

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Efecto antagónico de *Bacillus* spp. de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre hongos fitopatógenos de suelo y su efecto en el desarrollo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

MARI CARMEN LÓPEZ PÉREZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2011

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Efecto antagónico de *Bacillus* spp. de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre hongos fitopatógenos de suelo y su efecto en el desarrollo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Por:

**MARI CARMEN LÓPEZ PÉREZ**

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

Aprobada:

Dr. FRANCISCO DANIEL HERNÁNDEZ CASTILLO

Asesor Principal

Dr. JOSÉ Á. VILLARREAL QUINTANILLA

Coasesor

M.C. FRANCISCO CASTILLO REYES

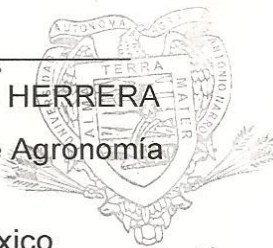
Coasesor

Dr. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2011



Coordinación  
División de Agronomía

## DEDICATORIA

A MIS PADRES: *Sra. María Eva Pérez López y Sr. Francisco López López*. Por ser lo más valioso que la vida me ha regalado. Por su confianza, comprensión y amor, gracias por todo el apoyo incondicional y por el sacrificio realizado para culminar este gran logro. Ustedes son mi fuerza motor para seguir adelante.

A MI HERMANO: *Marco Antonio*. Por su cariño, confianza y aliento, además de su apoyo en cada momento e influir positivamente para seguir adelante.

A MIS SOBRINOS: *Areli y Uriel*. Por su alegría e inocencia alentadora a continuar superándome. *Coco* gracias por confiar en mí.

A MIS ABUELOS: *Sra. Ángela Pérez Calvo*. Por todos los consejos y palabras de aliento que siempre tuve presente, y que me ayudaron para alcanzar esta meta. A la *Sra. Rosario, Sr. Guadalupe y Sr. Herminio*, quienes ya no están presentes físicamente, pero gracias a esas palabras alentadoras y consejos que en vida me expresaron, me ayudaron para no detenerme ante las adversidades, muchas gracias, los llevo en el corazón.

AL RESTO DE MI FAMILIA: Por sus consejos, buenos deseos y por creer siempre en mí, ustedes me motivaron positivamente para alcanzar esta meta. *Tomy* gracias por tus consejos.

Por su gran apoyo, confianza, cariño y amor a lo largo de todo este tiempo; a *Fabián Pérez Labrada*, quien es una persona muy especial para mí, muchas gracias por tu compañía y por transmitirme esa fuerza para seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

A quien ilumina en cada momento mi camino, gracias Diosito por estar siempre conmigo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi Alma Terra Mater. Por haberme abrigado en su seno durante mi estancia en ella, así también por los conocimientos proporcionados para mi formación académica.

A mis asesores:

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo. Por haberme dado la oportunidad de trabajar en esta investigación, por sus enseñanzas, apoyo y orientación constante e incondicional para la culminación de este trabajo.

Al M.C. Francisco Castillo Reyes. Por su confianza, dedicación y paciencia, por el gran apoyo y facilitación para la elaboración de este trabajo. Muchas gracias.

Al Dr. José Ángel Villareal Quintanilla. Por su colaboración desinteresada, aportación y facilidades prestadas para el desarrollo de la presente investigación.

A la laboratorista Cristina. Por su valioso apoyo en el desarrollo del presente trabajo. Mil gracias.

A mis profesores. Que contribuyeron en mi formación académica, al brindarme sus conocimientos además de sus sabios consejos.

A mis grandes amigas. Angélica y Nohemí por compartir conmigo buenos y malos momentos, por alentarme para seguir adelante y por su valiosa amistad, las quiero.

A mis amigos de la Universidad. Quienes caminaron junto conmigo a lo largo de la carrera e hicieron más ameno cada momento: Gabriel, Fabián, Neymar, Lino, Lidia, Olivia, Lucy, Rosy, Favián y Pacheco.

Especialmente a Fabián Pérez Labrada. Por las aportaciones, observaciones y todo el apoyo incondicional para la culminación de este trabajo. Muchísimas gracias Fabián.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICE.....	ix
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Hongos Fitopatógenos del Suelo.....	3
<i>Rhizoctonia solani</i> .....	5
<i>Fusarium oxysporum</i> .....	6
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	8
Métodos de Control de Hongos Fitopatógenos del Suelo.....	9
Control Cultural.....	9
Control Físico.....	10
Control Químico.....	10
Control Biológico.....	10
Ecosistema del suelo.....	11
Mecanismos de Acción de Microorganismos del Suelo.....	11
Agentes de Control Biológico del Suelo.....	12
<i>Bacillus</i> spp.....	14
Taxonomía y Morfología.....	14
Mecanismo de Acción de <i>Bacillus</i> .....	15
<i>Bacillus</i> en el Control de Hongos Fitopatógenos del Suelo.....	16

MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
CONCLUSIÓN.....	42
LITERATURA CITADA.....	43
APÉNDICE.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Mapa de ubicación del lugar de muestreo de las cepas aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense.....	18
2	Tinción de endosporas de bacterias del género <i>Bacillus</i> .....	25
3	Inhibición micelial <i>in vitro</i> de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> .....	27
4	Inhibición micelial <i>in vitro</i> de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	29
5	Inhibición micelial <i>in vitro</i> de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	31
6	Crecimiento Radial diario <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> en presencia de cepas de <i>Bacillus</i> spp.....	32
7	Crecimiento Radial diario <i>in vitro</i> de <i>Fusarium oxysporum</i> en presencia de cepas de <i>Bacillus</i> spp.....	33
8	Crecimiento Radial diario <i>in vitro</i> de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en presencia de cepas de <i>Bacillus</i> spp.....	34
9	Efecto de cepas identificadas de <i>Bacillus</i> spp. en la Inhibición micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ...	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Biodiversidad de hongos fitopatógenos del suelo de México (según Rodríguez, 2001).....	4
2	Especies vegetales muestreadas del semidesierto Chihuahuense.....	19
3	Cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, con efecto antagónico sobre <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> y <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	24
4	Clave de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense.....	25
5	Efecto antagónico <i>in vitro</i> de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de <i>Rhizoctonia solani</i> .....	27
6	Efecto antagónico <i>in vitro</i> de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de <i>Fusarium oxysporum</i> .....	29
7	Efecto antagónico <i>in vitro</i> de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> .....	31
8	Efecto de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense en el desarrollo de plántulas de tomate inoculadas con <i>Rhizoctonia solani</i> .....	37
9	Efecto de cepas de <i>Bacillus</i> spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense en el desarrollo de plántulas de tomate inoculadas con <i>Fusarium oxysporum</i> .....	40



## ÍNDICE DE APÉNDICE

Tabla	Pág.
1	Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ..... 51
2	Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ..... 51
3	Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Fusarium oxysporum</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ..... 52
4	Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Fusarium oxysporum</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ..... 52
5	Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ..... 53
6	Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial <i>in vitro</i> de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> obtenido con diferentes cepas de <i>Bacillus</i> ... 53
7	Altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 54
8	Datos transformados de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 54
9	Análisis de varianza de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 54
10	Peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 55
11	Datos transformados del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 55
12	Análisis de varianza del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 55
13	Peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 56
14	Datos transformados del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> ..... 56

15	Análisis de varianza del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	56
16	Longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	57
17	Datos transformados de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	57
18	Análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	57
19	Peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	58
20	Datos transformados del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	58
21	Análisis de varianza del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	58
22	Peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	59
23	Datos transformados del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	59
24	Análisis de varianza del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Rhizoctonia solani</i> .....	59
25	Altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	60
26	Datos transformados de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	60
27	Análisis de varianza de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	60
28	Peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	61
29	Datos transformados del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	61

30	Análisis de varianza del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	61
31	Peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	62
32	Datos transformados del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	62
33	Análisis de varianza del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	62
34	Longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	63
35	Datos transformados de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	63
36	Análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	63
37	Peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	64
38	Datos transformados del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	64
39	Análisis de varianza del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	64
40	Peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	65
41	Datos transformados del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	65
42	Análisis de varianza del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de <i>Bacillus</i> y <i>Fusarium oxysporum</i> .....	65

## RESUMEN

Efecto antagónico de *Bacillus* spp. de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre hongos fitopatógenos de suelo y su efecto en el desarrollo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

La baja producción agrícola es provocada por enfermedades patogénicas, por lo que se deben determinar nuevos métodos de control. Para este propósito se estableció el experimento con el fin de evaluar el efecto antagónico de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre hongos fitopatógenos de suelo. Se aislaron 15 cepas bacterianas de la rizosfera de mezquite, nopal, maguey, gobernadora, yuca y lechuguilla, las que junto con una cepa testigo BCC1 fueron confrontadas *in vitro* contra los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotium*. Para los bioensayos *in vitro* se utilizó un Diseño Completamente al Azar; con 19 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos en estudio fueron las diferentes cepas de *Bacillus* spp. denominadas como: BG1, BG2, BG3, BG4, BG5, BG6, BL1, BL2, BL3, BL4, BMA, BME, BN, BY1, BY2 y BCC1. Se determinó el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos estudiados. En el bioensayo *in vivo* se emplearon 9 tratamientos y 9 repeticiones. Los tratamientos fueron las cepas que mostraron mayor inhibición de la prueba *in vitro*, la cepa BCC1, un tratamiento químico y testigo con el hongo correspondiente: BN, BG4, BG2, BG5, BMA, BL3, BCC1 y TQ. Las variables consideradas en esta prueba fueron: Altura de la Planta (AP), Peso Fresco de Planta (PFP), Peso Fresco de Raíz (PFR), Longitud de Raíz (LR), Peso Seco de Planta (PSP) y Peso Seco de Raíz (PSR). La prueba *in vitro* indica que las dieciséis cepas aisladas de la rizosfera de plantas mostraron efecto antagónico contra los tres fitopatógenos estudiados. El mayor efecto antagónico contra *Rhizoctonia solani* fue presentado por la cepa BG5 seguido de la BG4 con un 67.2 y 63.6% de inhibición micelial respectivamente, siendo las cepas BMA (47.6%) y BCC1 (44.9%) las que alcanzaron la máxima inhibición contra *Fusarium oxysporum* y las cepas BL3 y BG3 contra *Sclerotinia sclerotiorum* con un 82.3 y 82.2% de inhibición respectivamente. Los hongos *R. solani*, *F. oxysporum* y *S. sclerotiorum*

presentaron una Tasa de Crecimiento Radial promedio de 0.54, 0.52 y 0.21 cm respectivamente, inducidas por las cepas BG5, BMA y BL3. El análisis de identificación por secuenciación de las cepas de *Bacillus* spp. muestra que cinco cepas pertenecen a *Bacillus subtilis*, una a *Bacillus atrophaeus* y una a *Bacillus pumilus*. *Bacillus subtilis* fue quien indujo mayor inhibición en los tres fitopatógenos. En lo que respecta a la prueba *in vivo* las cepas BMA, BN mostraron incrementos en la mayoría de las variables en plantas de tomate inoculadas con *R. solani*. En las plántulas inoculadas con *F. oxysporum*, las cepas BG5, BMA y BN indujeron aumentos en las medias de las variables en estudio. Nuestra investigación indica que las cepas aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense del género *Bacillus* inhiben a los tres fitopatógenos estudiados, además de inducir incrementos considerables en algunas de las variables agronómicas.

**Palabras clave:** rizosfera, antagonistas, *Bacillus*, hongos fitopatógenos.

## INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios dan a conocer la diversidad patogénica en los cultivos, destacando los géneros *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Sclerotinia*, dado el amplio rango de plantas hospedantes que atacan, a su distribución cosmopolita y a los daños severos que provocan en cultivos de importancia económica (Rodríguez, 2001, Carrillo *et al.*, 2003, Paredes *et al.*, 2009).

Los distintos métodos de control de enfermedades pueden clasificarse en culturales, físicos, químicos y biológicos, dependiendo de la naturaleza de los agentes que se utilicen para controlar las enfermedades (Agrios, 1995).

La rizosfera es un punto donde las interacciones microbianas se multiplican, es la fuente principal de alimento, de densidad, actividad y relaciones de microorganismos (Lambers *et al.*, 2009 y Raaijmakers *et al.*, 2009). En la rizosfera de muchas plantas se encuentran una infinidad de microorganismos antagonistas de hongos fitopatógenos (Parra *et al.*, 2009). Entre estos, destacan las bacterias, que pueden ser aisladas e inoculadas en los cultivos, convirtiéndose en una alternativa eficaz para controlar los patógenos de plantas (Bernal *et al.*, 2002). Diferentes géneros bacterianos han sido utilizados con el objetivo de beneficiar cultivos de interés agrícola (Hernández *et al.*, 2006).

El efecto antagonista de *Bacillus subtilis* es mencionado por Villa *et al.* (2007) al lograr una inhibición micelial de 67% contra *Fusarium solani*, y 50% contra *Fusarium oxysporum*. Por su parte De la Garza, (2004) menciona que cepas de *Bacillus* obtenidas de rizosfera de plantas mostraron 41.1% de inhibición micelial en *Phytophthora capsici*. De igual manera cepas de *Bacillus* aisladas de rizosfera de papa mostraron inhibición micelial contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani* en un 91 y 86% respectivamente (Calvo *et al.*, 2010).

Una alternativa para el control de enfermedades de las plantas es el control biológico, utilizando bacterias antagonistas del género *Bacillus*, ya que minimiza el uso de agroquímicos, reduciendo el impacto ambiental, toxicidad al hombre, costos de producción y resistencia de ciertos patógenos (Guillen *et al.*, 2006).

## **OBJETIVO GENERAL.**

Determinar la actividad antagónica *in vitro* de cepas de *Bacillus* aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*, y su efecto en el desarrollo en plantas de tomate.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Aislar e identificar cepas del género *Bacillus* con efecto antagónico de la rizosfera de plantas del semidesierto contra los hongos fitopatógenos: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Determinar la actividad antagónica *in vitro* de cepas de *Bacillus* aisladas contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Determinar el efecto de cepas de *Bacillus* aisladas en el desarrollo de plántulas de tomate.

## **HIPÓTESIS.**

- Ho Las cepas bacterianas aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense pertenecen al género *Bacillus* spp.
- Ho Las cepas de *Bacillus* spp. tienen efecto antagónico contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* o *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Ho Las cepas de *Bacillus* spp. inducen efectos benéficos en el desarrollo de plántulas inoculadas con los hongos *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Hongos Fitopatógenos del Suelo

Más de ocho mil especies de hongos producen enfermedades en las plantas. La formación de exudados radicales, ricos en azúcares y aminoácidos, además de la actividad microbiana de la rizosfera, influyen en la atracción de algunos hongos fitopatógenos. Cuyo grado de relación con la planta hospedante va a depender de la capacidad adaptativa de dichos hongos. Entre los géneros más importantes de hongos fitopatógenos se encuentran *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Sclerotinia* (Tabla 1), debido al amplio rango de plantas hospedantes que atacan, a su distribución cosmopolita, a los elevados daños económicos que provocan en cultivos de importancia económica y a las pérdidas en la producción biológica (Rodríguez, 2001).

Estudios realizados por Samaniego y Chew (2007) en los estados de Coahuila y Durango, México, muestran que el género *Fusarium* tuvo mayor presencia en campos cultivados con nogal y alfalfa.

En el estado de Hidalgo se detectó la presencia de *Fusarium* spp., *Pythium* spp. y *Rhizoctonia* spp. en el cultivo de frijol, los cuales provocaron un 85% de daño en raíces, de igual manera se redujo la nodulación hasta en un 27% en presencia de *Fusarium* spp. (Guzmán *et al.*, 2004).

Mientras que en los estados de Aguascalientes, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí y Zacatecas, se observaron efectos altamente patogénicos (entre un 24 y 100%) en plántulas de frijol Flor de Junio, Pinto Villa, chile Mirasol y Ancho ocasionados *Rhizoctonia* spp. (Velásquez y Medina, 2003). Así mismo Muñoz *et al.* (2001) reportaron a *Rhizoctonia solani*, como causante de la costra negra de la papa.



Tabla 1.- Biodiversidad de hongos fitopatógenos del suelo de México (según Rodríguez, 2001).

Género y Especies	Distribución mundial	Especies hospedantes Tacadas
<i>Phytophthora cinnamomi</i>	Cosmopolita	Más de 900 especies
<i>Phytophthora palmivora</i>	Regiones cálido-templadas, tropicales y subtropicales	Más de 30 géneros
<i>Phytophthora infestans</i>	Cosmopolita	<i>Solanum</i> y <i>Lycopersicon</i>
<i>Pythium myriotylum</i>	Regiones cálidas	16 géneros
<i>Pythium ultimum</i>	Cosmopolita	Más de 100 géneros
<i>Pythium aphanidermatum</i>	Cosmopolita, especialmente común en las regiones cálidas	Más de 60 especies
<i>Rhizoctonia solani</i>	Cosmopolita	Más de 160 géneros
<i>Fusarium oxysporum</i>	Cosmopolita	Más de 120 géneros
<i>Fusarium solani</i>	Cosmopolita	Más de 89 géneros
<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	Suroeste de Estados Unidos y Norte de México	Más de 2,000 especies
<i>Sclerotium cepivorum</i>	Cosmopolita	Un género: <i>Allium</i> spp.
<i>Sclerotium rolfsii</i>	Cosmopolita	Más de 250 géneros
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Cosmopolita, más común en las regiones húmedas y frescas	Más de 140 géneros
<i>Sclerotinia minor</i>	Regiones templadas	16 géneros
<i>Verticillium albo-atrum</i>	Cosmopolita, más común en regiones templadas.	Más de 150 géneros
<i>Verticillium dahliae</i>	Cosmopolita, más común en regiones templadas y subtropicales	27 géneros
<i>Verticillium lecanii</i>	Cosmopolita	-----
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Cosmopolita, más común en regiones subtropicales y tropicales	Más de 115 géneros
<i>Rosellinia necatrix</i>	Cosmopolita	13 géneros
<i>Armillaria mellea</i>	Cosmopolita	Más de 176 especies

En huertas de mango en Guerrero y Colima se reporto la enfermedad Escoba de Bruja, provocado por *Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans* (Michel *et al.*, 2001). Mientras que Paredes *et al.* (2009) reportan que en el estado de Sinaloa los

causantes de la rabia en el cultivo de garbanzo, son el complejo de hongos *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*.

En zonas productoras de jitomate en Villaflores, Chiapas, se detectaron agentes causantes de enfermedades en el cultivo a hongos de suelo como *Pythium aphanidermatum*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, *Sclerotium rolfsii*, *Pythium* sp. y *Geotrichum* sp. (Quiroga *et al.*, 2007).

En parcelas muestreadas en los estados de Aguascalientes y Zacatecas se detectaron esclerocios viables (hasta en un 80%) de *Sclerotium cepivorum* en parcelas de ajo y cebolla (Velásquez y Medina, 2004).

A continuación se menciona generalidades de algunos hongos de importancia agrícola, con el fin de comprender sus mecanismos infecciosos.

### ***Rhizoctonia solani***

#### **Etiología**

Las hifas son hialinas al principio y posteriormente pardo oscuro, crecen con rapidez y son multinucleadas de un diámetro relativamente ancho; las ramificaciones aparecen cercanas a un septo distal, a menudo en ángulos rectos, constriñidas en el punto de origen y septadas poco después; algunas hifas se dilatan y tienen un aspecto monilioide y posteriormente se oscurecen y son de textura casi uniforme. En su etapa sexual presenta basidiosporas elipsoides y apiculadas desarrolladas sobre un himenio; cada basidio tiene normalmente cuatro esterigmas, cada uno con una basidióspora elíptica y hialina, de 7 a 16 x 5 a 5  $\mu$  (Sarasola y Rocca, 1975, Walker, 1975 y Smith *et al.*, 1992).

#### **Síntomas**

Agrios (1995), menciona que este hongo produce enfermedad en todo el mundo, ocasionando pérdidas en la mayoría de las plantas anuales, incluyendo a las malas hierbas, casi a todas las hortalizas, árboles forestales, cultivos mayores, plantas perennes, arbustos y árboles frutales. Los síntomas pueden variar

dependiendo del cultivo o incluso entre plantas de la misma especie, dependiendo de la etapa fenológica y de las condiciones climáticas. Se distinguen diferentes etapas en la enfermedad, en la pudrición de las plantas, el crecimiento del hongo es rápido, infectando el hipocotilo y las raíces. Posteriormente se forman canchales en el tallo y raíz, provocando la muerte de hojas, enanismo y coloración purpúrea de los folíolos apicales (en papa).

### **Epifitiología**

El inóculo de *R. solani* consiste de esclerocios y micelio que sobrevive como saprófito en el suelo, su diseminación es a través del agua de riego, el viento, material vegetal, semillas contaminadas y por implementos agrícolas (Bolkan, 1980). Cuando *R. solani* se encuentra creciendo como saprófito, es estimulado a infectar hipocotilos y raíces jóvenes por exudados que secretan las semillas en germinación y las raíces de plantas hospederas (Martinson, 1965).

### ***Fusarium oxysporum***

#### **Etiología**

Presenta un micelio aéreo, al principio es blanco pero puede cambiar de color, tomando distintos tonos; desde violeta hasta morado oscuro; si abundan los esporodocios, las colonias pueden aparecer crema o naranja. Las microconidias, siempre están presentes, son oval-elipsoides, mono o bicelulares, y se forman en filíidas cortas no ramificadas, nunca en cadena, pero agrupadas en falsos capítulos. Las macroconidias, normalmente de 3-5 septadas, son fusoides, ligeramente curvadas y a menudo tienen una célula basal pedicelada; se forman al principio en filíidas individuales, luego en esporodocios. Las clamidosporas son solitarias o están en cadenas cortas (Sarasola y Rocca 1975 y Smith *et al.*, 1992).

#### **Síntomas**

Este hongo afecta y ocasiona pérdidas considerables en la mayoría de las flores y hortalizas, muchas plantas del campo como el algodón y el tabaco, plantaciones tales como el plátano, café y caña de azúcar, así como en algunos

árboles de sombra. Los marchitamientos causados por *Fusarium* se ven favorecidos ampliamente por las condiciones ambientales y del suelo de los invernaderos (Agrios, 1995).

En general las hojas más viejas muestran un aclarado de las nervaduras, clorosis de la lámina y/o marchitamiento, progresando a las hojas jóvenes, y las partes afectadas observándose amarillas. En el tallo aparecen estrías longitudinales necróticas que se extienden al ápice. La principal fuente del inoculo son los restos vegetales infectados en donde las clamidiosporas pueden persistir en forma inactiva durante varios años. La clamidiospora germinada da lugar a hifas, conidias y nuevas clamidiosporas; la penetración tiene lugar principalmente en la zona de elongación de la raíz y puede facilitarse por heridas en la misma. Desde el punto de vista de la penetración, el hongo se extiende hacia arriba por los vasos xilemáticos mediante crecimiento micelial y formación de microconidias que se transportan en la corriente del xilema. La patogénesis está relacionada con el bloqueo de los vasos (dada la difusión del ácido péctico formando una masa coloidal) y con la formación de enzimas (pectolíticas) y toxinas. La coloración pardusca se debe a la presencia de fenoles que son liberados, los cuales al unirse con la savia se polimerizan mediante la acción del sistema fenol-oxidasa de la plántula huésped, dichas sustancias son absorbidas por las paredes lignificadas de los vasos del xilema. La temperatura óptima para el desarrollo del hongo es alrededor de los 28°C, tolerando ampliamente variaciones de pH (Walker, 1975 y Smith *et al.*, 1992).

### **Epifitiología**

*Fusarium* se encuentra naturalmente en el suelo en forma de clamidiospora, micelio asociado a fragmentos de tejidos vegetales o a partículas de humus. Las clamidiosporas representan la fuente de inóculo primario (Álvarez, 2003). Cuando muere el hospedero, se desarrolla un micelio algodonoso que esporula sobre la superficie del tejido, donde produce una gran cantidad de microconidias, macroconidias y clamidiosporas, especialmente en tiempo húmedo. El organismo requiere para su desarrollo óptimo, en medio de cultivo 27° C, y para la infección de 20 a 30° C, la enfermedad declina apreciablemente arriba de 30 ° C. (León, 1982).

*F. oxysporum* tiene la capacidad de invernar sobre residuos orgánicos o como organismo de vida libre en el suelo, de esta forma puede sobrevivir en el hasta 16 años, aun en ausencia de plantas susceptibles (Huang y Sun, 1978). Aunque puede ser introducido a áreas libres por semillas, plántulas para trasplante, arados, rastras, el hombre, ganado, etc. (Walker, 1975).

### ***Sclerotinia sclerotiorum***

#### **Etiología**

Presenta un micelio algodonoso blanco, abundante, en el que se desarrollan esclerocios negros de hasta 1 cm de diámetro, con una superficie ligeramente punteada, que a menudo exuda gotitas de líquido en atmosferas saturadas. Se han descrito dos tipos de hifas; primero, hifas infecciosas intercelulares anchas (17  $\mu\text{m}$  de diámetro), orientadas predominantemente en paralelo al eje longitudinal del hipocotilo, que se forman al principio, y las segundas son hifas que se ramifican con un diámetro medio de 8.5  $\mu\text{m}$  y que se desarrollan subapicalmente y penetran en el huésped inter e intracelularmente. En las colonias viejas se forman microconidias filídicas unicelulares. No hay macroconidias. Los esclerocios tienen germinación miceliogénica (hifas vegetativas) y carpogénica (apotecios, en forma de copa pardo amarillentos, 10 mm de diámetro, sobre un tallo cilíndrico liso que se origina del esclerocio). Las ascas son cilíndricas clavadas, de hasta 130 x 130  $\mu\text{m}$ , con ocho esporas (Sarasola y Rocca 1975 y Smith *et al.*, 1992).

#### **Síntomas**

Smith *et al.* (1992) y Fernando *et al.* (2004) reportan que este hongo produce enfermedad a mas de 225 géneros de 64 familias: Solanacea (tomate), Cruciferae (col), Umbliferae (zanahoria, apio), Compositae (lechuga, girasol), Cucurbitaceae (pepino, melón) y Leguminoseae (frijol).

La enfermedad causa la podredumbre blanda progresiva de tejidos no lignificados, causa lesiones en hojas, caracterizado por un crecimiento de un tapiz miceliar blanco algodonoso sobre la superficie y en el interior de las cavidades del

huésped. En algunos casos el hongo invade la medula de las plantas, donde incluso pueden aparecer esclerosios, lo cual provoca enanismo y maduración anticipada. Conforme avanza el hongo, los tejidos adoptan una consistencia blanda y acuosa, por lo que las zonas afectadas se deshidratan (Walker, 1975). Sarasola y Rocca (1975) mencionan que este hongo produce dos tipos de enzimas pectolíticas: la pectin metil esterasa y la poligalacturonasa, siendo difundidas desde el extremo del micelio, las cuales van separando los grupos metoxilo de la pectina y disolviendo la laminilla media de las células del huésped.

Los esclerocios constituyen el principal medio del inoculo, los cuales están presentes en el suelo, pudiendo germinar en temperaturas sobre los 0-25°C con un óptimo de 15-20°C las ascasporas germinales producen apresorios (Smith *et al.*, 1992).

### **Métodos de Control de Hongos Fitopatógenos del Suelo**

Agrios (1995) menciona que la complejidad de la mayoría de las enfermedades fungosas de las plantas ha propiciado el desarrollo de un número bastante amplio de medidas para su control. Las características particulares del ciclo de vida de cada hongo, su preferencia por ciertos hábitats y su capacidad de respuesta ante ciertas condiciones del medio, son algunas de las características más importantes que deben tenerse en cuenta cuando se trate de controlar una enfermedad fungosa. Generalmente es necesaria una combinación de varios métodos para controlar satisfactoriamente la mayoría de las enfermedades.

#### **Control Cultural**

García (2008) señala que el control cultural consiste en la utilización de las prácticas agronómicas ordinarias de los cultivos o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de generar un agroecosistema menos favorable para prevenir el desarrollo y sobrevivencia de enfermedades.

Para lograr mayor eficacia en este tipo de control, es necesario tener en cuenta las siguientes técnicas: preparación del suelo, uso de semilla limpia, elección

de las variedades, control de densidad de siembra, aporque, manipulación de fecha de siembra, cosechas oportunas, destrucción de hospederos alternativos, destrucción de residuos y rastrojos, cultivos asociados, rotación de cultivos, plantas repelentes, manipulación de la fertilidad, uso de tutores, poda y remoción de partes infestadas, manejo de agua (García, 2008).

### **Control Físico**

Agrios (1995) menciona que los agentes físicos que con mayor frecuencia se utilizan para controlar las enfermedades de las plantas son la temperatura (alta o baja), el aire seco, uso de coberturas plásticas. Un ejemplo de este tipo de control es la esterilización del suelo por calor; en invernaderos y en ocasiones en semilleros y construcciones frías, casi siempre se logra mediante corrientes de aire cálido, vapor generado mecánicamente o agua caliente.

### **Control Químico**

Los plaguicidas químicos se utilizan por lo general para proteger directamente la superficie de las plantas de la infección, o bien para erradicar un patógeno que ya ha infectado a la planta. Sin embargo, algunos tratamientos químicos tienen como objetivo reducir la cantidad de inóculo antes de que este último entre en contacto con la planta. Dichos tratamientos incluyen fumigación, desinfección de almacenes y el control de los insectos vectores de los patógenos (Agrios, 1995).

### **Control Biológico**

Los métodos de control biológico se utilizan para proteger directamente a las plantas del ataque de los patógenos, incluyendo la acción de microorganismos antagonistas en el sitio de infección antes o después de que ocurra la infección (Agrios, 1995).

El uso de métodos biológicos han sido justificado por Herrera *et al.*, (2007) quienes utilizando productos biológicos comerciales (*Bacillus subtilis* y hongos micorrízicos arbusculares), encontraron una protección de entre 73.3 y 100% de plantas de jitomate var. Rio Grande contra la infección de *Rhizoctonia solani*.

## **Ecosistema del Suelo**

Los suelos como producto de las actividades de las plantas suministran el espacio en las numerosas interacciones entre los microorganismos, siendo la rizosfera el pilar fundamental; caracterizada como una parte del suelo adherida a las raíces, la cual es el punto donde las interacciones de la comunidad rizosférica se multiplican (ya que esta representa un hábitat heterogéneo, rico en nutrimentos como azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos y compuestos fenólicos) entre organismos de efecto neutral y benéfico sobre la planta, pero también con organismos que ejercen efectos perjudiciales. Se distinguen: Exorrizosfera, zona alrededor de la raíz; Rizoplano, zona de la superficie de la raíz; Endorrizosfera, es la zona que involucra la epidermis y las células corticales de la raíz; mucígel, segregados orgánicos del interior de la raíz, el carbono es aprovechado por los microorganismos para su alimentación (Chávez *et al.*, 2007, Lambers *et al.*, 2009, Raaijmakers *et al.*, 2009 y González, 2010).

### **Mecanismos de Acción de los Microorganismos del Suelo**

En general, los antagonistas no tienen un único modo de acción y la multiplicidad de estos es una característica importante para su selección como agentes de control biológico. Se han descrito varios mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos, entre los cuales se encuentran:

#### **Competencia**

Ya sea por nutrimentos o por espacio. Puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Un factor esencial para que exista competencia es la escasez de un elemento; ejemplo de esto es la presencia de sideróforos, los cuales son compuestos que median la cantidad de hierro ( $\text{Fe}^{+3}$ ) disponible en la rizosfera, privando de este ion al patógeno y de esta manera suprime su crecimiento; de igual manera las levaduras son eficaces colonizadoras de la superficie de plantas



y se destaca la producción de polisacáridos que restringen el espacio para la colonización por otros microorganismos (Larrea, 2001 y Chávez *et al.*, 2007).

### **Parasitismo**

Se define como una simbiosis antagónica entre organismos. Esta consiste en la utilización del patógeno como alimento por su antagonista. Generalmente, están implicadas enzimas extracelulares tales como quitinasa, celulasa, 3-glucanasa y proteasa, que rompen las estructuras de los hongos parasitados (Larrea, 2001 y Chávez *et al.*, 2007).

### **Antibiosis**

Mecanismo en el cual un microorganismo secreta sustancias que impiden el desarrollo de otro dentro de su mismo microhábitat, este mecanismo está involucrado en la supresión de enfermedades en plantas. El papel que juegan los antibióticos es el de conferir una ventaja competitiva a los microorganismos que suprimen el crecimiento de otros microorganismos. El ejemplo más conocido sin duda ha sido la producción de penicilina por *Penicillium notatum* descubierta en 1929, y metabolitos producidos por *Trichoderma* sp. (Chávez *et al.*, 2007).

Michel *et al.*, (2004) evaluaron el efecto de antibiosis *in vitro* del metabolito 6-pentil- $\alpha$ -pirona de cepas de *Trichoderma* spp. obteniendo inhibición de 45% del crecimiento micelial de *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum*.

Las rizobacterias tienen la capacidad de producir sideróforos, antibióticos, compuestos volátiles y enzimas líticas, mecanismos que explican el efecto de control biológico de patógenos (Hernández *et al.*, 2006).

## **Agentes de Control Biológico del Suelo**

Los métodos biológicos han surgido en las últimas décadas como una alternativa para el manejo de fitopatógenos, principalmente orientados al control de patógenos habitantes del suelo rizosférico (Chávez *et al.*, 2007).

El uso de hongos como método de control biológico ha sido estudiado por Harley (1965) quien reporta *Penicillium*, *Trichoderma* y *Aspergillus* como los de mayor importancia. De igual manera Infante *et al.* (2009) reportan que especies del género *Trichoderma* es la más utilizada para el biocontrol de patógenos fúngicos del suelo.

Michel *et al.* (2001), Del Milagro y Wang (2005), Arias *et al.* (2006), Avendaño *et al.* (2006) y Montealegre *et al.* (2010) demostraron que en cultivos de mango y tomate, *Trichoderma* spp. y *Gliocladium* sp. tienen potencial antagónico contra *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* sp., *Pythium* sp., entre otros hongos.

Los agentes factibles para usarse en control biológico de patógenos en la rizosfera, lo constituyen principalmente las rizobacterias y actinomicetos. 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*, *Serratia*, *Streptomyces* y *Xantomonas* (Weller, 1988).

Mora (1996) reporta que aplicaciones de cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* contra el crecimiento de *Rhizoctonia solani* en cultivo de frijol, muestran porcentajes de inhibición de 45 a 65%.

En otros estudios, se reporta que los actinomicetos aislados de lotes comerciales de papa, son capaces de inhibir el crecimiento micelial de diferentes grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* desde un 35 a un 74% (Castillo *et al.*, 2001).

Las bacterias promotoras del crecimiento son las de mayor interés, ya que además de inhibir el desarrollo de patógenos, estimulan el crecimiento e incrementan el rendimiento de los cultivos. Diversos géneros bacterianos han sido utilizados con el objetivo de beneficiar cultivos de interés agrícola (Kloepper, 1999, Bernal *et al.*, 2002 y Hernández *et al.*, 2006).

Parra *et al.* (2009) aislaron cepas de *Burkholderia cepacia* (anteriormente *Pseudomonas cepacia*) de rizosfera de maíz amarillo, de igual manera Mesa *et al.* (2010), utilizando cepas de *Bacillus subtilis* y *Bacillus mycoides* aisladas de rizosfera de plantas de tomate, mostraron una respuesta positiva contra incidencia de enfermedades.

El uso de *Bacillus* de la rizosfera de plantas de papa en la región de Coahuila y Nuevo León (García, 2002), de papa y chile (Hernández *et al.*, 2006 y Hernández *et al.*, 2008), de lotes comerciales de chile del Noreste de México (Guillen *et al.*, 2006), así como de suelo rizosférico de cultivos comerciales de *Dahlia* sp., *Rosa* sp., y *Polianthes tuberosa* (Orberá *et al.*, 2009), obtuvieron resultados favorables al inhibir el crecimiento de fitopatógenos.

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

#### **Taxonomía y Morfología**

Clasificación Taxonómica de *Bacillus* spp. según Fritze (2004):

Phylum: Firmicutes

Clase: Bacilli.

Orden: Bacillales.

Familia: Bacillaceae.

Género: *Bacillus*.

Descripciones de estos géneros y especies se basan en mayor o menor grado sobre características morfológicas, bioquímicas, fisiológicas, quimiotaxonómicas y en los resultados de varias técnicas de genética molecular. En general estos organismos son mesófilos con respecto a la temperatura y neutrófilos con respecto al pH para el crecimiento, aunque a menudo son tolerantes a niveles más altos de pH (Fritze, 2004).

*Bacillus subtilis* corresponden a beta hemolíticas, que pueden ser de aspecto liso, mucoso o rugoso; los bordes pueden ser ondulados o extendidos en el medio y ocasionalmente dan la apariencia de cultivos mixtos. Son bacilos Gram positivos de 0.8  $\mu\text{m}$  de diámetro por 2 a 3  $\mu\text{m}$  de largo con bordes redondeados. Presentan esporas esféricas y centrales que no deforman el bacilo (Realpe *et al.*, 2002).

Las especies prominentes formadoras de endosporas son: *Bacillus anthracis* y *Bacillus subtilis*, la cual es la principal característica morfológica (visible) para la diferenciación taxonómica de estas bacterias aerobias. *Bacillus subtilis* es utilizado ampliamente en la agricultura, debido a la producción de enzimas y sustancias antagónicas (Fritze, 2004).

Sosa *et al.* (2006), determino que cepas aisladas de la rizosfera y otros hábitats, pertenecen al género *Bacillus* por ser gram positivos, presentar células bacilares en forma de bastón, producir endosporas y ser catalasa positivos.

### **Mecanismo de Acción de *Bacillus***

Se han realizado diversos trabajos utilizando *Bacillus* spp. para conocer el mecanismo de acción. Calvo y Zúñiga (2010) determinaron que *Bacillus* ejerce una acción específica mediante la producción de metabolitos secundarios.

Entre los metabolitos producidos por las cepas de *Bacillus* se destacan compuestos de naturaleza peptídica y lipopeptídica, entre los que se encuentran las micobacilinas, iturinas, bacilomicinas, micosubtilinas y fungistatinas, metabolitos antifúngicos volátiles y enzimas quitinolíticas (Reinoso *et al.*, 2007). Por otra parte, cepas aisladas del Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, identificadas como *Bacillus* spp. mostraron la capacidad de producir enzima quitosanasa (Pascual, 2009).

Con respecto a *B. subtilis*, se ha estudiado la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las Iturinas (Larrea, 2001 y Villa *et al.*, 2007). Se determino que *Bacillus amyloliquefaciens* ejerce una actividad multimodo a través de la producción de antibióticos antimicrobianos volátiles y no volátiles (Fernando *et al.*, 2004).

## ***Bacillus* en el Control de Hongos Fitopatógenos del Suelo**

Las bacterias del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de raíces; dada su diversidad genética (Larrea, 2001 y Dequiedt *et al.*, 2009).

El uso de *Bacillus subtilis* como biocontrolador de *Rhizoctonia solani* mostro resultados favorables, al inhibir 62% del crecimiento micelial (Rodríguez, 2002).

Por su parte Hernández *et al.* (2006) determinaron que cepas de *Bacillus* presentaron un efecto inhibitorio significativo de 53% en el crecimiento micelial de *Alternaria dauci*.

Cepas de *Bacillus firmus* redujeron de manera significativa el crecimiento de *Phytophthora capsici*; inhibiendo el crecimiento del patógeno entre 34 y 41% (Lagunas *et al.*, 2001). Orberá *et al.* (2009) inoculo cepas de bacilos gram positivos formadoras de endosporas sobre *Fusarium oxysporum* alcanzando un 72.22% de inhibición.

Cepas antagónicas de *Bacillus* spp. fueron confrontadas *in vitro* contra grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* (GA-1 y GA-6), encontrándose rangos de inhibición de 43 a 86% (García, 2002). Cepas de *Bacillus* spp. fueron confrontadas contra *Fusarium solani*, determinándose una inhibición de 56 a 86%; mientras que *Rhizoctonia solani* fue inhibido de 69 a 91% por *Bacillus amyloliquefaciens* (Calvo *et al.*, 2010).

Aislados de *Bacillus* spp. contra *Rhizoctonia solani*. mostraron una inhibición del 30 a 40% (Hernández *et al.*, 2008). Cepas de *Bacillus* fueron confrontadas *in vitro* contra hongos patógenos, *Phytophthora capsici* fue inhibido 40%, *Rhizoctonia solani* 38% y *Fusarium oxysporum* 31% (De la Garza, 2004).

Benítez *et al.* (2007) reporta que *Bacillus brevis* mostro efecto antagónico *in vitro* contra *Sclerotinia sclerotiorum* con un 83% de inhibición, mientras que *Botrytis cinerea* mostro una inhibición de 87%. Cepas de *B. subtilis* mostraron inhibición del

69, 27 y 75% contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotium rolfsii*, respectivamente (Paredes *et al.*, 2009).

Mojica *et al.* (2009) reportan que cepas de *B. thuringiensis* producen inhibición de crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* (66%) además de una reducción en la tasa de crecimiento micelial de 3,98 a 0,6 cm/día. Así como 28 y 26% de inhibición contra *Phytophthora capsici* aunado a una reducción en la tasa de crecimiento de entre 2,86 a 1,26 cm/día. De igual manera el crecimiento de *Fusarium oxysporum* es inhibido en un 43%, con una reducción en la tasa de crecimiento de 0,52 a 0,10 cm/día. Cepas de *Bacillus subtilis* inducen 67% de inhibición en *Fusarium solani*, de 30 a 50% para *Fusarium sporotrichois* y para *Fusarium oxysporum* un 50% de inhibición (Villa *et al.*, 2007).

Ros *et al.* (2008) reporta que cepas del *Bacillus* mostraron actividad antagónica frente a *Phytophthora nicotianae* con 80% y 90% de inhibición micelial. Muñoz *et al.* (2001) combinó métodos de control, utilizando encalado + *B. subtilis* y solarizado + *Bacillus* sp. encontrando 100% de protección contra la enfermedad costra negra de la papa.

De igual manera cepas de *Bacillus amyloliquefaciens* inhiben el crecimiento micelial *Sclerotinia sclerotiorum* (Fernando *et al.*, 2007). *Bacillus subtilis* inhibe el crecimiento micelial de *P. capsici*, *F. oxysporum* y *R. solani* (Castañeda, 2001), al igual que *B. thuringiensis* y *Bacillus cereus* (Shahnaz *et al.*, 2010).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

### Muestreo de Suelo de la Rizosfera de Especies Vegetales

Se recolectaron muestras de suelo de la rizosfera de diversas plantas del semidesierto Chihuahuense a 7 km al sur de la Universidad localizada bajo las coordenadas (25°21'28.37'' N y 101°02'50.30'' W a 1777 msnm y 25°18'48.03'' N y 101°04'58.29'' W a 1889 msnm) (Figura 1).



Figura 1.- Mapa de ubicación del lugar de muestreo de las cepas aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense.

La rizosfera de las especies muestreadas se muestran en el Cuadro 2. Para ello se tomaron cuatro muestras de 500 gr de suelo por cada una de las seis especies vegetales (24 muestras), las cuales se depositaron en bolsas de plástico etiquetadas y se trasladaron al laboratorio de Fitopatología de la Universidad donde se mantuvieron en refrigeración a 5° C.

Tabla 2.- Especies vegetales muestreadas del semidesierto Chihuahuense.

<b>Especie Vegetal</b>
Gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> )
Lechuguilla ( <i>Agave lechuguilla</i> )
Maguey ( <i>Agave</i> spp.)
Mezquite ( <i>Prosopis glandulosa</i> )
Nopal ( <i>Opuntia</i> sp.)
Yuca ( <i>Yucca filifera</i> )

### **Aislamiento de Bacterias Antagonistas**

Para realizar el aislamiento de bacterias esporuladas se tomo 0.1 gr de suelo y raíces de cada una de las muestras y se colocó en tubos de ensaye que contenían 5 ml de agua destilada estéril. Enseguida, los tubos se agitaron por 1 min en un agitador Vórtex y se colocaron a baño maría a  $71 \pm 2$  °C por 15 min; transcurrido el tiempo se dejaron enfriar y de cada tubo de ensaye se tomaron 300 µl de la suspensión con una micropipeta, los cuales se depositaron y dispersaron con la ayuda de una varilla de vidrio en cajas Petri con Papa Dextrosa Agar (PDA), y se incubaron a  $26 \text{ °C} \pm 2 \text{ °C}$  por 12 h.

### **Purificación**

Cada aislamiento se purificó por medio del método de siembra en estría simple y se incubó a 26 °C por 48 h, transcurrido este periodo de incubación se



seleccionaron aquellas colonias del último cuadrante para transferirlas con un asa bacteriológica estéril a otra caja Petri con PDA, después de realizar las siembras, las cajas Petri fueron selladas con kleen pack, codificadas e incubadas a 26 °C por 48 h. Al término de la incubación se conservó la colección de cepas en refrigeración a una temperatura de 5 °C. Para el incremento de las cepas bacterianas de colección, con la ayuda de un asa microbiológica se tomo una asada y se transfirieron a tres cajas Petri con KB, incubándolas nuevamente.

### **Preselección**

Una vez que se purificaron las cepas bacterianas, se procedió a realizar pruebas rápidas de inhibición, confrontando cepas bacterianas de *Bacillus* contra *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*; para lo cual se colocó un explante del fitopatógeno, previamente sembrado en medio de cultivo PDA a 26 °C en cada una de las cajas Petri, para observar la inhibición de las colonias bacterianas, con la finalidad de seleccionar solamente las que presentaron mayor inhibición de los fitopatógenos.

### **Selección**

Las colonias seleccionadas se transfirieron a cajas Petri con medio de cultivo PDA, incubándose a 26 °C por 48 h, posteriormente se procedió a la segunda prueba de antagonismo. Este bioensayo consistió en colocar al centro de una caja Petri con PDA un explante de 0.45 cm de diámetro de crecimiento activo de cada uno de los fitopatógenos empleados en este trabajo (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*), y en cada punto cardinal una asada de cada aislado, evaluando cuatro cepas por placa, incubándose a 26 °C por 48 h. Además se utilizó una cepa de *Bacillus* spp. de referencia (BCC1) que pertenece a los *Bacillus* de colección del laboratorio de Fitopatología, de esta Universidad.

### **Obtención de los Hongos Fitopatógenos**

Los hongos Fitopatógenos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotium* empleados en esta investigación fueron proporcionados de la

colección del laboratorio de Fitopatología, del Departamento de Parasitología Agrícola de esta Universidad.

### **Determinación del Antagonismo *in vitro***

Solo se seleccionaron las cepas que presentaron la mayor inhibición del crecimiento micelial de los tres fitopatógenos. La determinación de antagonismo se realizo por confrontación con cada una de las cepas bacterianas contra *R. solani*, *F. oxysporum* y *S. sclerotiorum* bajo el procedimiento descrito anteriormente, con la diferencia de que la misma bacteria se sembró en los cuatro puntos cardinales de la caja Petri con PDA a una distancia de 2.5 cm del margen. Se utilizo la cepa BCC1 como testigo control y placas individuales de cada fitopatógeno sin antagonista como testigo absoluto y se incubo a 27 °C. Se realizaron lecturas del crecimiento radial del micelio del hongo con ayuda de un vernier cada 24 h hasta que el testigo absoluto lleno con su crecimiento micelial la placa del cultivo. El valor obtenido del crecimiento micelial se transformó en porcentaje de inhibición considerando el crecimiento del testigo como el 100%.

$$PI = [(C-T)/C] * 100$$

Donde:

PI = inhibición del crecimiento del hongo.

C = diámetro del crecimiento micelial del hongo (cm).

T = crecimiento radial del hongo bajo tratamiento.

Los resultados se analizaron bajo un diseño completamente al azar con 19 tratamientos y tres repeticiones, y los datos de porcentaje de inhibición se transformaron por la formula de Arc Sen  $\sqrt{x+1/100}$ . Se realizo un análisis de varianza (ANVA), la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey, paquete estadístico S.A.S. 0.9.

## **Efecto Biológico de Bacterias Antagonistas en el Desarrollo de Plántulas de Tomate**

### **Producción de plántulas de tomate**

Se utilizaron semillas de tomate Saladette var. Mezcal (Lote J 79040) sembradas en charolas de 338 cavidades de 18 cm<sup>3</sup> (2×2×4.5 cm), desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 5%, en sustrato peatmoss, esterilizado en autoclave. Las charolas se colocaron en invernadero a una temperatura promedio de 30°C. Las plantas se regaron cada tercer día con una regadera manual. El trasplante se realizó a los 35 días después de la siembra en vasos térmicos desechables de 12 onzas de capacidad, en sustrato compuesto de peatmoss y vermiculita (50:25) esterilizado. Se perforó la base de los vasos para drenar el exceso de agua.

### **Obtención de inóculo bacteriano**

Se seleccionaron 6 cepas con actividad inhibitoria *in vitro* contra *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*; las cuales fueron incrementadas en medio de cultivo King de B (KB) a 26°C por 24 h. Al transcurrir el tiempo se le agregó agua destilada estéril y se realizó un raspado del crecimiento con la ayuda de una asa de vidrio esterilizada; la suspensión bacteriana de cada una de las cepas fue colocada en tubos de ensayo estériles de 25 ml realizando un conteo de esporas con una cámara de Neubauer, posteriormente se ajustaron las concentraciones a  $1 \times 10^8$  unidades formadoras de colonia (ufc)/ml, obteniendo 200 ml de la solución con ayuda de la fórmula  $C_1V_1=C_2V_2$ . Como testigo químico se utilizó el fungicida tiabendazol: 2 – (4-Tiazolil) –1 H– benzimidazol (equivalente a 600 gr. de i. a. / kg.); la suspensión utilizada fue de 0.2 gr. para 200 ml.

### **Inóculo de fitopatógenos**

Los hongos fitopatógenos *R. solani* y *F. oxysporum* se incrementaron colocando al centro de las cajas Petri con PDA, un explante de crecimiento micelial de 5 mm tomando del margen de crecimiento del patógeno y se incubó a 26°C durante 5 días. Por otra parte se procedió a remojar en matraces de 1000 ml con

agua esterilizada 300 ml de grano de trigo por 24 h, al cabo de ese tiempo, los matraces se escurrieron y el trigo se esterilizó a 15 lb de presión por 1 h, el trigo después de enfriarse, se le agregó 40 ml de caldo nutritivo, previamente esterilizado. Posteriormente se efectuó la inoculación en cada matraz depositando 20 discos de 5 mm de diámetro de cada cepa del hongo. En seguida los matraces se incubaron por 16 días a 26°C, para permitir la colonización de los granos de trigo.

Cada planta fue inoculada al momento del trasplante con las bacterias antagonistas por inmersión de la raíz por un lapso de tres minutos; de igual manera se realizó para el tratamiento químico. Se trasplantaron dos plantas por maceta, 18 días después del trasplante se hizo una segunda inoculación con 1000 µl de la suspensión bacteriana correspondiente a una concentración de  $1 \times 10^8$ , dirigida al cuello de la planta. La inoculación de los fitopatógenos se realizó al momento del trasplante colocando a la mitad y en la superficie de la maceta 10 semillas de trigo infestadas por el hongo, posteriormente se colocó la planta de tomate de tal manera que las raíces tocaran las semillas, a los 14 días se realizó una segunda inoculación agregándole 5 semillas de trigo infestado. Las macetas se colocaron en una cámara de incubación del departamento de Parasitología, manteniendo una temperatura de  $20 \pm 0^\circ\text{C}$  y fotoperiodo de 12 h luz-oscuridad, cada maceta fue regada a intervalos de 4 días.

### **Parámetros evaluados**

Se extrajo la planta completa de la maceta lavándose tallo y raíces, las partes se etiquetaron y se dejaron ventilar para proceder a evaluar las variables agronómicas: altura de la planta, peso fresco de la planta, peso fresco de la raíz, longitud de la raíz, peso seco de la planta y peso seco de raíz. Los resultados fueron comparados con el testigo y tratamiento químico, analizados bajo un diseño completamente al azar con 9 tratamientos y 9 repeticiones, los datos obtenidos se transformaron por la fórmula de  $\text{Arc Sen } \sqrt{x+1/100}$ . Se realizó un análisis de varianza (ANVA), la comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Duncan ( $p = 0.01$ ), paquete estadístico S.A.S. 0.9.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Aislamiento, Preselección y Caracterización de Cepas Bacterianas Aisladas de Rizosfera de Plantas del Semidesierto Chihuahuense

Del total de muestras obtenidas de la rizosfera de plantas (Tabla 3), se aislaron 96 cepas bacterianas esporuladas del género *Bacillus* spp. Estas cepas fueron sometidas a una prueba rápida de antagonismo, donde se observó buen efecto de inhibición micelial sobre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*, seleccionando solo 15 cepas para llevar a cabo una segunda prueba de antagonismo (Tabla 4).

Las cepas obtenidas se consideraron del genero *Bacillus* por presentar una forma de tipo bacilo, ser tinción de Gram positiva y por la formación de endosporas (Figura 2), tal como lo señala Sosa *et al.* (2006) para 626 aislados de muestras del suelo, rizosfera y otros hábitats.

Tabla 3.- Cepas de *Bacillus* aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, con efecto antagónico sobre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

Espece vegetal	Cepas aisladas
Gobernadora ( <i>Larrea tridentata</i> )	6
Lechuguilla ( <i>Agave lechuguilla</i> )	4
Maguey ( <i>Agave spp.</i> )	1
Mezquite ( <i>Prosopis glandulosa</i> )	1
Nopal ( <i>Opuntia sp.</i> )	1
Yuca ( <i>Yucca filifera</i> )	2

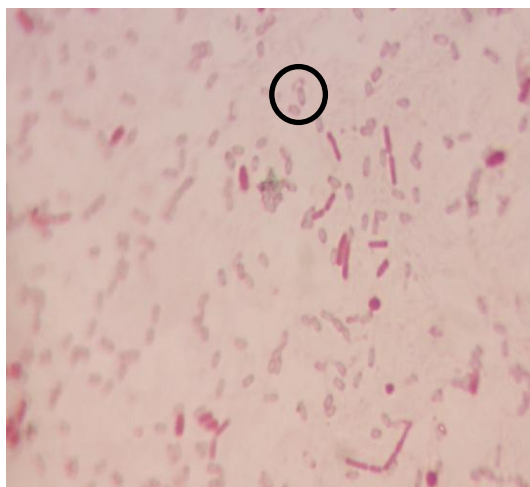


Figura 2.- Tinción de endosporas de bacterias del genero *Bacillus*.

Tabla 4.- Clave de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense.

Origen	Nº de cepa	Clave de bacteria
Gobernadora	1	BG1
Gobernadora	2	BG2
Gobernadora	3	BG3
Gobernadora	4	BG4
Gobernadora	5	BG5
Gobernadora	6	BG6
Lechuguilla	1	BL1
Lechuguilla	2	BL2
Lechuguilla	3	BL3
Lechuguilla	4	BL4
Maguey	1	BMA
Mezquite	1	BME
Nopal	1	BN
Yuca	1	BY1
Yuca	2	BY2
Ceparío-Parasitología	1	BCC1

### Efecto de *Bacillus* en la Inhibición Micelial de *Rhizoctonia solani* *in vitro*

Todas las cepas de *Bacillus* spp. mostraron efecto antagónico *in vitro* frente al hongo fitopatógeno *R. solani*. El porcentaje de inhibición varió de 0 en el testigo hasta un 67.3% en la cepa BG5 (Tabla 5). El análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 2 del apéndice). La prueba de Tukey indica que las cepas BG5, BG4, BN, BME, BG1, BG2, BG3 y BL3 son estadísticamente similares en los mayores porcentajes en la inhibición micelial del hongo; inclusive BG5, BG4, BN, BME y BG1 se compararon estadísticamente mejor que la cepa de referencia BCC1 considerada con buen efecto antagonista. Mientras que las cepas BY2 y BY1 fueron estadísticamente similares con el menor porcentaje de inhibición.

En la Figura 3 se observa que la cepa que presenta mayor inhibición corresponde a la obtenida de la rizosfera de gobernadora, comparada con la de yuca.

Los porcentajes obtenidos de la inhibición del crecimiento de *R. solani* en nuestro ensayo son inferiores a los obtenidos por Reynoso *et al.* (2007), Calvo *et al.* (2010) y García (2002), quienes encontraron un, 100, 91 y 85.7% de inhibición contra este hongo, utilizando cepas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus* spp. respectivamente, e inferiores a los de Mojica *et al.* (2009) quienes alcanzaron un 67% utilizando *Bacillus thuringiensis* y Paredes *et al.* (2009) reportan 69% de inhibición de *Bacillus subtilis* en el mismo hongo.

Los resultados aquí obtenidos son superiores en el porcentaje de inhibición a los reportados por Rodríguez (2002) que utilizando *Bacillus subtilis* inhibió el crecimiento micelial de *R. solani* en un 62%. De igual manera Reynoso (2007) utilizando *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformes* obtuvo solo un 50% de inhibición. Mientras que Hernández *et al.* (2008) obtuvieron 40.4%, por su parte, De la Garza (2004) encontró solamente 38% utilizando *Bacillus* spp.

Tabla 5.- Efecto antagónico de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de *Rhizoctonia solani*.

Tratamiento	Inhibición (%)	Grupo Tukey
BG5	67.3	A*
BG4	63.7	AB
BN	63.0	AB
BME	61.7	ABC
BG1	61.2	ABCD
BG2	59.4	ABCDE
BG3	58.3	ABCDEF
BL3	57.2	ABCDEF
BMA	57.0	BCDEF
BG6	56.8	BCDEF
BL4	51.8	CDEF
BL2	51.3	DEFG
BCC1	49.4	EFGH
BL1	48.2	FGH
BY2	41.6	GH
BY1	40.8	H
Testigo	0.0	I

\*Valores con la misma letra son estadísticamente similares según Tukey ( $p= 0.05$ ).

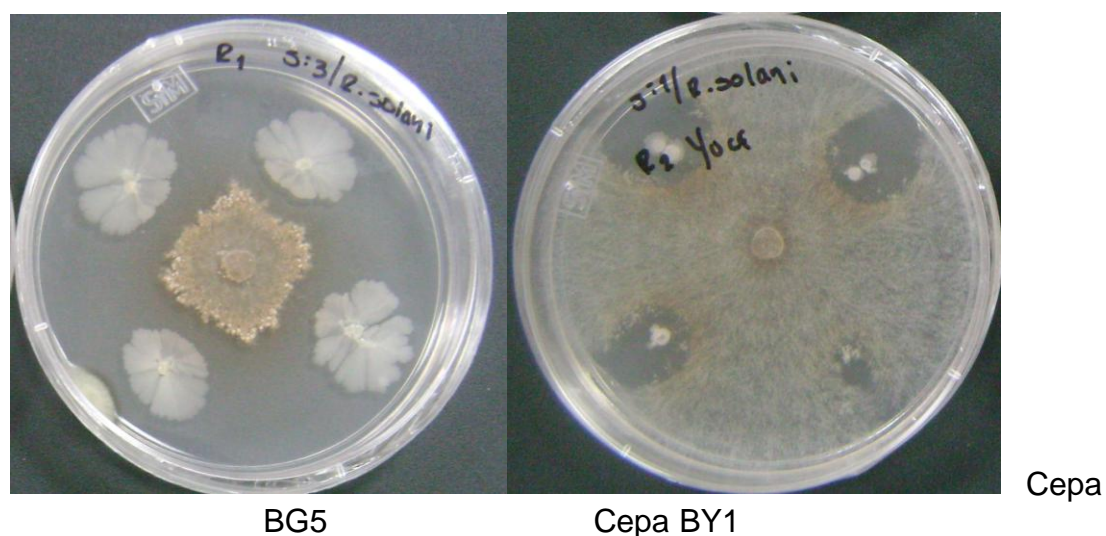


Figura 3. Inhibición micelial *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani*.



### **Efecto de *Bacillus* en la Inhibición Micelial de *Fusarium oxysporum* *in vitro***

Todas las cepas de *Bacillus* spp. mostraron efecto antagónico *in vitro* frente al hongo fitopatógeno *F. oxysporum*. El porcentaje de inhibición varió de 0 en el testigo hasta un 47.6% en la cepa BMA (Tabla 6). El análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 4 del apéndice). La prueba de Tukey indica que las cepas BMA, BCC1, BG2 y BL3 resultaron ser estadísticamente similares con los mayores porcentajes en la inhibición micelial.

Las cepas que indujeron la mayor inhibición no mostraron uniformidad en cuanto a su hábitat, ya que son aisladas de la rizosfera de plantas de maguey, gobernadora y lechuguilla. De igual manera que en *R. solani* las cepas aisladas de yuca fueron quienes presentaron la menor inhibición. En la Figura 4 podemos observar el efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de *F. oxysporum* por las cepas aisladas de la rizosfera de maguey e yuca.

Nuestros resultados presentan una inhibición inferior a lo reportado por Calvo (2010) quien utilizando *Bacillus* spp. alcanzó un 86% de inhibición de *Fusarium solani* y similares a los de Villa *et al.* (2007) con *Bacillus subtilis* y un 50% de inhibición en el mismo hongo. Por su parte Mojica *et al.* (2009) utilizando *Bacillus thuringiensis* obtuvo 43% de inhibición contra *F. oxysporum*. De la Garza (2004) quien utilizó cepas de *Bacillus subtilis* obtuvo una inhibición del 31% contra *Fusarium oxysporum*, mientras que Paredes *et al.* (2009) reporta el 27.3% de inhibición.

Tabla 6.- Efecto antagónico *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de *Fusarium oxysporum*.

Tratamiento	Inhibición (%)	Grupo Tukey
BMA	47.6	A*
BCC1	45.0	AB
BG2	43.0	ABC
BL3	42.8	ABCD
BME	41.4	BCDE
BG1	41.2	BCDE
BG3	40.9	BCDE
BL1	38.1	CDEF
BG6	37.9	CDEF
BL4	37.0	DEF
BN	36.1	EF
BG5	34.6	FG
BG4	33.4	FG
BL2	33.3	FG
BY2	32.7	FG
BY1	30.1	G
Testigo	0.0	H

\*Valores con la misma letra son similares estadísticamente según Tukey ( $p= 0.05$ ).



Cepa BMA

Cepa BY1

Figura 4. Inhibición micelial *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de *F. oxysporum*.

### **Efecto de *Bacillus* en la Inhibición Micelial de *Sclerotinia sclerotiorum* *in vitro***

Todas las cepas de *Bacillus* spp. mostraron efecto antagónico *in vitro* frente al hongo fitopatógeno *Sclerotinia sclerotiorum*. El porcentaje de inhibición varió de 0 en el testigo hasta un 82.4% por la cepa BL3 (Tabla 7). El análisis de varianza detectó diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 6 del apéndice). La prueba de Tukey indica que las cepas BL3, BG3, BG2, BL1, BG1, BL2 y BL4 resultaron ser estadísticamente similares en los mayores porcentajes en la inhibición micelial. Mientras que la cepa BY2 aislada de yuca fue la que presentó estadísticamente el menor porcentaje de inhibición.

Las cepas que indujeron mayor inhibición fueron aisladas de rizosfera de plantas de lechuguilla y gobernadora. La cepa aislada de yuca fue quien presentó menor inhibición (Figura 5).

Los resultados obtenidos en este bioensayo, son similares a los reportados por Benítez *et al.* (2007) ya que mencionan un porcentaje de inhibición de 82.8% con *Bacillus brevis*.

En general podemos citar que todas las cepas de *Bacillus* spp. estudiadas en estos bioensayos mostraron efecto antagónico contra los tres hongos fitopatógenos analizados, sin embargo ninguna de éstas coincidieron en el mayor efecto antagónico para los tres fitopatógenos.

Las cepas de *Bacillus* spp. con mejor resultado de inhibición micelial para los tres hongos fitopatógenos fueron extraídas de la rizosfera de gobernadora y lechuguilla (cepas BG2 y BG3). Mientras que las cepas que indujeron menor inhibición en los tres hongos fueron obtenidas de la rizosfera de yuca (BY1 y BY2).

Tabla 7.- Efecto antagónico *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense sobre la inhibición micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Tratamiento	Inhibición (%)	Grupo Tukey
BL3	82.4	A*
BG3	82.3	A
BG2	82.0	A
BL1	81.9	A
BG1	80.7	A
BL2	79.1	A
BL4	78.0	A
BME	70.8	B
BMA	70.3	B
BG4	67.0	BC
BY1	66.3	BC
BG6	65.1	CD
BN	64.1	CD
BCC1	61.6	D
BG5	60.6	D
BY2	55.1	E
Testigo	0.0	F

\*Valores con la misma letra son similares estadísticamente según Tukey ( $p= 0.05$ ).

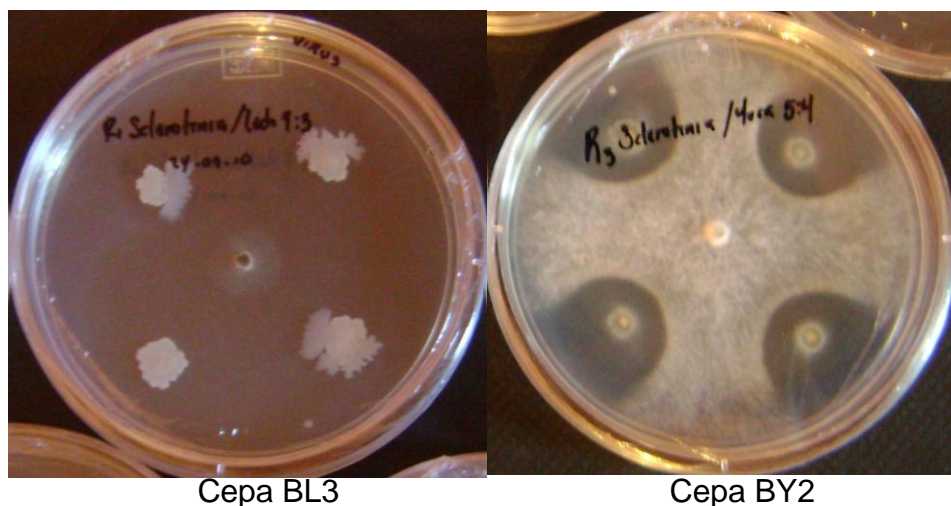


Figura 5. Inhibición micelial *in vitro* de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense, sobre el crecimiento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*.

**Crecimiento Radial Diario de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum* en Presencia de Cepas de *Bacillus* spp.**

Todas las cepas de *Bacillus* spp. limitaron el crecimiento de los tres fitopatógenos. Al analizar la Tasa de Crecimiento de *R. solani* a lo largo de los cinco días en presencia de las diferentes cepas, se observa que en presencia de la cepa BY1 se produce el mayor crecimiento del hongo (4.8 cm), con una Tasa de Crecimiento Radial Diario (TCRD) de 0.9 cm. Mientras que en presencia de la cepa BG5 *R. solani* mostro el menor crecimiento (2.7 cm), con una TCRD de 0.54 cm (Figura 6). Estos datos son inferiores a los obtenidos por Castillo *et al.* (2001), quienes obtuvieron un menor crecimiento de *R. solani* pero utilizando cepas de actinomicetos alcanzando una TCRD de 0.1 cm.

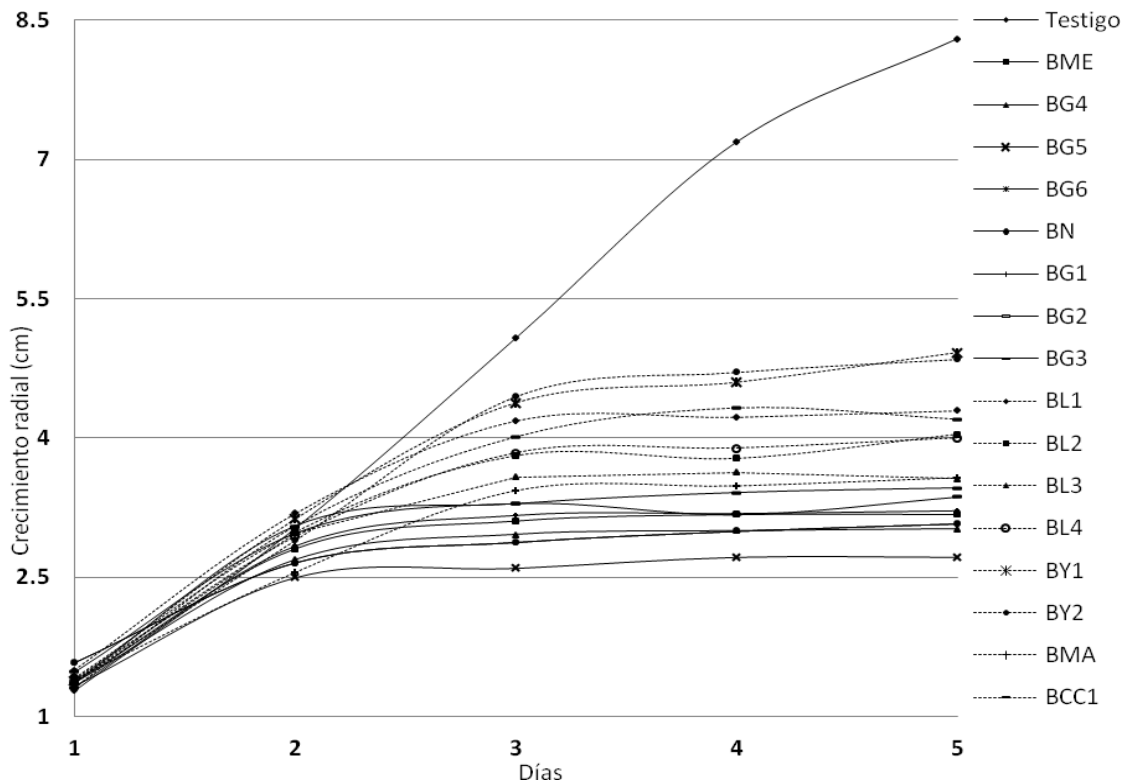


Figura 6.- Crecimiento radial diario *in vitro* de *Rhizoctonia solani* en presencia de cepas de *Bacillus* spp.

Para *F. oxysporum* el testigo midió 7 cm a los siete días de la evaluación, mientras que en presencia de las cepas bacterianas, se observó que el mayor crecimiento del hongo fue en presencia de la cepa BY1 (4.9 cm), con una TCRD de 0.7 cm (Figura 7). El menor crecimiento de *F. oxysporum* se obtuvo en presencia de la cepa BMA (3.67 cm), mostrando una TCRD de 0.52 cm.

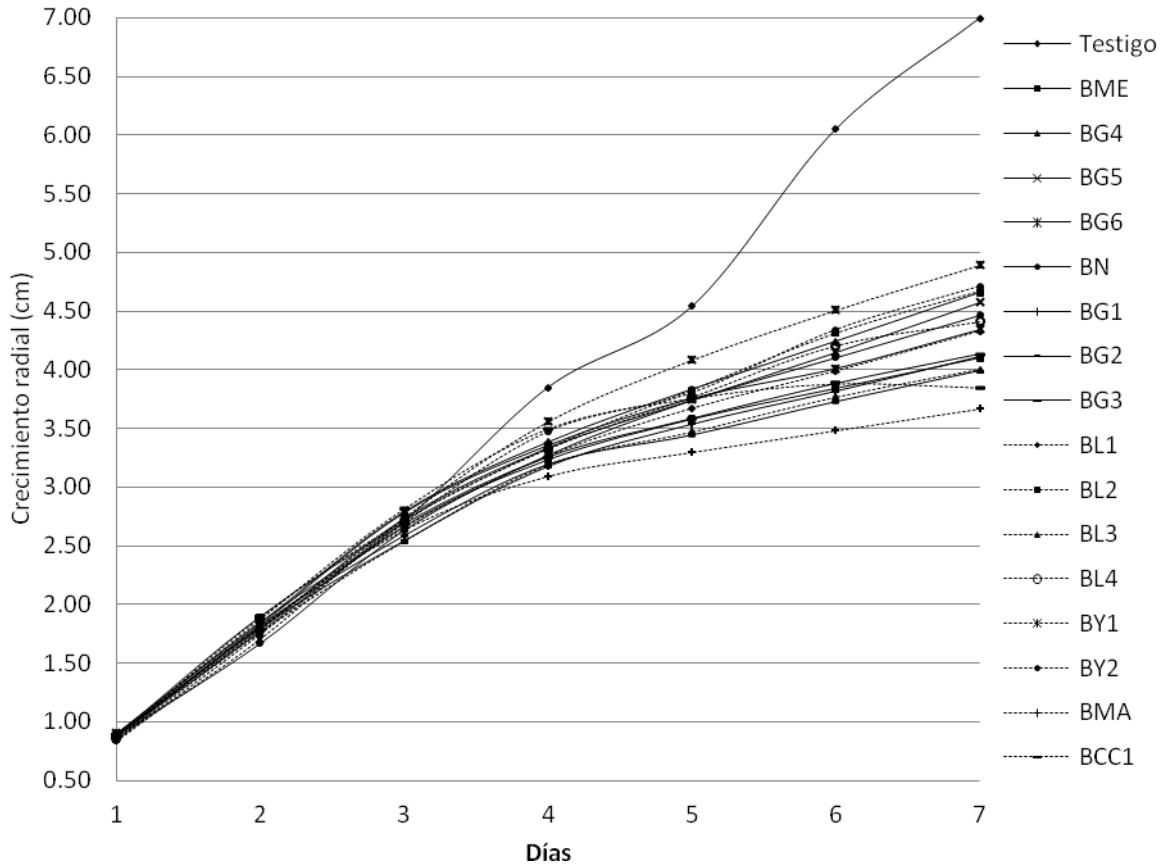


Figura 7.- Crecimiento radial diario *in vitro* de *Fusarium oxysporum* en presencia de cepas de *Bacillus* spp.

El crecimiento radial de *Sclerotinia sclerotiorum* (Figura 8) a los siete días fue de 8.3 cm, mientras que en presencia de las cepas de *Bacillus* su crecimiento se redujo drásticamente, obteniendo un crecimiento máximo de 3.8 cm en presencia de la cepa BY2, con una TCRD de 0.53 cm. Mientras que el menor crecimiento se obtuvo en presencia de la cepa BL3, con 1.46 cm y una TCRD de 0.21 cm, siendo inferior a la TCRD obtenido por Benítez *et al.* (2007), quienes para *Sclerotinia*

*sclerotiorum* reportan 0.01 cm con *B. brevis* y similar a la reportada para *Bacillus pumilis* con 0.21 cm y *Bacillus sphaericus* con 0.25 cm.

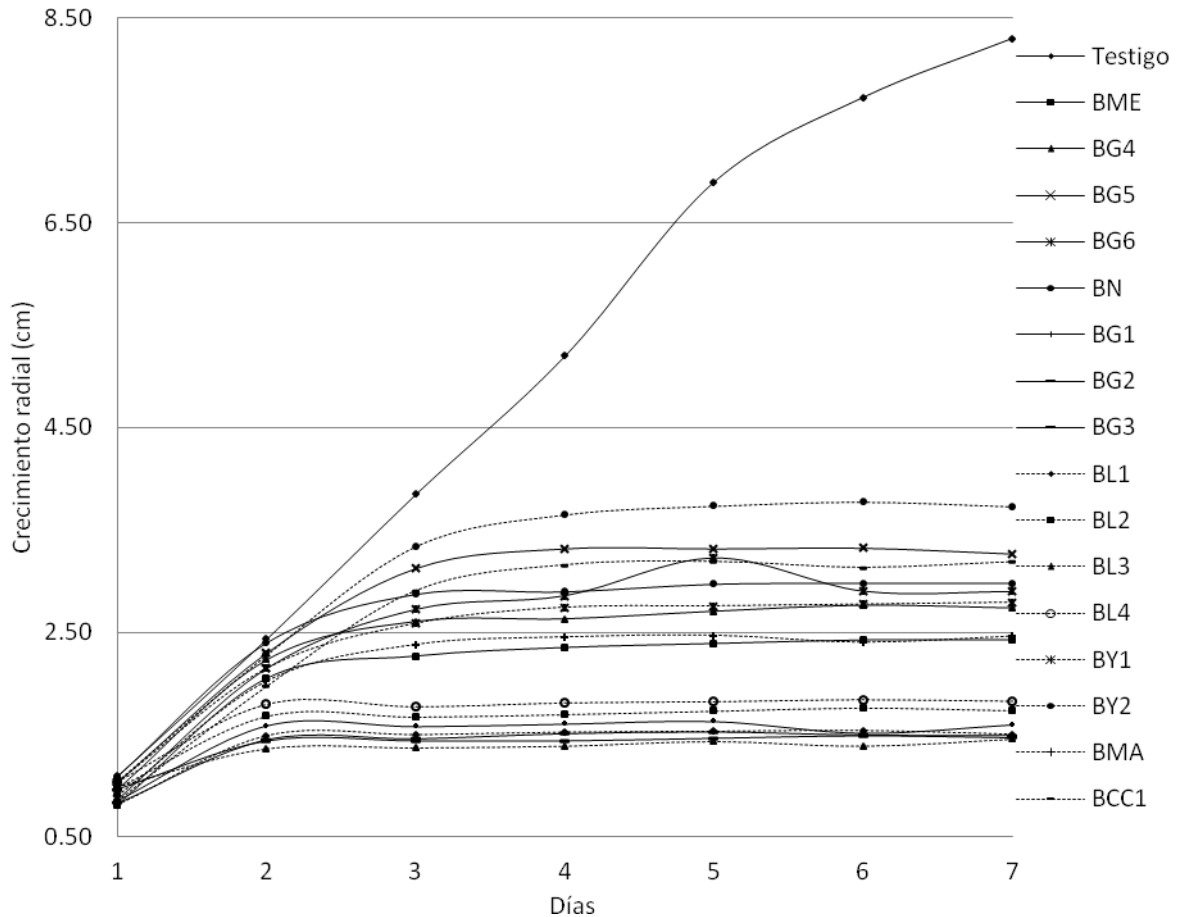


Figura 8.- Crecimiento radial diario *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* en presencia de cepas de *Bacillus* spp.

### Identificación de las Cepas de *Bacillus*

Siete de las cepas empleadas en este trabajo fueron identificadas en la Tesis Doctoral de Francisco Castillo Reyes, se determinó que cinco pertenecen a *Bacillus subtilis*, una a *Bacillus atrophaeus* y una *Bacillus pumilis*.

Al analizar el efecto de éstas bacterias en la inhibición de los fitopatógenos estudiados, se determina que en *R. solani* la bacteria *Bacillus subtilis* fue la que mayor inhibición obtuvo, alcanzando un máximo de 67.2% (Figura 9). Según Agrios (1995) algunas especies del género *Bacillus* spp. tales como *Bacillus subtilis*, *B.*

*pumilus*, *B. licheniformes* y *B. cereus* actúan como antagonicos frente a muchos microorganismos fitopatógenos

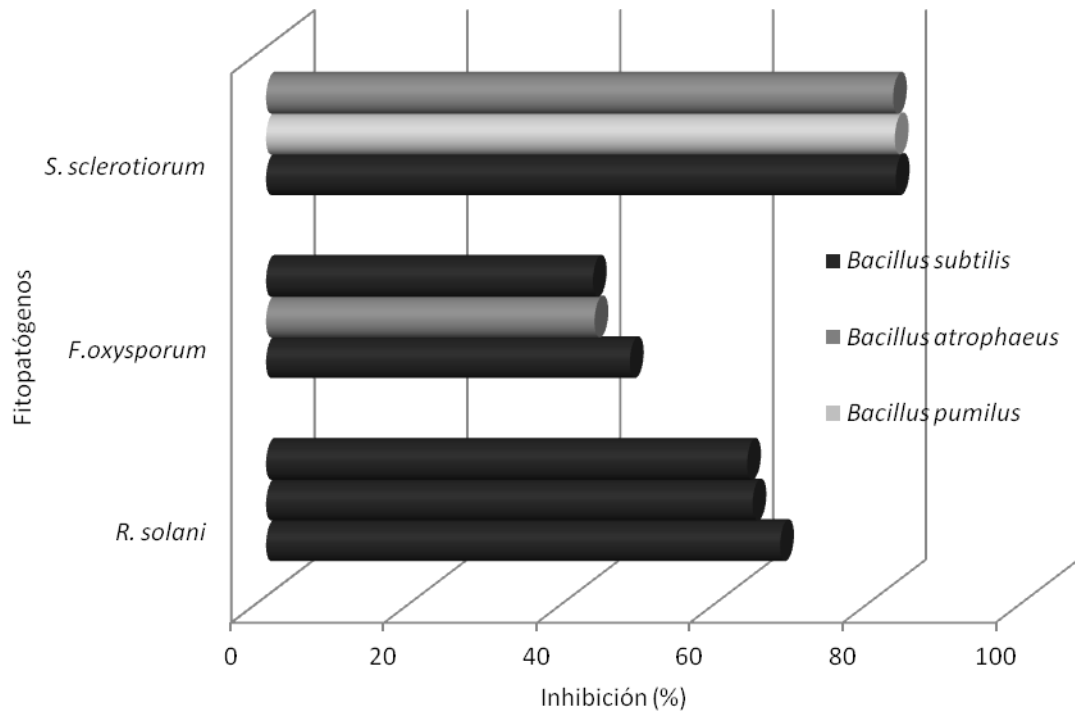


Figura 9.- Efecto de cepas identificadas de *Bacillus* spp. en la Inhibición micelial de *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

Con respecto a la inhibición de *Fusarium oxysporum* en la Figura 9 se representa la máxima inhibición alcanzada por *Bacillus subtilis* (47.2%), seguido de la BCC1 (44.9%) y *Bacillus atrophaeus* (42.9%).

De igual manera *Bacillus subtilis* fue quien inhibió mas a *Sclerotinia sclerotiorum* (82.3%), posteriormente de *Bacillus pumilus* y *Bacillus atrophaeus* (82.2 y 82% respectivamente).

*Bacillus subtilis* resulto ser quien alcanzo los mejores porcentajes de inhibición para los tres fitopatógenos. Al igual Castañeda (2001) obtuvo resultados alentadores al utilizar *B. subtilis*, ya que presentaron efecto antagonista hacia *F. oxysporum* y *R. solani*, al inhibir el crecimiento micelial de estos hongos.



Nuestros resultados demuestran que la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense alberga grandes cantidades de bacterias con potencial para inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos. Las bacterias del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades de las raíces (Larrea, 2001).

### **Efecto Biológico de *Bacillus* en Plantas de Tomate Inoculadas con *Rhizoctonia solani***

Se llevo a cabo una prueba *in vivo* utilizando seis cepas (BN, BG4, BCC1, BG2, BG5, BMA, BL3) contra los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, también se utilizo la cepa BCC1 de referencia, un tratamiento químico (TQ) y un testigo con el respectivo hongo, en plántulas de tomate.

La aplicación de cepas de *Bacillus* spp. y tratamiento químico no mostraron efecto sobre ninguna de las variables evaluadas (Tabla 8). La variable altura de la planta varió de 10.2 cm por la cepa BL3 a 12.4 cm en el testigo con *R. solani*. El análisis de varianza no detecto diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 9 del apéndice). Estos resultados difieren con los de García (2008) al encontrar incrementos en la altura de planta al aplicar el producto comercial a base de *Bacillus subtilis*, en una concentración de 5 ml/l en el cultivo de papa.

La aplicación de cepas de *Bacillus* spp. y TQ no mostraron efecto sobre la variable agronómica peso fresco de la planta (PFP), en la cual varió de 1.07 g en el testigo a 1.77 g en la cepa BN. El análisis de varianza no detecto diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 12 del apéndice). A pesar de lo anterior se observa un incremento del 65.4% en el PFP con la cepa de *Bacillus* aislada de la rizosfera de nopal, seguidas de gobernadora con 54.2% de incremento en el peso. Rodríguez (2002) utilizando cepas de *Bacillus subtilis* en *R. solani* también obtuvo aumentos en Peso Fresco.

Los tratamientos con las cepas de *Bacillus* spp. y TQ no mostraron efecto sobre la variable agronómica peso fresco de la raíz (PFR), la cual varió de 0.45 g en la cepa BG4 a 2.46 g en la cepa BMA. El análisis de varianza no detecto diferencias

significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 15 del apéndice). La cepa BMA, aislada de la rizosfera de maguey incremento mayor PFR, alcanzando un 284.3% más que el testigo con *R. solani*.

Tabla 8.- Efecto de cepas de *Bacillus spp.* aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense en el desarrollo de plántulas de tomate inoculadas con *Rhizoctonia solani*.

Cepa	Altura	P. Fresco Planta	P. Fresco Raíz	Longitud Raíz	P. Seco Planta	P. Seco Raíz
BN	12.1 A*	1.77 A	1.04 A	10.0 A	0.14 A	0.07 A
BG4	11.1 A	1.65 A	0.45 A	11.9 A	0.14 A	0.04 A
BCC1	10.4 A	1.28 A	0.98 A	10.9 A	0.14 A	0.04 A
TQ	11.9 A	1.58 A	0.89 A	9.5 A	0.13 A	0.06 A
BG2	12.0 A	1.46 A	0.73 A	9.5 A	0.13 A	0.06 A
BG5	12.0 A	1.50 A	0.86 A	10.7 A	0.13 A	0.06 A
BMA	11.0 A	1.39 A	2.46 A	11.1 A	0.20 A	0.09 A
BL3	10.2 A	1.47 A	0.78 A	10.4 A	0.13 A	0.05 A
R.s.	12.4 A	1.07 A	0.64 A	8.2 A	0.15 A	0.05 A

\*Valores con la misma letra son estadísticamente similares según Duncan ( $p = 0.01$ ); P.= Peso; R.s.: *Rhizoctonia solani*.

Los tratamientos con las cepas de *Bacillus spp.* y TQ no mostraron efecto sobre las variable agronómica longitud de la raíz (LR) la cual varió de 8.2 cm en el testigo *R. solani* a 11.9 cm en la cepa BG4. El análisis de varianza no detecto diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 18 del apéndice). La cepa BG4 aislada de la rizosfera de gobernadora, induce la mayor LR con un 45.1%.

Las cepas de *Bacillus spp.* y TQ no mostraron efecto sobre la variable agronómica peso seco de la planta (PSP), la cual varió de 0.13 g en cepas BG2, BG5, BL3 y TQ a 0.20 g en la cepa BMA. El análisis de varianza no detecto diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 21 del apéndice). La cepa que indujo el mayor PSP fue la obtenida de la rizosfera de maguey con un 33.3% de incremento. Rodríguez (2002) obtuvo aumentos en el Peso Seco de la Planta utilizando *Bacillus spp.* contra *R. solani*.

Las cepas de *Bacillus* spp. y TQ no mostraron efecto sobre la variable agronómica peso seco de la raíz (PSR), la cual varió de 0.04 g en cepas BG4 y BCC1 a 0.09 g en la cepa BMA. El análisis de varianza no detectó diferencias altamente significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (cuadro 24 del apéndice). La cepa aislada de la rizosfera de maguey BMA, incrementa un mayor PSR en un 80%.

En las variables PFP, PFR, LR y PSR se observaron aumentos, las variables que disminuyeron fueron AP y PSP. Tanto la cepa BCC1 como la BL3 presentaron una disminución del 50% de las variables, siendo la cepa BG4 la que mostro la mayor tendencia en reducir las variables citadas (66.6%). De igual manera se observo que el TQ indujo una reducción en solo dos de las variables (AP y PSP). En contraste la cepa BN indujo un incremento en 75% de las variables (remarcando que disminuyo la altura y ligeramente el PSP). La mejor cepa en este estudio fue la BMA, quien solo mostro una ligera reducción en una de las variables en estudio (AP), es decir que el 83% de dichas variables se vieron favorecidas con la interacción *Bacillus subtilis*-Planta.

### **Efecto Biológico de *Bacillus* spp. en Plantas de Tomate Inoculadas con *Fusarium oxysporum***

Las cepas de *Bacillus* spp. y TQ mostraron efecto sobre las variables agronómicas evaluadas altura de la planta, peso fresco de la planta, peso fresco de raíz y longitud de la raíz (Tabla 9). La variable altura de la planta (AP) varió de 11.5 cm con el TQ a 16.7 cm en la cepa BG5. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 27 del apéndice). La prueba de Duncan indica que las cepas BN, BG4, BCC1, BG2, BG5 y BMA son estadísticamente iguales al inducir el mayor crecimiento de la planta. El mayor incremento se obtiene con la cepa BG5, aislada de la rizosfera de maguey, en un 28.4%. Al respecto Lillo (2006) difiere con los resultados aquí obtenidos al encontrar incrementos de solamente 7.9% en la altura de la planta de melón, al realizar aplicaciones de biocontroladores de *Bacillus* spp. (a una concentración de  $10^8$  UFC/ml) en el cultivo.

Todos los tratamientos mostraron efecto sobre la variable agronómica peso fresco de planta (PFP), la cual varió de 1.42 g en el TQ a 3.19 g en la cepa BG5. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 30 del apéndice). La prueba de Duncan indica que la cepa BN, BG4, BCC1, BG2, BG5, BMA y testigo con *F. oxysporum* estadísticamente fueron las mejores. La cepa BL3, al igual que el TQ son los que menor PFP indujeron. El mayor incremento de PFP alcanza un 67% que corresponde a la cepa BG5 aislada de gobernadora.

Todos los tratamientos mostraron efecto sobre la variable agronómica peso fresco de raíz (PFR), la cual varió de 0.40 g en la cepa BL3 y TQ a 1.12 g en la cepa BG5. El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 33 del apéndice). La prueba de Duncan indica que la cepa BG5 estadísticamente fue la mejor al incrementar el mayor PFR en un 8.7%.

Todos los tratamientos mostraron efecto sobre la variable agronómica longitud de raíz (LR), la cual varió de 8.5 cm en el TQ a 15.2 cm en la cepa BN. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 36 del apéndice). La prueba de Duncan indica que las cepas BN, aislada de nopal estadísticamente fue la mejor al incrementar la mayor LR en un 16.9%. Lagunas *et al.* (2001) reportan que *Bacillus firmus* incremento de 87.5 y 84% en volumen radical y peso seco de la planta de jitomate cv Río Grande.

Todos los tratamientos no mostraron efecto sobre la variable peso seco de planta (PSP) la cual varió de 0.13 g en la cepa BL3 a 0.22 g en el testigo *F. oxysporum* y la cepa BN. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 39 del apéndice).

Todos los tratamientos no mostraron efecto sobre la variable peso seco de raíz (PSR) la cual varió de 0.03 g en el TQ y la cepa BL3 a 0.09 g en la cepa BCC1. El análisis de varianza no detectó diferencias significativas ( $p= 0.01$ ) entre tratamientos (Tabla 42 del apéndice). La cepa BCC1 y BMA alcanzaron un incremento similar en el PSR al del testigo con *F. oxysporum*.

Tabla 9.- Efecto de cepas de *Bacillus spp.* aisladas de la rizosfera de plantas del semidesierto Chihuahuense en el desarrollo de plántulas de tomate inoculadas con *Fusarium oxysporum*.

Cepa	Altura	P. Fresco Planta	P. Fresco Raíz	Longitud Raíz	P. Seco Planta	P. Seco Raíz
BN	16.5 A*	2.94 AB	0.80 AB	15.2 A	0.22 A	0.05 A
BG4	15.0 AB	2.12 AB	0.57 B	10.7 AB	0.17 A	0.04 A
BCC1	15.1 AB	2.69 AB	0.84 AB	12.8 AB	0.20 A	0.09 A
TQ	11.5 C	1.42 B	0.40 B	8.5 B	0.16 A	0.03 A
BG2	14.6 ABC	2.10 AB	0.62 AB	11.3 AB	0.17 A	0.04 A
BG5	16.7 A	3.19 A	1.12 A	12.9 AB	0.19 A	0.07 A
BMA	16.0 AB	2.81 AB	0.98 AB	14.0 AB	0.17 A	0.09 A
BL3	11.8 C	1.47 B	0.40 B	9.8 AB	0.13 A	0.03 A
<i>F.o.</i>	13.0 BC	1.91 AB	1.03 AB	13.0 AB	0.22 A	0.09 A

\*Valores con la misma letra son estadísticamente similares según Duncan ( $p = 0.01$ ); P.= Peso; *F.o.*: *Fusarium oxysporum*.

El comportamiento de los tratamientos de forma integral respecto a las variables evaluadas, se obtuvo que la cepa BG5 indujo el mayor crecimiento en tres de las variables (AP, PFP, PFR), respecto al testigo, de igual manera ésta cepa indujo decrementos para el resto de las variables, las cepas BMA y BN obtuvieron aumentos considerables en la mayoría de las variables, el TQ y la cepa BL3 fueron quienes produjeron una mayor reducción en todas las variables. Las cepas BN, BG4, BG2, BMA y BCC1 tuvieron un comportamiento similar.

En lo que respecta a los dos hongos los resultados fueron contrastantes ya que para el hongo *F. oxysporum* la cepa BG5 fue la que mostro mejores resultados, mientras que para *R. solani* la misma cepa indujo una reducción en la mitad de las variables. La cepa BMA fue la que mostro mejores resultados en el hongo *R. solani*, en *F. oxysporum* indujo aumentos considerables en tres de las variables. La cepa BCC1 obtuvo un comportamiento medio al inducir ligeros incrementos y decrementos en las variables. Guillen *et al.*, (2006) realizo aplicaciones de *Bacillus* a cultivo de chile en un suelo infestado por *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonina, incrementaron la altura de la planta en un 20%.

De la Garza (2004) evaluó cepas de *Bacillus*, obteniendo incrementos en los parámetros evaluados, menciona que los resultados puedan deberse a la adaptabilidad de las cepas a las condiciones físico-químicas del suelo utilizado y al tipo de cultivo, ya que estas cepas fueron obtenidas de localidades productoras de chile del noreste de México. En relación a este supuesto pudiera decirse que la mayoría de las cepas utilizadas en este estudio se adaptaron al suelo utilizado, siendo la cepa BG5 y BMA las que menos problemas tuvieron, no así para las cepas BL3 y BG4 quienes indujeron el crecimiento en la minoría de las variables.

### **Efecto de Cepas de *Bacillus* en los Bioensayos *in vitro* e *in vivo* sobre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum***

Al comparar los resultados obtenidos tanto para la prueba *in vitro* e *in vivo* en *R. solani* se observa que la cepa BG5 propicio mayor inhibición en la prueba *in vitro* y para la prueba *in vivo* tuvo un comportamiento regular. La cepa BMA quien mostro la menor inhibición *in vitro*, resulto tener mayor efecto benéfico en las variables estudiadas del bioensayo. La cepa BN mostro un comportamiento similar en ambas pruebas, alcanzando resultados favorables de inhibición y desarrollo de plántulas.

En *Fusarium oxysporum* se observo que la mejor cepa fue la BMA obteniendo un comportamiento similar en ambas pruebas. La cepa BL3 no indujo incrementos en las variables en la prueba *in vivo*, pero si alcanzo efectos inhibitorios considerables en la prueba *in vitro*. El resto de las cepas mostraron efectos regulares en ambas pruebas. *Bacillus subtilis* mostro mejores aptitudes tanto en la prueba *in vitro* como en la prueba *in vivo*.

## CONCLUSIÓN

Las bacterias aisladas del semidesierto Chihuahuense del género *Bacillus* inhiben el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos estudiados y permiten el mejor desarrollo de las plántulas de tomate.

## LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1995. Fitopatología. 2ª edición. Ed. Uteha, Noriega. México. 838 p.
- Álvarez, Z. R. 2003. El Biocontrol con *Trichoderma* y *Bacillus* como un factor del manejo integrado de la marchitez vascular del chile. Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. South Padre Island, Texas, USA. p. 102.
- Arias, M., Herrera, R., Besoain, X. Pérez, L. y Montealegre, J. 2006. Evaluación *in vitro* de mutantes de cepas de *Trichoderma* para el control de *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora nicotianae* en tomate. Boletín Micológico 21(1): 71-75.
- Avendaño, C., Arbeláez, G. y Rondón, G. 2006. Control biológico del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* en fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), mediante la acción combinada de *Entrophospora colombiana*, *Trichoderma* sp. y *Pseudomonas fluorescens*. Agronomía Colombiana 24(1): 62-67.
- Benítez, S., Bentley, J., Bustamante, P., Sánchez, L. y Corrales, L. 2007. Aislamiento de los microorganismos cultivables de la rizosfera de *Ornithogalum umbellatum* y evaluación del posible efecto biocontrolador en dos patógenos del suelo. Nova 5(8): 147-153.
- Bernal, G., Illanes, A. y Ciampi, L. 2002. Isolation and partial purification of a metabolite from a mutant strain of *Bacillus* sp. with antibiotic activity against plant pathogenic agents. Electronic Journal of Biotechnology 5(1).
- Bolkan, A.H. 1980. Las pudriciones radicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 310 p.
- Calvo, P. y Zúñiga, D. 2010. Caracterización de *Bacillus* spp. aislados de la rizosfera de papa. Ecología Aplicada 9(1): 31-39.
- Calvo, P., Ormeño, O.E., Martínez, R.E. y Zúñiga, D. 2010. Characterization of *Bacillus* isolates of potato rhizosphere from Andean soils of Peru and their potential PGPR characteristics. Brazilian Journal of Microbiology 41(1): 899-906.
- Carrillo, F.J.; Montoya, R.T.; García, E.R.; Cruz, O.J.; Márquez, Z.I.; Sañudo, B.A. 2003. Razas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* Snyder y Hansen, en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Rev. Mexicana de Fitopatología 21(2):123-127.



- Castañeda, P.N. 2001. Métodos *in vitro* para Determinar el Efecto Antagónico de *Bacillus subtilis* y *Bacillus* sp. Sobre el Complejo de la Secadera del Chile (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Licenciatura. Departamento de Parasitología Agrícola. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Castillo, F.E., Gallegos, M., Hernández, C., Cepeda, S. y Zamora, V. 2001. Efectividad *in vitro* de actinomicetos aislados de la rizosfera de papa sobre *Rhizoctonia solani* Kühn *in vitro*. Rev. Mexicana de Fitopatología 19(2): 203-207.
- Chávez, B.C., Flores, O.A. y Lira, S.R. 2007. Uso de rizobacterias para el control de enfermedades y promoción de crecimiento en plantas. Agricultura Sustentable y Fertilizantes. 143-156 pp.
- De la Garza, R.R. 2004. Efectividad biológica de bacterias rizofericas esporuladas sobre el complejo de hongos de la marchitez del chile. Tesis de Maestría. Departamento de Parasitología. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Del Milagro, G.M. y Wang, A. 2005. Aislamientos e identificación de hongos asociados a esclerocios de *Sclerotium cepivorum*, causante de la pudrición blanca de la cebolla, en la zona alta de Cartago, Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(1): 57-66.
- Dequiedt, S., Thioulouse, J., Jolivet, C., Saby, N., Lelievre, M., Maron, P., Martin, M., Prévost, B., Toutain, B., Arrouays, D., Lemanceau, P. y Ranjard, L. 2009. Biogeographical patterns of soil bacterial communities. Environmental Microbiology Reports 1(4): 251–255.
- Fernando, W.G.D., Nakkeeran, S. y Zhang, Y. 2004. Ecofriendly methods in combating *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Recent Res. Devel. Environ. Biol. 1(1): 329-347.
- Fernando, W.G.D., Nakkeeran, S., Zhang, Y. y Savchuk, S. 2007. Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. Crop Protection 26(1): 100–107.
- Fritze, D. 2004. Taxonomy of the Genus *Bacillus* and related genera: The Aerobic Endospore-Forming Bacteria. Phytopathology 94(11): 1245-1248.
- García, F.J. 2002. Evaluación *in vitro* de bacterias antagónicas aisladas de la rizosfera de papa contra 13 grupos de anastomosis multinucleados de *Rhizoctonia solani* Kühn. Tesis de Licenciatura. División de Agronomía.

Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- García, C.V. 2008. Comportamiento del cultivo del ajo (*Allium sativum* L.), a la aplicación de agentes microbianos promotores del crecimiento y antagonistas de fitopatógenos. Tesis de Licenciatura. División de Agronomía. Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- González, M.A. 2010. Estudio comparativo de propiedades químicas, microflora y citrange troyer (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*) estimulado con fertilización en invernadero y vivero. Tesis de Maestría. Producción Agroalimentaria en el Trópico. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Colegio de Posgraduados. Edo. México. México.
- Guillen, C.R., Hernández, C.F., Gallegos, M.G. y Rodríguez, H.R.; Aguilar, G.N.; Padrón, C.E.; Reyes, V.M. 2006. *Bacillus* spp. como biocontrol en un suelo infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.). Rev. Mexicana de Fitopatología 24(2):105-114.
- Guzmán, P.R., Gómez, P.R., García, E.R. y Gavi, R.F. 2004. Distribución espacial de la pudrición radical del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. f. sp. *Phaseoli* (Burk.) Snyder y Hans. en la Vega de Metzititlán, Hidalgo. Rev. Mexicana de Fitopatología 22(2):246-258.
- Harley, J.L. 1965. Mycorrhiza: Ecology of soil-borne plant pathogens. Univ. CA. Press. U S A. p 218-230.
- Hernández, C.F., Aguirre, A.A., Lira, S.R., Guerrero, R.E. y Gallegos, M.G. 2006. Bioeficacia de productos orgánicos, biológicos y químicos contra *Alternaria dauci* Kühn y su efecto en el cultivo de zanahoria. ΦYTON 75(1): 91-101.
- Hernández, R.A., Heydrich, P.M., Velázquez, V.M. y Hernández, L.A. 2006. Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. Rev. Mexicana de Fitopatología 24(1): 42-49.
- Hernández, C.F., Lira, S.R., Cruz, C.L., Gallegos, M.G., Galindo, C.G., Padrón, C.E. y Hernández, S.M. 2008. Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) ΦYTON 77(1): 241-252.

- Herrera, F.E., Aosta, R.M., Ponce, G.F. y Manuel, P.V. 2007. Manejo biológico de *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium oxysporum* Schlechtend.:Fr. y *Rhizoctonia solani* Kühn en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Rev. Mexicana de Fitopatología 25(1):35-42.
- Huang, J. W. and Sun, S. K. 1978. Factors affecting survival of watermelon wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* in soil. Plant. Prot. Bull. 20(1): 56-66.
- Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Rev. Protección Veg. 24(1): 14-21.
- Kloepper, W. J. 1999. Visión general de las bacterias promotoras del crecimiento en plantas (PGPR) y control de enfermedades. Memoria del IX Congreso Nacional de Productores de Papa. León, Gto. México. p 125.
- Lagunas, L.J., Zavaleta, M.E., Osada, K.S., Aranda, O.S., Luna, R.I. y Vaquera, H.H. 2001. *Bacillus firmus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* Leo. en jitomate (*Lycopersico esculentum* Mill). Rev. Mexicana de Fitopatología 19(1): 57-65.
- Lambers, H., Mougél, C., Jaillard, B. y Hinsinger, P. 2009. Plant-microbe-soil interactions in the rhizosphere: an evolutionary perspective. Plant Soil 321(1): 83-115.
- Larrea, V.O. 2001. Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario. Rev. Manejo Integrado de Plagas 62(1): 96-100.
- Leon, G.H. 1982. Enfermedades de los cultivos en el estado de Sinaloa. Boletín Técnico INIA-SARH. México. 183 p.
- Lillo, R.A. 2006. Efecto de aplicaciones de los biocontroladores *Trichoderma* spp. y *Bacillus* spp. sobre la infección de *Cucumber Mosaic Virus* – CMV inoculado mecánicamente en melón (*Cucumis melo*). Tesis de Licenciatura. Escuela de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca, Chile.
- Martinson, C.A. 1965. Formation of infection suchions by *Rhizoctonia solani* an sintetic films in soil. Phytopathology 55(1): 122-129.
- Mesa, L., Mena, J., Jiménez, G., Ramírez, Y., Smith, E. y León, L. 2010. Evaluación en campo de cuatro cepas de *Bacillus* como antagonistas de enfermedades en el cultivo del tomate. Fitosanidad 14(1): 48-72.

- Michel, A.A., Rebolledo, D.O., Lezema, G.R., Ochoa, M.M., Mésima, E.J. y Samuels, G.J. 2001. Especies de *Trichoderma* en suelos cultivados con mango afectados por “Escoba de Bruja” y su potencial inhibitorio sobre *Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*. Rev. Mexicana de Fitopatología 19(1): 154-160.
- Michel, A. A., Otero, S. M., Rebolledo, D. O. y Lezama, G. R. 2004. Producción y actividad antibiótica del 6-pentil- $\alpha$ -pirona de *Trichoderma* spp. sobre especies de *Fusarium*. Rev. Mexicana de Fitopatología 22(1):14-21.
- Mojica, M.V., Luna, O.H., Sandoval, C.C., Pereyra, A.B., Morales, R.L., González, A.N., Hernández, L.C. y Alvarado, G.O. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. ΦYTON 78(1): 105-110.
- Montealegre, J., Valderrama, L., Sánchez, S., Herrera, R., Besoain, X. y Pérez, L. 2010. El control biológico de *Rhizoctonia solani* en tomates mutantes con *Trichoderma harzianum*. Electronic Journal of Biotechnology 13(2).
- Mora, F. 1996. Combate biológico de *Rhizoctonia solani* mediante el empleo de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en el campo. Agronomía Mesoamericana 7(2): 23-30.
- Muñoz, R.C., Virgen, C.G., Herrera, E.A. y Olalde, P.V. 2001. Introducción de agentes de control biológico de *Rhizoctonia solani* en suelos solarizados o encalados en condiciones de invernadero. Rev. Manejo Integrado de Plagas 59(1): 10-14.
- Orberá, R.T., Serrat, D.M. y González, G.Z. 2009. Potencialidades de bacterias aerobias formadoras de endosporas para el biocontrol en plantas ornamentales. Fitosanidad 13(2): 95-100.
- Paredes, E.J.E., Carrillo, F.J.A., García, E.R.S., Allende, M.R., Sañudo, B.J.A. y Valdez, T.J.B. 2009. Microorganismos antagonistas para el control del complejo de hongos causantes de la rabia del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Estado de Sinaloa, México. Rev. Mexicana de Fitopatología 27(1): 27-35.
- Parra, G.E., Centeno, B.S. y Araque, C.Y. 2009. Actividad antifúngica de *Burkholderia cepacia* aislada de maíz amarillo (*Zea mays* L.) bajo diferentes condiciones de cultivo. Rev. de la Sociedad Venezolana de Microbiología 29(1): 103-109.
- Pascual, Y.P. 2009. Estudio de la actividad quitosanasa de células de *Bacillus* sp. aisladas de ambientes semi-desérticos extremos para la producción de

- oligosacáridos de quitosán. Tesis de Licenciatura. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. División de Ciencia Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Quiroga, M.R., Rosales, E.M., Rincón, E.P., Hernández, G.E. y Garrido, R.E. 2007. Enfermedades causadas por hongos y nematodos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). en el municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Rev. Mexicana de Fitopatología* 25(2): 114-119.
- Raaijmakers, J.M., Paulitz, C.T., Steinberg, C., Alabouvette, C. y Moëgne, L.Y. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil* 321(1): 341-361.
- Realpe, M.E., Hernández, C.A. y Agudelo, C.I. 2002. Especies del género *Bacillus*: morfología macroscópica y microscópica. *Biomédica* 22(2): 106-109.
- Reinoso, P.Y. 2007. Aislamiento, selección e identificación de bacterias de los géneros *Bacillus*, *Brevibacillus* y *Paenibacillus* con potencialidades para el control biológico de bacterias y hongos fitopatógenos del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Fitosanidad* 11(1): 59.
- Reinoso, P.Y., Vaillant, F.D., Casadesús, R.L., García, P.E. y Pazos, A-A.V. 2007. Selección de cepas de *Bacillus* y otros géneros relacionados para el control biológico de hongos fitopatógenos. *Fitosanidad* 11(1): 35-40.
- Rodríguez, G.M. 2001. Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de México. *Acta Zool. Mex. Número especial* 1(1): 53-78.
- Rodríguez, L.V. 2002. Efecto antagónico y biocontrolador de algunos microorganismos saprofitos contra *Rhizoctonia solani* un fitopatógeno causante del Damping Off en plantas de tomate. Tesis de Maestría. Unidad de Post-Grado. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Ros, A.C., Arévalo, A.R. y Rodríguez, Y. 2008. Aislamiento y prospección de cepas bacterianas del género *Bacillus* para el control del hongo *Phytophthora nicotianae* en el cultivo del tabaco. *Fitosanidad* 12(2): 127-128.
- Samaniego, G.J. y Chew, M.Y. 2007. Diversidad de géneros de hongos del suelo en tres campos con diferente condición agrícola en La Laguna, México. *Rev. Mexicana de Biodiversidad* 788(1): 383- 390.
- Sarasola, A.A. y Rocca De, S.M. 1975. *Fitopatología Curso moderno. Tomo II: micosis*. Editorial Hemisferio Sur, S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 374 p.

- Shahnaz, D., Samreen, W., Marium, T. y Javed, Z. 2010. Aplicación de las especies de *Bacillus* en el control de las enfermedades de pudrición de la raíz de plantas de cultivo. Archivos de Fitopatología y Sanidad Vegetal 43(4): 412-418.
- Smith, I.M., Dunez, J., Phillips, D.H., Lelliott, R.A. y Archer, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Ediciones Mundi-Prensa. España. 671 p.
- Sosa, L.A., Carrera, S.B., Fernández-Larrea, V.O. y Torres, Campos, D. 2006. Aislados de *Bacillus* spp. promisorios para el control de hongos fitopatógenos. Fitosanidad 10(2): 138.
- Sosa, L.A., Pazos, A.R.V. y González, G.M. 2006. Nuevos aislados de *Bacillus* spp. antagonistas a *Sclerotium rolfsi*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium aphanidermatum*. Fitosanidad 10(1): 73-74.
- Velásquez, V.R. y Medina, A.M. 2003. Patogenicidad de aislamientos de *Rhizoctonia* spp. sobre plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Mexicana de Fitopatología 21:79-82.
- Velásquez, V.R. y Medina, A.M. 2004. Persistencia de esclerocios de *Sclerotium cepivorum* Berk. en suelos infestados de Aguascalientes y Zacatecas, México. Rev. Mexicana de Fitopatología 22(1):143-146.
- Villa, P., Alfonso, I., Rivero, M. y González, G. 2007. Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* bioantagonistas de hongos fitopatógenos del género *Fusarium*. ICIDCA 41(1): 52-56.
- Walker, J.C. 1975. Patología vegetal. Ediciones Omega. 3ra edición. Barcelona, España. 818 p.
- Weller, D.M. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens with bacteria in the rhizosphere. Ann. Rev. Phytopathology 26(1): 379-407.

## APÉNDICE

Tabla 1.- Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Rhizoctonia solani* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

Tratamiento	Repeticiones		
	1	2	3
BME	64.16	60.24	60.84
BN	60.24	65.06	63.55
BG1	60.54	59.34	63.86
BG2	57.53	60.54	60.24
BG3	55.72	57.83	61.45
BG4	62.95	62.05	65.96
BG5	70.78	62.95	68.07
BG6	62.95	54.82	52.71
BL1	46.08	47.89	50.60
BL2	46.39	53.01	54.52
BL3	52.71	59.34	59.40
BL4	51.20	53.61	50.60
BY1	34.94	45.18	42.17
BY2	40.96	40.96	42.77
BMA	48.80	58.43	63.86
BCC1	49.40	50.00	48.80
Testigo	0.00	0.00	0.00

Tabla 2.- Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Rhizoctonia solani* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	16	11398.52553	712.40785	64.73	<.0001
Repetición	2	57.65951	28.82975	2.62	0.088
Error	32	352.19082	11.00596		
Total	50	11808.37586			

C. V. = 6.346351%

\*Significativo



Tabla 3.- Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

Tratamiento	Repeticiones		
	1	2	3
BME	42.82	40.60	40.67
BN	38.38	35.67	34.38
BG1	42.10	41.60	39.96
BG2	42.82	43.10	43.03
BG3	42.10	38.88	41.74
BG4	34.67	35.67	29.95
BG5	34.60	36.03	33.31
BG6	38.53	38.60	36.45
BL1	39.39	37.10	37.81
BL2	34.95	34.24	30.66
BL3	41.24	43.53	43.53
BL4	37.81	37.24	35.81
BY1	31.74	27.81	30.66
BY2	33.28	32.81	31.88
BMA	47.82	47.18	47.82
BCC1	39.24	50.32	45.32
Testigo	0.00	0.00	0.00

Tabla 4.- Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	16	5268.399444	329.27497	85.66	<.0001
Repetición	2	12.639731	6.319865	1.64	0.21
Error	32	123.004181	3.843881		
Total	50	5404.043356			

C. V. = 5.419904%

\* Significativo

Tabla 5.- Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

Tratamiento	Repeticiones		
	1	2	3
BME	70.18	72.29	69.88
BN	64.46	63.86	63.86
BG1	80.66	81.63	79.82
BG2	83.61	83.19	79.34
BG3	81.81	83.25	81.75
BG4	65.06	68.67	67.23
BG5	59.64	60.24	62.05
BG6	67.05	63.73	64.46
BL1	80.72	81.93	82.95
BL2	79.58	78.98	78.61
BL3	79.76	83.01	84.40
BL4	77.71	78.13	78.01
BY1	65.42	66.87	66.75
BY2	56.02	53.37	55.78
BMA	71.69	69.76	69.58
BCC1	59.04	65.60	60.10
Testigo	0.00	0.00	0.00

Tabla 6.- Análisis de varianza del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial *in vitro* de *Sclerotinia sclerotiorum* obtenido con diferentes cepas de *Bacillus*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	16	18318.7	1145	480.00	<.0001
Repetición	2	4.89959	2.45	1.03	0.3696
Error	32	76.3287	2.385		
Total	50	18400			

C. V. = 2.288719%

\* Significativo

Tabla 7.- Altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	15.00	8.00	16.00	7.00	14.00	14.50	14.25	14.25	14.25
TQ	15.00	14.00	9.50	9.50	10.00	14.00	15.00	8.50	12.00
BCC1	6.50	6.00	14.50	11.00	11.50	7.00	6.00	18.00	8.50
BG2	12.50	9.00	9.50	15.00	12.00	8.50	16.50	10.50	10.00
BG4	14.50	11.00	10.00	11.50	11.50	7.00	16.50	9.00	8.50
BG5	17.50	16.00	13.00	6.00	16.00	9.50	13.00	7.00	10.00
BL3	20.50	14.00	11.50	7.00	6.50	4.00	6.00	14.00	8.00
BMA	17.00	8.50	13.00	16.00	11.00	6.00	10.00	5.00	15.50
BN	19.00	11.00	11.00	14.00	11.00	9.50	8.50	12.50	9.00

Tabla 8.- Datos transformados de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	23.58	17.46	24.35	16.43	22.79	23.18	23.18	23.18	23.18
TQ	23.58	22.79	18.91	18.91	19.37	22.79	23.58	17.95	21.13
BCC1	15.89	15.34	23.18	20.27	20.70	16.43	15.34	25.84	17.95
BG2	21.56	18.43	18.91	23.58	21.13	17.95	24.73	19.82	19.37
BG4	23.18	20.27	19.37	20.70	20.70	16.43	24.73	18.43	17.95
BG5	25.47	24.35	21.97	15.34	24.35	18.91	21.97	16.43	19.37
BL3	27.62	22.79	20.70	16.43	15.89	12.92	15.34	22.79	17.46
BMA	25.10	17.95	21.97	24.35	20.27	15.34	19.37	14.18	23.97
BN	26.57	20.27	20.27	22.79	20.27	18.91	17.95	21.56	18.43

Tabla 9.- Análisis de varianza de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	61.5884222	7.6985528	0.79	0.6103
Repetición	8	154.1958444	19.2744806	1.99	0.0623
Error	64	620.9503556	9.7023493		
Total	80	836.7346222			

C.V.= 15.25286%

N.S. = No significativo

Tabla 10.- Peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	0.58	0.71	0.97	1.29	1.11	1.73	1.04	1.04	1.04
TQ	1.92	1.31	0.55	1.36	1.48	2.16	3.06	0.78	1.42
BCC1	0.49	0.18	1.36	2.32	1.43	0.85	0.77	2.88	0.62
BG2	3.78	1.01	0.97	2.41	1.50	0.58	0.71	0.94	1.29
BG4	0.88	2.80	0.70	1.60	1.60	2.00	2.60	1.55	1.10
BG5	0.21	2.16	0.87	2.94	2.08	1.81	1.67	1.16	0.61
BL3	3.15	2.10	0.90	3.27	0.56	0.29	0.65	1.58	0.75
BMA	1.88	2.02	1.54	0.65	0.69	1.44	0.44	0.79	3.53
BN	4.70	1.18	1.16	1.74	0.91	1.10	1.66	1.60	0.94

Tabla 11.- Datos transformados del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	7.22	7.51	8.08	8.70	8.35	9.51	9.51	8.08	8.08
TQ	9.84	8.74	7.16	8.84	9.06	10.24	11.62	7.66	8.95
BCC1	7.01	6.23	8.83	10.50	8.97	7.82	7.65	11.36	7.31
BG2	12.63	8.15	8.08	10.64	9.10	7.22	7.51	8.01	8.70
BG4	7.88	11.24	7.49	9.28	9.28	9.97	10.94	9.19	8.33
BG5	6.32	10.24	7.86	11.45	10.11	9.65	9.40	8.45	7.29
BL3	11.75	10.14	7.92	11.93	7.17	6.52	7.39	9.24	7.60
BMA	9.77	10.01	9.17	7.38	7.47	8.99	6.89	7.69	12.29
BN	13.81	8.49	8.46	9.52	7.95	8.33	9.39	9.28	8.00

Tabla 12.- Análisis de varianza del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	7.9922	0.999025	0.39	0.9195
Repetición	8	19.79542222	2.47442778	0.98	0.4616
Error	64	161.9948667	2.5311698		
Total	80	189.7824889			

C. V. = 17.90358%

N.S. = No significativo

Tabla 13.- Peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	0.43	0.38	0.46	1.42	0.42	0.73	0.45	0.45	0.45
TQ	1.16	1.29	0.99	0.51	0.60	0.80	1.28	0.52	0.893
BCC1	0.54	1.29	0.86	1.71	0.68	0.38	0.50	1.50	0.23
BG2	1.08	0.39	0.46	0.73	1.03	0.43	0.38	0.94	1.42
BG4	0.05	0.20	0.05	0.22	0.99	1.28	0.75	0.44	0.06
BG5	0.05	0.95	0.31	2.13	0.98	1.74	0.65	0.59	0.33
BL3	1.18	1.30	0.74	1.20	0.76	0.24	0.58	0.81	0.19
BMA	1.90	2.38	0.72	0.14	0.08	14.00	0.68	1.06	3.00
BN	2.93	0.94	0.29	0.50	0.74	0.70	1.33	0.62	0.50

Tabla 14.- Datos transformados del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	6.87	6.75	6.94	8.95	6.84	7.56	7.56	6.94	6.94
TQ	8.45	8.70	8.10	7.06	7.26	7.71	8.68	7.08	7.91
BCC1	7.13	8.70	7.84	9.48	7.44	6.74	7.03	9.10	6.38
BG2	8.29	6.77	6.94	7.56	8.19	6.87	6.75	8.01	8.95
BG4	5.89	6.29	5.88	6.34	8.11	8.68	7.60	6.88	5.91
BG5	5.87	8.02	6.57	10.19	8.09	9.53	7.38	7.24	6.62
BL3	8.49	8.72	7.58	8.53	7.63	6.40	7.23	7.73	6.26
BMA	9.80	10.59	7.54	6.13	5.96	22.79	7.45	8.25	11.54
BN	11.43	8.01	6.51	7.03	7.58	7.49	8.78	7.31	7.03

Tabla 15.- Análisis de varianza del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	55.41244691	6.92655586	1.74	0.1071
Repetición	8	28.40569136	3.55071142	0.89	0.5301
Error	64	255.3479753	3.9898121		
Total	80	339.1661136			

C. V. = 25.46527%

N.S. = No significativo

Tabla 16.- Longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	8.0	7.0	6.0	11.0	7.0	10.0	7.5	7.5	7.5
TQ	14.0	12.0	8.0	7.0	7.0	9.0	11.0	8.0	8.5
BCC1	14.0	7.0	16.0	18.0	9.0	7.0	7.0	10.0	6.0
BG2	14.0	8.0	6.0	12.0	10.0	8.0	7.0	12.0	11.0
BG4	3.5	14.0	3.5	20.0	12.0	13.0	23.0	12.0	6.5
BG5	4.0	12.0	7.0	17.0	10.0	14.0	11.0	13.0	8.0
BL3	12.0	15.0	11.0	11.0	10.0	9.0	10.0	10.0	6.0
BMA	16.0	16.0	10.0	4.0	4.0	14.0	9.0	10.0	20.0
BN	15.0	10.0	6.0	8.0	10.0	9.0	10.0	9.0	7.0

Tabla 17.- Datos transformados de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	17.46	16.43	15.34	20.27	16.43	19.37	19.37	17.46	17.46
TQ	22.79	21.13	17.46	16.43	16.43	18.43	20.27	17.46	17.95
BCC1	22.79	16.43	24.35	25.84	18.43	16.43	16.43	19.37	15.34
BG2	22.79	17.46	15.34	21.13	19.37	17.46	16.43	21.13	20.27
BG4	12.25	22.79	12.25	27.27	21.13	21.97	29.33	21.13	15.89
BG5	12.92	21.13	16.43	25.10	19.37	22.79	20.27	21.97	17.46
BL3	21.13	23.58	20.27	20.27	19.37	18.43	19.37	19.37	15.34
BMA	24.35	24.35	19.37	12.92	12.92	22.79	18.43	19.37	27.27
BN	23.58	19.37	15.34	17.46	19.37	18.43	19.37	18.43	16.43

Tabla 18.- Análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	52.02438765	6.50304846	0.51	0.8448
Repetición	8	95.84834321	11.9810429	0.94	0.4911
Error	64	816.570879	12.75892		
Total	80	964.4436099			

C. V. = 18.51279%

N.S. = No significativo

Tabla 19.- Peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	0.02	0.01	0.13	0.31	0.22	0.20	0.17	0.17	0.17
TQ	0.12	0.02	0.11	0.15	0.11	0.18	0.26	0.12	0.12
BCC1	0.08	0.07	0.14	0.21	0.16	0.09	0.09	0.05	0.26
BG2	0.09	0.29	0.10	0.10	0.20	0.07	0.11	0.12	0.10
BG4	0.21	0.11	0.05	0.14	0.14	0.21	0.13	0.22	0.09
BG5	0.15	0.03	0.09	0.21	0.17	0.20	0.12	0.10	0.04
BL3	0.23	0.21	0.09	0.28	0.05	0.05	0.08	0.13	0.05
BMA	0.22	0.18	0.14	0.07	0.07	0.20	0.12	0.06	0.85
BN	0.35	0.10	0.10	0.11	0.08	0.11	0.17	0.12	0.09

Tabla 20.- Datos transformados del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	5.80	5.77	6.11	6.57	6.34	6.29	6.29	6.11	6.11
TQ	6.07	5.79	6.05	6.15	6.04	6.23	6.44	6.08	6.07
BCC1	5.95	5.94	6.12	6.31	6.18	6.00	6.00	5.89	6.45
BG2	6.00	6.52	6.02	6.01	6.29	5.93	6.04	6.07	6.03
BG4	6.31	6.05	5.88	6.14	6.12	6.31	6.10	6.33	5.99
BG5	6.17	5.82	5.99	6.31	6.22	6.29	6.08	6.03	5.86
BL3	6.36	6.30	5.99	6.49	5.88	5.88	5.95	6.09	5.88
BMA	6.35	6.25	6.13	5.95	5.93	6.29	6.06	5.92	7.81
BN	6.66	6.02	6.01	6.06	5.97	6.04	6.20	6.07	5.98

Tabla 21.- Análisis de varianza del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	0.32324691	0.04040586	0.52	0.836
Repetición	8	0.39864691	0.04983086	0.64	0.7385
Error	64	4.95797531	0.07746836		
Total	80	5.67986914			

C. V. = 4.540022%

N.S. = No significativo

Tabla 22.- Peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	0.05	0.06	0.05	0.07	0.07	0.04	0.05	0.05	0.05
TQ	0.06	0.06	0.05	0.04	0.03	0.06	0.11	0.04	0.06
BCC1	0.04	0.02	0.05	0.10	0.04	0.03	0.02	0.02	0.07
BG2	0.10	0.06	0.03	0.06	0.04	0.03	0.03	0.10	0.07
BG4	0.03	0.01	0.01	0.04	0.07	0.10	0.05	0.07	0.03
BG5	0.06	0.01	0.02	0.14	0.08	0.12	0.06	0.05	0.02
BL3	0.08	0.09	0.06	0.07	0.04	0.02	0.05	0.05	0.01
BMA	0.13	0.21	0.06	0.01	0.01	0.08	0.07	0.05	0.18
BN	0.23	0.08	0.02	0.03	0.04	0.04	0.07	0.04	0.03

Tabla 23.- Datos transformados del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R. s.	5.87	5.90	5.88	5.94	5.93	5.84	5.84	5.88	5.88
TQ	5.90	5.91	5.89	5.86	5.83	5.91	6.04	5.84	5.90
BCC1	5.84	5.79	5.89	6.03	5.85	5.81	5.81	5.79	5.93
BG2	6.01	5.92	5.83	5.90	5.87	5.83	5.83	6.03	5.93
BG4	5.83	5.77	5.78	5.86	5.94	6.02	5.87	5.95	5.83
BG5	5.90	5.76	5.81	6.13	5.97	6.07	5.91	5.87	5.80
BL3	5.96	5.99	5.91	5.95	5.87	5.80	5.87	5.88	5.77
BMA	6.10	6.31	5.92	5.78	5.77	5.96	5.93	5.87	6.22
BN	6.35	5.95	5.80	5.84	5.87	5.84	5.93	5.86	5.84

Tabla 24.- Análisis de varianza del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Rhizoctonia solani*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	0.09362222	0.01170278	0.95	0.48
Repetición	8	0.07995556	0.00999444	0.81	0.5927
Error	64	0.78551111	0.01227361		
Total	80	0.95908889			

C. V. = 1.876792%

N.S. = No significativo



Tabla 25.- Altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	10.00	20.00	19.00	10.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00
TQ	9.00	12.00	18.00	11.00	11.00	8.00	11.00	11.00	11.00
BCC1	11.00	21.00	12.00	12.50	10.00	12.00	15.00	19.00	13.00
BG2	11.00	17.00	19.00	14.00	15.00	14.00	13.00	9.00	19.00
BG4	19.50	12.50	13.00	15.00	17.00	16.50	13.50	14.00	14.50
BG5	17.00	13.50	20.00	19.00	22.00	17.00	14.00	12.00	17.00
BL3	13.00	16.00	10.50	14.00	10.00	10.50	7.00	15.00	11.00
BMA	16.00	19.00	17.00	16.00	16.50	12.00	15.00	17.00	15.00
BN	15.00	18.00	17.00	19.00	19.00	19.00	14.00	16.00	10.00

Tabla 26.- Datos transformados de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	19.37	27.27	26.57	19.37	19.37	18.43	19.37	19.37	19.37
TQ	18.43	21.13	25.84	20.27	20.27	17.46	20.27	20.27	20.27
BCC1	20.27	27.97	21.13	21.56	19.37	21.13	23.58	26.57	21.97
BG2	20.27	25.10	26.57	22.79	23.58	22.79	21.97	18.43	26.57
BG4	26.92	21.56	21.97	23.58	25.10	24.73	22.38	22.79	23.18
BG5	25.10	22.38	27.27	26.57	28.66	25.10	22.79	21.13	25.10
BL3	21.97	24.35	19.82	22.79	19.37	19.82	16.43	23.58	20.27
BMA	24.35	26.57	25.10	24.35	24.73	21.13	23.58	25.10	23.58
BN	23.58	25.84	25.10	26.57	26.57	26.57	22.79	24.35	19.37

Tabla 27.- Análisis de varianza de la altura de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	204.1369506	25.5171188	4.55	0.0002
Repetición	8	86.2641284	10.783016	1.92	0.0718
Error	64	359.1236049	5.6113063		
Total	80	649.524684			

C. V. = 10.38135%

\*\*Altamente significativo

Tabla 28.- Peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. o.	1.29	3.35	4.17	1.24	0.86	0.55	1.265	1.265	1.265
TQ	1.00	1.62	3.84	0.91	0.25	0.92	0.96	0.96	0.96
BCC1	1.63	6.51	1.44	1.67	1.38	1.54	1.58	4.56	1.35
BG2	1.28	2.43	2.88	1.97	3.56	1.85	1.91	0.84	2.15
BG4	3.03	1.31	1.16	2.01	2.97	3.22	1.72	1.70	1.80
BG5	2.97	2.36	4.25	4.28	5.61	3.05	2.61	1.63	2.78
BL3	1.49	2.59	1.43	2.04	0.79	0.68	1.26	2.48	0.86
BMA	2.58	3.09	2.94	2.17	3.92	1.42	2.17	2.61	1.81
BN	2.77	2.07	3.99	3.50	3.20	3.24	2.56	2.78	1.45

Tabla 29.- Datos transformados del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. o.	8.70	12.04	13.14	8.61	7.84	7.15	8.66	8.66	8.66
TQ	8.12	9.31	12.71	7.94	6.42	7.96	8.04	8.04	8.04
BCC1	9.34	15.91	8.99	9.40	8.87	9.18	9.25	13.64	8.82
BG2	8.68	10.67	11.36	9.92	12.32	9.72	9.82	7.80	10.22
BG4	11.57	8.73	8.46	9.99	11.49	11.85	9.49	9.46	9.63
BG5	11.49	10.56	13.25	13.28	14.90	11.61	10.95	9.33	11.21
BL3	9.08	10.93	8.97	10.03	7.69	7.45	8.64	10.75	7.83
BMA	10.91	11.67	11.45	10.26	12.82	8.96	10.25	10.96	9.65
BN	11.20	10.09	12.91	12.25	11.83	11.88	10.88	11.21	9.01

Tabla 30.- Análisis de varianza del peso fresco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	82.93984691	10.36748086	4.21	0.0004
Repetición	8	34.99886914	4.37485864	1.78	0.0984
Error	64	157.6715309	2.4636177		
Total	80	275.6102469			

C. V. = 15.49015%

\*\*Altamente significativo

Tabla 31.- Peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	1.87	1.84	1.40	0.35	0.45	0.24	0.93	0.93	0.93
TQ	0.14	0.55	0.84	0.11	0.44	0.30	0.37	0.37	0.37
BCC1	0.36	2.13	0.24	0.40	0.42	0.49	0.83	1.60	0.30
BG2	0.27	0.43	1.08	0.59	1.56	0.49	0.43	0.17	0.57
BG4	1.06	0.30	0.38	0.50	0.76	0.71	0.27	0.23	0.46
BG5	1.66	0.77	2.68	1.55	1.90	0.84	0.34	0.32	0.60
BL3	0.33	0.68	0.27	0.50	0.15	0.16	0.33	0.81	0.23
BMA	2.02	1.60	1.28	0.58	0.99	0.22	0.88	0.80	0.72
BN	0.57	0.47	0.74	0.67	1.45	1.10	0.55	0.74	0.47

Tabla 32.- Datos transformados del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	9.75	9.70	8.91	6.66	6.92	6.40	7.98	7.98	7.98
TQ	6.13	7.14	7.79	6.04	6.88	6.54	6.72	6.72	6.72
BCC1	6.71	10.19	6.39	6.79	6.83	7.02	7.77	9.28	6.54
BG2	6.46	6.88	8.30	7.25	9.21	7.00	6.87	6.20	7.19
BG4	8.25	6.55	6.75	7.03	7.63	7.52	6.47	6.36	6.94
BG5	9.38	7.63	11.06	9.19	9.81	7.80	6.65	6.60	7.26
BL3	6.62	7.45	6.48	7.03	6.16	6.18	6.62	7.74	6.37
BMA	10.00	9.28	8.68	7.21	8.11	6.35	7.87	7.72	7.53
BN	7.20	6.96	7.59	7.43	9.01	8.33	7.16	7.58	6.97

Tabla 33.- Análisis de varianza del peso fresco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	25.21179506	3.15147438	3.27	0.0035
Repetición	8	12.53539506	1.56692438	1.63	0.1348
Error	64	61.65218272	0.96331535		
Total	80	99.39937284			

C. V. = 13.1113%

\*\*Altamente significativo

Tabla 34.- Longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. o.	8.0	16.0	21.0	9.0	11.0	13.0	12	12	12
TQ	4.0	12.0	12.0	4.0	10.0	9.0	9.5	9.5	9.5
BCC1	10.0	22.0	8.0	6.0	7.0	9.0	7.0	26.0	9.0
BG2	8.0	9.0	18.0	15.0	13.0	10.0	9.0	6.0	14.0
BG4	14.0	13.0	7.0	14.0	16.0	11.0	7.0	8.0	11.0
BG5	20.0	12.0	24.0	15.0	15.0	12.0	7.0	6.0	9.0
BL3	10.0	15.0	6.0	15.0	6.0	9.0	5.0	14.0	8.0
BMA	24.0	14.0	16.0	10.0	18.0	6.0	11.5	14.0	16.0
BN	14.0	17.0	14.0	14.0	20.0	18.0	16.0	13.0	11.0

Tabla 35.- Datos transformados de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F. o.	17.5	24.4	28.0	18.4	20.3	22.0	21.13	21.13	21.13
TQ	12.9	21.1	21.1	12.9	19.4	18.4	18.91	18.91	18.91
BCC1	19.4	28.7	17.5	15.3	16.4	18.4	16.4	31.3	18.4
BG2	17.5	18.4	25.8	23.6	22.0	19.4	18.4	15.3	22.8
BG4	22.8	22.0	16.4	22.8	24.4	20.3	16.4	17.5	20.3
BG5	27.3	21.1	30.0	23.6	23.6	21.1	16.4	15.3	18.4
BL3	19.4	23.6	15.3	23.6	15.3	18.4	14.2	22.8	17.5
BMA	30.0	22.8	24.4	19.4	25.8	15.3	20.7	22.8	24.4
BN	22.8	25.1	22.8	22.8	27.3	25.8	24.4	22.0	20.3

Tabla 36.- Análisis de varianza de la longitud de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	234.0809111	29.2601139	2.05	0.0547
Repetición	8	130.3340444	16.2917556	1.14	0.3499
Error	64	915.289733	14.301402		
Total	80	1279.704689			

C. V. = 18.12583%

N.S. = No significativo

Tabla 37.- Peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	0.18	0.22	0.30	0.29	0.18	0.17	0.20	0.20	0.20
TQ	0.09	0.17	0.09	0.33	0.11	0.15	0.13	0.13	0.13
BCC1	0.51	0.24	0.24	0.14	0.27	0.08	0.14	0.16	0.13
BG2	0.09	0.18	0.19	0.23	0.15	0.31	0.12	0.06	0.16
BG4	0.31	0.12	0.14	0.14	0.11	0.15	0.24	0.22	0.19
BG5	0.04	0.23	0.33	0.08	0.30	0.36	0.25	0.13	0.11
BL3	0.10	0.20	0.13	0.06	0.17	0.13	0.07	0.24	0.11
BMA	0.23	0.24	0.24	0.14	0.27	0.08	0.14	0.16	0.13
BN	0.20	0.15	0.24	0.28	0.28	0.27	0.19	0.20	0.09

Tabla 38.- Datos transformados del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	6.24	6.34	6.55	6.52	6.23	6.21	6.29	6.29	6.29
TQ	5.99	6.22	5.99	6.63	6.06	6.17	6.11	6.11	6.11
BCC1	7.05	6.39	6.40	6.14	6.47	5.97	6.14	6.19	6.11
BG2	5.98	6.23	6.27	6.36	6.16	6.58	6.08	5.91	6.20
BG4	6.57	6.08	6.13	6.13	6.03	6.15	6.39	6.33	6.26
BG5	5.86	6.37	6.62	5.97	6.54	6.70	6.42	6.10	6.05
BL3	6.03	6.30	6.10	5.91	6.20	6.10	5.94	6.39	6.04
BMA	6.36	6.38	6.40	6.14	6.47	5.97	6.14	6.19	6.11
BN	6.29	6.17	6.39	6.50	6.50	6.46	6.27	6.29	5.99

Tabla 39.- Análisis de varianza del peso seco de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	0.43426667	0.05428333	1.18	0.3278
Repetición	8	0.24228889	0.03028611	0.66	0.7279
Error	64	2.95584444	0.04618507		
Total	80	3.6324			

C. V. = 3.442186%

N.S. =No significativo

Tabla 40.- Peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	0.09	0.05	0.12	0.19	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07
TQ	0.01	0.04	0.00	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
BCC1	0.11	0.10	0.07	0.39	0.06	0.02	0.08	0.06	0.04
BG2	0.02	0.03	0.05	0.08	0.04	0.09	0.03	0.01	0.04
BG4	0.09	0.03	0.03	0.03	0.01	0.02	0.05	0.05	0.03
BG5	0.02	0.08	0.11	0.03	0.09	0.12	0.12	0.05	0.05
BL3	0.03	0.05	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.06	0.02
BMA	0.11	0.10	0.07	0.39	0.06	0.02	0.08	0.06	0.04
BN	0.04	0.04	0.05	0.05	0.08	0.07	0.04	0.05	0.04

Tabla 41.- Datos transformados del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

T	Repeticiones								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>F. o.</i>	5.99	5.88	6.07	6.26	5.88	5.88	5.94	5.94	5.94
TQ	5.78	5.85	5.74	5.90	5.81	5.84	5.82	5.82	5.82
BCC1	6.04	6.02	5.94	6.78	5.92	5.79	5.97	5.91	5.86
BG2	5.81	5.83	5.87	5.96	5.84	5.99	5.82	5.77	5.86
BG4	5.98	5.81	5.83	5.84	5.78	5.79	5.87	5.89	5.84
BG5	5.81	5.97	6.06	5.81	6.00	6.09	6.07	5.89	5.88
BL3	5.81	5.88	5.80	5.78	5.85	5.81	5.78	5.91	5.79
BMA	6.04	6.02	5.94	6.78	5.92	5.79	5.97	5.90	5.86
BN	5.85	5.86	5.88	5.89	5.97	5.93	5.85	5.87	5.85

Tabla 42.- Análisis de varianza del peso seco de raíz de plántulas de tomate inoculadas con cepas de *Bacillus* y *Fusarium oxysporum*.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	8	0.49629136	0.06203642	3.07	0.0055
Repetición	8	0.41629136	0.05203642	2.57	0.0169
Error	64	1.29521975	0.02023781		
Total	80	2.20780247			

C. V. = 2.405995%

N.S. = No significativo