tipos de control.....	22
Control biológico.....	22
Control cultural.....	22
Control químico.....	23
Marchitez del chile, <i>Damping-off</i> o ahogamiento.....	23
Mancha Foliar por <i>Cercospora</i> .....	24
Descripción del patógeno <i>Cercospora</i> .....	25
Formas de ataque de <i>Cercospora</i> .....	25
Clasificación Taxonómica de <i>Cercospora capsici</i> .....	26
Ciclo de vida de <i>Cercospora</i> .....	26
Control Biológico.....	27
Agentes de Control Biológico.....	28
Mecanismos de Acción.....	29
Promotores de crecimiento.....	29
Micoparasitismo.....	29
Competencia.....	29

Antibiosis.....	30
Generalidades de <i>Trichoderma</i> .....	30
Modo de Acción de <i>Trichoderma</i> .....	30
<i>Bacillus spp.</i> .....	31
Clasificación Taxonómica de <i>Bacillus subtilis</i> .....	32
Mecanismos de Acción de <i>Bacillus subtilis</i> .....	32
El género <i>Bacillus</i> como rizobacteria promotora del crecimiento de plantas.....	35
Ciclo de vida.....	34
Importancia del uso de bacterias promotoras de crecimiento.....	34
Desarrollo de <i>B. subtilis</i> en diferentes medios de cultivo.....	35
Agar.....	35
Agar inclinado.....	35
Gelatina.....	35
Leche tornasolada.....	35
PDA.....	35
Caldo nutritivo.....	35
Suero sanguíneo.....	35
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
Descripción y Ubicación del Experimento.....	36
Materiales y sustancias activas usadas en el experimento.....	36
Tratamiento a la semilla.....	38
Etapa en invernadero.....	39
Acondicionamiento del área de trabajo.....	39
Siembra de semillas de chile en charola.....	40
Obtención de plántulas y trasplante.....	40
Establecimiento del experimento.....	41
Inoculación de <i>Cercospora</i> a plantas sanas.....	41
Aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> .....	42
Parámetros a Evaluar.....	43
Altura de plantas.....	43
Diámetro de tallos.....	43
Incidencia de la enfermedad.....	43
Severidad.....	43
Número de frutos.....	43
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
Comparación de medias por tratamiento en altura de <i>C. annuum</i> ...	45

Comparación de medias por tratamiento para diámetro de tallo de <i>Capsicum annuum</i> .....	47
Severidad de <i>C. capsici</i> en plantas de <i>C. annuum</i> .....	48
Comparación de medias por tratamiento para número de fruto.....	49
Severidad de <i>C. capsici</i> entre los tratamientos 1 y 4 en plantas de <i>C. annuum</i> .....	50
Severidad de <i>C. capsici</i> entre los tratamientos 2 y 5 en plantas de <i>C. annuum</i> .....	51
Severidad de <i>C. capsici</i> entre los tratamientos 3 y 6 en plantas de <i>C. annuum</i> .....	52
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	<b>54</b>
Apéndice.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Representación botánica del cultivo de pimiento <i>Capsicum annuum</i> , <b>A)</b> Tallo, <b>B)</b> Hojas, <b>C)</b> Flor, <b>D)</b> Fruto y <b>E)</b> raíz.....	6
2.	Origen y distribución del pimiento <i>Capsicum annuum</i> .....	10
3.	Representación de problemas fitosanitarios causados por <b>A)</b> Cancro bacteriano, <b>B)</b> Mancha bacteriana, <b>C)</b> Cancro del pedúnculo y <b>D)</b> Marchitez.....	13
4.	Problemas ocasionados por patógenos del suelo como: <b>A)</b> <i>Phytophthora capsici</i> , <b>B)</b> <i>Rhizoctonia solani</i> , <b>C)</b> <i>Fusarium oxysporum</i> , <b>D)</b> <i>Pythium</i> y <b>E)</b> <i>Damping off</i> .....	24
5.	Representación esquemática de signo y cuerpo fructífero de mancha foliar por <i>Cercospora</i> .....	25
6.	Ciclo de vida de <i>Cercospora capsici</i> .....	27
7.	Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro donde se llevó a cabo el experimento.....	36
8.	Materiales y sustancias activas utilizadas para la realización del experimento, <b>A)</b> <i>Trichoderma</i> , <b>B)</b> Semillas de chile con <i>Bacillus subtilis</i> , <b>C)</b> enraizador arrancador, <b>D)</b> semillas de chile con enraizador <b>E)</b> Matraz Erlenmeyer con <i>Bacillus subtilis</i> .....	37
9.	Aislamiento y siembra de muestras con síntoma del patógeno <i>Cercospora</i> en medio de cultivo Papa–Dextrosa–Agar (PDA).....	37
10.	<b>A)</b> Imbibición de semillas en caja petri por 24 hrs con las diferentes, <b>B)</b> Incremento de <i>Bacillus subtilis</i> en caldo nutritivo sustancias activas.....	38
11.	Aplicación de productos químicos y acondicionamiento del área de trabajo en el invernadero de parasitología.....	39

12.	Siembra de semillas de chile en charola de 200 cavidades.....	40
13.	<b>A)</b> Obtención de plántulas, <b>B)</b> Aplicación de <i>Bacillus</i> con <i>Trichoderma</i> en sus respectivos tratamientos, <b>C)</b> Trasplante de plántulas en bolsas de 10 lts UAAAN 2017.....	41
14.	De lado izquierdo, raspado de hoja con lima y a la derecha Inoculación de plantas sanas con <i>Cercospora capsici</i> UAAAN 2017.....	42
15.	Aplicación de <i>Bacillus subtilis</i> , días después de la inoculación con <i>Cercospora</i> para medir la inhibición de daño UAAAN 2017.....	42
16.	Comparación de medias para altura de plantas de <i>Capsicum annuum</i> con productos biológicos y químicos UAAAN 2017.....	46
17.	Comparación de medias por tratamiento para diámetro de tallo de <i>Capsicum annuum</i> , UAAAN 2017.....	47
18.	Comparación de medias por tratamiento para severidad causada por <i>Cercospora</i> en plantas de <i>C. annuum</i> , UAAAN, 2017.....	48
19.	Comparación de medias por tratamiento para el número de frutos en plantas de <i>Capsicum annuum</i> , UAAAN, 2017.....	49
20.	Comparación de medias entre los tratamientos 1 y 4 a concentraciones de $1 \times 10^{10}$ UFC de <i>Bacillus subtilis</i> para severidad de <i>C. capsici</i> en plantas de <i>C. annuum</i> , UAAAN, 2017.....	50
21.	Comparación de medias entre los tratamiento 2 y 5 a concentraciones de $1 \times 10^9$ UFC de <i>Bacillus subtilis</i> para severidad de <i>C. capsici</i> en plantas de <i>C. annuum</i> , UAAAN, 2017.....	51
22.	Comparación de medias entre los tratamiento 3 y 6 a concentraciones de $1 \times 10^8$ UFC de <i>Bacillus subtilis</i> para severidad de <i>C. capsici</i> en plantas de <i>C. annuum</i> , UAAAN, 2017.....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Pág.</b>
1	Imbibición y cantidad de semillas a utilizar por caja petri con sus respectivas materias activas, Depto. de Parasitología UAAAN, 2016.....	38
2	Tratamientos utilizados en el experimento y componentes de cada uno de ellos, Depto. de Parasitología UAAAN.....	41
3	Escala de severidad para la mancha foliar, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.....	43
4	Concentración de medias de los parámetros evaluados Depto. de Parasitología UAAAN 2017.....	45

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo, consistió en la evaluación de *Bacillus subtilis*, como agente de control biológico contra la mancha foliar causada por el hongo *Cercospora capsici* al cultivo de chile *Capsicum annuum* L. El trabajo se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en las instalaciones del Departamento de Parasitología y el invernadero del mismo Departamento en el año 2015-2016 utilizando un diseño completamente al azar que constó de 7 tratamientos, cada uno con 10 repeticiones. El hongo *Cercospora* con el que se trabajó, fue aislado de muestras obtenidas en el campo experimental Buenavista de la UAAAN y para el caso de la bacteria *Bacillus subtilis* fue proporcionada por el Departamento de Parasitología a concentraciones de  $1 \times 10^8$ ,  $1 \times 10^9$  y  $1 \times 10^{10}$  UFC/ml en la escala de Mc farland. Posteriormente se realizó la inoculación dirigida al área foliar con *Cercospora* con la ayuda de un atomizador y una vez que aparecieron los síntomas se procedió a la aplicación de *Bacillus subtilis* para después evaluar en las plantas los parámetros de: altura de planta, Diámetro de tallo, incidencia de la enfermedad, severidad y número de frutos, los cuales nos arrojó que el uso de *Bacillus subtilis* a una concentración de  $1 \times 10^{10}$  UFC/ml es efectivo contra *Cercospora capsici*.

**Palabras clave:** Patosistema, Control biológico, *Capsicum annuum*, Mancha foliar, *Cercospora capsici*, *Bacillus subtilis*.

**Correo electrónico;** Nicolás Atanacio Tabarez, [Nico.na38@gmail.com](mailto:Nico.na38@gmail.com)

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de chile *Capsicum annuum* L. es un arbusto de la familia de las solanáceas, es originario de América Central, estudios demostraron que ésta especie rápidamente se incorporó al elenco de los productos saborizantes y de las hortalizas del viejo mundo. En la actualidad casi la mitad del chile del mundo es producido en el Mediterráneo, pero España es uno de los países que ha tenido resultados más favorables los últimos años, es una de las cuatro especies cultivadas del género *Capsicum*, que proporciona varias de las variedades cultivares más picantes de ají. Es producido por varios países de todo el mundo, cada uno de ellos con porcentajes diferentes dentro de los cuales se encuentran: España, Estados Unidos, Indonesia, México, Nigeria, China, Turquía e Italia.

En México, es producido en invierno para el autoconsumo y lo excedente para el comercio con Estados Unidos, a nivel mundial el país tiene un 20% de participación por lo cual se considera como potencia en la producción de chile, ésta especie representa una gran tradición en la población de México donde comúnmente se le conoce como chile con diferentes calificativos de acuerdo con la etnia, región del cultivo, formas, color y posición del fruto. La tecnología está jugando un papel cada vez más relevante para cumplir múltiples requisitos que van desde las prioridades de los consumidores de gusto y conveniencia, a los minoristas que exigen una apariencia atractiva, suministro constante y larga vida en los anaqueles. Sin embargo, no se puede dejar de lado las necesidades de los horticultores las cuales se centran en el rendimiento, costos y resistencia a enfermedades. Éste cultivo es muy importante a nivel mundial ya que es producido por una amplia gama de países, es por eso que surge la necesidad de actuar contra las enfermedades que lo atacan, ya que reducen la productividad en el campo y afectan la calidad de la cosecha durante el mercado y almacenamiento. El manejo de estas enfermedades requiere del establecimiento de medidas culturales de carácter preventivo y la realización de un control biológico, siendo este uno de los más recomendables ya que no causa daños al medio ambiente y reduce las probabilidades de intoxicación al agricultor.

*Cercospora capsici* es un patógeno que causa la enfermedad conocida como ojo de sapo que provoca manchas foliares, el cual se han encontrado evidencias de que puede ser controlado con el uso de biopreparados a partir de microorganismos para el control biológico de enfermedades y para la fertilización de cultivos de interés comercial, se presenta como uno de los métodos más prometedores para reducir los efectos nocivos del uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura. El uso de *Bacillus subtilis* es muy eficiente ya que actúa contra la pared celular de los patógenos al liberar compuestos con propiedades anti fúngicas.

### **Justificación**

Buscar alternativas más amigables para solución de problemas causados por el patógeno *Cercospora capsici* y así mejorar la calidad del fruto de chile dentro del país.

### **Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de *Bacillus subtilis* sobre *Cercospora capsici*.

### **Objetivos Específicos**

Medir el efecto de *Bacillus subtilis* *Cercospora capsici* en hojas y frutos chile y mejorar sus cualidades agronómicas, además de la altura de plantas, Diámetro de tallo, incidencia de la enfermedad, severidad y número de frutos.

### **Hipótesis**

Se espera que la dosis más alta de *B. subtilis* controle de mejor manera *C. capsici*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### El Cultivo de Chile

#### **Antecedentes e importancia económica**

El cultivo de chile *Capsicum annuum* L. es de gran importancia nacional y mundial por su amplia difusión y gran importancia económica, siendo el quinto cultivo hortícola en cuanto a superficie cultivada se refiere y el octavo según la producción total, a nivel mundial (Nuez, 1996 y FAO 1991).

Es una de las principales hortalizas que se cultivan y uno de los alimentos icónicos, el cultivo registró un volumen, el año pasado, de dos millones 922 mil toneladas, lo que significó un avance de 870 mil toneladas, en relación a lo obtenido en 2013. La producción aumentó 42.4 por ciento entre 2013 y 2016, en los últimos cuatro años, la Tasa Media de Crecimiento Anual de este cultivo fue de 9.2 por ciento, con un promedio de producción de 2.5 millones de toneladas. La producción de chile verde en México aumentó en 13.1 por ciento, en comparación con el 2015, luego de que ese año se produjeron dos millones 583 toneladas, lo que significa que en 2016 se obtuvo un volumen adicional de 339 mil toneladas. Este cultivo es producido en las 32 entidades del país, las cinco principales son Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, San Luis Potosí y Michoacán, las cuales aportan el 77.1 por ciento de la producción nacional (SIAP Y SAGARPA, 2017).

A partir del proceso de conquista con la llegada de los españoles, durante el periodo renacentista, hace 500 años y hasta ahora, este país no ha dejado de proveer a todo el planeta de diversos recursos que han servido para mejorar la alimentación, la salud y el modo de vida de millones de habitantes. Algunos ejemplos de la generosidad de la naturaleza Mexicana y Mesoamericana son: el maíz, girasol, amaranto, frijol común, chilacayote, el cacao, el tomate, la guayaba, zapote, mamey, etcétera y desde luego una amplia diversidad de especies del género *Capsicum* (Ramos, 2003).

## **Importancia Alimenticia**

Desde el punto de vista alimentario, los chile son ricos en vitaminas y minerales, siendo su contenido en vitamina C el más alto de todas las especies hortícolas. Su sabor picante se debe al contenido del alcaloide capsaicina (Guenkov, 1974).

Los usos del fruto natural o procesado de *C. annuum* son múltiples. Aparte del consumo en fresco, cocido, o como un condimento o “especia” en comidas típicas de diversos países, existe una gran gama de productos industriales que se usan en la alimentación humana: congelados, deshidratados, encurtidos, enlatados, pastas y salsas. Además, un uso importante del chile, es como materia prima para la obtención de colorantes y de oleoresinas con fines industriales. En producción de salsas; México es popular por su picante chili (el nombre significa en español antiguo “de chile”). Igualmente picante es la clase de Tabasco, usado para hacer las salsas. La comercialización en polvo está representada por la pimienta de cayena que deriva del fruto seco y pulverizado de un pimiento rojo y picante muy delgado, y es llamado así por proceder de esta ciudad de la Guayana. Hay tipos de pimientos rojos dulces, muy carnosos, utilizados para rellenar aceitunas. En la medicina; forman parte de la composición de algunos medicamentos utilizados para combatir la atonía gastrointestinal y algunos casos de diarrea (Guenkov, 1974).

## **Características del Cultivo**

### **Botánica**

El cultivo de chile, pertenece a la familia botánica de las Solanáceas. Debido a su gran variabilidad genética, se presentan diversas posturas en cuanto a su denominación botánica. La mayoría de autores coinciden en denominar *C. annuum* a la especie que engloba a todas las variedades cultivadas (Smith, 1966).

En hallazgos arqueológicos se han encontrado bayas de *C. annuum* que datan de 7.000 años A.C. en las cavernas de Tamaulipas y Tehuacán (México) y de *C. baccatum* de 2500 años A.C. en Huaca Prieta (Perú) (Brucher, 1989).

Lippert *et al.* (1966), identificaron a México como centro de origen del *C. annuum* y a Guatemala como centro secundario. *C. frutescens* provendría de América tropical y subtropical y habría sido domesticada en América Central. Para otras especies cultivadas y silvestres se señala como centro de origen a Centro y Sudamérica, especialmente para *C. chinense*, *C. pendulum* y *C. pubescens*. De acuerdo con Smith (1966), el centro de origen del género sería el borde oriental de los Andes peruanos y bolivianos. Los indígenas americanos preferían especies silvestres de frutos picantes, empleándolas como condimentos y como remedio estimulante. Las civilizaciones del Altiplano las consumían por su acción benéfica sobre la circulación de la sangre a grandes altitudes; y en la región del Amazonas eran usadas por indígenas jóvenes durante un ritual como prueba de virilidad (Brucher, 1989).

Los *Capsicum* fueron introducidos en Europa por Colón en 1493. El cultivo se extendió desde el Mediterráneo hasta Inglaterra en 1548 y en el mismo siglo llegó a Europa Central. Los portugueses llevaron el género a la India desde Brasil en 1585 y el cultivo ya se realizaba en China a fines del siglo XVIII (Boswell, 1949).

Las especies de *Capsicum* fueron asimiladas rápidamente por culturas de África, Asia y Europa. Al menos cinco de sus especies son cultivadas en mayor o menor grado pero, en el ámbito mundial, casi la totalidad de la producción de ají y pimiento está dada por una sola especie, *C. annuum* L. (Cronquist, 1969; López-Riquelme, 2003; Germán, 2006; Cárdenas, 2010).

### **Descripción General del Cultivo**

La descripción general, que se enunciará a continuación, corresponde básicamente a los tipos más frecuentes de *C. annuum*.

#### **Tallo**

El chile se cultiva como una planta herbácea anual. Su aspecto es glabro, de tallos erguidos, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar, como así también de las condiciones ambientales y del manejo. El tallo principal es de crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones

(dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas y así sucesivamente) (figura 1-A) (Nuez, 1996; Anónimo, 2003).

Nuez (1996), señaló que tiene un crecimiento simpodial, siendo cada conjunto completo de hojas y flores que se forman una unidad simpodial.



**Figura 1.** Representación botánica del cultivo de pimiento *Capsicum annuum*, **A)** Tallo, **B)** Hojas, **C)** Flor, **D)** Fruto y **E)** Raíz.

Fuente: elaboración propia de acuerdo con la literatura.

### **Hojas**

Las hojas enteras, con un largo pecíolo o casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y aovada, con el borde entero o muy ligeramente sinuado en la base. Es de color verde claro u oscuro y en ocasiones de color violáceo. De una planta a otra se encuentran variaciones en las dimensiones y el número de hojas, así la superficie de la hoja es normalmente menor que la de los pimientos de fruto grande (Nuez, 1996).

Las hojas se caracterizan por ser enteras, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja (figura, 1-B), (Nuez, 1996; Anónimo, 2003).

La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Nuez, 1996; Anónimo, 2003).

## **Flores**

Nuez (1996), enunció que las flores del chile son hermafroditas, es decir, una misma flor produce gametos femeninos y masculinos, suelen nacer solitarias en cada nudo y con el pedúnculo torcido hacia abajo cuando se produce la antesis. Algunas veces en el caso de los chiles picantes pueden aparecer en grupos de 2 ó 3 e incluso en ocasiones excepcionales de más de 5 (variación fasciculada). El cáliz, de una sola pieza, está formado por 5- 8 sépalos verdes que persisten y se endurecen hasta madurar el fruto. La corola es usualmente blanca lechosa, está formada por 5- 8 pétalos, con la base de los mismos formando un tubo muy corto.

El androceo está formado por 5- 8 estambres y el gineceo por 2-4 carpelos. Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación. Generalmente, en las variedades de fruto grande se forma una sola flor por ramificación y más de una en las de frutos pequeños (figura 1-C) (Orellana *et al.*, 2000).

La planta de chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir, se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada (Orellana *et al.*, 2000).

## **Fruto**

El fruto es una baya hueca, de superficie lisa y brillante, de colores y formas muy variables, con características típicas en cada cultivar. En el interior de la baya discurren 2 ó 4 tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose solamente en la base de la placenta (figura, 1-D) (Orellana *et al.*, 2000).

Maroto (1995), señaló que el color de los frutos, así como cambios del mismo, es debido a la presencia de pigmentos carotenoides y antocianos. El grosor del pericarpio es una de las características importantes para la valoración de las variedades, de tal modo que el pimiento cultivado para consumo fresco, debe tener un pericarpio

carnoso, mientras que el pimiento para pimentón deberá tenerlo bastante fino (FAO, 1991).

El sabor amargo de algunos de sus cultivares se debe a la presencia de un alcaloide llamado capsicina.

Guenkov (1974), planteó que la concentración de este alcaloide es mayor en la placenta, menor en la pulpa y casi no se encuentra en las semillas y la piel.

Los frutos poseen un elevado contenido vitamínico, principalmente en forma de vitamina C (Maroto, 1995).

En la región de la placenta se insertan las semillas, aplastadas, normalmente de 4 a 5 mm de diámetro, de color blanco amarillento (Maroto, 1995).

Las semillas de los cultivares de *Capsicum annuum* no presentan fenómenos acusados de latencia (Nuez, 1996).

## **Raíz**

El sistema radicular es pivotante y profundo, (figura 1-E) (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 cm y 1 m (Nuez, 1996).

## **Fenología del Cultivo**

### **Aspectos generales**

Los eventos o etapas que comúnmente son observados en el desarrollo de los cultivos, se denominan fases fenológicas, como pueden ser: siembra, germinación, emergencia (inicio), floración (primera, completa y última) y cosecha. Existen otros eventos adicionales observados en los que podemos incluir: presencia de yemas, aparición de hojas, maduración de frutos, caída de hojas etc. (Villalpando y Ruiz, 1993).

Pérez de Azkue y Puche (2003), expresaron que el período entre dos distintas fases es llamado estado fenológico.

Tomaremos como ejemplo lo que sucede en frutales, donde las fechas de floración y maduración de frutos se aceptan generalmente como indicadores significativos de fases fenológicas, y son de relativa importancia en el posterior rendimiento (Villalpando y Ruiz, 1993).

Estas fases fenológicas están controladas principalmente por la temperatura, el fotoperíodo (en el caso de especies sensibles) y el estrés hídrico, por lo que un cultivo puede no desarrollar todas sus fases fenológicas, en tiempo y forma, si crece en condiciones climatológicas diferentes a su región de origen (Pérez de Azkue y Puche, 2003).

### **Ubicación Taxonómica**

Según Martínez (1979). La ubicación Taxonómica es la siguiente

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Astaranae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

### **Clasificación Agronómica**

Dada la complejidad taxonómica existente en Chile, es difícil establecer una clasificación homogénea que agrupe las diferentes variedades. Se enunciará una clasificación, utilizada por Pilatti (1997), que puede no responder correctamente a la primera clasificación sistemática, pero tiene utilidad desde gen y el punto de vista agronómico. Se pueden dividir en dos grandes grupos varietales: Variedades dulces: Suelen tener frutos de buen tamaño, son las que se cultivan en invernaderos y al aire libre para su consumo fresco y la industria de conserva, también para la preparación

de pimentón. Variedades con sabor picante: Suelen ser variedades de fruto largo y delgado.

### Requerimientos Ambientales

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo oscila entre 18 y 28 °C. A temperaturas mayores de 32 °C y en condiciones de baja humedad relativa o del ambiente, se provocan abortos o caída de botones florales y flores, así como la reducción de la capacidad del polen para la fecundación de las flores. Las temperaturas nocturnas mayores a 30 °C pueden causar el aborto de todas las flores y botones florales; La humedad relativa o del ambiente óptima oscila entre el 50 % y el 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas causadas por hongos y dificultan la fecundación (Corpoica, 2014).

### Origen y Distribución

La especie *C. annuum* se desarrolló en Norteamérica, sobre todo México, Centroamérica, probablemente en Panamá, difundiéndose paulatinamente por el área del Caribe y el Norte de Sudamérica. Se distribuye en Centro y Sudamérica, Guyana Francesa, Guyana, Surinam, Venezuela, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú, (Figura 2) EPPO, 2013.



**Figura 2.** Origen y distribución del pimiento *Capsicum annuum*.

Fuente: EPPO, 2013.

## Problemas Fitosanitarios

Entre los principales problemas con los que se encuentran las solanáceas como lo son el tomate, *Solanum lycopersicum*; el chile, *Capsicum annuum*; y la berenjena, *Solanum melongena* son afectados por enfermedades que merman su producción, están los patógenos asociados al suelo, la incidencia y severidad de estas enfermedades depende del organismo que las causa, la susceptibilidad de la planta y el medio ambiente (Zegbe *et al.*, 2012).

Los daños causados por nematodos como *Nacobuss erendepitecus*. La secadera del chile: *Pythium aphanidermatum* provoca marchitamientos vasculares, siendo la principal enfermedad del chile a campo abierto, razón por la que se utilizan sustratos estériles para el cultivo en invernadero y la aplicación preventiva y curativa de fungicidas (Zegbe *et al.*, 2012).

La mayoría de las 100 000 especies de hongos conocidos son estrictamente saprofitos y viven sobre la materia orgánica muerta, a la que descomponen, sin embargo más de 8 000 especies de hongos producen enfermedades en las plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo y cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas (Agrios, 2008).

El cultivo de chile está sujeto a enfermedades que pueden volverse muy destructivas bajo ciertas condiciones, especialmente cuando se cultiva en grandes extensiones de terreno sin una rotación de cultivos adecuada (Vilmorín, 1977).

A continuación se mencionan las enfermedades más comunes que según mencionó Vilmorín (1977) atacan a *C. annuum*.

Enfermedades de plántula: *Phytophthora capsici*, que causa la marchitez y *Fusarium spp*, que también causa marchitez. El daño se nota porque las plantas no se desarrollan o caen al suelo, en vez de permanecer erectas. Las raíces y los tallos de las plantas presentan colores negros o café oscuro en los tallos casi al nivel del suelo. Mancha bacteriana *Xanthomonas vesicatoria*: esta enfermedad causa la formación en las hojas y en los frutos, de pequeñas manchas café oscuro que parecen verrugas, durante periodos de humedad elevada, la enfermedad se esparce rápidamente y

puede causar la defoliación casi completa de las plantas. Tizón del tallo *Sclerotium rolfsii*: es una de las enfermedades fungosas más destructivas de *C. annuum*. Las plantas se ven atacadas cerca de la línea del suelo y durante periodos secos, se destruyen las raíces. Las plantas se vuelven amarillas y se marchitan gradualmente.

Antracnosis, *Colletotrichum capsici*: destruye el fruto después de que ha madurado, resultando entonces una de las enfermedades más serias del Chile. Mildiu veloso, *Leveillula taurica*: ataca solamente las hojas durante temporadas cálidas y húmedas. Se le llama también tizón veloso o cenicilla. Tizón tardío, *Phytophthora infestans*: produce en las orillas de las hojas unas manchas oscuras de color azul verdoso o grises que se van desarrollando, sobre todo en las hojas más viejas, pasando después al fruto (Vilmorín, 1977).

El motivo principal del marchitamiento se debe a que el hongo tapa los vasos de las plantas, entonces la alimentación, recepción de agua y minerales no se da de forma adecuada para la planta. Pudrición suave por bacterias: las bacterias convierten las sustancias alimenticias de las plantas, en materias que pueden usar en su propio metabolismo. Como resultado de sus actividades, las bacterias producen frecuentemente ácidos o álcalis que causando daños a las plantas (Vilmorín, 1977).

Las enfermedades bacterianas que se reportan afectando el cultivo de Chile son: cancro bacteriano, *Clavibacter michiganensis* subsp *michiganensis*, (Figura 3-A) mancha bacteriana *Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*, (Figura 3-B) cancro del tallo y pedúnculo *E. carotovora* subsp *carotovora*, *E. carotovora* subsp *atroseptica*, *E. chrysantemi*, (Figura 3-C) marchitez, *Ralstonia solanacearum* y marchitez de plantas y manchas foliares por *Pseudomonas syringae* pv *syringae* (Figura 3-D) (Seminis, 2006).



**Figura 3.** Representación de problemas fitosanitarios causados por **A)** Cancro bacteriano, **B)** Mancha bacteriana, **C)** Cancro del pedúnculo y **D)** Marchitez.

Fuente: elaboración propia de acuerdo con la literatura.

Fuente: elaboración propia de acuerdo con la literatura.

## Enfermedades del Suelo

### *Phytophthora capsici*

*P. capsici*, puede provocar la podredumbre en el cuello causando una brusca marchitez, sin amarillamiento previo.

### Características morfológicas

*P. capsici* presenta micelio muy ramificado, liso o con hinchamiento; forma una colonia de apariencia finamente radiada; es una especie heterotalica, que forma anteridio anfígenos y esporangios capilados, alargados, con un óptimo termino de crecimiento elevado 26-32 ° C (Smith *et al.*, 1992).

Esporangios de forma muy variable, predominando los ovoides, elípticos, ovalo-alargados y globosos, con una vacuola en el centro, 28-123 micras de largo y 21-50 micras de ancho, las clamidosporas son ausentes; oogonios esféricos o subesfericos de paredes lisas terminales; anteridios claviformes; terminales anfiginios, de 2-21 micras de largo por 12 a 17 micras de ancho; oosporas generalmente apleroticas; esféricas a subesfericas, presentan una pared gruesa y lisa, de color amarillo a castaño, de 24 a 26 micras de diámetro (Romero, 1988).

Según González (1979), los micelios son compatibles en este hongo (A1 y A2); el gameto masculino (anteridio) produce un tubo de fertilización a través del cual uno o más núcleos pasan al gameto femenino (oogonio), al fusionarse ambos núcleos se convierte en una oospora.

### **Importancia y distribución**

Este hongo fue encontrado por primera vez en Nuevo México, E. U. A., por Leonian (1922) atacando el cultivo del chile. En México fue descubierto por Galindo en el año 1956 atacando plantaciones de chile en los campos de la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México (Romero, 1993).

La importancia de este hongo es que ocasiona daños del 80% en las zonas productoras de chile: en el Bajío, Aguascalientes y San Luis Potosí, también se ha encontrado afectando a las cucurbitáceas (calabaza, pepino, sandía, melón); al tomate y berenjena; en Nayarit y Jalisco causa daños hasta un 50% (Anaya y Romero, 1988).

### **Ubicación taxonómica**

La ubicación taxonómica de acuerdo con Alexopoulos *et al.*, 1996 es la siguiente.

Reino: Chromista

Phylum: Peronosporomycetes

División: Mastigomycota

Clase: Oomycetes

Orden: Peronosporales

Familia: Pythiaceae

Género: *Phytophthora*

Especie: *capsici*.

### **Síntomas**

Inicia con una marchitez leve de la planta; después de tres a cuatro días, se marchita completamente observándose en el cuello un necrosamiento muy marcado y al realizar un corte en la parte afectada se nota una coloración café oscura.

Las plantas enfermas muestran una banda parda oscura la cual se nota en el cuello de la raíz; debido a lo cual se marchitan y mueren. En hojas y ramas presentan lesiones como tizón. Los frutos afectados permanecen adheridos a la planta, en ellos se forman manchas acuosas cubiertas por el micelio del hongo y las semillas del fruto también son afectadas y al abrirlos, se observa un micelio que cubre las semillas podridas. Pueden existir infecciones secundarias; causadas por un inóculo transportado por el aire húmedo o por salpique de lluvia, en ramas, hojas y frutos. En las hojas las lesiones primero son de color verde amarillento, después cambia a café; en ramas se manifiesta como una pudrición café oscura; en frutos, el tono es verde claro y suave, aunque pronto afecta todo el fruto y posteriormente se cubre de un color blanquecino; por los síntomas que presentan en el cuello y raíz puede confundirse con el ataque de *Rhizoctonia solani*; pero este causa una pudrición no compacta en el cuello y se desprende la epidermis, en cambio *P. capsici* la pudrición es dura y no se descascara (figura 4-A) (Smith *et al.*, 1992).

### **Ciclo de la enfermedad**

*P. capsici* presenta oosporas que son la única fuente de inóculo primario y sobreviven en el suelo por más de dos años en ausencia del hospedero. El micelio es una fuente de inóculo secundario, las infecciones en el cuello de la planta se deben a las zoosporas del hongo que son llevadas por el agua e inician la infección por las heridas o los estomas. El marchitamiento se debe a una secreción de toxinas del hongo y el taponamiento de los vasos conductores que es xilema y floema. El hongo sobrevive de una estación a otra en los residuos de cosecha, los esporangios se forman en la base del tallo, las cuales liberan zoosporas que son acarreadas por el agua a otras plantas; el inóculo queda en residuos de cosecha como oosporas en las semillas que son atacadas o en el suelo como micelio u oosporas (Mendoza y Pinto, 1985).

### **Ciclo biológico**

Empieza con la germinación de las zoosporas mediante un tubo germinativo que termina en su esporangio después de pasar su periodo de reposo y cuando las condiciones son favorables, posteriormente los esporangios liberan las zoosporas A1

y/o A2 en presencia de agua, nadando para infectar a la planta o se enquistada posteriormente su germinación y la infección formando micelio que produce la infección o de existir dos micelios puede aparcarse para formar las zooporas y también pueden servir como estructuras de resistencia para que en el ciclo siguiente germinen e infecten tejidos susceptibles para iniciar un nuevo ciclo (Romero, 1988).

### **Condiciones que favorecen al patógeno**

Las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de este patógeno son: 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 periodo de fructificación y maduración del fruto, el cual coincide con la época en que se presentan con mayor frecuencia e intensidad las lluvias (S. A. R. H., 1994).

### **Manejo del patógeno**

De acuerdo a Mendoza y Pinto (1985), las aspersiones al follaje y dirigidas al cuello de la planta con Captafol 2gr / litro de agua, Mancozeb, Captan, Benomilo y Metalaxil, pueden ayudar al manejo de la enfermedad; incluso antes del trasplante, se puede sumergir la raíz en una solución fungicida antes de llevarla al campo. El daño en el cultivo del chile por *Damping-off* se redujo considerablemente con un tratamiento a la semilla utilizando Fernasan D (25% Thiran +20% Gamma -HCH) a una dosis de 3 g/kg de semilla.

Además del control químico de la enfermedad, son necesarias las prácticas culturales para prevenir y disminuir la enfermedad: nivelación del terreno para evitar encharcamientos, sembrar semilla certificada y/o desinfectada, usar plantas sanas y resistentes en el trasplante, hacer surcos altos, rotación de cultivos aun y cuando no se haya presentado la marchitez, aislar y quemar las plantas enfermas y la eliminación total de los residuos (Hammounda, 1988).

## ***Rhizoctonia solani***

### **Antecedentes históricos.**

A finales de siglo XVIII, micólogos Europeos descubrieron el hongo *Crocus sativus* parásito del azafrán. En 1801, Bersoon consideró este hongo como una forma estéril y lo clasificó en el género *Sclerotium*. Decandolle, en 1815 creó el género *Rhizoctonia*, en el año 1858 Kühn describe una enfermedad provocada por *Rhizoctonia* sobre papa, el consideró esta enfermedad distinta a la del “mal virioso” descubriendo al hongo causante de ella como *Rhizoctonia solani* (Walker, 1959).

### **Características**

Este patógeno está distribuido en todo el mundo; ataca un gran número de variedades de plantas silvestres cultivadas. Además puede causar “*Damping off*”, pudriciones o cáncer en el tallo, tizones o manchas foliares y pudriciones durante el almacenamiento de los frutos (León, 1978).

El patógeno no forma esporas, durante su crecimiento vegetativo, se clasifica en el orden del micelio estéril de los hongos imperfectos. Según Alexopoulos *et al.*, (1996), sus características distintivas son: ramificación en ángulo recto (90°C), presencia de un septo tipo doliporo y la constricción de la hifa cerca de un punto de origen. Presenta un micelio estéril incoloro cuando pasa por su etapa juvenil pero se torna amarillo o de color café conforme madura (Agrios, 1995).

### **Importancia**

*R. solani* afecta a un amplio rango de hospederos como frutales, cultivos básicos y otros; produciendo cuantiosas pérdidas. En México la enfermedad ha ocasionado pérdidas hasta del 30% en la producción de lechuga (Gutiérrez y Romero, 1980).

En el cultivo de frijol, origina pérdidas superiores al 50% (Campos, 1987). Suele presentarse en forma endémica, debido a su naturaleza es difícil controlar, tiene un amplio rango de hospederos y puede sobrevivir en el suelo en desechos vegetales por largos periodos de tiempo (Banville, 1989; Frank y Leach, 1980; Zimmer y Rossell, 1981).

Comúnmente se asocia con problemas como fallas en la emergencia de plántulas, desigualdad en el crecimiento y reducción en el rendimiento, lesiones en las partes bajas de los tallos (Schultz y Crispin, 1989).

### **Ubicación taxonómica**

Alexopoulos y Mims, 1979 Clasificaron a *Rhizoctonia solani* de la siguiente manera.

Súper reino: Eukaryota

Reino: Myceteae

División: Amastigomycota

Subdivisión: Deuteromycetes

Subclase: Hyphomycetidae

Orden: Agonomycetales

Género: *Rhizoctonia*

Especie: *solani*

### **Características morfológicas**

Las características más típicas de *R. solani*, son sus ramificaciones en ángulo recto (90°C) con ligeras constricciones en el punto de origen de la ramificación, las hifas son algo gruesas y cuando son jóvenes tienen sus células multinucleadas y se ramifican cerca de la septa distal de la célula (Hooker, 1990).

*Rhizoctonia solani*, rara vez produce un estado perfecto, el basidiomiceto conocido como *Thanatephorus cucumis*, ésta etapa perfecta se forma cuando hay suficiente humedad, tiene un aspecto de un mildiu fino y se desarrolla sobre el suelo, hojas y tallos infectados, se encuentran inmediatamente por arriba de la superficie del suelo. Los basidios tienen forma de barril, se forman sobre una capa membranosa de micelio y tiene 4 esterigmas, cada uno de los cuales lleva una basidiospora ovoide (Agrios, 1995).

## **Condiciones que favorecen a la enfermedad**

Usar semilla infectada con esclerocios favorece el incremento del inóculo en el suelo; las condiciones ambientales que favorecen al patógeno son temperaturas del suelo y humedad. La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es de 18°C disminuyendo cuando la temperatura aumenta. Los niveles altos de humedad y sobre todo la falta de drenaje tienden a incrementar la formación de esclerocios (Hooker, 1990).

La enfermedad es más severa en suelos moderadamente húmedos que en suelos que son secos o se encuentran inundados; la infección de las plantas jóvenes es más severa cuando el crecimiento de la planta es lento debido a las condiciones ambientales adversas para su desarrollo que cuando el crecimiento es rápido aun cuando la humedad y la temperatura, sean favorables para el hongo (Agrios, 1995).

## **Síntomas**

Los síntomas de *Rhizoctonia solani* pueden variar en diferentes cultivos, en el mismo hospedero dependiendo de la etapa de crecimiento de la planta, al menos se diferencian cuatro fases. Una clorosis acompañada de un achaparramiento debido a los cánceres ocasionados en la base de los tallos, de una coloración café rojiza; destrucción de raíces y en los tubérculos se forman esclerocios (Agrios, 1995).

En condiciones favorables, ataca plántulas o poco después de la emergencia del suelo, las lesiones son hundidas y de tamaño variable con coloraciones de color café canela a café rojizo, (figura 4-B) y pueden llegar a cubrir todo el tallo y destruir las raíces debilitando a la planta o causando un acentuado amarillamiento (Mendoza y Pinto, 1983).

## **Tipos de control**

### **Control químico**

Consiste básicamente en la aplicación de productos químicos, para bajar las poblaciones de organismos plagas. La desinfección de las semillas con formaldehído, aplicaciones preventivas, cuando las temperaturas de la noche sean por arriba de los

21°C o temperaturas del día mayores de 28°C, con fungicidas como el clorotalonil (Agrios, 1991).

El uso de semilla libre de la enfermedad, como medida combinada con el tratamiento a la semilla con fungicidas sistémicos, son eficientes. Los tratamientos al suelo con PCNB reducen el inóculo, pero los beneficios no justifican su costo (Hooker, 1990). Se ha recomendado prevenir las enfermedades ocasionadas por *R. solani*, eligiendo semilla sana y tratarla con pencycuron (Bayer, 1993).

### ***Fusarium oxysporum***

#### **Importancia**

Las especies de *Fusarium*, están ampliamente distribuidas en el suelo, ciertas especies de este género también se le ha encontrado causando enfermedades en el hombre y los animales así como pudriciones en los alimentos almacenados produciendo toxinas de diversos grados de peligrosidad para el que los consuma (Booth, 1971; citado por Montes, 1994).

#### **Ubicación taxonómica**

*Fusarium oxysporum* de acuerdo a Alexopoulos y Mims (1979), está clasificado de la siguiente manera:

Súper reino: Eukaryonta

Reino: Myceteae

División: Amatiogomycota

Subdivisión: Deuteromycotina

Clase: Deuteromycetes

Subclase: Hyphomycetidae

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Género: *Fusarium*

Especie: *oxysporum*.

## **Distribución**

En México, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*, se han reportado afectando al cultivo del chile, principalmente en las zonas productoras del país sobre todo en Durango y Zacatecas. Este patógeno se encuentra reportado en el Bajío, Valle Fuerte, Norte de México, Nayarit y Valle de Actopan Hidalgo (Sánchez, 1983: citado por Flores, 1995). Así mismo el patógeno es más común en áreas tropicales y subtropicales, sobre todo en suelos de textura arenosa (León, 1982).

## **Características morfológicas**

Produce tres tipos de esporas que son asexuales y se pueden formar al mismo tiempo. Las esporas hialinas son de dos clases: las macroconidias, cuando son esporas septadas de más de dos células y microconidias, cuando son de una célula simple. Las clamidosporas son de color café-oscuro de pared celular gruesa. Las conidias se desarrollan sobre las hifas en conidióforos cortos que son ramificados y se encuentran en un esporodoquio (Melhus y Kent, 1939; Streets, 1978).

Las microconidias son de una célula en forma oblonga u ovoide, simples o en cadenas; las macroconidias son curvadas de dos células o más, con terminaciones más o menos puntiagudas, con un pie definido (Barnett y Hunter, 1972; Streets, 1978).

## **Síntomas**

Las plantas pueden ser afectadas en todos los estados de desarrollo, pudiendo incluso pudrirse las semillas recién germinadas en el suelo (Walker, 1952; Díxon, 1981). Sobre plantas jóvenes causa ahogamiento, podredumbre cortical y achaparramiento (figura, 4-C), (Díxon, 1981). Los cotiledones y hojas jóvenes se tornan cloróticas y al poco tiempo se marchitan, el hipocotilo puede ser ceñido por una podredumbre blanda acuosa (Walker, 1952; Díxon, 1981).

En plantas adultas, las hojas se arrugan y se secan en las partes terminales de las guías, el patógeno, también es responsable de las lesiones necróticas en el sistema radical; se presenta gomosis, que se deriva de una serie de gotitas que son emanadas sobre las necrosis laterales del tallo (Díxon, 1981). Muerto el hospedero, desarrolla

micelio algodonoso produciendo sobre la superficie del tejido muerto gran cantidad de microconidias, macroconidias y clamidosporas, especialmente en tiempos húmedos (Walker, 1952).

### **Condiciones que favorecen al patógeno**

El organismo requiere para su desarrollo óptimo en medio de cultivo una temperatura alrededor de 27°C, mientras que el daño en las plantas ocurre a temperaturas del suelo de 20-30°C.

El hongo es capaz de invernar sobre tejido muerto de las plantas en el campo o como organismo de vida libre en el suelo (Melhus y Kent, 1939). De esta forma, puede sobrevivir en el suelo en materia orgánica, hasta dieciséis años, aun en ausencia de plantas susceptibles (León, 1982).

El hongo puede ser introducido en semilla a nuevas áreas, o por cualquier otro medio que movilice plantas infectadas, como: arados, rastras, el hombre, ganado, etc. (Walker, 1952; León, 1982).

La persistencia del hongo en suelo favorece cuando la humedad alcanza niveles de 70% de la capacidad de retención (CRH): se favorece también en suelos limosos, pero no en arena fina o arcilla (León, 1982).

### **Tipos de control**

#### **Control biológico**

Romero (1993), señala que *Bacillus sp.* inhibió a *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* y *Alternaria* en condiciones de invernaderos y que el tratamiento de la semilla certificada con *Bacillus subtilis* al trasplantar redujo considerablemente la marchitez.

#### **Control cultural**

Existen reportes sobre uso de plásticos como: cobertura del suelo, lo más recomendable para disminuir parcialmente la presencia de *Fusarium oxysporum* en el cultivo del tomate (Ramírez, 1989).

## **Control químico**

Productos a base de Benlate solo abaten la población del fitopatógeno, ya sea porque muchas esporas son capaces de evadir la acción funguicida, o porque los mismos funguicidas, que pueden actuar como agentes mutagénicos, dan por resultado que varias esporas adquieren resistencia (Romero, 1993).

## **Marchitez del chile, *Damping-off* o ahogamiento**

Un marchitamiento se designa como aquella enfermedad que ocasiona la pérdida de vigor y frescura, las plantas afectadas quedan colapsadas, esto puede deberse a un suministro inadecuado de agua, a una excesiva transpiración, a una enfermedad vascular, que interfiere con la utilización del agua de la planta ya sea por bloqueo físico de los vasos o por efecto de una toxina producida por el patógeno. En cuanto a su naturaleza se pueden diferenciar dos grupos de marchitamiento: fisiológico y patológico (figura 4-D-E) (García, 1980).

El marchitamiento fisiológico consiste en la pérdida de turgencia de los órganos de la planta, debido a una disminución de agua en el contenido celular (Sarasola, 1975).

De acuerdo a Manners (1986), el marchitamiento patológico, es debido principalmente a la infección vascular por los patógenos que causan el colapso de los órganos afectados y con esto la marchitez.

La marchitez por el ataque de un patógeno, se debe a la presencia y actividad de este en los tejidos vasculares xilémicos de las plantas. En pocas semanas los patógenos pueden ocasionar la muerte de plantas completas o de sus órganos que se localizan por arriba de la invasión vascular. Esta enfermedad es principalmente ocasionada por los siguientes patógenos pertenecientes a los géneros: *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Rhizoctonia* que pueden afectar a una gran cantidad de cultivos entre ellos el chile (Agrios, 1991).

En México no existe un término adecuado que designe esta enfermedad, en muchas regiones se le llama ahogamiento, secadera o muerte rápida de plántulas, el *Damping-*

off se caracteriza por un ahogamiento o constricción o una pudrición de tejidos a nivel del suelo, o bien una pudrición preemergente de las plántulas (Flores y Frias, 1992).

(Mendoza y Pinto, 1983; citado por Gabriel, 1995). García, (1980), mencionaron que, de los hongos que causan ahogamiento, *Pythium* por lo general se asocia con la fase preemergente y *Rhizoctonia* con la fase pos-emergente, puede causar la pudrición de la semilla o la pudrición de la raíz principal, o mientras que en las plántulas con más de tres hojas, estos patógenos ya no provocan daño tan fácilmente, pero pueden ser dañadas por *Phytophthora* que les causa la marchitez.



**Figura 4.** Problemas ocasionados por patógenos del suelo como: **A)** *Phytophthora capsici*, **B)** *Rhizoctonia solani*, **C)** *Fusarium oxysporum*, **D)** *Pythium* y **E)** *Damping-off*. Fuente: elaboración propia de acuerdo con la literatura.

### **Mancha Foliar por *Cercospora***

Esta enfermedad también se conoce como “ojo de sapo” y es producida por el hongo *Cercospora capsici*. Los síntomas más característicos de la enfermedad son manchas de forma circular que miden hasta un centímetro de diámetro, con el centro color gris o blanco y los bordes color marrón rojizo. Estas lesiones también pueden observarse en los tallos, pecíolos y pedúnculos. La infección del hongo se inicia en las hojas inferiores hasta llegar a las superiores, las lesiones en las hojas se secan, se agrietan y porciones del tejido muerto se desprenden. Si la infección es severa las hojas se tornan amarillas y ocurre defoliación, quedando las frutas expuestas al sol. La defoliación y la infección en los pedúnculos a veces ocasionan frutas pequeñas y de

forma irregular. La enfermedad es favorecida por períodos lluviosos y cálidos. Este hongo se puede transmitir por la semilla y sobrevivir en los residuos de la cosecha (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991).



**Figura 5.** Representación esquemática de signo y cuerpo fructífero de Mancha Foliar por *Cercospora*.

#### **Descripción del patógeno *Cercospora***

*Cercospora*, sobrevive en o sobre las semillas, la Infección se produce por penetración directa de la hoja, el patógeno forma esporas que requieren de agua para la germinación y penetración (De la Torre, 1987).

#### **Formas de ataque de *Cercospora***

Esta enfermedad se caracteriza por producir manchas circulares con centros grisáceos y bordes de color marrón oscuro en las hojas. El follaje que es severamente afectado se pone amarillo y se cae. La enfermedad usualmente comienza en el semillero y es promovida por periodos prolongados de humedad y condiciones cálidas (De la Torre, 1987).

## **Clasificación Taxonómica de *Cercospora capsici*.**

La clasificación taxonómica de *Cercospora capsici* de acuerdo con Sacc (1969).

Dominio: Eucariontes

Reino: Fungi

División: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

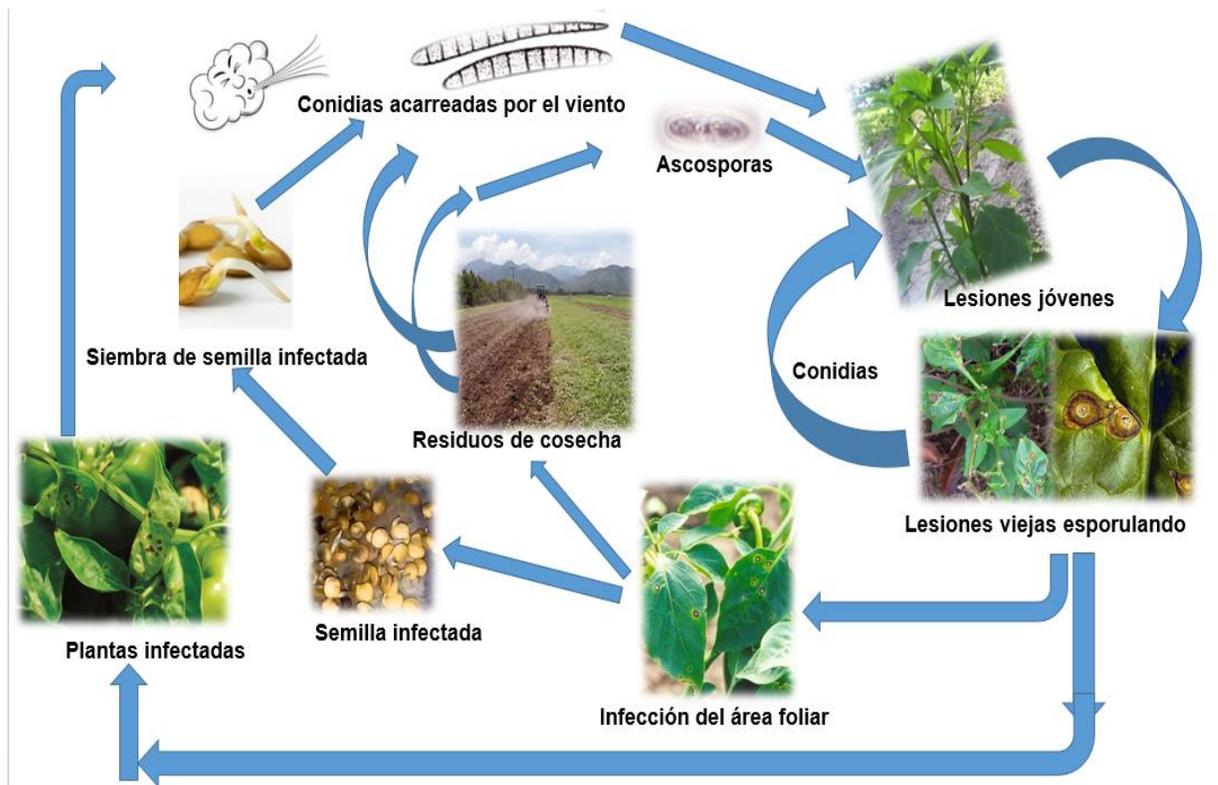
Familia: Mycosphaerellaceae

Género: *Cercospora*

Especie: *capsici*

### **Ciclo de vida de *Cercospora***

El desarrollo de la enfermedad, comienza cuando las conidias del hongo son esparcidas por el agua de riego, la lluvia o el viento. La germinación se produce generalmente en condiciones de humedad, por lo que el crecimiento del hongo se ve alentado por las hojas que se mantienen constantemente húmedas. Las plantas infectadas con lesiones viejas esparcen las conidias a plantas con lesiones jóvenes favoreciendo a la infección una alta densidad de plantas, en general, entre más lluvia hay, mejor se propagará la enfermedad. *Cercospora* infectará todas las semillas y los residuos de cultivos donde consiga abrigarse.



**Figura 6.** Representación del ciclo de vida de *Cercospora capsici*.

### Control Biológico

El control biológico, es el uso de elementos de la naturaleza en la regulación de poblaciones de especies dañinas al hombre, como son las plagas y enfermedades de la agricultura, las malezas y los desperdicios. Los fundamentos de este tipo de control son aquellos que regulan los ciclos naturales de las poblaciones, las relaciones bióticas y abióticas entre especies y las relaciones ecológicas, donde se trata de promover el restablecimiento del equilibrio natural de un ecosistema roto por la intervención humana; de tal forma que se define como el uso de organismos (o de sus metabolitos o subproductos) que son enemigos naturales de una plaga o patógeno, con el fin de reducir o eliminar sus efectos dañinos en las plantas o sus productos (Gerhardson, 2002).

En un sentido amplio, el control biológico se puede definir como la reducción del agente causante de la enfermedad por la acción de microorganismos vivos (Barker, 1987).

En la práctica, el control biológico consiste en el uso de agentes antagónicos, usualmente aislados de la superficie de los frutos o del material vegetal, que al ser estimulados *in situ* o reintroducidos artificialmente actúan contra poblaciones del patógeno suprimiendo o distribuyendo así el desarrollo de las enfermedades (Barkai, 2001).

A diferencia del control químico, en el control biológico los efectos sobre el patógeno son más específicos y además, sus repercusiones sobre el medio ambiente son menores por la biodegradación de estas moléculas. En este sentido las bacterias productoras de toxinas se han relevado también como un agente de gran potencial en el biocontrol de fitopatógenos (Carzola y Duran, 2003).

El uso de biopreparados a partir de microorganismos para el control biológico de plagas y enfermedades y para la fertilización de cultivos de interés comercial, se presenta como uno de los métodos más prometedores para reducir los efectos nocivos del uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura, la ventaja de esta opción de control es que representan una alternativa ecológica, respetuosa con el medio ambiente, no contaminante y que reduce notablemente los riesgos de resistencia de los patógenos. Además, al ser selectivos en su modo de acción, es poco probable que dañen a otros organismos beneficiosos y en muchos casos favorecen al ecosistema y estimulan el crecimiento vegetal, a la vez que los efectos sobre la salud humana son mínimos o nulos (Tejeda *et al.*, 2006).

### **Agentes de Control Biológico**

Los agentes factibles para usarse en control biológico de patógenos en la rizósfera lo constituyen principalmente las rizobacterias y las micorrizas. Entre las rizobacterias que se han probado por sus efectos de control biológico se encuentran: *Actinoplanes*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Amorphosporangium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micromonospora*, *Pseudomonas*, *Pasteuria*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Setratia*, *Streptomyces* y *Xanthomonas* (Weller, 1988).

## Mecanismos de Acción

### Promotores de crecimiento

El uso indiscriminado de productos agroquímicos y otras sustancias en la actividad agrícola, con la supuesta finalidad de mejorar la productividad y la calidad de la producción, puede generar serios desequilibrios en los ecosistemas por la contaminación de suelo, agua, aire y alimentos, lo cual pone en peligro la salud humana. Lo anterior promueve la necesidad de buscar y evaluar fuentes alternativas de fertilización que satisfagan las necesidades nutrimentales de los cultivos. Una variante para beneficiar los cultivos, sin causar daño ecológico, es el empleo de microorganismos que se asocian a las plantas o a su entorno, muchos de los cuales se encuentran naturalmente formando parte del sistema radical o del suelo (Pulido, 2002).

Estudios recientes han demostrado que cepas de *Trichoderma* spp. incrementan el crecimiento de las plantas y la capacidad de absorción de nitrógeno, fósforo y ciertos microelementos en las plantas inoculadas, y cepas de *Bacillus subtilis* incrementan significativamente la biomasa de las plantas lo cual se ve reflejado en un rendimiento mayor (Estévez *et al.*, 2001).

### Micoparasitismo

El Micoparasitismo se considera un mecanismo importante de la diversidad del control biológico, *Trichoderma* crece hacia el hospedante siguiendo un estímulo Químico, detectándolo a distancia, haciendo crecer sus hifas en dirección del patógeno, se adhiere a las hifas del mismo degradando la pared celular mediante enzimas líticas como,  $\beta$ -1,3- glucanasa, quitinasa, pectinasas, xilasas, glucosidasas, proteasa y celulasa (Harán *et al.*, 1996), se enrollan en ellas frecuentemente y en ocasiones la penetran que conlleva al debilitamiento total del patógeno (Infante *et al.*, 2009).

### Competencia

La presencia de forma natural de *Trichoderma* en diferentes suelos, se considera una evidencia de la plasticidad ecológica de este hongo y de su habilidad como excelente competidor por espacio y recursos nutricionales. La alta velocidad de

crecimiento, abundante esporulación y la amplia gama de sustratos sobre los que puede crecer y debido a la riqueza de enzimas que posee, hacen que sea muy eficiente como saprófito y aún más como agente de control biológico (Infante *et al.*, 2009).

### **Antibiosis**

Es la acción directa de antibióticos o metabolitos tóxicos producidos por un microorganismo sobre otro sensible a estos. Muchas cepas de *Trichoderma* producen metabolitos secundarios volátiles y no volátiles, algunos de los cuales inhiben el desarrollo de otros microorganismos con los que no hacen contacto físico. Tales sustancias inhibidoras son consideradas “antibióticos” como gliotoxina, viridina, trichodermina, suzukacilina, alameticina, dermadina, trichotecenos y trichorzianina (Infante *et al.*, 2009).

### **Generalidades de *Trichoderma***

El uso de *Trichoderma* como agente de control biológico, fue sugerido por Weindling en 1932, quien fue el primero en demostrar la actividad parasitaria de los miembros de este género. Sin embargo, con el interés creciente en el control biológico debido a los daños ambientales, las preocupaciones económicas y con el rápido desarrollo de la biotecnología, Dennis y Webster en el año 1971 describieron las propiedades antagonistas de *Trichoderma* en términos de producción de antibióticos y de las interacciones de hifas en el control de *Sclerotium rolfisii* (Abed, 2005).

### **Modo de Acción de *Trichoderma***

El género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en plantas causadas por patógenos fúngicos del suelo, principalmente de los géneros *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium*, *Fusarium* entre otros. Las especies de *Trichoderma* actúan como hiperparásitos competitivos que producen metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas a los que se les atribuyen los cambios estructurales a nivel celular, tales como vacuolización, granulación, desintegración

del citoplasma y lisis celular, encontrados en los organismos con los que interactúa (Abed, 2005).

Además coloniza raíces aumentando su masa y vigor, proporcionando con ellos aumento en la producción (Harman, 2000).

Otros de los beneficios de este género es que son fáciles de aislar del suelo, crece en un gran número de sustratos y no atacan a plantas superiores (Papavizas *et al.*, 1982; Howell, 2003). Y es antagonista más común de aparecer después de la fumigación del suelo con bromuro de metilo (Abed, 2005).

### ***Bacillus spp.***

El género *Bacillus* se encuentra entre los agentes más adecuados para el control biológico, debido a cualidades tanto morfológicas como fisiológicas que permiten su ubicuidad en la naturaleza (Chatterjee *et al.*, 2007).

La mayoría de los *Bacillus spp.* producen muchas clases de antibióticos como bacilomicina, fungimicina, micosubtilina y zwittermicina, que son efectivos en suprimir el crecimiento de patógenos *in vitro* y/o *in situ* (Pal y gardener, 2006). De hecho, *Bacillus spp.* actúa vía antibiosis, competencia por nutrientes, sitios de exclusión e infección, parasitismo y/o inducción de resistencia (Kloepper *et al.*, 2004).

Dentro del género *Bacillus*, la especie con mayores antecedentes como antagonista es *B. subtilis*. Varios autores han analizado la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas (Cazorla y Romero, 2007).

El género *Bacillus* pertenece a la familia bacillaceae, es un género que hoy en día incluye más de 60 mil especies de *Bacilos*, éste género está formado por microorganismos bacilares gram positivos, formadores de endosporas quimiheterotrofos que normalmente son móviles y rodeados de flagelos periticos. Son anaerobios o aerobios facultativos, catalasa positivos. Las células bacterianas de éste género tienen un amplio tamaño que varía de 0.5 - 2.5 µm por 1.2 – 10 µm, se encuentra principalmente en suelos y plantas donde tienen un papel importante en el

ciclo del carbono y nitrógeno. Son habitantes comunes de aguas frescas y estancadas, particularmente activos en sedimentos (Koneman, 2001).

### **Clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis***

La clasificación taxonómica de *Bacillus subtilis* de acuerdo con (Jansen, 2004).

Dominio: Bacteria

Phylum: Firmicutes

Clase: III Bacilli

Orden: Bacillales

Familia: Bacillaceae

Género: *Bacillus*

Especie: *subtilis*

Existen cepas bacterianas silvestres del género *Bacillus* que son capaces de inhibir el crecimiento *in vitro* de cepas patógenas, las cepas del género *Bacillus* aislados de la rizófora de plantas son capaces de generar un efecto antagónico en el crecimiento y desarrollo de este patógeno, además de no presentar efectos adversos en la viabilidad de las plantas de interés (Venegas *et al.*, 2005).

### **Mecanismos de Acción de *Bacillus subtilis***

Aun cuando el modo de acción contra los patógenos de plantas, más ampliamente descrito para *B. subtilis* es la antibiosis a través de lipopéptidos antifúngicos, otros mecanismos menos conocidos como competencia por espacio e inducción de defensas secundarias en el huésped han sido también descritos (Ongena *et al.*, 2008). Las bacterias como *B. subtilis* al ser habitantes comunes del suelo, se establecen por si solas en la rizófora del cultivo tratado y colonizan el sistema radical, compitiendo con los organismos que lo atacan y por lo tanto suprimen enfermedades causadas por los patógenos, es decir en esos casos su mecanismo de acción es por competencia, *B.*

*subtilis* es capaz de producir un antibiótico llamado iturin, el cual es particularmente activo contra hongos (Anónimo, 2002).

*B. subtilis* se ha reportado como una eficiente antagonista de fitopatógenos, se encuentra entre los organismos promotores de crecimiento vegetal debido a que produce sustancias semejantes a las fitohormonas y además contribuye al mejoramiento de la absorción de agua y nutrientes en la raíz, se le atribuye de igual manera la inducción de resistencia mediante la activación de genes defensivos de la planta (Guillen *et al.*, 2006).

El potencial de *B. subtilis* se basa en su capacidad para una amplia gama de moléculas bioactivas, que muestran fuertes propiedades antifúngicas, junto con una baja toxicidad, alta biodegradación y características amigables con el medio ambiente en comparación con los pesticidas químicos (Chen *et al.*, 2008).

### **El género *Bacillus* como rizobacteria promotora del crecimiento de plantas.**

Dentro de este grupo, el género *Bacillus* es de gran interés y ha sido objeto de estudio en la promoción del crecimiento de plantas por varios años debido a las ventajas que éste ofrece sobre otros géneros bacterianos (Glick, 1995).

Hoy en día se conoce la existencia de una gran variedad de microorganismos que habitan diferentes tipos de suelos, donde degradan o transforman la materia orgánica muerta que proviene principalmente de la vegetación, animales y microorganismos que habitan estos ecosistemas (Errington, 2003; Ongena *et al.*, 2009).

Uno de los principales microorganismos que se encuentran en los suelos son las bacterias y dentro de este grupo se encuentran las formadoras de endosporas, como el género *Bacillus*, que posee una endospora hecha de una estructura especializada resistente a los efectos letales del calor, sequedad, congelación, radiación y químicos tóxicos (Foster, 2001).

En consecuencia, las bacterias forman esta estructura para resistir las condiciones adversas del ambiente, también la pueden llegar a formar como una defensa metabólica (Foster, 2001).

Por lo tanto la formación de la endospora está dada por las condiciones del medio en que se encuentran estas bacterias (Schelegel, 1997). Estas endosporas pueden sobrevivir independientemente de la célula madre y pueden ser aisladas desde una gran variedad de sustratos, dada su resistencia al aire seco, al largo periodo de sobrevivencia bajo condiciones adversas (Holt *et al.*, 1984). Y a sus características termorresistentes, ya que pueden llegar a soportar desde 80°C a 100°C de temperatura.

La especie *B. subtilis* tiene alta importancia ya que secreta un antibiótico llamado Bacitracina-A, que ayuda a la quimioterapia contra la meningitis bacteriana (Lañes, 2003).

### **Ciclo de vida**

Su ciclo de vida se divide en dos fases: crecimiento vegetativo y esporulación.

Durante el primer estado, la bacteria crece de forma exponencial cuando se encuentra en un medio donde las condiciones son favorables, cuando los nutrientes comienzan a escasear, la bacteria esporula formando una endospora, la cual puede permanecer viable en el ambiente por largos periodos para volver a su forma vegetativa. También se ha visto que existe una gran distribución de estas endosporas, estructura que les permite sobrevivir en condiciones extremas de temperatura, desecación, Ph, entre otros (Backman, 1997).

### **Importancia del uso de bacterias promotoras de crecimiento.**

El uso de bacterias como promotoras de crecimiento ha despertado gran interés en muchos investigadores y en la actualidad se está tratando de llevar este interés hasta los agricultores, considerando los beneficios que se pueden obtener en caso de que estas bacterias logren adaptarse a las condiciones de un cultivo. Algunas de las ventajas de utilizar esta bacteria son; no dañan el ecosistema, no se modifica el

microhábitat del suelo conservando su microfauna original; para el productor puede resultar bastante redituable considerando que el costo de esta bacteria es muy bajo comparado con el costo de productos químicos convencionales, además de que es de fácil aplicación (Ciencia y Tecnología, 2003).

### **Desarrollo de *B. subtilis* en diferentes medios de cultivo**

De acuerdo con Bryan *et al.* (1974), *B subtilis* ha mostrado crecimiento en más de un medio de cultivo como:

**Agar:** Forma colonias pequeñas, de color grisáceas, con un centro más oscuro, rodeado de un halo más claro con un borde espeso. Se emulsiona difícilmente y la superficie es finamente granulosa.

**Agar inclinado:** Se desarrolla una capa delgada que se extiende de color blanco grisáceo, opaco y a veces corrugado.

**Gelatina:** Su desarrollo es filiforme, con licuefacción rápida. En la superficie se forma una membrana gruesa y blanca que se adhiere a los lados del tubo.

**Leche tornasolada:** Parcialmente coagulada peptonizada y decolorada de arriba hacia abajo.

**PDA:** Desarrollo exagerado, blanco amarillento, cremoso, que se torna de color rosa, con vesículas sobre la superficie, posteriormente se vuelve seco y harinoso.

**Caldo nutritivo:** Desarrollo turbio que termina aclarándose, con desarrollo superficial coherente.

**Suero sanguíneo:** Desarrollo en extensión, con licuefacción lenta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción y Ubicación del Experimento

El experimento sobre el manejo de *C. capsici* se realizó en el Departamento de Parasitología de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la calzada Antonio Narro 1923, a un costado de la carretera Saltillo – Zacatecas en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, con coordenadas de 25° 22' 06.84" Norte y 101° 01' 49.58 O del meridiano de Greenwich y una altura de 1784 msnm. (Figura 7)



**Figura 7.** Ubicación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro donde se llevó a cabo el experimento, UAAAN, 2017

### **Materiales y sustancias activas usadas en el experimento**

Los materiales que se usaron fueron: Cajas Petri, semillas de chile, charolas germinadoras, peat moss, bolsas de plástico negras con capacidad de 10 lts, matraz Erlenmeyer, tubos de ensaye y atomizadores Enraizador químico *Bacillus subtilis*, *Trichoderma*, (figura 8.)

El 10 de abril de 2016 la Doctora Galindo, me facilitó los microorganismos ya caracterizados con los que trabajaría en el experimento, tales como la bacteria *Bacillus subtilis* y el hongo *Trichoderma harzianum*, el mismo día, la Doctora Aureoles del Departamento de Horticultura, me proporcionó un enraizador/arrancador llamado **Magic Root** para poder dar inicio a las actividades.



**Figura 8.** Representación de los materiales y sustancias activas utilizadas para la realización del experimento, **A)** *Trichoderma*, **B)** Semillas de chile con *Bacillus subtilis*, **C)** enraizador químico , **D)** semillas de chile con enraizador **E)** Matraz Erlenmeyer con *Bacillus subtilis*, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

El patógeno con el cual se llevó a cabo la inoculación se obtuvo de parcelas de chile que se encontraban en la zona del bajío del campo experimental Buenavista de la UAAAN, el cual se sembró para su identificación (de acuerdo con las claves Barnett and Hunter) e incremento superior de acuerdo con el protocolo a seguir dentro del laboratorio del Departamento de Parasitología, donde se desinfectaron las muestras y se procedió a hacer las respectivas siembras en cajas petri dentro de una campana de flujo laminar y se dejaron en reposo en una incubadora a 26°C por 3 días (Figura 9).

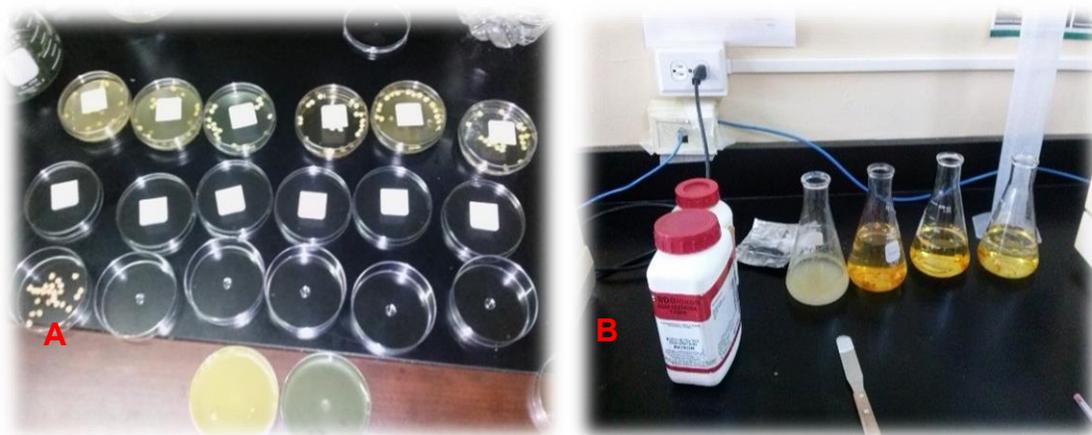


**Figura 9.** Aislamiento y siembra de muestras con síntoma del patógeno *Cercospora* en medio de cultivo Papa –Dextrosa –Agar (PDA), Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

El hongo *Trichoderma* fue incrementado en medio de cultivo (arroz) fuera de las instalaciones de la UAAAN bajo altas condiciones de asepsia para evitar la contaminación del mismo y *Bacillus subtilis* se incrementó en caldo nutritivo dentro del laboratorio de fitopatología (Figura 10-B).

### Tratamiento a la semilla

Las semillas de chile fueron sometidas a imbibición por 24 horas con cada una de las materias activas presentadas anteriormente y observadas a continuación en la (figura10-A), la concentración del *Bacillus* para la imbibición de semillas, fue de  $1 \times 10^{10}$  UFC/ml en la escala de Mc farland y la de *Trichoderma* a una concentración de  $1 \times 10^6$  UFC/ml.



**Figura 10. A)** Imbibición de semillas en caja petri por 24 hrs con las diferentes sustancias activas, **B)** Incremento de *Bacillus subtilis* en caldo nutritivo Depto. de Parasitología UAAAN, 2017.

**Cuadro 1.** Imbibición y cantidad de semillas a utilizar por caja petri con sus respectivas materias activas, Depto. de Parasitología UAAAN, 2017.

Cantidad de semillas	Componente
20 semillas	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Cercospora</i>
20 semillas	<i>Bacillus subtilis</i> + Magic Root + <i>Cercospora</i>
20 semillas	<i>Cercospora</i>
20 semillas	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Cercospora</i> <i>Trichoderma</i> + E químico + <i>Cercospora</i>
20 semillas	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>

20 semillas	<i>Trichoderma + Cercospora</i>
20 semillas	Agua

### **Etapa en invernadero.**

El experimento se llevó a cabo dentro del invernadero de Parasitología, donde se comenzó a realizar algunas labores que facilitarían el trabajo como:

### **Acondicionamiento del área de trabajo**

Las actividades comenzaron primeramente con la visita y el acondicionamiento de los invernaderos del departamento de Parasitología, donde se sacó toda la basura que estaba dentro de ellos y se eliminaron todas las malezas presentes en el lugar, posterior a eso se hizo una aplicación con thiametozam y movento para controlar las poblaciones de mosquita blanca, (figura 11) se acondicionó un área de 4x4 Mts. donde se establecería el experimento.



**Figura 11.** Aplicación de productos químicos y acondicionamiento del área de trabajo en el invernadero de parasitología, Depto. de parasitología UAAAN 2016.

### **Siembra de semillas de chile en charola**

Al día siguiente que las semillas se pusieron en imbibición, fueron llevadas al invernadero del departamento de parasitología para sembrarlas en charolas de 200 cavidades dándole su manejo agronómico correspondiente (figura 12).

La forma en la que fueron colocadas las semillas fue con un espaciamiento de dos cavidades para que no fuesen a tener contacto un tratamiento con otro, se les aplicó un riego y se les colocó una bolsa plástica para mantener en calor el sustrato para acelerar la germinación de las semillas.



**Figura 12.** Siembra de semillas de chile en charola de 200 cavidades, Depto. de parasitología UAAAN 2016.

### **Obtención de plántulas y trasplante**

A los 46 días de la germinación las plántulas presentaban una altura promedio de 12 cm y buen desarrollo radicular por lo cual se procedió al trasplante, el sustrato que se utilizó fue peat moss, el cual fue humedecido y distribuido en 70 bolsas de 10 lts. y se les aplicó un litro de agua por bolsa y 3 gramos de fertilizante triple 17 por maceta. Cabe mencionar que al momento del trasplante también se aplicó una dosis de 5 ml de *Bacillus subtilis* con dirección a la raíz, 5 gramos de arroz que contenía al hongo *Trichoderma* y 5 ml de enraizador Magic Root, (figura 13).



**Figura 13.** A) Obtención de plántulas, B) Aplicación de *Bacillus* con *Trichoderma* en sus respectivos tratamientos, C) Trasplante de plántulas en bolsas de 10 lts, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

### Establecimiento del experimento

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar, con un total de 7 tratamientos, cada uno con 10 repeticiones que contienen una plántula por cada repetición, incluido ahí el tratamiento 7 con 10 repeticiones que sirven como testigo tratado solamente con agua (cuadro 2 ).

**Cuadro 2.** Tratamientos utilizados en el experimento y componentes de cada uno de ellos, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

Tratamientos	Componentes
T1	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Cercospora</i>
T2	<i>Bacillus subtilis</i> + E. químico + <i>Cercospora</i>
T3	<i>Cercospora</i>
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> + E. químico + <i>Cercospora</i>
T5	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>
T6	<i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>
T7	Agua testigo absoluto

### Inoculación de *Cercospora* a plantas sanas.

Con la ayuda de una lima para uñas, se hizo un raspado en un 20 % del área foliar de las plantas y con la ayuda de un atomizador se aplicó la cantidad de 10 disparos por planta, tratando de cubrir toda el área foliar incluyendo tallos y los primeros frutos,

posteriormente se estuvo aplicando agua dos veces al día para mantener una buena humedad y acelerar el apareamiento de síntomas en la planta, (Figura 14).



**Figura 14.** De lado izquierdo, raspado de hoja con lima y a la derecha Inoculación de plantas sanas con *Cercospora capsici*, Depto. de parasitología UAAAN 2016.

#### **Aplicación de *Bacillus subtilis***

Al momento del trasplante, se hizo una aplicación de *Bacillus subtilis* con dirección a la raíz en cada uno de los tratamientos que respectivamente serían tratados a dosis de 5 ml por planta, a los 20 días después de la inoculación con *Cercospora*, se hizo una aplicación de *Bacillus subtilis* con cada una la concentración distribuida de acuerdo con cada tratamiento aplicando uniformemente en toda el área foliar de las plantas para posteriormente medir la eficiencia que tenía ante el patógeno tratado, (figura 15)



**Figura 15.** Aplicación de *Bacillus subtilis*, días después de la inoculación con *Cercospora* para medir la inhibición de daño, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

## Parámetros a Evaluar

**Altura de planta:** Este parámetro presentó alto nivel significativo por los efectos de los factores en el estudio y por la interacción entre ellos.

**Diámetro de tallos:** Este parámetro mostro nivel significativo entre tratamientos.

**Incidencia de la enfermedad:** Se evaluó el porcentaje de la enfermedad en plantas de chile causada por *Cercospora Capsici* para estimar el daño causado en la planta con ayuda de la siguiente fórmula

$$\text{incidencia \%} = \frac{\text{Número de plantas enfermas} - \text{Numero de plantas sanas}}{\text{Número total de plantas}} (100)$$

### Severidad

Para éste parámetro se hizo una estimación visual en la cual se establecieron grados de infección en una determinada planta, sobre la base de la cantidad de tejido vegetal enfermo. Haciendo referencia al % del área necrosada o enferma analizando 3 foliolos de la hoja +3 por planta de acuerdo a las claves descriptivas para la evolución de la enfermedad (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Escala de severidad para la mancha foliar, Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

Grado	Descripción
1	Sin síntomas visibles.
2	Menos del 5% del área foliar afectada en la hoja
3	Del 6 al 15% del área foliar afectada en la hoja
4	Del 16 al 25% del área foliar afectada en la hoja
5	Más del 25% del área foliar afectada en la hoja

**Número de frutos:** Este es el parámetro más importante a considerar, ya que a través de él se evalúa la productibilidad y rentabilidad del cultivo de interés

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se comenzaron a tomar al día siguiente que se pusieron en imbibición las semillas, una vez aplicados los tratamientos, se observó que el 80 % de las semillas presentaban un hinchamiento, por lo cual se procedió entonces a la siembra en charolas donde se obtuvo un 96% de germinación, a los 37 días de germinación, las plantas presentaban un crecimiento uniforme para ser trasplantadas en los respectivos contenedores y se hizo una aplicación de fungicida a base de azufre para prevenir la aparición de enfermedades antes de la inoculación con el hongo de interés .

Durante el ciclo del cultivo se presentaron plagas que son de alta importancia en la familia de las solanáceas, como mosquita blanca *Bemisia tabaci* y trips *Frankliniella occidentalis*, las cuales fueron tratadas con Imidacloprid y Diazinon a una concentración de 1 ml/lit de agua a intervalos de 7 días.

También se presentaron problemas de enfermedades tales como mancha bacteriana y virosis. No se mostraron problemas con otros tipos de hongos muy seguramente por la acción antagónica de *Trichoderma*, ya que hay evidencias que indican que tiene un amplio rango de acción e induce la supresión de varios fitopatógenos como: *Phytophthora Cinnamomi*, *Phytophthora capsici*, *Pythium ultimum*, *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium*, *Mycosphaerella fijiensis*, entre otros (Ezziyyani *et al.*, 2004; Arzate *et al.*, 2006; Djonovie *et al.*, 2006; Correa *et al.*, 2007).

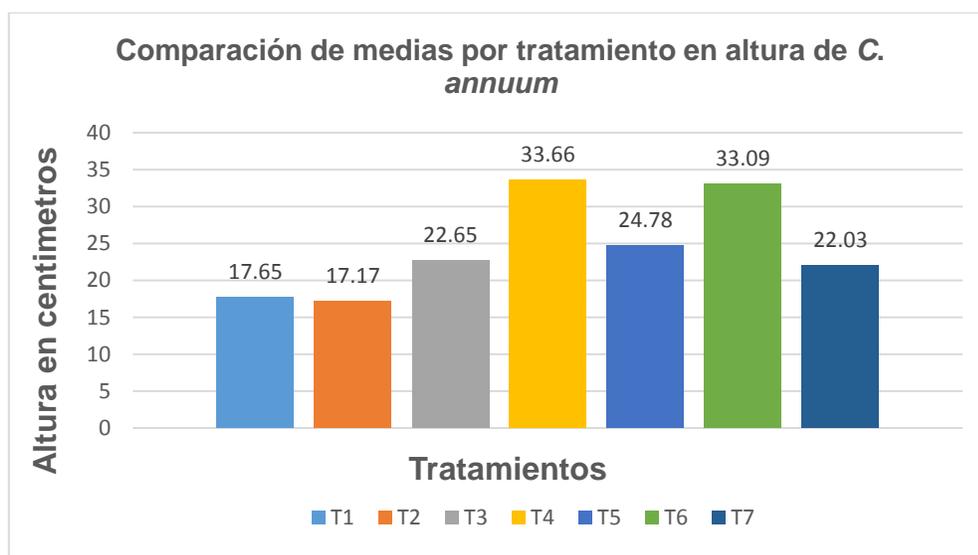
**Cuadro 4.** Concentración de medias de los parámetros evaluados Depto. de Parasitología UAAAN 2017.

<b>Promedios de los parámetros evaluados</b>					
<b>Tratamientos</b>	<b>Altura de plantas en cm</b>	<b>Diámetro de tallo (mm)</b>	<b>Incidencia %</b>	<b>Severidad %</b>	<b>Número de frutos</b>
1 <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Cercospora</i>	17.65	1.7	100	11	5.2
2 <i>Bacillus subtilis</i> + E. químico + <i>Cercospora</i>	17.17	1.8	100	21	3.1
3 <i>Cercospora</i>	22.65	1.97	100	25.5	3
4 <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> + E. químico + <i>Cercospora</i>	33.66	2.08	100	15	4.5
5 <i>Bacillus subtilis</i> + <i>trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>	24.78	2.26	100	16	3.5
6 <i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>	33.09	2.07	100	24	4
7 Agua Testigo absoluto	22.03	1.67	100	16	2.7

#### **Comparación de medias por tratamiento en altura de *C. annuum***

La toma de datos en cuanto a la altura de plantas, arrojó que los mejores tratamientos fueron el 4, donde se utilizó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* + Enraizador químico alcanzando una altura en promedio de 33.66 centímetros, le sigue el tratamiento 6 donde se utilizó el hongo *Trichoderma* + *Cercospora* con una altura en promedio de 33.09 centímetros, estos dos tratamientos generaron una mayor altura de plantas, ya que estudios hechos por Benítez, 2004 muestran que las cepas de *Trichoderma*

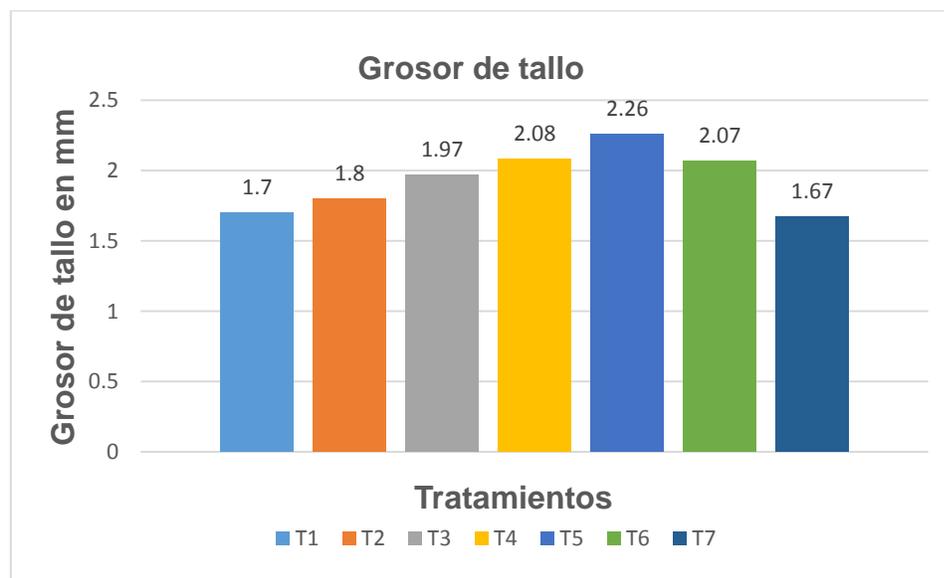
pueden ejercer el biocontrol de hongos fitopatógenos indirectamente compitiendo por el espacio y los nutrientes, modificando las condiciones ambientales, estimulando el crecimiento de las plantas y sus mecanismos de defensa o produciendo antibióticos, también el tratamiento 5 donde se utilizó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* + *Cercospora*, obtuvo un crecimiento considerable con una altura en promedio de 24.78 centímetros, avalando lo que mencionó Benítez en el 2004, pero mostrándose bajo ante el tratamiento 4 y 6 muy probablemente por la acción de *Cercospora*. El tratamiento 3 donde se utilizó solo hongo *Cercospora* es el único que en comparación con el tratamiento 7 arrojó los resultados más similares al testigo con una altura promedio de 22.65 centímetros, mostrando así una fuerte inhibición en el crecimiento de las plantas, el tratamiento 7 (testigo) utilizando solo agua, muestra un crecimiento promedio de 22.03 centímetros no mostrándose favorable en comparación con los tratamientos 4 y 6 que fueron los mejores y por ultimo cabe mencionar que el tratamiento 2 donde se utilizó *Bacillus subtilis* + Enraizador químico fue el que arrojó un crecimiento más bajo con una altura promedio de 17.17 centímetros siendo este el menos indicado en comparación con el tratamiento 4 y 6, (figura 16)



**Figura 16.** Comparación de medias para altura de plantas de *Capsicum annum* con productos biológicos y químicos UAAAN 2017.

## Comparación de medias por tratamiento para diámetro de tallo de *Capsicum annuum*

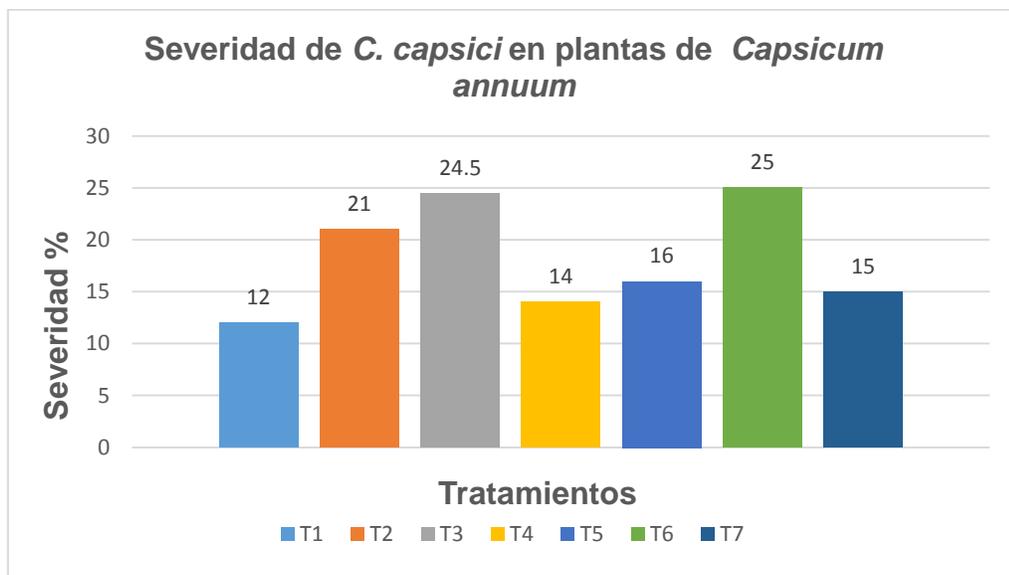
Se tomaron los datos para obtener el diámetro de tallo encontrando los siguientes resultados, siendo el tratamiento 5 utilizando *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* + *Cercospora* el más favorable con un diámetro en promedio de 2.26 milímetros, seguido del tratamiento 4 donde se utilizó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma*+ Enraizador químico que arrojó un diámetro en promedio de 2.08 milímetros, le sigue el tratamiento 6 donde se utilizó el hongo *Trichoderma* + el hongo *Cercospora* mostrando un diámetro en promedio de 2.07 milímetros, el tratamiento 3 obtuvo un diámetro de 1.97 milímetros, en el cual se utilizó solo el hongo *Cercospora* en comparación con el testigo, el tratamiento 2 donde se utilizó *Bacillus subtilis* + Enraizador químico obtuvo un diámetro en promedio de 1.8 milímetros, después el tratamiento 1 usando solo *Bacillus subtilis* arrojó un diámetro promedio de 1.7 milímetros, que se mostró muy bajo ante todos los demás tratamientos, resultados similares encontró Martínez 2016 en plantas de rábano, mostrándose superiores todos los tratamientos ya mencionados ante el tratamiento 7 donde solo se utilizó agua, (Figura 17).



**Figura 17.** Comparación de medias por tratamiento para diámetro de tallo de *Capsicum annuum*, UAAAN 2017.

### Severidad de *C. capsici* en plantas de *Capsicum annuum*

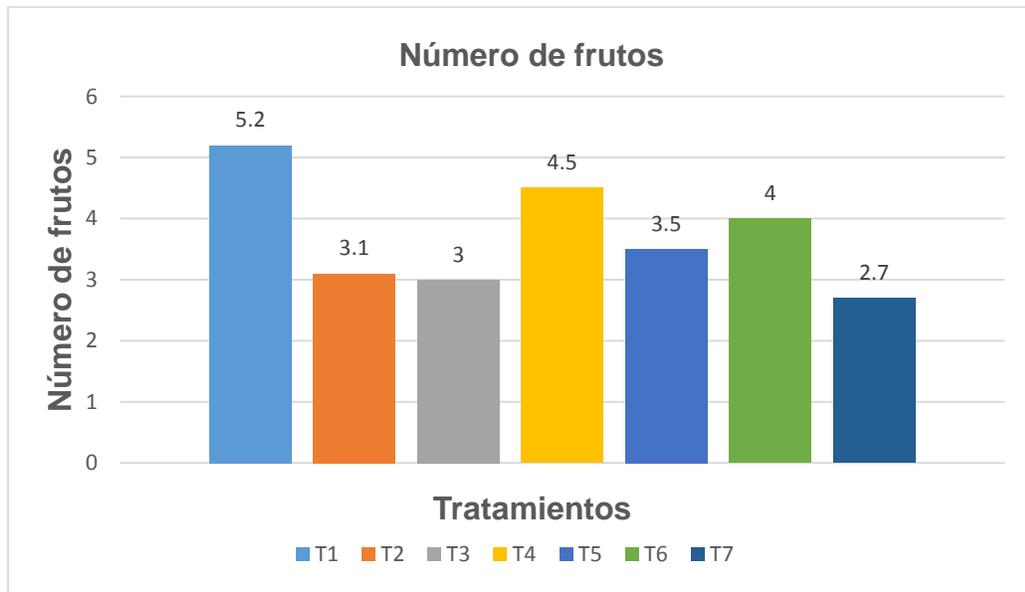
Los resultados de severidad obtenidos por el hongo *Cercospora* después de la aplicación de *B. subtilis* se muestran a continuación y se pueden observar en la (figura 18) Podemos observar que el tratamiento que más tolerancia y mejor respuesta mostró fue el tratamiento 1 usando solamente *Bacillus subtilis* con tan solo un doce por ciento en promedio de daño, coincidiendo lo que dijo Filipón 2002 sobre *B. subtilis* que además de inhibir un gran número de patógenos también logra dar mayor anclaje de plantas dándoles un incremento considerable en la raíz, el tratamiento 4 mostró gran respuesta en cuanto al tratamiento con *Bacillus subtilis* con tan solo un 14 % de daño en promedio donde se utilizó *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* + Enraizador químico en comparación con el testigo que fue el tercero en ocupar un mayor daño con un 15 %, le siguen el tratamiento 2, 3 y 6 con una respuesta menos considerable con 21 %, 24.5 % y 25 % de daño respectivamente.



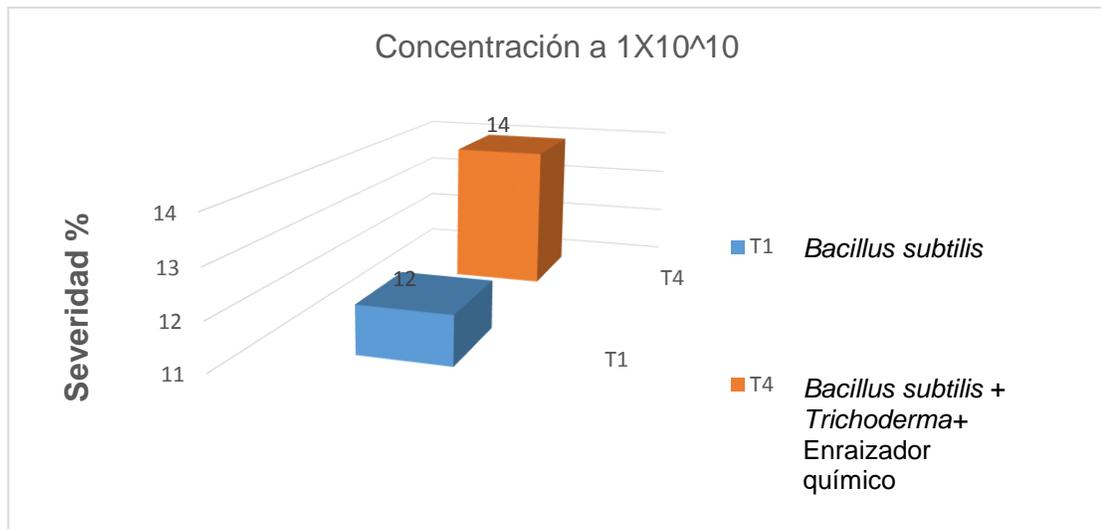
**Figura18.** Comparación de medias por tratamiento para severidad causada por *Cercospora* en plantas de *C. annuum*, UAAAN, 2017.

## Comparación de medias por tratamiento para número de fruto

Esta variable en la mayoría de las investigaciones es la más importante de todas, ya que lo que se busca en la mayoría de los cultivos es obtener un buen rendimiento, pero en esta investigación el propósito, fue evaluar la efectividad de *Bacillus subtilis* contra *Cercospora* y se obtuvieron los siguientes resultados que podemos observar en la (figura 19). El tratamiento 1 con *B. subtilis* fue el que obtuvo un mayor número de frutos con un promedio de 5.2 bastante alto en comparación con el tratamiento 7 (testigo) con un promedio de 2.7. EL tratamiento 4 con *Bacillus subtilis* + *Trichoderma* + Enraizador químico obtuvo un valor muy significativo alcanzando un valor promedio de 4.5, el tratamiento 6 con *Trichoderma* + *Cercospora* fue el tercero en ocupar un promedio significativo con un valor promedio de 4, los tratamiento 2, 3 y 5 no obtuvieron valores significativos sin dejar atrás el tratamiento 7 que fue el más bajo de todos en esta variable.



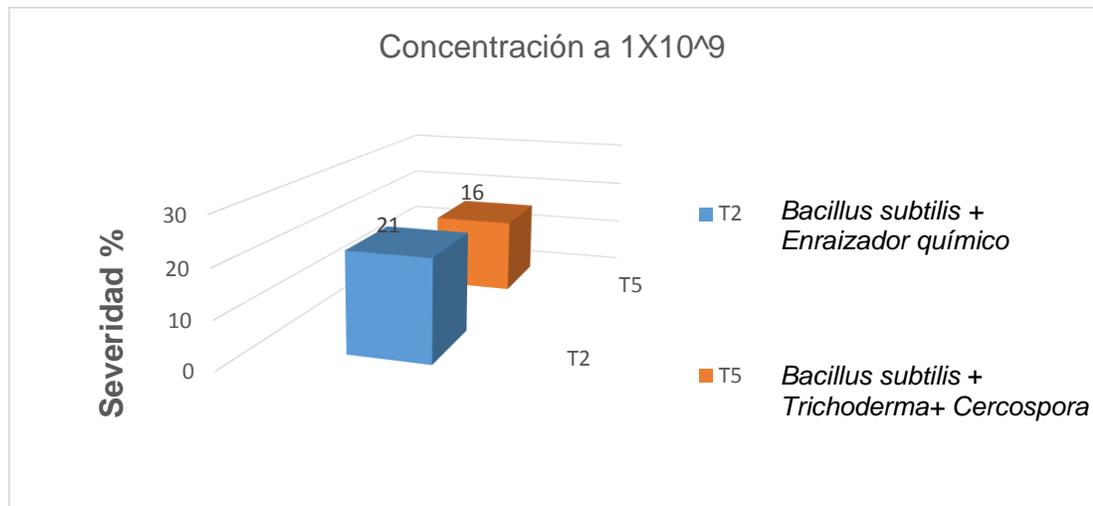
**Figura19.** Comparación de medias por tratamiento para el número de frutos en plantas de *Capsicum annuum*, UAAAN, 2017.



**Figura 20.** Comparación de medias entre los tratamientos 1 y 4 a concentraciones de  $1 \times 10^{10}$  UFC de *Bacillus subtilis* para severidad de *C. capsici* en plantas de *C. annuum*, UAAAN, 2017.

### **Severidad de *C. capsici* entre los tratamientos 1 y 4 en plantas de *C. annuum***

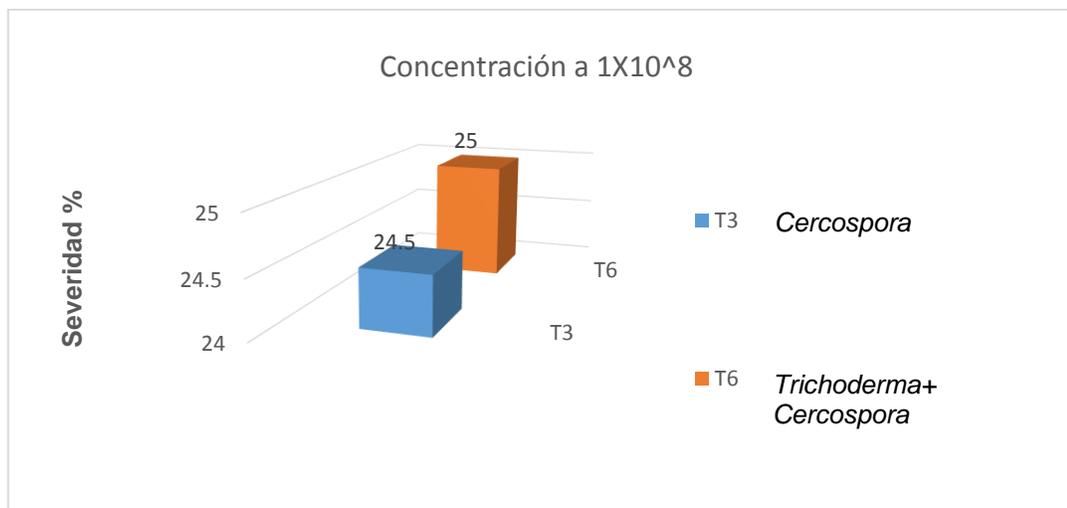
Podemos apreciar en la (figura 20) que el tratamiento 1 tiene un resultado muy bueno con un 12 % de daño, lo cual significa que *Bacillus* tuvo una muy buena acción contra la macha foliar, cabe mencionar que todas las plantas del tratamiento 1 fueron inoculadas con la aplicación de *Bacillus* al momento del trasplante, lo cual pudo haber tenido mucho que ver en la inhibición del patógeno, en comparación con el tratamiento 3 (figura, 22.) que se utilizó el *Bacillus* a una concentración de  $1 \times 10^8$  y donde las plantas fueron inoculadas solo con el hongo *Cercospora* arrojando así los resultados menos favorables, también el tratamiento 6 con la misma concentración obtuvo un daño muy significativo (figura, 22.) ya que las plantas fueron inoculadas con *Trichoderma* + *Cercospora* pero esto pudo deberse a la baja dosis de *Bacillus* que se utilizó.



**Figura 21.** Comparación de medias entre los tratamiento 2 y 5 a concentraciones de  $1 \times 10^9$  UFC de *Bacillus subtilis* para severidad de *C. capsici* en plantas de *C. annuum*, UAAAN, 2017.

#### **Severidad de *C. capsici* entre los tratamientos 2 y 5 en plantas de *C. annuum***

Como podemos observar en la (figura 21) la comparación de medias entre los tratamientos 2 y 5 en daño de la enfermedad, podemos darnos cuenta que el daño es más elevado que al utilizar una concentración de  $1 \times 10^9$ , UFC pero aún más en el tratamiento 2 con *B. subtilis* + Enraizador químico comparado con el tratamiento 5 utilizando *B. subtilis* + *Trichoderma* + *Cercospora* esto pudo deberse a que al combinar las dos sustancias pudo haberse creado un antagonismo entre ellas ya que Priego 2003 menciona que cuando una sustancia interfiere a otra, el efecto combinado es menor.



**Figura 22.** Comparación de medias entre los tratamiento 3 y 6 a concentraciones de  $1 \times 10^8$  UFC de *Bacillus subtilis* para severidad de *C. capsici* en plantas de *C. annuum*, UAAAN, 2017.

### **Severidad de *C. capsici* entre los tratamientos 3 y 6 en plantas de *C. annuum***

En la (figura 22) se aprecia el comportamiento de la enfermedad ante una concentración de  $1 \times 10^8$  UFC de *B. subtilis*, donde nos muestra una acción bastante similar arrojando un valor muy alto en cuanto al daño con un valor entre 24 y 26 %, esto debido a que los dos tratamientos constaron de la inoculación al trasplante de *Cercospora* y como era de esperarse fue la dosis más baja la que mostro el daño más alto.

## CONCLUSIONES

Existe una gran variedad de microorganismos que pueden ser utilizados como control biológico, uno de los más utilizados es el género *Bacillus* que ha mostrado excelentes resultados en el control de enfermedades causadas por bacterias y hongos, tal como se demostró en este experimento que, el uso *B. subtilis* resulta muy eficaz para el control de la mancha foliar causada por *Cercospora*, ya que el tratamiento 1 fue el que presentó menor severidad y más alto rendimiento, seguido del tratamiento 4 ya que en ambos tratamientos se utilizó la concentración más alta con  $1 \times 10^{10}$  UFC.

Los tratamientos 4 y 6 en altura de planta fueron los que mejores resultados mostraron alcanzando una altura en promedio de 33.66 y 33.09 centímetros respectivamente.

Los tratamientos 2 y 1 fueron los que obtuvieron una menor altura, concluyendo de esta forma que en los mejores resultados los arrojó el uso de *Bacillus subtilis* + el hongo *Trichoderma*.

El uso de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma* y Enraizador químico en conjunto se recomienda inoculado al momento del trasplante, ya que son muy favorables los resultados para el control de la mancha foliar y para lograr obtener plantas más vigorosas.

El uso de *Bacillus subtilis* a una concentración de  $1 \times 10^8$  no mostró un resultado favorable en los dos tratamientos 3 y 6 donde se utilizó solo *Cercospora* y *Trichoderma* + *Cercospora* respectivamente, estos resultados pudieron haberse dado por la baja concentración utilizada y por la inoculación de *Trichoderma*.

## LITERATURA CITADA

- Abed, A. F. M. 2005. Biological control of *Rhizoctonia Solani* and *Sclerotium rolfsii* by using local isolates of *Trichoderma* Spp. Tesis de Grado, an- Najah National University, Nablus, Palestine. 109 Pp.
- Agrios G. N. 1991. Fitopatología. Primera edición; Editorial Limusa. México.403p.
- Agrios, G. N. 1995 Fitopatología. Quinta reimpresión de la segunda edición .Editorial LIMUSA. México. 837 Pp.
- Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology. 5<sup>th</sup> ed. Ed. Academic Press. San Diego, California. USA. 952 Pp.
- Agrios, G.N. 2008. Fitopatología. Ed. Limusa. México. 2. Pp 32, 248-278, 428- 432p.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., and Blackwell, M. 1996. Introductory mycology. 4th edition. Editorial John Willey and Sons. New York. 869 Pp.
- Anaya, R. S. y Romero, N. J. 1999. Hortalizas plagas y enfermedades. Primera edición. Editorial Trillas. México. 40-44 Pp.
- Anónimo 2002. Agrobiologicals. EN LÍNEA: [<http://www. Agrobiologicals.com /glosary/G1667.html>]. Consultado el 18 de marzo de 2015.
- Anónimo. 2003. El cultivo de pimiento. EN LINEA: [<http://www. infoagro.com.>] Consultado el 14 de marzo del 2015.
- Anónimo, 2002. Agrobiologicals. EN LÍNEA: [<http://www. Agrobiologicals.com /glosary/G1667.html>]. Consultado el 20 de marzo de 2015.
- Arzate, V. J., Michael, A. A. C., Domínguez, M. V. M. y Santos, E. O. A. 2006 Antagonismo de *Trichoderma* sobre hongos del suelo

- Banville, G. J. 1989. Yield losses and damage to potato plants caused by one *Rhizoctonia* disease, growth and development of potato plants. American Potato Journal 67: 189 Pp.
- Barkai-Golan, R. 2001. Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables. Development and control. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands.
- Barker, K. F. 1987. Evaluating Concepts of Biological Control of Plant Pathogens. Ann Rev Phytopathol 25, 67-85 Pp.
- Backman, P. A. Wilson, M. A. Murphy, J. F. 1997. Bacteria for biological control of plant diseases. Environmentally safe approaches to crop disease control. P. 95-109. New York, USA: Lewis Publisher.
- Barnett, L. H. and B. B. Hunter. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3th. Ed. Burgués Publishing. Co. Minneapolis. 218 Pp.
- Bayer, 1993. Guía para la protección de la papa en México. 23 Pp.
- Benítez, T., Rincón, A., Limón, M. y Codón, A. C. 2004. Mecanismos de biocontrol de cepas de *Trichoderma*. International microbiology 7:249-260 Pp.
- Boswell, V.R. 1949. Garden pepper. Both a vegetable and condiment. National Geographic Mag. 96: 166-167 Pp.
- Bryan, A. H. 1974. Bacteriología, principios y prácticas. Editorial CECSA. 6a edición. México, D. F. 235-236 Pp.
- Brucher, H. 1989. Useful Plants of Neotropical origin and their wild relatives Springer Verlag, New York 165- 172 Pp.
- Cano Alvarado, M. 1998 El cultivo del chile (*Capsicum* spp) Guatemala. <http://www.monografias.com>. 6 Pp.
- Cárdenas, 2010. TDI, HOM, F... La Materia médica homeopática: La familia de las solanáceas. EN LINEA:

[<http://www.homeoint.org/articles/cardenas/solanaceas.htm>] Consultado el 16 de marzo del 2015.

Carzola, F. M; Dúran V. E. 2003. Perspectivas del control biológico en plantas. En línea: [[http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS\\_S35/MICROB35.html](http://www.ciencias.uma.es/publicaciones/encuentros/ENCUENTROS_S35/MICROB35.html)]. Consultado 22 de marzo de 2015.

Cazorla F, Romero D. 2007. Isolation and characterization of antagonistic *Bacillus subtilis* strains from the avocado rhizosphere displaying biocontrol activity. J Appl microbiol 103(5):1950-1959 Pp.

Chatterjee SN, bhattacharya t, dangar tK, Chandra G. 2007. Ecology and diversity of *Bacillus* in soil environment. Afr J biotechnol 6(13):1587-1591 Pp.

Ciencia y Tecnología, 2003. *Trichoderma* Un hongo combatiente de patógenos. Num.42. Revista agro 2000.

Chen. H., Wang L., Gong. H., Wang, P., Yu, A.L. 2008. Isolation and Characterization of Lipopeptide Antibiotics Produced by *Bacillus subtilis* let Appl Microbiol 47, 180-186 Pp.

Cronquista, 1969. Introducción a la Botánica. México. CECOSA.

Correa, S., Mello, M., Ávila, Z. R., Minaré, B L., Pándula, R. R. y Gomes, D. 2007. Cepas de *Trichoderma* spp. Como control biológico.

Corpoica, 2014. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria y Gobernación de Antioquia. Modelo productivo del pimentón bajo condiciones protegidas. EN LINEA: <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Pimentón%20BPA.pdf>. Consultado el 4 de Octubre del 2017.

Díxon, G. R. 1981. Vegetable Crop Diseases. AVI Publishing. Co. New York, conn. U. S. A. 517 Pp.

Djonovié, S., Pozo, M.M., and kenerley, C. M. 2006. Tvbn3, a beta- 1, 6 glucanase from the biocontrol fungus *Trichoderma virens*, is involved in micoparasitism and control of *pythium ultimum*. Appl. Environ microbiol. 72 (12): 7661-70 Pp.

- Errington, J. 2003. Regulation of Endospore Formation in *Bacillus subtilis*. Nat Rev Microbial 1, 117-126 Pp.
- Estevez, De J. C., Perich, J. A. and Graham, P. H. 2001. Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minesota. Field crops research.74:107-115 Pp.
- Ezziyyani, M., Perez, S. C., Sid, A. A. y Emilia, C. M. 2004 *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora cspisici* en plantas de pimiento (*Capicum anum* L.) Anales de biología 26:35-45 Pp.
- FAO, 1991. Anuario de producción.
- Filipoón, Z. 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically related biological parameters. Agriculture ecosystems y environment. 88 169-74 Pp.
- Frank, J. A. And S.S. Leach. 1980. Compararison of tuberbane and soil burne Inoculum in the *Rhizoctonia* disease of potato Phitopathology 70:51-53 Pp.
- Foster, A. 2001. Magacine: Analysis of the role of bacterial endospore cortex structure in resistance properties and demonstration of its conservation amongst species. Department of Molecular Biology and Biotechnology University of University of Sheffeld, UK. 91 (2): 364-72 Pp.
- Flores O., A. y G. Frias T. 1992. Eltriste del cultivo del chile en Ramos, Arizpe, Coahuila. Folleto informativo UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- García, A. M. 1980. Patología vegetal práctica. Editorial LIMUSA. México. 96, 256pp.
- Gerharson, B. 2002 “Biological substitutes for pesticides”, Trends in biotechnol. 20, 338-342 Pp.
- Germán R. T. 2006. Los principales grupos de vegetales. II. Las fanerógamas o espermatofitas. En. Waizel BJ. (Ed.) Las Plantas medicinales y las Ciencias; una visión multidisciplinaria. México. Instituto Politécnico Nacional.

- Guillen, R.; F. Hernández; G. Gallegos; R. Rodríguez; C. Aguilar; E. Padrón; M. Reyes. 2006. *Bacillus* spp usada como biocontrol en suelos infestados con *Cercospora capsici* y su efecto en el desarrollo y rendimiento del chile. Revista mexicana de fitopatología 24(2):105-114, México. EN LÍNEA: [<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/612/61224604.pdf>]. Consulta: 10 marzo del 2015].
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41:109-117 Pp.
- González, C. L. 1979. Introducción a la Fitopatología. Edición IICA, San José, Costa Rica. 148 Pp.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la Horticultura cubana. Editorial Organismo. Instituto cubano del libro. La Habana, 335 Pp.
- Hammounda, A. M. 1988. Fungal disease of vegetable marrow and their control in the Southern region of Oman. Trop. Pest. Mang. 32(2):156-158 Pp.
- Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant disease. 84: 377-393 Pp.
- Hooker, D. W. 1990. Compendium of potato disease. American Phytopathological Society. St. Paul. Minesota. 4th. Edition. U. S. A. 125 Pp.
- Holt, J., Sneath, P., Mair, N. Y Sharpe, M. 1984. Bergey's Manual of Systematic bacteriology, vol. 2. Edited by Williams y Wilkins. Baltimore, MD, USA. 965-1599 Pp.
- Howell, C. R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. Plant disease. 87:4-10 Pp.
- Infante, D., Martínez, B., Gonzales, N. y Reyes, Y. 2009. *Trichoderma* mechanisms of action against phytopathogen fungi, Revista de Protección Vegetal.24:14-21 Pp.

- Jansen, J. D. 2004. Fatty acid analysis in the identification, taxonomy and ecology of (plant pathogenic) bacteria. In Kowalchuk GA, de Bruijn FJ, Head IM, Akkermans AD, Van Elsas JD, eds. *Molecular microbial ecology manual*, 2nd ed, New York, USA Springer Publishing, 937-982 Pp.
- Kloepper, J. W.; Choong-Min, R.; Zhang, S. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94: 1260–1266 Pp.
- Koneman, E. W. 2001. *Diagnostico microbiológico: texto y atlas de color*. Quinta edición, editorial médica panamericana. Buenos Aires.
- Lañes, E. 2003. *Curso de microbiología general. Quimioterapicos de sintesis y antibióticos*. Buenos Aires-Argentina.
- Lecuona, R. E. Ed. 1996. *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga*. Argentina. 338 Pp.
- León, G. H. 1978. *Enfermedades de los cultivos en el estado de Sinaloa*. Primera edición. SARH-INIA 213 Pp.
- Lippert, L.F, P. G. Smith y B. O. Bergh. 1966. Cytogenetics of the vegetable crops, garden pepper, *Capsicum* sp. *Bot. Rev.*, 32: 24-55 Pp.
- López, D. H.; SCOTT, I. M. 1997. Induction of *in vitro* tuberization of potato microplants by acetylsalicylic acid. *Journal of Plant Physiology* 151: 74–78 Pp.
- López-Riquelme OG. 2003. *Chilli: La especia del nuevo mundo*. Ciencias (Méx.). 069: 66-75. EN LINEA: [<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/644/64406912.pdf>] Consulta: 10 marzo del 2015].
- Malamy, J.; Carr, J. P.; Klessig, D. F.; Raskin, I. 1990. Salicylic Acid: A Likely Endogenous Signal in the Resistance Response of Tobacco to Viral Infection. *Science*: 1002–100 Pp.
- Manners J. G., 1986. *Introducción a la fitopatología*. LIMUSA. México 130 Pp.

- Maroto, J. 1995. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi-Prensa. 400 – 417 Pp.
- Martínez, M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Melhus, I. E.; Kent, G. C. 1939. Elements of plant pathology. New York: The Macmillan Company, 493 Pp.
- Mendoza, Z. C. y Pinto, C. B. 1985. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Universidad Autónoma Chapingo del Departamento de Parasitología Agrícola. 311 Pp.
- Metraux, J. P.; Signer, H.; Ryals, J.; Wrad, E.; Wyss–Benz, M.; Gaudin, J.; Raschdorf, K.; Schmid E.; Blum, W.; Inverardi, B. 1990. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. Science: 1004–1006 Pp.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1999. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica.
- Montes, V. G. 1994. Comportamiento de funguicidas en el control de la secadera del chile serrano en Ramos, Arizpe, Coahuila. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; 12 Pp.
- Nuez Viñals, F.; Gil Ortega, R.; Costa García, J. 1996. "El cultivo de pimientos, chiles y ajíes". Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona. México; 61, 76, 105, 111 P.
- Olsen, C. M.; BAKER, K. F. 1967. Selective heat treatment of soil, and its effect on the inhibition of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 58: 79–87 Pp.
- Ongena, M., Jacques P. 2008. *Bacillus* Lipopeptides: Armas Versátiles para el Control Biológico de Enfermedades de Plantas. *Trends Microbiol*; 16: 115-125 Pp.
- Ongena, M., Henry, G., Thonart, P. 2009. The roles of Lipopeptides in the Biocontrol Activity of *Bacillus subtilis*. En: Gisi, u., Chet, L., Gullino, M. L. Recent

Developments in Management of Plant Diseases, Plant pathology in the 21 st Century Springer Velarg. Berlín, 59-69 Pp.

- Orellana, B. E. F., Escobar, B. J. C., Morales, de B. A. J. y Méndez, de S. I. S. 2000. Guía técnica cultivo de chile dulce, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, La Libertad el Salvador. 51 Pp.
- Papavizas, G. C., Lewis, J. A. and Abd-Elmoity, T. H. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72: 126-132 Pp.
- Pal K. K, gardener BM. 2006. Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor. EN LINEA [APSnet, [www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/documents/PHI-biologicalControl.pdf](http://www.apsnet.org/edcenter/advanced/topics/documents/PHI-biologicalControl.pdf)] consulta: junio de 2015.
- Pérez de Azkue, 2003. La temperatura como herramienta de predicción agroclimatológica aplicada a la producción de frutales. CENIAP. EN LINEA: [ [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n3/texto/mazkue.htm)].
- Pilatti, R. A. 1997. Cultivo bajo invernaderos. Edición Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina; 15- 27; 36 Pp.
- Ponz, F. 2000. Resistencia A Virus De Plantas, In: Patología Vegetal. G. Liácer; M. M. López; A. Trapero; A. Bello (Eds.). Ed. Phytoma–España S. L. España. 101–118 Pp.
- Pulido, D. L. E. 2002. Hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. y cebolla (*Allium cepa* L.) Tesis de Grado en ciencias. Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas Facultad de Agronomía, La Habana, Cuba. 98 Pp.
- Quirós Priego, J. J. 2003, “Prevención de riesgos laborales en la utilización de productos químicos. Etiquetado y Fichas Internacionales de Seguridad

Química”. Plan De Formación 2003 En Prevención De Riesgos Laborales Del C.S.I.C.

Ramírez, V. J. 1989. Efecto de la solarización y el metan sodio sobre la pudrición de la corona y raíz del tomate *Fusarium oxysporum f. sp. radialis lycopersici*; malas hierbas y desarrollo del tomate *Lycopersicon esculentum*. Memorias de XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Montecillo, México: 156 Pp.

Ramos, E.G.M, Zabaleta, BP. 2003. Síntesis Botánica. México. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos, UACH: Chapingo, México. 347 Pp.

Romero, C. S. 1993. Hongos fitopatógenos, primera reimpression en español. Dirección del Patronato Universitario, UACH: México. 308 Pp.

Sacc 1969. Commonwealth Mycological Institute (C.M.I.). Distribution of *Cercospora* CMI Map 96, 4th. Edition.

S. A. R. H, 1994. Sistema producto-chile en: Datos básicos Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaria de Agricultura Dirección General de Política Agrícola. 21-23 Pp.

Sarasola, A. A. 1975. Fitopatología. Tomo II Hemisferio sur. México. 361pp.

Schultz, O. and Crispin.1989. *Rhizoctonia* disease. In: Petzold. C.H. (De) A guide to monitoring potato pest In New York State. New York State integrated pest. Management Program No. 107. Cornell Coop. Ext. N.Y.S. Department of Agriculture and Markets.

Seminis, 2006. Pepper eggplant disease guide. CA. USA. 32 p.

SIAP-SAGARPA, Comunicado de prensa, La Paz Baja California Sur. EN LINEA: [<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/bajacaliforniasur/boletines/2017/mayo/Documents/2017BS172.pdf>] Consultado el 4 de octubre de 2017.

- Smith, P.G. 1966. Los ajíes cultivados del Perú, N. C. University, Agricultural misión to Perú, Bulletin 306.
- Smith, I, M., J. Danez, D. H. Phillips, R. A. Lelliort y S. A. Archer. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Edición. Mundi – prensa. España 671 Pp.
- Streets, B. R, 1978. The diagnosis of plant disease. A field and laboratory manual emphasizing the most practical methods for rapid identification. Univ. of Arizona Prees. Tucson, Arizona. U. S. A.
- Tejeda, G. Rodríguez J, García R, Martínez VR, Debut B, Castellanos JJ, gutiérrez L, Plana L, ríos Y, Simanca mE, ortega m, Lamela C, martínez A, Izquierdo L, Croche g, fey L. 2006. Efectividad del biobac, obtenido a partir de *Bacillus subtilis* (cepa INIfAt-101) como biocontrolador de enfermedades y estimulador del crecimiento vegetal. Fitosanidad 10(2):141-142 Pp.
- Villalpando, J. y Ruiz, A. C. 1993. Observaciones agras meteorológicas y su uso en la agricultura. Editorial Limosa, México. 133.
- Venegas, E. Ciampi L., Collado Costa M, Fuentes r., NissenJ., Schobittz R. y schoebitz M. 2005, aislamiento e identificación de bacterias del genero *bacillus*. Disponible EN LÍNEA: [<http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?scrip=sciarttexy pid=S0304>].
- Vilmorín, D. F. 1977. El cultivo del pimiento dulce tipo bell. Editorial Diana, S.A. 1era edición. México, D.F. 176-183 Pp.
- Walker, J. C. 1959. Enfermedades de las hortalizas. Primera edición. De Salvat. Barcelona. España. 20 Pp.
- Zegbe, J.; Valdez, R. y Lara, A. 2012. Cultivo del chile en México. Universidad Autónoma de Zacatecas. Nezahualcóyotl, Estado de México. Pp 31-32, 68-76 Pp.
- Zimmer, R. C. and W. A. Rusell. 1981. Rhizoctonia disease on netted gem potatoes in Southern Manitoba in 1980. Can. Plant Disease Survey 61 (2): 39-40Pp.

## Apéndice

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 1**

<b>T1 <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Cercospora</i></b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	Severidad %	Número de frutos
	1	15.4	2	100	11	1
	2	13.1	2	100		0
	3	12.4	2	100		2
	4	18.1	2	100		4
	5	20.4	2	100		1
	6	23.2	1.5	100		0
	7	25	2	100		1
	8	17.4	1.3	100		3
	9	15.8	1.3	100		0
10	15.7	2	100	4		

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 2**

<b>T2 <i>Bacillus subtilis</i> + Enraizador químico + <i>Cercospora</i></b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	Severidad %	Número de frutos
	1	13.5	2	100	21	2
	2	15.2	2	100		3
	3	11.2	2	100		1
	4	14.2	1.5	100		2
	5	0	0	0		0
	6	13.5	2	100		2
	7	16.5	1.5	100		3
	8	20.1	2	100		4
	9	35.5	3	100		6
10	32	2	100	4		

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 3**

<b>T3 Cercospora</b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	severidad %	Número de frutos
	1	11.1	1.1	100	25.5	1
	2	16.6	1.5	100		2
	3	14.7	2	100		2
	4	19.1	2	100		3
	5	18.5	2	100		3
	6	22.5	1.5	100		4
	7	25.6	2	100		3
	8	22.1	2	100		4
	9	37.2	3.1	100		0
10	39.1	2.5	100	7		

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 4**

<b>T4 Bacillus subtilis + Trichoderma + Enraizador químico + Cercospora</b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	Severidad %	Número de frutos
	1	26.1	2.1	100	15	3
	2	22.1	1.9	100		4
	3	29.5	2	100		5
	4	12.2	1.5	100		2
	5	36.3	2.6	100		6
	6	31.1	2.1	100		5
	7	42.4	2.1	100		5
	8	43.2	2.2	100		5
	9	45.1	2.2	100		4
10	48.6	2.1	100	6		

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 5**

<b>T5 <i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i></b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	Severidad %	Número de frutos
	1	16	1.3	100	16	2
	2	18.4	2	100		3
	3	26.7	2.2	100		4
	4	13.1	1.3	100		1
	5	29.1	2.3	100		4
	6	22.2	2.2	100		3
	7	27.1	2.4	100		4
	8	34.1	2.7	100		6
	9	31.6	2.3	100		4
	10	29.5	2.9	100		4

**Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 6**

<b>T6 <i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i></b>	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia	Severidad	Número de frutos
	1	16.1	1.9	100	24	3
	2	14.4	1.2	100		1
	3	19.6	1.6	100		3
	4	49.7	3.1	100		8
	5	48.7	2.3	100		10
	6	47.2	2.2	100		5
	7	41.7	2.1	100		5
	8	41.7	3	100		6
	9	12.1	1	100		1
	10	39.7	2.3	100		6

### Cuadro de concentración de los parámetros a evaluar en el tratamiento 7

T7 Testigo (Agua)	Reps	Altura en cm	Diámetro de tallos (mm)	Incidencia %	Severidad %	Número de frutos
	1	13.1	1.4	100	16	1
	2	15.1	1.5	100		0
	3	24.1	1.5	100		3
	4	22.1	2.1	100		2
	5	19.4	1.3	100		3
	6	29.4	2.3	100		5
	7	29.4	2	100		3
	8	26.4	2.1	100		3
	9	20.1	1.3	100		3
10	21.1	1.2	100	4		

### Distribución de la concentración de *Bacillus subtilis* sobre los tratamientos

<i>Bacillus subtilis</i>	R1 1X10 <sup>10</sup>	R2 1X10 <sup>10</sup>	R3 1X10 <sup>10</sup>	R4 1X10 <sup>10</sup>	R5 1X10 <sup>10</sup>	R6 1X10 <sup>10</sup>	R7 1X10 <sup>10</sup>	R8 1X10 <sup>10</sup>	R9 1X10 <sup>10</sup>	R10 1X10 <sup>10</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> + Magic Root	R1 1X10 <sup>9</sup>	R2 1X10 <sup>9</sup>	R3 1X10 <sup>9</sup>	R4 1X10 <sup>9</sup>	R5 1X10 <sup>9</sup>	R6 1X10 <sup>9</sup>	R7 1X10 <sup>9</sup>	R8 1X10 <sup>9</sup>	R9 1X10 <sup>9</sup>	R10 1X10 <sup>9</sup>
<i>Cercospora</i>	R1 1X10 <sup>8</sup>	R2 1X10 <sup>8</sup>	R3 1X10 <sup>8</sup>	R4 1X10 <sup>8</sup>	R5 1X10 <sup>8</sup>	R6 1X10 <sup>8</sup>	R7 1X10 <sup>8</sup>	R8 1X10 <sup>8</sup>	R9 1X10 <sup>8</sup>	R10 1X10 <sup>8</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Trichoderma</i> + E químico	R1 1X10 <sup>10</sup>	R2 1X10 <sup>10</sup>	R3 1X10 <sup>10</sup>	R4 1X10 <sup>10</sup>	R5 1X10 <sup>10</sup>	R6 1X10 <sup>10</sup>	R7 1X10 <sup>10</sup>	R8 1X10 <sup>10</sup>	R9 1X10 <sup>10</sup>	R10 1X10 <sup>10</sup>
<i>Bacillus subtilis</i> + <i>trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>	R1 1X10 <sup>9</sup>	R2 1X10 <sup>9</sup>	R3 1X10 <sup>9</sup>	R4 1X10 <sup>9</sup>	R5 1X10 <sup>9</sup>	R6 1X10 <sup>9</sup>	R7 1X10 <sup>9</sup>	R8 1X10 <sup>9</sup>	R9 1X10 <sup>9</sup>	R10 1X10 <sup>9</sup>
<i>Trichoderma</i> + <i>Cercospora</i>	R1 1X10 <sup>8</sup>	R2 1X10 <sup>8</sup>	R3 1X10 <sup>8</sup>	R4 1X10 <sup>8</sup>	R5 1X10 <sup>8</sup>	R6 1X10 <sup>8</sup>	R7 1X10 <sup>8</sup>	R8 1X10 <sup>8</sup>	R9 1X10 <sup>8</sup>	R10 1X10 <sup>8</sup>
Agua	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10