

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Evaluación de Bacterias Promotoras de Crecimiento del Género *Bacillus* en el Cultivo del Ajo (*Allium sativum* L.) Var. Perla en Invernadero y Campo.

Por:

OMAR RAMÍREZ RODRÍGUEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2005.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

**Evaluación de Bacterias Promotoras de Crecimiento del Género *Bacillus* en el Cultivo del Ajo
(*Allium sativum* L.) Var. Perla en Invernadero y Campo.**

**Por:
OMAR RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO AGRONOMO PARASITÓLOGO
Aprobado por el comité de tesis

DR. GABRIEL GALLEGOS MORALES
Presidente del jurado

DR. FRANCISCO D. HERNÁNDEZ CASTILLO
A s e s o r

DR. MELCHOR CEPEDA SILLER
A s e s o r

DR. VICTOR M. ZAMORA VILLA
A s e s o r

M. C. ARNOLDO OYERVIDES GARCIA
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2005.

AGRADECIMIENTOS

A mi "**ALMA MATER**" por haberme brindado la oportunidad de estudiar en esta gran institución.

Al **DR. GABRIEL GALLEGOS MORALES** por concederme la oportunidad de realizar esta investigación, por su valiosa amistad, confianza y todo el apoyo brindado para esta investigación.

Al **DR. FRANCISCO D. HERNÁNDEZ CASTILLO** por su revisión y valiosas sugerencias de la investigación.

Al **DR. MELCHOR CEPEDA SILLER** por su valiosa colaboración en la revisión y sugerencias.

Al **DR. VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA** por su colaboración en el análisis estadístico y revisión.

Al personal académico del Departamento de Parasitología Agrícola: Por haber compartido conmigo sus experiencias y conocimientos, pilares de mi formación profesional.

A todos los profesores que me impartieron clases durante mi estancia en la Universidad, por que todos fueron parte de mi formación.

DEDICATORIA

A mis padres.

EPIFANIO .

ANA MARIA.

Por darme la vida, cariño y apoyo en todo momento de mi existencia, y por haberme brindado la oportunidad de seguir estudiando a pesar de todas las adversidades.

A mis Hermanas:

DALILA

YOANA

Que al igual que mis padres han sacrificado muchas cosas para que yo pudiera seguir estudiando.

A mis Abuelos:

EVA Y EDUARDO

EUGENIA Y ALBERTO

Que a partir de ellos inicio mi familia y heredaron su sabiduría a mis padres que a la vez me la transmitieron a mi.

A mis Tíos:

Que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

A todas las personas que pusieren su granito de arena para que yo llegara hasta estas instancias.

| INDICE | Pág. |
|--|-------------|
| INDICE DE CUADROS ----- | VIII |
| INDICE DE FIGURAS ----- | IX |
| INTRODUCCIÓN ----- | 1 |
| Objetivo.----- | 2 |
| REVISIÓN DE LITERATURA ----- | 3 |
| El Control Biológico y su Importancia----- | 3 |
| Antagonismo.----- | 3 |
| Antibiótico.----- | 4 |
| Competencia.----- | 4 |
| Antagonistas Resistentes.----- | 4 |
| Mecanismos de los Microorganismos Antagónicos.----- | 5 |
| Género <i>Bacillus</i> .----- | 6 |
| Características del Género <i>Bacillus</i> .----- | 6 |
| Aislamiento de Bacterias del Género <i>Bacillus</i> .----- | 7 |
| <i>Bacillus subtilis</i> .----- | 7 |
| <i>Bacillus polymyxa</i> .----- | 8 |
| <i>Bacillus pumilus</i> .----- | 8 |
| Uso del Género <i>Bacillus</i> como Antagonista.----- | 8 |
| <i>Gliocladium virens</i> .----- | 10 |
| Especies.----- | 10 |
| Características del Hongo.----- | 10 |
| Penta Cloro de Nitro Benceno (PCNB).----- | 11 |
| Información General.----- | 11 |
| Generalidades del Cultivo del Ajo.----- | 12 |
| Origen e Historia.----- | 12 |
| Clasificación Botánica.----- | 12 |
| Importancia.----- | 13 |
| Descripción Botánica.----- | 14 |

| | |
|--|----|
| Requerimientos Climáticos.----- | 14 |
| Requerimientos Edáficos.----- | 15 |
| Variedades.----- | 16 |
| Ajos Tipo Morado.----- | 16 |
| Ajos Tipo Blanco.----- | 17 |
| Principales Plagas y su Control.----- | 19 |
| Trips (<i>Thrips tabaci</i>).----- | 19 |
| Gusanillo de la Cebolla (<i>Hylemia antiqua</i>).----- | 20 |
| Nematodo del Tallo y Bulbos (<i>Ditylenchus</i> <i>dipsaci</i>).----- | 21 |
| Principales Enfermedades y su Control----- | 22 |
| Mildiu (<i>Peronospora destructor</i>).----- | 22 |
| Mancha Púrpura (<i>Alternaria porri</i>).----- | 24 |
| Pudrición Blanca (<i>Sclerotium cepivorum</i>).----- | 25 |
| MATERIALES Y METODOS. ----- | 28 |
| Área de Trabajo.----- | 28 |
| Material Biológico.----- | 28 |
| Propagación y Obtención de Esporas de <i>Bacillus</i> (B15, *3 y BCC-1).----- | 28 |
| Conteo de Esporas.----- | 29 |
| Diseño Experimental.----- | 29 |
| Diseño en Invernadero.----- | 30 |
| Diseño en Campo.----- | 30 |
| Aplicación de Tratamientos.----- | 31 |
| Toma de Datos.----- | 32 |
| Análisis Estadísticos.----- | 32 |
| RESULTADOS ----- | 33 |
| Resultados Obtenidos en Invernadero.----- | 33 |
| Diámetro de la Base de la Raíz.----- | 33 |
| Diámetro del Bulbo.----- | 33 |
| Diámetro del Tallo.----- | 33 |

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| Longitud de la Raíz.----- | 34 |
| Longitud del Tallo.----- | 34 |
| Longitud de la Planta Completa.----- | 35 |
| Peso de la Planta Completa.----- | 36 |
| Peso del Bulbo.----- | 36 |
| Resultados Obtenidos en Campo.----- | 37 |
| Diámetro de la Base de la Raíz.----- | 37 |
| Diámetro del Bulbo.----- | 37 |
| Diámetro del Tallo.----- | 37 |
| Longitud de la Raíz.----- | 38 |
| Longitud del Tallo.----- | 38 |
| Longitud de la Planta Completa.----- | 39 |
| Peso de la Planta Completa.----- | 39 |
| Peso del Bulbo.----- | 40 |
| DISCUSIÓN.----- | 41 |
| CONCLUSIONES.----- | 43 |
| LITERATURA CITADA.----- | 44 |
| APENDICE.----- | 47 |

INDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1: Composición porcentual del PCNB.----- | 11 |
| Cuadro 2. Principales países productores de ajo en el mundo.----- | 13 |
| Cuadro 3. Principales Estados productores en la República Mexicana.----- | 13 |
| Cuadro 4. Productos recomendados para el control de trips (<i>Thrips tabaci</i>) en ajo.----- | 20 |
| Cuadro 5. Plaguicidas recomendados en ajo para el control del gusanillo de la cebolla (<i>Hylemia antiqua</i>).----- | 21 |
| Cuadro 6. Nematicidas recomendados para el control del nematodo del tallo y de los bulbos (<i>Ditylenchus dipsaci</i>).----- | 22 |
| Cuadro 7. Guía para el control químico del mildiu (<i>Peronospora destructor</i>) en ajo.----- | 24 |
| Cuadro 8. Guía para el control químico de la mancha púrpura (<i>Alternaria porri</i>).--- | 25 |
| Cuadro 9. Guía para control químico de la pudrición blanca (<i>Sclerotium cepivurum</i>).----- | 27 |
| Cuadro 10. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en el diámetro de la base de la raíz, diámetro del bulbo y diámetro del tallo en el cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.----- | 34 |

| | |
|---|------------|
| Cuadro 11. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en la longitud de la raíz, longitud del tallo y longitud de la plata completa en el cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.----- | Pág. 35 |
| Cuadro 12. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en el peso de la planta completa y peso del bulbo en el cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.-- | 36 |
| Cuadro 13. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en el diámetro de la base de la raíz, diámetro del bulbo y diámetro del tallo en el cultivo del ajo bajo condiciones de campo.----- | 38 |
| Cuadro 14. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en la longitud de la raíz, longitud del tallo y longitud de la plata completa en el cultivo del ajo bajo condiciones de campo. ----- | 39 |
| Cuadro 15. Efecto de <i>Bacillus</i> promotores del crecimiento en el pesos de planta completa y el peso del bulbo en el cultivo del ajo bajo condiciones de campo.----- | 40 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema experimental de invernadero en cama de cultivo.----- | 30 |
| Figura 2: Diseño de la parcela experimental en campo.----- | 31 |

INTRODUCCIÓN

El ajo es un condimento de gran importancia en la dieta alimenticia en todos los países del mundo, en especial de los asiáticos. El crecimiento del consumo del ajo ha permitido que su demanda crezca constantemente y por consecuencia los recursos destinados al cultivo.

México es considerado uno de los principales países productores de ajo y ocupa el segundo lugar en el continente americano como productor. El estado de Guanajuato posee el primer lugar en producción a nivel nacional, como productor y como exportador de esta hortaliza, ya que contribuye con un 40% de la superficie nacional sembrada, un 50% de los volúmenes producidos y un 70% de las cuotas de exportación.

Debido a que este cultivo ha tenido un gran auge, es importante generar información que permita incrementar los rendimientos, para aumentar la rentabilidad y poder implementar avances tecnológicos.

El uso de microorganismos puede tener un potencial considerable como agente de biocontrol o biofertilizantes (Virgen *et al.*, 1992).

Considerando el potencial de uso de las bacterias antagónicas recuperadas de suelo como agentes de control biológico por su efecto inhibitorio y su contribución al desarrollo y crecimiento de las plantas, podemos considerar al genero *Bacillus* como una opción para usarlo en el cultivo del ajo.

Por lo anterior, la realización de esta investigación tiene como propósito encontrar nuevos agentes de biocontrol y biofertilización.

Objetivo.

Determinar el efecto de *Bacillus pumilus* (B15), *B. subtilis* (*3) y *B. polymyxa* (BCC1) sobre el crecimiento, desarrollo y producción del ajo (*Allium sativum* L.) var. Perla en condiciones de invernadero y campo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Control Biológico y su Importancia.

El control biológico es la acción de parásitos, predadores o patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo que el que ya existe en su ausencia; comprende principalmente prácticas que alteran la condición biótica y abiótica, ya sea por hongos, bacterias, nematodos o virus (NAS, 1985 citado por Can, 2005).

El control biológico de los patógenos del suelo con algunos microorganismos ha sido estudiado por más de 65 años, pero durante todo este tiempo esta estrategia no ha sido considerada comercialmente factible.

Muchos métodos de control de las enfermedades de las plantas son de naturaleza esencialmente biológica; uno de los objetivos de dicho método es alterar el comportamiento del ecosistema del cultivo para perjudicar al patógeno (Manners, 1986).

Antagonismo.

Manners (1986), define el antagonismo como una relación entre organismos distintos en la cual uno de ellos inhibe parcial o completamente el crecimiento del otro o que en ocasiones lo mata; se aplica en general a los efectos de metabolitos tóxicos de un organismo sobre el otro.

Antibiótico.

Es una sustancia producida por un organismo vivo que inhibe o destruye a otras formas de vida, especialmente a los microorganismos patógenos. Como ejemplo están la penicilina, la estreptomina, la bacitracina, etc. (Walter, *et al.*, 1982).

Los antibióticos son sustancias producidas por microorganismos y que son tóxicos a otros grupos de ellos. La mayoría de los antibióticos que se conocen en la actualidad son sustancias que producen los actinomicetos y algunos otros hongos, como *Penicillium*, y son bastantes tóxicos a las bacterias (incluso a las bacterias fastidiosas vasculares), micoplasmas, e incluso a algunos hongos (Agrios, 1996).

Competencia.

La competencia por nutrientes proporcionados por los exudados de raíces y semillas probablemente ocurre con muchas interacciones entre microorganismos patógenos y no patógenos, Sélter, (1988) citado por Castillo, (2001); en concreto, competencia es cualquier interacción entre dos o más poblaciones de especies de las cuales afectan su desarrollo y sobrevivencia, el cual compiten por el oxígeno o por substratos nutricionales (Walter, *et. al.* 1982).

Antagonistas Resistentes.

En esta estrategia se proporcionan condiciones adecuadas, mediante la modificación del ambiente (con inundación o incorporación de materia orgánica al

suelo), para que los antagonistas nativos manifiesten al máximo su potencial antagonístico contra los fitopatógenos; comúnmente este favorecimiento se ha logrado con la incorporación de materia orgánica al suelo (Agrios, 1996).

Mecanismos de los Microorganismos Antagónicos.

Las poblaciones de patógenos no siempre son claras, pero en general se atribuyen a uno de cuatro efectos que son:

1. Parasitismo directo y muerte del patógeno.
2. Competencia con el patógeno por el alimento.
3. Efectos tóxicos directos sobre el patógeno por medio de sustancias antibióticas liberadas por el antagonista y.
4. Efectos tóxicos indirectos sobre el patógeno por sustancias volátiles, como el etileno, liberadas por las actividades metabólicas del organismo antagonista.

Los microorganismos antagonísticos existen en el suelo de los campos de cultivo y ejercen cierto grado de control biológico sobre uno o muchos patógenos, a pesar de las actividades humanas. Los microorganismos que se incorporan al suelo de un campo de cultivo no puede competir con la microbiota que existe en él y no sobreviven durante mucho tiempo.

La mayoría de las bacterias son gram negativas saprofitas de los géneros *Erwinia*, *Pseudomonas* y *Xanthomonas*, y el menor número de los géneros gram positivos *Bacillus*, *Lactobacillus* y *Corynebacterium*, existen sobre la superficie de las plantas, particularmente a principios de la estación de crecimiento (Agrios, 1996).

Género *Bacillus*

Los bacilos en general están clasificados dentro de los microorganismos aeróbicos o facultativos y productores de catalasa. Pueden ser gram positivos o gram variables. En general producen endosporas, o sea esporas que se forman dentro de la célula (Bioland, 2005).

Características del Género *Bacillus*

Según Bioland (2005), las características generales del género *Bacillus* son:

Producen endosporas, las cuales son termoresistentes y también resisten a agentes perjudiciales como la desecación, la radiación, los ácidos y los desinfectantes químicos.

Muchos bacilos producen enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuentes de carbono y donadores de electrones.

Muchos bacilos producen antibióticos y son ejemplos de estos la bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina y circulina.

Los bacilos en general crecen bien en medios sintéticos que contienen azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes, etc., como las únicas fuentes de carbono y el amonio como única fuente de nitrógeno.

Viven dentro los límites de temperatura de 55 a 70° C, y el limite inferior de pH para *Bacillus* es de 2 a 3.

Aislamiento de Bacterias del Género *Bacillus*

Los miembros del grupo *Bacillus* son fáciles de aislar de la tierra, el aire, agua, plantas, animales y prácticamente en todas las superficies. Cuando se siembran en placas e incuban en forma aeróbica las colonias de *Bacillus*, son de forma plana, de formas irregulares y filamentadas (Bioland, 2005).

***Bacillus subtilis*.**

Fermenta la glucosa con productos principales como butanodiol, etanol, CO₂, y H₂O.

Este microorganismo también producen glicerol como un producto de la fermentación. No es potencialmente patógeno, no produce endotoxinas y secreta proteínas hacia el medio. Es inofensiva para los animales.

Según Bryan (1974), citado por Romo, (1994), las características principales de

***Bacillus subtilis* son:**

- **Forma de bastones rectos o curvos, con extremos redondeados.**
 - **Miden de 3 μ a 4 μ por 1 μ.**
 - **Son bacterias gram positivas y no acidorresistentes.**
 - **Son mesófilas.**
- **Producen esporas ovals o cilíndricas, que miden de 0.6 μ a 1.2 μ.**
 - **Móviles por ocho o doces flagelos peritricos.**
 - **La pared de la espora es delgada.**

Bacillus polymyxa.

Según Bioland (2005), es una bacteria que se caracteriza por producir 2.3-butanodiol, también produce etanol, y es fijadora de nitrógeno.

Sus características son:

- Son gram variables.
- Son mesófilas,
- Produce esporas ovales.
- La pared de la espora es gruesa.

Bacillus pumilus.

Se encuentra de forma natural en el suelo, agua, aire, y tejido fino de planta en descomposición. Se encuentra a menudo en el sistema de la raíz que envuelve a las plantas de la soya; no daña las plantas, cuando es aplicada a las semillas, la bacteria protege las raíces de la planta contra ciertos hongos. Esta bacteria limita el desarrollo de los hongos *Rhizoctonia* y *Fusarium*. No causa ningún daño a los seres humanos o al ambiente (United States Environmental Protection Agency, 2005).

Uso del Género *Bacillus* Como Antagonista.

Tschen (1987), citado por Díaz (1990), estudió *in vitro* a *Bacillus subtilis* como antagonista de *R. solani* y reportó que en Papa Dextrosa Agar (PDA) el patógeno forma engrosamiento de las hifas y acumulación de sustancias quitinosas; además de que el filtrado de la bacteria antagónica, estimula la formación de esclerocios de

R. solani. Sustancias antibióticas aisladas de *B. subtilis*, así como la suspensión de las mismas bacterias, inhiben el desarrollo de la lesión causada por la infección de *Rhizoctonia*; sin embargo, las sustancias fueron más efectivas que la suspensión de bacterias.

Castañeda (2001) utilizó a *B. subtilis* y *Bacillus* sp. para evaluar técnicas de antagonismo *in vitro*; en su resultado determino que *B. subtilis* presenta un efecto antagonista hacia *P. capsici*, *F. oxysporum* y *R. solani*.

Los trabajos realizados por García (2002) para estudiar el efecto antagonista de aislados de *Bacillus* contra *R. solani* muestran que la cepa B15 presento el mayor porcentaje de antagonismo en todos los grupos de anastomosis, excepto en el GA-9. Su potencial de inhibición vario de acuerdo al grupo de anastomosis y va desde un 40% hasta un 85%. El tiempo que la cepa B15 necesita para inhibir totalmente a un grupo de anastomosis generalmente es de 48 horas. El aislado B15 posee potencial para poder emplearse contra los grupos de anastomosis de *R. solani* que atacan a la papa en México.

Cárdenas (2003) encontró un marcado efecto inhibitorio del aislado bacteriano antagónico clave B15 identificado como *Bacillus* sp. sobre los hongos fitopatógenos causantes de la marchites del chile *R. solani*, *F. solani* y *P. capsici in vitro*. Esta misma bacteria demuestra un efecto permanente en la reducción de la cantidad de plantas de chile que presentan necrosis y un efecto marcado sobre la longitud de plantas tratadas con la misma.

Gliocladium virens.

Gliocladium spp. es un hongo filamentoso que se distribuye extensamente en el suelo y la vegetación, comúnmente como un contaminante. Se le ha conocido también con el nombre de *Acrostalagmus*, *Isaria* y *Verticillium*. Los telomórficos del género *Gliocladium* se incluyen en los géneros *Nectria*, *Hypocrea* y *Nectriopsis*.

Especies

El género *Gliocladium* contiene varias especies. Lo más comúnmente conocidas son *G. penicilloides*, *G. virens*, *G. roseum* y *G. deliquescen*.

Características del Hongo

- No es agente patógeno causal de una enfermedad en hombre o animales.
- Crece rápidamente en forma de colonias algodonosas, las colonias son blancas inicialmente y pueden llegar a ser rosadas a verde oscuro cuando maduran. El revés de la caja petri con medio de cultivo es descolorido, blanco, o amarillento. Produce hifas, conidioforos, fialidas, y conidias. Las hifas son septadas y hialinas, el conidioforo es erguido y se ramifica varias veces en sus ápices. Las ramas terminales dan lugar a fialidas en forma de botella. Las conidias son unicelulares, ovoides a cilíndricas, se forman en sucesión desde una fialida (Can, 2005).

Información General

Es un fungicida agrícola para la prevención y control de enfermedades que atacan a las semillas, raíces, tallos y tubérculos de diferentes cultivos. Es especialmente activo para el control de hongos del suelo que ocasionan pudriciones de la raíz, secadera o «Damping off» de las plántulas (DEAQ, 2004).

Es considerado como un producto ligeramente tóxico y no es fitotóxico a las dosis recomendadas.

El producto comercial utilizado tiene una concentración de 46.3% de pentacloronitrobenceno (Cuadro 1).

Cuadro 1: Composición porcentual del PCNB.

| COMPOSICIÓN PORCENTUAL: | Porcentaje en peso |
|---|--------------------|
| Ingrediente activo: Quintozeno (pentacloronitrobenceno) | |
| No menos de: (Equivalente a 600 gr de i.a./lt) | 46.3% |
| Ingredientes inertes: Disolventes (agua), dispersantes, humectantes y compuestos relacionados No más de: | 53.7% |
| Total: | 100% |

Fuente: DEAQ, 2004.

Generalidades del Cultivo del Ajo

Origen e Historia.

El ajo es originario de Asia Central, incluyendo al noreste de la India y ha formado parte de la historia del hombre desde épocas muy remotas (Vavilov citado por Valadez, 1998).

En el caso de América Latina se considera que los primeros ajos llegaron a Cuba hace cerca de 500 años con los primeros colonizadores españoles, de donde se expandió rápidamente a toda América. La llegada a México no está bien definida, sin embargo el inicio de importancia comercial del ajo en la región del Bajío, bien podría señalar en la década de los 40's en donde las exportaciones superaron las mil toneladas las cuales han ido incrementando.

Clasificación Botánica.

En base a Cronquist (1996), la clasificación botánica del ajo es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Liliales

Familia: Liliaceae

Genero: *Allium*

Especie: *sativum*

Variedad: Perla

Nombre Común: Ajo

Importancia.

La importancia de este cultivo radica en la producción de esta hortaliza a nivel mundial (Cuadro 2), y la producción nacional en donde el estado de Guanajuato ocupa el primer lugar (Cuadro 3).

Cuadro 2: Principales países productores de ajo en el mundo.

| País | Superficie (ha) | Producción (Ton) | Rendimiento (ton/ha) |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| China | 54,000 | 561,000 | 10.4 |
| República de Corea | 50,000 | 385,000 | 7.7 |
| Tailandia | 42,000 | 330,000 | 7.8 |
| España | 39,000 | 236,000 | 7.8 |
| Egipto | 6,000 | 177,000 | 29.5 |
| India | 54,000 | 165,000 | 3.0 |
| EUA | 6,000 | 92,400 | 15.4 |
| Argentina | 17,000 | 89,100 | 5.2 |
| Italia | 6,000 | 66,000 | 11.0 |
| Turquía | 12,000 | 66,000 | 5.5 |

Fuente: FAO 2002.

Cuadro 3: Principales Estados productores en la República Mexicana.

| Estado | Superficie (ha) | Rendimiento (ton/ha) |
|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Guanajuato | 3,502 | 8.8 |
| Aguascalientes | 927 | 10.5 |
| Zacatecas | 700 | 6.8 |
| Querétaro | 520 | 9.0 |
| Sonora | 470 | 6.4 |
| San Luis Potosí | 525 | 7.3 |
| Baja California Norte | 180 | 10.0 |
| Oaxaca | 163 | 4.7 |
| Otros | 219 | 7.8 |

Fuente: SAGARPA 2002

Descripción Botánica.

El ajo es una planta herbácea de 30 a 50 cm de altura. Las hojas se originan desde la base o corona y son aplanadas, fistuladas de 2.5 cm de ancho, con espata aguada de 7.5 a 10 cm de largo. Las flores de color rosa agrupadas en una umbela terminal, son pequeñas y densas con bracteadas largas y escariosas generalmente estériles. El fruto es una pequeña cápsula lobulada, la parte consumible es un bulbo compuesto, formado por numerosos dientes que están cubiertos por una membrana sedosa de color blanco o rosa, los dientes constituyen además el medio de propagación de esta planta (SARH, 1994, citado por Quiñónez, 2003).

Esta especie contiene fructosa, proteínas, lípidos, sales, minerales, y numerosos principios activos, especialmente los compuestos de azufre.

Requerimientos Climáticos.

Se menciona que el ajo es una planta bianual y se le considera como una de las hortalizas más resistentes al frío.

El rango de temperatura es de 10 a 30 °C para un desarrollo total. Castaños (1993) reportó que las raíces de los dientes de ajo pueden crecer a temperaturas de 2 a 3 °C. El ajo requiere temperaturas frescas (<15 °C) y fotoperiodo corto (menos de 10 horas) para su desarrollo vegetativo, y para la formación del bulbo debe haber temperaturas ambientales mayores 20 °C y días largos (más de 12 horas).

La temperatura más propicia para el crecimiento vegetativo es de 15 °C y cuando comienzan a formarse los dientes las temperaturas varían de 15 a 20 °C y durante la formación del bulbo de 20 a 25 °C.

El ajo es muy resistente a las heladas, llega a soportar inviernos rigurosos con temperaturas medias de -2.5 a -4.0 °C, existiendo cultivares adaptados a un amplio rango de condiciones térmicas con temperaturas superiores a los 30 °C (Valadez, 1998).

Requerimientos Edáficos.

En cuanto al suelo, esta hortaliza requiere de suelos limosos, orgánicos y bien drenados. Asimismo, se recomienda no sembrar ajo donde anteriormente hubo cebolla o ajo para evitar problemas con nemátodos y con la pudrición blanca (Romo, 1994).

En cuanto a su pH, el ajo está clasificado como moderadamente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 6.5 a 5.5 ; con respecto a la salinidad está clasificado como moderadamente tolerante, con valores de 4 a 5 mmhos (2500 a 3200 ppm) (Valadez, 1998).

Los mejores suelos para el cultivo del ajo son los de textura ligera o moderadamente pesados como los francos, Areno-arcillosos y Arcillo-arenosos sin problemas de salinidad, pedregocidad o drenaje.

Variedades.

A continuación se enlistan las principales variedades de ajo morados y blancos:

Ajos Tipo Morado.

Chileno.

Esta variedad produce bulbos de color morado, con un promedio de 19 dientes (variando de 11 a 22), los cuales están cubiertos con 5 a 6 capas. La planta tiene una altura promedio de 50 cm y de follaje semiabierto, con hojas de color verde intenso. Su ciclo es de 160 días y su rendimiento medio es de 7 a 8 ton/ha.

Napuri.

Variedad que tiene de 1 a 40 dientes por bulbo con una media de 22 dientes. El ciclo vegetativo es de 160 a 170 días y su potencia de rendimiento es de 14 ton/ha.

Vikingo.

Esta variedad es de porte de 80 cm, produce de 1 a 18 dientes con una media de 7.5, su ciclo vegetativo es de 175 días y el potencial de rendimiento es de 17 ton/ha.

Positas.

Es una variedad introducida de Baja California Sur, con bulbos de color morado claro de 40 a 50 cm de alto y color verde cenizo, los bulbos son grandes y aplanados, cuyo número de dientes varía de 1 a 60 con un promedio de 28. Su ciclo vegetativo es de 180 días.

Massone.

Es una introducción hecha de Perú y sus características son similares a la variedad Napuri. Las plantas alcanzan hasta 55 cm de altura, su follaje es de color verde intenso, sus bulbos son de color morado y están protegidos por siete túnicas que envuelven, un promedio de 14 dientes, su ciclo vegetativo es de 175 a 180 días.

Taiwán.

Los bulbos que produce esta variedad son de color morado, con un promedio de 9 dientes (variando de 7 a 13). La altura de la planta es de 50 cm, sus hojas son de color verde intenso y su follaje no muy abierto. Tiene un ciclo vegetativo de 160 días y su rendimiento es de 7 a 8 ton/ha (SARH, 1994, citado por Quiñónez, 2003).

Ajos Tipo Blanco

Perla.

Es una variedad tardía, con un ciclo vegetativo de aproximadamente 240 días; sus bulbos son de color blanco cremoso con una cantidad de dientes que varía de 10 a 16 por bulbo, cubiertos por siete túnicas externas en promedio a la cosecha. El rendimiento obtenido experimentalmente es de 16 a 18 ton/ha. La planta mide de 40 a 50 cm de altura, su follaje es abierto con hojas de color verde pálido, sin embargo, es una es una variedad susceptible al "escobeteado", también conocido como "rebrotado" o "arrepollado".

El escobeteado, es una malformación fisiológica producida por un exceso de vigor, se caracteriza porque el follaje de las plantas afectadas toma una apariencia de "escobeta", observándose unas hojas más finas que surgen entre las hojas adultas. Cuando la malformación es grave, la planta se abre completamente. Los bulbos de tales plantas pierden sus túnicas externas y los dientes periféricos quedan descubiertos.

Cristal.

Las plantas alcanzan una altura de 76 cm llegando a producir 21 hojas y de las cuales eliminan 11 de ellas, los bulbos tienen un promedio de 23 dientes producen un 45% de bulbos para exportación, su ciclo vegetativo es de 210 días a 220 días y un rendimiento es de 8.0 ton/ha.

Blanco de Zacatecas.

Las plantas alcanzan una altura de 74 cm llegando producir hasta 22 hojas, aunque eliminan la mayor parte de ellas, con 22 dientes en promedio, producen un 48 por ciento de bulbos para exportación, su ciclo vegetativo es de 210 a 220 días con un promedio de rendimiento de 8.6 ton/ha (SARH, 1994, citado por Quiñónez, 2003).

Principales Plagas y su Control.

Según Anaya (1999), las principales plagas que afectan al ajo son:

a) Trips (*Thrips tabaci*).

Descripción:

Insectos pequeños, chupadores, de color amarillo claro a oscuro, voladores con las alas anteriores de color gris claro. Las ninfas más pequeñas que los adultos, ápteras blancas amarillentas. El huevecillo es blanco amarillento, de forma de riñón y generalmente es insertado en los tejidos del envés de las hojas.

Hábitos.

Los insectos raspan la superficie de las hojas jóvenes absorbiendo la savia, causando manchones de color café claro que con el tiempo adquieren tonalidades plateadas con puntos negros. Las hojas pueden encogerse, marchitarse y morir.

Métodos de Control.

Con buenas medidas de sanidad, el insecto no debe causar daños económicos. En infestaciones persistentes, deben destruirse los residuos de las cosechas y eliminar las malezas hospederas. Se recomienda el control químico (Cuadro 4).

Cuadro 4: Productos recomendados para el control de trips (*Thrips tabaci*) en ajo.

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|------------|--------------|------------------------|
| Ajo | Permetrina | 250 – 400 ml | 14 días |
| | Malatión | 1 lt | 21 días |

Fuente: DEAQ, 2004

b) Gusano de la Cebolla (*Hylemia antiqua*).

Descripción.

Los adultos son moscas grisáceas de alas hialinas, en algunas ocasiones, manchadas u oscurecidas. Larvas cilíndricas de color blanco amarillento con ocho segmentos abdominales bien diferenciados. Los huevecillos diminutos, blanquecinos, puntiagudos, difíciles de localizar a simple vista.

Hábitos.

Los huevecillos son depositados en las grietas del suelo, de donde emergen las larvitas que se desarrollan en los tejidos foliares, tallos, semillas y raíces, en donde forman túneles o minas, que propician pudriciones. La duración del periodo larvario es variable, de una semana a varios meses. La pupación casi siempre es en el suelo, aunque en ocasiones se presentan en las minas.

Métodos de control.

Los barbechos y eliminación de residuos de la cosecha anterior ayudan a bajar las poblaciones. En caso de ser necesario el control químico (Cuadro 5), las aplicaciones deben iniciarse cuando se detecten de 10 a 15 insectos por planta.

Cuadro 5: Plaguicidas recomendados en ajo para el control del gusanillo de la cebolla (*Hylemia antiqua*).

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|-------------------|----------|------------------------|
| Ajo | Diazinon | 1-1.5 lt | 10 días |
| | Malatión | 1 lt | 21 días |
| | Paratión Metílico | 1 lt | 15 días |

Fuente: (DEAQ, 2004).

c) Nematodo del Tallo y Bulbos (*Ditylenchus dipsaci*).

Importancia Económica y Hospederos.

El nematodo del tallo se encuentra en todo el mundo, aunque no se adapta a regiones tropicales, se propaga en regiones templadas y ocasiona daños de importancia económica. Ataca a más de 450 especies diferentes de plantas, entre las más afectadas están: ajo, cebolla, narcisos, jacintos, tulipanes, avena, centeno, trébol rojo y fresa.

Síntomas.

En ajo la emergencia es pobre y retardada. Las plántulas enfermas están pálidas, torcidas y arqueadas, la mayoría mueren en las tres primeras semanas posteriores a la plantación. Las plantas jóvenes presentan hinchazones, espículas en el tallo, escorzo y rizado de las hojas, y están achaparradas. Las hojas exteriores se vuelven flácidas se cuelgan y se postran en el suelo. Las escamas afectadas aparecen con anillos o áreas irregulares decoloradas en una vista longitudinal, los bulbos enfermos se resecan, son incoloros, blandos y muy ligeros.

Medidas de combate.

Para el tratamiento a semilla se recomienda sumergir los dientes de ajo en agua a 45 °C durante 20 minutos. Para obtener una mayor efectividad agregue formalina al 1% y detergente al 0.1%.

Castaños (1993), menciona las siguientes medidas de control para *Ditylenchus dipsaci*: uso de variedades resistentes, rotación de cultivos y aplicación de nematicidas (Cuadro 6).

Cuadro 6: Nematicidas recomendados para el control del nematodo del tallo y de los bulbos (*Ditylenchus dipsaci*).

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|---|-------------|------------------------|
| Ajo | <i>Myrothecium verrucaria</i> (Ditera) | 20 - 40 lt | Sin limite |
| | Fenamifos (Nemacur) | 15 – 30 kg. | 21 días |

Fuente: DEAQ, 2004

Principales Enfermedades y su Control.

Según Anaya (1999), las principales enfermedades del Ajo son las siguientes:

a) Mildiu (*Peronospora destructor* Berk).

Características del Patógeno.

Esta enfermedad produce esporangióforos no septados que emergen por los estomas y miden de 122 a 150 micras de longitud por 7 a 18 micras de ancho, con ramificación dicotómica, y terminaciones agudas donde están adheridos los esporangios que son piriformes u oval alargados. El micelio es no

septado, intercelular. Los oogonios miden de 43 a 54 micras. Las oosporas miden de 40 a 44 micras y germinan por medio de tubos germinales (Mendoza, 1996).

Síntomas.

Dependen de la forma de infección, si es sistémica se manifiestan en plantas que quedan enanas con hojas engrosadas o retorcidas y cloróticas, y si hay suficiente humedad hay producción externa de micelio y esporulación del hongo sobre la superficie de las hojas, tallos, bulbos e inflorescencias, que es de color violeta; si el ambiente es seco entonces sólo se ven manchas blancas sobre el tejido atacado.

Ciclo.

El hongo inverna como micelio en bulbos o plantas infestadas, el tubo germinativo forma un apresorio y luego penetra por los estomas y desarrolla un micelio intercelular, con haustorios filamentosos; los esporangios se forman en condiciones de humedad elevada (90-100%) y a una temperatura de 4° a 25 °C, con una óptima de 13 °C, se desarrollan durante la noche y se dispersan en el día, principalmente por aire.

Control.

Eliminar residuos de la cosecha anterior, rotación de cultivos y asperjar fungicidas como Mancozeb y Metalaxil (Cuadro 7), como emplear variedades resistentes como la Calred de la cual los tallos florales son resistentes y las hojas son moderadamente resistentes (Mendoza, 1996).

Cuadro 7: Guía para el control químico del mildiu (*Peronospora destructor*) en ajo.

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|-----------|----------|------------------------|
| Ajo | Mancozeb | 1 – 2 kg | 10 días |
| | Metalaxil | 1 – 2 kg | 14 días |

Fuente: DEAQ, 2004

b) Mancha Púrpura (*Alternaria porri* Ell).

Características del Patógeno.

Conidióforos solitarios o en grupos, rectos o flexuosos, a veces geniculados, septados, pálidos a cafésosos, miden 120 micras de longitud y 5 a 10 micras de ancho, con una o varias cicatrices conidiales bien definidas.

Síntomas.

Los primeros síntomas son pequeñas lesiones foliares de color blanco, hundidas, las cuales se desarrollan concéntricamente, con el centro de color púrpura y con el borde amarillento o rojizo en cada uno de los anillos, llegando a ser de varios centímetros de longitud al extenderse a lo largo de las nervaduras. La esporulación sobre estas lesiones resulta en la formación de zonas oscuras formadas por masas superficiales de esporas (conidios) del hongo. Después de esta aparición de síntomas, si las condiciones llegan a ser favorables, en 2 ó 4 semanas las manchas coalescen y se presente la defoliación y los tallos atacados se doblan, las escamas llegan a oscurecerse y se desecan.

Ciclo.

El patógeno inverna en forma de micelio y conidios en residuos de cosecha; los conidios son diseminados por el viento hacia las plantas sanas donde penetran por estomas directamente y se desarrollan en forma inter e intracelular. La enfermedad se ve favorecida con temperaturas de 6-34 °C con óptimas de 25-27 °C y alta humedad relativa (rocío persistente), la óptima es de 90%.

Control.

Es conveniente destruir los residuos de cosecha y bulbos podridos, la rotación de cultivos exceptuando a las amarilidáceas, es recomendable para reducir el inóculo. El uso de productos químicos en las épocas donde se note que habrá o hay alto grado de infección, es aconsejable con fungicidas, tales como Mancozeb, Tebuconazol y Clototalonil (Cuadro 8), con aplicaciones cada ocho o quince días.

Cuadro 8: Guía para el control químico de la mancha púrpura (*Alternaria porri*).

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|--------------|----------|------------------------|
| Ajo | Mancozeb | 1 – 2 kg | 10 días |
| | Clorotalonil | 2 – 3 kg | 14 días |
| | Tebuconazole | 1 – 2 lt | 37 días |

Fuente: DEAQ, 2004.

c) Pudrición Blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk).**Características del Patógeno.**

En tejido vivo y en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA), se desarrolla abundante micelio blanco, algodónoso y ramificado, de donde se forman posteriormente esclerocios esféricos, pequeños y negros sobre la

superficie. Los esclerocios maduros muestran rápidamente su corteza diferenciada y frecuentemente con paredes pigmentadas, la corteza es de 2 a 3 células gruesas. La corteza y médula muestran contenido celular granular, la pared de las células no. En general hay producción abundante de esclerocios pero se reportan razas aberrantes que solo producen micelio.

Síntomas.

La enfermedad puede atacar a la planta en cualquier etapa de su ciclo vegetativo. Los síntomas se inician con el amarillamiento, decoloración y la muerte progresiva de las hojas, que inicia apicalmente y continúa en sentido descendente. La velocidad de avance varía con la rapidez de ataque del hongo.

Las plantas jóvenes pueden marchitarse y morir rápidamente. Las raíces y las zonas basales de las escamas y el bulbo son atacados por el hongo que hace su aparición en forma de un micelio superficial, abundante, blanco y esponjoso.

Una podredumbre semiacuosa destruye las raíces y las escamas. A partir del micelio algodonoso aparecen como embebidos en los tejidos en descomposición esclerocios de color blanquecino, que luego se tornan cafés y finalmente negros.

Si los bulbos se infectan al final de su desarrollo durante la cosecha sólo aparecerá una pudrición incipiente que posteriormente se desarrollará en el almacén.

Ciclo de la Enfermedad.

Este patógeno puede persistir hasta 10 años como esclerocio en el suelo o como micelio en tejidos infectados o en los residuos de plantas.

Se distribuye ampliamente a través del agua de riego, con el suelo infestado, las herramientas contaminadas, las plántulas de trasplante infectadas y a larga distancia sobre los bulbos; una vez establecido en un

terreno de condiciones favorables, permanece viable por varios años, incluso en ausencia de plantas huésped.

La temperatura para su desarrollo oscila en 4° y 30 °C, con un óptimo entre 20° y 24 °C; la germinación de esclerocios, la infección y el desarrollo también se presenta entre los 15° y 20 °C; a 22 °C, la enfermedad se desarrolla con mayor rapidez. A temperaturas de 24 °C y superiores las plantas permanecen sanas, incluso en suelos muy infestados. Asimismo, con temperaturas de 10° a 15 °C, la enfermedad disminuye.

Control.

Se sugiere rotación de cultivos por largos periodos cuando el terreno se encuentra muy infestado. La aplicación de cal reduce los ataques pero no lo elimina. Aplicar al suelo antes de sembrar o durante la siembra productos como el PCNB y el Tebuconazole (Cuadro 9).

Cuadro 9: Guía para control químico de la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum*).

| Cultivo | Producto | Dosis/ha | Intervalo de seguridad |
|---------|--------------|------------|------------------------|
| Ajo | PCNB | 1 – 1.5 lt | 40 días |
| | Tebuconazole | 1 – 2 lt | 37 días |

Fuente: DEAQ, 2004.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Trabajo

El presente trabajo se llevo a cabo en el invernadero del Departamento de Parasitología Agrícola y en el campo experimental “El bajío” de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Material Biológico

Las bacterias fueron proporcionadas del Laboratorio de Fitopatología de la UAAAN; el aislado de la cepa B15 (*Bacillus pumilus*) fue aislada dentro del proyecto Aislamiento e identificación de actinomicetos de la rizosfera de suelo con actividad antagónica contra *Rhizoctonia solani* de las zonas paperas de Coahuila y Nuevo León (Castillo, 2001), el aislado *3 (*B. subtilis*) es producto del proyecto de Tesis de Maestría de Romel De la Garza (2004) y el aislado BCC-1 (*B. polymyxa*) se obtuvo como contaminante de laboratorio del cultivo de *Colletotrichum coccodes*.

Propagación y Obtención de Esporas de *Bacillus* (B15, *3 y BCC-1).

Se efectuó en dos fases, en la primera se propago la fase vegetativa de estas bacterias en matraces conteniendo caldo nutritivo en agitación rotatoria (agitador New Brunswick, Scientific Classic G-25) a 150 rpm, con 28°C por 18 h. Posteriormente, la segunda fase consistió en colocar 1 ml del inóculo de estas

bacterias propagadas en caldo nutritivo, en frascos de vidrio conteniendo agar nutritivo y difundiendo por movimiento circulatorio la bacteria sembrada. En seguida se incubaron frascos sembrados, en el laboratorio de fitopatología, a temperatura ambiente hasta esporulación, una vez esporulada la bacteria, se recupero el crecimiento sobre la placa y se colocó con una asa en tubos de ensayo estéril conteniendo agua destilada estéril. Estos tubos sirvieron como solución stock de esporas de *Bacillus* claves B15, *3 y BCC-1.

Conteo de Esporas.

Una muestra de la suspensión stock de *Bacillus* spp. claves B15, *3 y BCC-1 fueron diluidas 1:10 en agua estéril, colocando una muestra en el hemacitometro o cámara de Neubauer para su observación, el conteo de esporas fue efectuado en un microscopio de contraste de fase (Axiostar plus Carl Zeiss). El procedimiento de conteo se efectuó realizando conteo total de esporas en 5 cuadros grandes y dividiendo entre 5 para sacar el promedio por cuadro grande y el resultado se multiplica por 10 y 10000 para obtener el número de esporas por mililitro (Cárdenas, 2003).

Diseño del Experimento.

Se realizó un sorteo al azar para definir que número le correspondería a cada tratamiento y el resultado fue el siguiente:

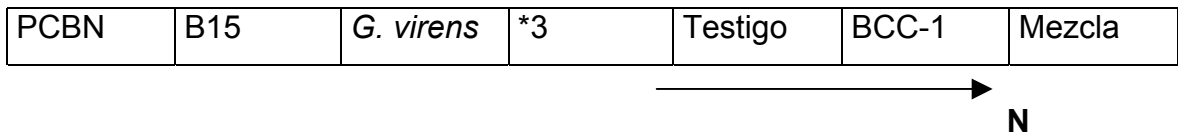
- T I..... PCNB
- T II..... B15 (*B. pumilus*)
- T III..... *G. virens*

- T IV..... *3 (*B. subtilis*)
- T V..... Testigo
- T VI..... BCC-1(*B. polymyxa*)
- T VII..... Mezcla (B15, *3 y BCC-1)

Diseño en Invernadero.

Se realizó un diseño completamente al azar en el cual se establecieron 7 tratamientos incluyendo el testigo, cada tratamiento constó de un área de un metro cuadrado con 20 plantas de ajo cada uno.

Figura 1: Esquema experimental de invernadero en cama de cultivo.

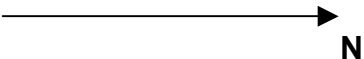


Diseño en Campo.

Se realizó un diseño completamente al azar en el cual se establecieron 7 tratamientos incluyendo el testigo, cada tratamiento constó de tres repeticiones, para ello se estableció una parcela experimental de seis surcos dobles 50 metros de longitud y la unidad experimental constó de tres surcos de 4.5 metros de largo; la evaluación se realizó sólo en el surco central.

Figura 2: Diseño de la parcela experimental en campo.

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|-------|-----|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| T II | T VI | T VII | T I | T III | T VI | T II | T IV | T V | T VI | T IV |
| C | C | B | A | A | A | B | C | B | B | B |
| T VII | T I | T II | T I | T V | T V | T IV | T III | T VII | T III | |
| C | C | A | B | A | C | A | B | A | C | |



Aplicación de Tratamientos

La primera aplicación se realizó sobre los dientes de ajos ya sembrados, antes de cubrir; las siguientes aplicaciones se realizaron en la base del tallo de la planta. El equipo utilizado fue una mochila de aspersion de ocho litros de capacidad; la concentración a aplicar fue disuelta en un litro de agua por repetición y fue la siguiente:

- ⇒ T I - PCNB..... 1 ml / lt
- ⇒ T II - B15 (*B. pumilus*)..... 1×10^8
- ⇒ T III - *G. virens*..... 2.5 gr / lt
- ⇒ T IV - *3 (*B. subtilis*)..... 1×10^8
- ⇒ T V - Testigo..... 1 lt de agua
- ⇒ T VI - BCC-1 (*B. polymyxa*)..... 1×10^8
- ⇒ T VII - Mezcla de bacterias..... 1×10^8

La primera aplicación se realizó al momento de la siembra, el día 19 de agosto de 2004, y las siguientes aplicaciones se realizaron cada mes. Se realizó un total de ocho aplicaciones en el ciclo total del cultivo.

Toma de Datos

La toma de datos se realizó al momento de la cosecha (30 de abril de 2005) en donde se seleccionaron 15 plantas por repetición en el experimento en campo y 20 plantas en el experimento en invernadero; las variables evaluadas fueron diámetro de la base de la raíz, diámetro del bulbo, diámetro del tallo, longitud de raíz, longitud del tallo, longitud de planta completa, peso de del bulbo y peso de planta completa. Para la toma de datos se utilizo un Vernier, una regla de aluminio de 50 cm y una bascula con capacidad para 5 kg.

Análisis Estadístico

Para cada una de las variables evaluadas se realizó un análisis estadístico por medio del Paquete de Diseños Experimentales de la FAUANL Versión 2.5; para el análisis de los datos obtenidos en invernadero se utilizo el Diseño Completamente al Azar (con cuatro repeticiones) y para los obtenidos en campo se utilizo el Diseño Bloques al Azar (con tres repeticiones), en ambos casos la comparación de medias se realizo por medio del DMS ($P = 0.05$ o 0.01 según la diferencia estadística) del mismo programa.

RESULTADOS

Resultados Obtenidos en Invernadero

Diámetro de la Base de la Raíz.

El análisis de varianza del diámetro de la base de la raíz (>Cuadro 2 del Apéndice) mostró que no hubo diferencia estadística ($P = 0.05$) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que demostró mejores efectos benéficos fue *G. virens* con 2.30 cm de diámetro, que representa un 6.48% más con respecto al testigo (Cuadro 10).

Diámetro del Bulbo.

El análisis de varianza del diámetro del bulbo (Cuadro 4 del Apéndice) mostró diferencia altamente significativa entre los tratamientos. La comparación de medias ($P = 0.01$) mostró que B15, *3, y *G. virens* fueron iguales estadísticamente, mientras que el testigo y PCNB fueron iguales entre si y diferentes a los anteriores; finalmente BCC-1 y la Mezcla de bacterias esporuladas mostraron el menor diámetro. El tratamiento que demostró mejores efectos benéficos fue *G. virens* con 4.86 cm de diámetro, que representa un 6.11% más con respecto al testigo (Cuadro 10).

Diámetro del Tallo.

El análisis de varianza del diámetro del tallo (Cuadro 6 del Apéndice) no mostró diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que demostró mejores efectos benéficos fue B15 con 1.43 cm de diámetro, que representa un 10% más con respecto al testigo (Cuadro 10).

Cuadro 10: Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en el diámetro de la base de la raíz, diámetro del bulbo y diámetro del tallo en el cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.

| Tratamientos | Diámetro de la base de la raíz (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Diámetro del bulbo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Diámetro del tallo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) |
|------------------|-------------------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| PCNB | 2.18 A | 0.93 | 4.57 B | -0.22 | 1.31 A | 0.77 |
| B15 | 2.24 A | 3.70 | 4.63 A | 1.09 | 1.43 A | 10.00 |
| <i>G. virens</i> | 2.30 A | 6.48 | 4.86 A | 6.11 | 1.40 A | 7.69 |
| *3 | 2.16 A | 0.00 | 4.83 A | 5.46 | 1.29 A | -0.77 |
| Testigo | 2.16 A | 0.00 | 4.58 B | 0.00 | 1.30 A | 0.00 |
| BCC-1 | 2.05 A | -5.09 | 3.96 C | -13.54 | 1.37 A | 5.38 |
| Mezcla | 2.03 A | -6.02 | 3.77 C | -17.69 | 1.34 A | 3.08 |
| C. V. | 7.52 % | | 8.37 % | | 9.48 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. pumilus*, BCC1= *B. polymyxa*, Mezcla = Mezcla bacteriana (*3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, P = 0.05 y 0.01). C. V. = Coeficiente de Variación.

Longitud de Raíz.

De acuerdo al análisis de varianza realizado a la longitud de raíz (Cuadro 8 del Apéndice), se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos. En base a la comparación de medias (P = 0.01) se determinó que el mejor tratamiento fue B15 con una longitud de 11.05 cm, que representa un 43.51% más con respecto al testigo, seguido por PCNB y *G. virens*. Los tratamientos con BCC-1 y Mezcla de bacterias resultaron estadísticamente iguales al testigo (Cuadro 11).

Longitud del Tallo.

De acuerdo al análisis de varianza realizado a la longitud del tallo (Cuadro 10 del Apéndice), se encontró diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos. En base a la comparación de medias (P = 0.01) se determinó

que el mejor tratamiento fue *G. virens* con una longitud de 22.45 cm, que representa un 21.02% más con respecto al testigo, seguido por B15 y PCNB dentro del mismo grupo estadístico. Los tratamientos con BCC-1 y Mezcla de bacterias quedaron por debajo del testigo (Cuadro 11).

Longitud de la Planta Completa.

De acuerdo al análisis de varianza realizado a la longitud de la planta completa (Cuadro 12 del Apéndice), se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. En base a la comparación de medias ($P = 0.05$) se determinó que el mejor tratamiento fue B15 con una longitud de 36.40 cm, que representa un 13.57% más con respecto al testigo, con los tratamientos *G. virens*, PCNB y *3 dentro del primer nivel de significancia. Todos los tratamientos superaron al testigo en esta variable (Cuadro 11).

Cuadro 11: Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en la longitud de la raíz, longitud del tallo y longitud de la planta completa en el cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.

| Tratamientos | Longitud del raíz (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Longitud del tallo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Longitud de la planta completa (cm) | Incremento con relación al testigo (%) |
|------------------|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------------------|--|
| PCNB | 10.45 A | 35.71 | 20.05 A | 8.09 | 34.15 A | 6.55 |
| B15 | 11.05 A | 43.51 | 21.00 A | 13.21 | 36.40 A | 13.57 |
| <i>G. virens</i> | 10.05 A | 30.52 | 22.45 A | 21.02 | 34.95 A | 9.05 |
| *3 | 8.85 B | 14.94 | 19.70 B | 6.20 | 34.10 A | 6.40 |
| Testigo | 7.70 C | 0.00 | 18.55 B | 0.00 | 32.05 C | 0.00 |
| BCC-1 | 8.35 C | 8.44 | 18.00 C | -2.96 | 32.75 B | 2.18 |
| Mezcla | 7.80 C | 1.30 | 17.35 C | -6.47 | 32.25 B | 0.62 |
| C. V. | 7.22 % | | 6.63 % | | 5.56 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. pumilus*, BCC1= *B. polymyxa*, Mezcla = Mezcla bacteriana (*3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, $P = 0.05$ y 0.01). C. V. = Coeficiente de Variación.

Peso de la Planta Completa.

En esta variable se encontró alta significancia (Cuadro 14 del Apéndice) entre los tratamientos, con el PCNB y *3 como los de mayor peso, seguidos por *G. virens* y B15, finalmente los tratamientos BCC-1 y la Mezcla se igualaron al testigo; sin embargo, el mejor tratamiento fue PCNB con un peso de 122.90 gr por planta, que representa un 17.22% más con respecto al testigo (Cuadro 12).

Peso de del Bulbo.

El análisis de varianza (cuadro 16 del Apéndice) reportó alta significancia entre los tratamientos con PCNB, *3 y B15 mostrando los mayores promedios en el primer grupo de significancia. La mezcla mostró los peores promedio inclusive por debajo del testigo. Sin embargo, el mejor tratamiento fue PCNB con un peso de 73.10 gr por bulbo, que representa un 17.52% más con respecto al testigo (cuadro 12).

Cuadro 12: Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en el peso de la planta completa y peso del peso del bulbo del cultivo del ajo bajo condiciones de invernadero.

| Tratamientos | Peso de planta la completa (gr) | Incremento con relación al testigo (%) | Peso del bulbo (gr) | Incremento con relación al testigo (%) |
|------------------|---------------------------------|--|---------------------|--|
| PCNB | 122.90 A | 17.22 | 73.10 A | 17.52 |
| B15 | 108.40 B | 3.39 | 67.35 A | 8.28 |
| <i>G. virens</i> | 108.40 B | 3.39 | 65.50 A | 5.31 |
| *3 | 118.15 A | 12.68 | 72.95 A | 17.28 |
| Testigo | 104.85 C | 0.00 | 62.20 B | 0.00 |
| BCC-1 | 96.75 C | -7.73 | 53.00 B | -14.79 |
| Mezcla | 93.05 C | -11.25 | 49.45 C | -20.50 |
| C. V. | 6.07 % | | 10.50 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. pumilus*, BCC1= *B. polymyxa*, Mezcla = Mezcla bacteriana (*3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, P = 0.01). C. V. = Coeficiente de Variación.

Resultados Obtenidos en Campo

Diámetro de la Base de la Raíz.

El análisis de varianza del diámetro de la base de la raíz (Cuadro 18 del Apéndice), no encontró diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el Testigo fue el que presentó el mayor diámetro con 2.86 cm, seguido del *3 con 2.81 cm de diámetro (Cuadro 13).

Diámetro del Bulbo.

El análisis de varianza del diámetro del bulbo (Cuadro 20 del Apéndice), no encontró diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mostró mayor diámetro fue el Testigo con 6.38 cm, seguido del PCNB con 6.32 cm de diámetro (Cuadro 13).

Diámetro del Tallo.

Al igual que en las variables anteriores, no hubo diferencia estadística (Cuadro 22 del Apéndice) entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mostró mayor diámetro del tallo lo obtuvo el PCNB con 2.03 cm, que representa un 3.05% más con respecto al Testigo (Cuadro 13).

Cuadro 13: Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en el diámetro de la base de la raíz, diámetro del bulbo y diámetro del tallo en el cultivo del Ajo bajo condiciones de campo.

| Tratamientos | Diámetro de la base de la raíz (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Diámetro del bulbo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Diámetro del tallo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) |
|--------------|-------------------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|--|
| PCNB | 2.62 A | -8.39 | 6.32 A | -0.94 | 2.03 A | 3.05 |
| B15 | 2.45 A | -14.34 | 5.51 A | -13.64 | 1.50 A | -23.86 |
| G. virens | 2.60 A | -9.09 | 6.10 A | -4.39 | 1.90 A | -3.55 |
| *3 | 2.81 A | -1.75 | 6.14 A | -3.76 | 1.85 A | -6.09 |
| Testigo | 2.86 A | 0.00 | 6.38 A | 0.00 | 1.97 A | 0.00 |
| BCC-1 | 2.55 A | -10.84 | 5.77 A | -9.56 | 1.90 A | -3.55 |
| Mezcla | 2.53 A | -11.54 | 5.96 A | -6.58 | 1.83 A | -7.11 |
| C. V. | 14.82 % | | 9.25 % | | 13.93 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. pumilus*, BCC1= *B. polymyxa*, Mezcla = Mezcla bacteriana (*3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, P = 0.05). C. V. = Coeficiente de Variación.

Longitud de la Raíz.

El análisis de varianza de la longitud de la raíz (Cuadro 24 del Apéndice), no obtuvo diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mostró mayor longitud fue el PCNB con 10.08 cm, que representa un 6.11% más con respecto al Testigo (Cuadro 14).

Longitud del Tallo.

El análisis de varianza de la longitud del tallo (Cuadro 26 del Apéndice) no mostró diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mostró mayor longitud fue el Testigo con 30.03 cm, seguido del PCNB con 29.63 cm de longitud (Cuadro 14).

Longitud de la Planta Completa.

El análisis de varianza de la longitud de la planta completa (Cuadro 28 del Apéndice) no detectó diferencia estadística entre los tratamientos; sin embargo, el tratamiento que mostró mayor longitud fue el PCNB con 46.00 cm, que representa un 1.93% más con respecto al Testigo (Cuadro 14).

Cuadro 14: Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en la longitud de la raíz, longitud del tallo y longitud de la planta completa en el cultivo del ajo bajo condiciones de campo.

| Tratamientos | Longitud de la raíz (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Longitud del tallo (cm) | Incremento con relación al testigo (%) | Longitud de la planta completa (cm) | Incremento con relación al testigo (%) |
|--------------|--------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------------------|--|
| PCNB | 10.08 A | 6.11 | 29.63 A | -1.33 | 46.00 A | 1.93 |
| B15 | 9.20 A | -3.16 | 25.08 A | -16.48 | 40.53 A | -10.19 |
| G. virens | 8.78 A | -7.58 | 26.97 A | -10.19 | 40.79 A | -9.62 |
| *3 | 9.48 A | -0.21 | 26.08 A | -13.15 | 40.96 A | -9.24 |
| Testigo | 9.50 A | 0.00 | 30.03 A | 0.00 | 45.13 A | 0.00 |
| BCC-1 | 9.21 A | -3.05 | 28.66 A | -4.56 | 42.83 A | -5.10 |
| Mezcla | 9.97 A | 4.95 | 28.77 A | -4.20 | 43.08 A | -4.54 |
| C. V. | 17.33 % | | 10.86% | | 6.63 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. pumilus*, BCC1= *B. polymyxa*, Mezcla = Mezcla bacteriana (3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, P = 0.05). C. V. = Coeficiente de Variación.

Peso de la Planta Completa.

Para esta variable el análisis de varianza (Cuadro 30 del Apéndice) no reportó diferencia significativa entre los tratamientos; sin embargo, el mejor tratamiento fue PCNB con un peso de 179.20 gr por planta, que representa un 3.63% más con respecto al Testigo (Cuadro 15).

Peso de del Bulbo.

El análisis de varianza (Cuadro 32 del Apéndice) detectó diferencias significativas entre los tratamientos, con el PCNB, *G. virens*, y Testigo mostrando las medias mas altas. El PCNB con un peso de 101.73 gr por bulbo, que representa un 7.02% mas con respecto al testigo, obtuvo el mayor promedio (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de *Bacillus* promotores del crecimiento en el peso de la planta completa y peso del bulbo en el cultivo del ajo bajo condiciones de campo.

| Tratamientos | Peso de planta completa (gr) | Incremento con relación al testigo (%) | Peso de bulbo (gr) | Incremento con relación al testigo (%) |
|------------------|------------------------------|--|--------------------|--|
| PCNB | 179.20 A | 3.63 | 101.73 A | 7.02 |
| B15 | 100.43 A | -41.92 | 61.20 C | -35.62 |
| <i>G. virens</i> | 154.73 A | -10.52 | 90.30 A | -5.01 |
| *3 | 142.40 A | -17.65 | 83.20 B | -12.48 |
| Testigo | 172.93 A | 0.00 | 95.06 A | 0.00 |
| BCC-1 | 127.40 A | -26.33 | 76.66 C | -19.36 |
| Mezcla | 145.63 A | -15.79 | 82.63 B | -13.08 |
| C. V. | 19.12 % | | 13.91 % | |

*3= *B. subtilis*, B15= *B. polymyxa*, BCC1= *B. pumilus*, Mezcla = Mezcla bacteriana (3, BCC1 y B15). Medias con la misma letra de la misma columna son estadísticamente iguales (Prueba de Comparación de Medias DMS, P = 0.05). C. V. = Coeficiente de Variación.

DISCUSIÓN

En un principio se pretendió evaluar el efecto de las bacterias esporuladas en el control de enfermedades del suelo como *Sclerotium cepivorum*, pero debido a que esta enfermedad no se presentó ni en invernadero ni en campo, el análisis de resultados se dirigió hacia el efecto de las bacterias sobre el cultivo del ajo.

La cosecha del ajo se realizó en la planta verde sin deshidratación, con el objeto de facilitar la medición de las variables. Con lo anterior se interrumpió el ciclo del cultivo antes de tiempo; lo cual pudo causar que algunas variables se hayan modificado a las regularmente reportados.

El efecto de los tratamientos en campo pudo ser afectado por condiciones adversas al cultivo, por ejemplo el estrés hídrico, ya que en ocasiones la disponibilidad de agua no permitió realizar los riegos cuando eran requeridos por el cultivo.

El diámetro de la base de la raíz y el diámetro del bulbo fueron favorecidos significativamente por *G. virens*, pero el diámetro del tallo fue más favorecido por B15 en condiciones de invernadero, mientras que en campo no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Lo anterior se puede deber a que la fertilidad del suelo en campo (debido a que se utilizó un terreno sin explotar desde hace mucho tiempo) no permitió que se expresara el efecto de los tratamientos de igual forma que en el invernadero.

En el experimento realizado bajo condiciones de invernadero se determinó que la cepa B15 (*B. pumilus*) favorece significativamente la longitud de la raíz y de la planta completa, mientras que la longitud del tallo es más favorecida por *G. virens*. En condiciones de campo no hubo diferencia significativa en la longitud de raíz, longitud de tallo y longitud de planta completa, siendo el PCNB el que mejores resultados presentó en el cultivo del ajo.

Al respecto, Can, (2005) reportó que BCC-1 (*B. polymyxa*) induce incremento de la longitud de la raíz y de la planta del cultivo del tomate en condiciones de invernadero. A diferencia de nuestro experimento con ajo en invernadero, donde la cepa B15 (*B. pumilus*) fue la que indujo mejores resultados en el crecimiento de la raíz y de la planta completa.

En los experimentos realizados tanto en invernadero como en campo, se determinó que el PCNB favorece el aumento del peso de la planta completa y el peso del bulbo respecto a otros tratamientos. Lo anterior se puede deber a que el químico elimina los posibles patógenos, y organismos que puedan competir con la planta por nutrientes en lugar de beneficiarla, ya que cuando existen los nutrientes suficientes en el suelo los microorganismos los absorben del sustrato en lugar de procesarlos y fijarlos de la atmósfera.

Al respecto, Ordaz (2004) determinó que las cepas B15 y *3 favorecen el peso total de la planta y el peso de tubérculo, del cultivo de papa en invernadero. A diferencia de nuestros experimentos en invernadero y campo, donde el PCNB presentó mejores resultados en el peso de la planta y el peso del bulbo. Por lo anterior, parece ser que las bacterias funcionan mejor en solanáceas.

En los resultados de el peso del bulbo, que es la cosecha comercial del ajo, el PCBN fue el que obtuvo mayor peso por bulbo, lo que trae como consecuencia mayor rendimiento del cultivo; sin embargo, la cepa *3 (*B. subtilis*) superó en peso por bulbo al Testigo en invernadero, lo que la coloca como una opción viable para usarse en lugar del PCNB, que es un producto químico que puede dejar residuos en la cosecha y además su uso ya está restringido en algunos países.

Las diferencias de los resultados de este trabajo con otros realizados anteriormente, utilizando las mismas bacterias, tal vez se pueda deber a que el ajo es un cultivo muy distinto anatómicamente y fisiológicamente, a los que comúnmente se utilizan como tomate, chile o papa; para experimentos con hortalizas.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones experimentales en invernadero podemos concluir que:

- Los tratamientos utilizados en el experimento no tienen un efecto significativo sobre el diámetro de la base de la raíz y el diámetro del tallo; sin embargo, el diámetro del bulbo si es favorecido por *G. virens*.
- B15 (*B. pumilus*), favorece significativamente la longitud de la raíz y de la planta completa del ajo; la longitud del tallo en mas favorecida por *G. virens*.
- El PCNB tuvo mejor efecto sobre el peso de la planta completa y sobre el peso del bulbo.
- La bacteria que en general presento mejor efecto benéfico el cultivo del ajo en condiciones de invernadero fue B15 (*B. pumilus*).

Bajo condiciones experimentales en campo podemos concluir que:

- El diámetro de la base de la raíz, el diámetro del bulbo, el diámetro del tallo, la longitud de la raíz, la longitud del tallo, la longitud de la planta completa y el peso de la planta completa no son afectados significativamente por ninguno de los tratamientos utilizados en este experimento.
- El PCNB tuvo efectos significativos sobre el peso del bulbo.
- La bacteria que en general presento mejor efecto benéfico el cultivo del ajo en condiciones de campo fue *3 (*B. subtilis*).

LITERATURA CITADA

- Agrios, G. N. 1996. Fitopatología. Quinta reimpresión de la segunda edición. Ed. LIMUSA. México. 838 p.
- Anaya, R. S. y Romero, N. J. 1999. Hortalizas plagas y enfermedades. Primera edición. Ed. Trillas. México. pp 40 – 44.
- Bioland. 2005. Características del género *Bacillus*. www.bioland.cl. 05/10/2005.
- Can, Y. I. 2005. Evaluación de bacterias promotoras de crecimiento en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Var. Río Grande) en condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 64 p.
- Cárdenas, V. A. 2003. Actividad antagónica de *Bacillus* sp. (B15) para *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium solani*. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 70 p.
- Castañeda, P. N. 2001. Métodos in vitro para determinar el efecto antagónico de *Bacillus sibtillis* y *Bacillus* sp. sobre el complejo de la secadera del chile. . Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 53 p.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura, manejo simplificado. UACH. México.
- Castillo, F. E. 2001. Efectividad *in vitro* de actinomicetos aislados de la rizosfera de la papa (*Solanum tuberosum* L.) de los estados de Coahuila y Nuevo León sobre *Rhizoctonia solani* Kühn. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 62 p.
- Cronquist. A. 1996. Introducción a la botánica. Ed. CECSA. México.
- DEAQ. 2004. Diccionario de especialidades agroquímicas. Ed. PLM. México.
- De la Garza. R. R. 2004. Efectividad biológica de bacterias rizofericas esporuladas sobre el complejo de hongos de la marchites del chile. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 45 p.

- Díaz, P. A. 1990. Antagonismo de *Bacillus subtilis* contra *Fusarium oxysporum niveum* y su eficiencia contra el marchitamiento de la sandía en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 58 p.
- FAO. 2002. Estadísticas de producción de ajo a nivel mundial. www.fao.org. 25/09/2005
- 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. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 67 p.
- Manners, J. G. 1986. Introducción a la fitopatología. Primera edición. Ed. LIMUSA. México. 130 p.
- Mendoza, Z. C. 1996. Enfermedades Fungosas de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola. Chapingo, México. pp 39 – 44.
- Ordaz, S. S. 2004. Control microbiano mediante bacterias esporuladas de la costra negra de la papa (*Rhizoctonia solani* Kuhn) en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 45 p.
- Quiñónez H. S. 2003. Comportamiento de 7 cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) en dos densidades de siembra y con dos bioestimuladores. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 56 p.
- Romo, C. J. J. 1994. Estudios de efectividad biológica de *Bacillus subtilis* y Fungibac sobre *Rhizactonia solani* Kuhn en papa bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 65.
- SAGARPA. 2002. Estadísticas de producción de ajo en México www.sagarpa.gob.mx. 14/10/2005.
- United States Enviromental Protection Agency. 2005. www.epa.gov/pesticides/biopesticides.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Ed. LIMUSA. México.

- Virgen, G. C. J. y López, N. 1992. Una bacteria antagónica a *Rhizoctonia solani* "In vitro". Memorias del XIX Congreso Nacional De Fitopatología. pp 165.
- Walter, W. G; McBee, R. H y Temple, K. L. 1982. Introducción a la microbiología. Segunda impresión. Ed. Continental. México. 409 p.

APÉNDICE

Cuadro 1: Datos obtenidos del diámetro de la base de la raíz del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|------------------|--------------|--------|--------|--------|
| | a | b | c | d |
| PCNB | 2.2000 | 2.0200 | 2.2200 | 2.3000 |
| B15 | 2.4300 | 2.3000 | 1.9800 | 2.2800 |
| <i>G. virens</i> | 2.5400 | 2.1800 | 2.5200 | 1.9600 |
| *3 | 2.1000 | 2.1800 | 2.2200 | 2.1600 |
| Testigo | 2.3400 | 2.1800 | 1.9800 | 2.1600 |
| BCC-1 | 1.8400 | 2.1200 | 2.1400 | 2.1000 |
| Mezcla | 2.1400 | 2.0800 | 2.0200 | 1.8800 |

Cuadro 2: Análisis de varianza del diámetro de la base de la raíz del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 0.227448 | 0.037908 | 1.4319 | 0.249 |
| ERROR | 21 | 0.555954 | 0.026474 | | |
| TOTAL | 27 | 0.783401 | | | |

C.V. = 7.52 %

Cuadro 3: Datos obtenidos del diámetro del bulbo del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|------------------|--------------|--------|--------|--------|
| | a | b | c | d |
| PCNB | 4.6000 | 4.3800 | 4.6600 | 4.6400 |
| B15 | 4.7800 | 4.7000 | 4.6000 | 4.4600 |
| <i>G. virens</i> | 5.3200 | 4.4400 | 5.4000 | 4.2800 |
| *3 | 4.9400 | 4.9200 | 4.6200 | 4.8600 |
| Testigo | 5.3200 | 4.3600 | 4.1600 | 4.4800 |
| BCC-1 | 3.3800 | 3.7400 | 4.2600 | 4.4600 |
| Mezcla | 3.8600 | 3.4000 | 3.7600 | 4.0600 |

Cuadro 4: Análisis de varianza del diámetro del bulbo del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|----|----|----|----|---|-----|
|----|----|----|----|---|-----|

| | | | | | |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 4.335327 | 0.722555 | 5.1884 | 0.002 |
| ERROR | 21 | 2.924561 | 0.139265 | | |
| TOTAL | 27 | 7.259888 | | | |

C.V. = 8.37 %

Cuadro 5: Datos obtenidos del diámetro del tallo del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|------------------|--------------|--------|--------|--------|
| | a | b | c | b |
| PCNB | 1.4400 | 1.2800 | 1.2800 | 1.2600 |
| B15 | 1.5400 | 1.4400 | 1.2400 | 1.5200 |
| <i>G. virens</i> | 1.4600 | 1.4200 | 1.6200 | 1.1200 |
| *3 | 1.2600 | 1.1800 | 1.3000 | 1.4400 |
| Testigo | 1.2200 | 1.3800 | 1.4000 | 1.2000 |
| BCC-1 | 1.2800 | 1.5600 | 1.3800 | 1.2800 |
| Mezcla | 1.3000 | 1.3800 | 1.4200 | 1.2600 |

Cuadro 6: Análisis de varianza del diámetro del tallo del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 0.070782 | 0.011797 | 0.7187 | 0.641 |
| ERROR | 21 | 0.344700 | 0.016414 | | |
| TOTAL | 27 | 0.415482 | | | |

C.V. = 9.48 %

Cuadro 7: Datos obtenidos de la longitud de raíz del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|-------|--------------|---|---|---|
| | a | b | c | d |

| | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|
| PCNB | 10.4000 | 10.2000 | 11.2000 | 10.0000 |
| B15 | 11.4000 | 11.4000 | 10.8000 | 10.6000 |
| <i>G. virens</i> | 11.0000 | 9.8000 | 10.2000 | 9.2000 |
| *3 | 8.6000 | 8.4000 | 10.0000 | 8.4000 |
| Testigo | 7.8000 | 8.0000 | 8.0000 | 7.0000 |
| BCC-1 | 8.0000 | 8.2000 | 8.8000 | 8.4000 |
| Mezcla | 8.4000 | 7.6000 | 8.8000 | 6.4000 |

Cuadro 8: Análisis de varianza de la longitud de la raíz del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-----------|----------|---------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 43.037109 | 7.172852 | 16.3196 | 0.000 |
| ERROR | 21 | 9.229980 | 0.439523 | | |
| TOTAL | 27 | 52.267090 | | | |

C.V. = 7.22 %

Cuadro 9: Datos obtenidos de la longitud del tallo del ajo en invernadero.

| TRAT. | a | Repeticiones | | |
|------------------|---------|--------------|---------|---------|
| | | b | c | d |
| PCNB | 20.2000 | 19.6000 | 20.6000 | 19.8000 |
| B15 | 24.0000 | 18.0000 | 20.2000 | 21.8000 |
| <i>G. vorens</i> | 21.6000 | 22.2000 | 23.6000 | 22.4000 |
| *3 | 20.4000 | 20.2000 | 19.4000 | 18.8000 |
| Testigo | 19.2000 | 19.4000 | 19.4000 | 16.2000 |
| BCC-1 | 19.6000 | 17.0000 | 17.8000 | 17.6000 |
| Mezcla | 18.0000 | 17.2000 | 17.2000 | 17.0000 |

Cuadro 10: Análisis de varianza de la longitud del tallo del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|----|----|----|----|---|-----|
|----|----|----|----|---|-----|

| | | | | | |
|--------------|----|------------|-----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 76.073242 | 12.678874 | 7.5300 | 0.000 |
| ERROR | 21 | 35.359375 | 1.683780 | | |
| TOTAL | 27 | 111.432617 | | | |

C.V. = 6.63 %

Cuadro 11: Datos obtenidos de la longitud de la planta completa del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|------------------|--------------|---------|---------|---------|
| | a | b | c | d |
| PCNB | 35.2000 | 33.0000 | 36.0000 | 32.4000 |
| B15 | 39.8000 | 33.8000 | 35.2000 | 36.8000 |
| <i>G. virens</i> | 37.0000 | 33.0000 | 36.6000 | 33.2000 |
| *3 | 34.6000 | 34.8000 | 33.4000 | 33.6000 |
| Testigo | 33.8000 | 32.8000 | 33.4000 | 28.2000 |
| BCC-1 | 32.0000 | 33.0000 | 33.2000 | 32.8000 |
| Mezcla | 34.0000 | 31.2000 | 33.4000 | 30.4000 |

Cuadro 12: Análisis de varianza de la longitud de la planta completa del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|------------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 59.443359 | 9.907227 | 2.8074 | 0.036 |
| ERROR | 21 | 74.109375 | 3.529018 | | |
| TOTAL | 27 | 133.552734 | | | |

C.V. = 5.56 %

Cuadro 13: Datos obtenidos del peso de la planta completa del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|-------|--------------|---|---|---|
| | a | b | c | d |

| | | | | |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| PCNB | 126.6000 | 127.6000 | 122.2000 | 115.2000 |
| B15 | 111.4000 | 110.6000 | 107.8000 | 103.8000 |
| <i>G. virens</i> | 120.4000 | 100.8000 | 113.0000 | 101.4000 |
| *3 | 115.6000 | 115.0000 | 113.2000 | 128.8000 |
| Testigo | 119.0000 | 98.8000 | 101.6000 | 100.0000 |
| BCC-1 | 93.6000 | 93.6000 | 100.8000 | 99.0000 |
| Mezcla | 96.0000 | 89.6000 | 91.6000 | 95.0000 |

Cuadro 14: Análisis de varianza del peso de la planta completa del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-------------|------------|---------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 2738.718750 | 456.453125 | 10.7116 | 0.000 |
| ERROR | 21 | 894.875000 | 42.613094 | | |
| TOTAL | 27 | 3633.593750 | | | |

C.V. = 6.07 %

Cuadro 15: Datos obtenidos del peso del bulbo del ajo en invernadero.

| TRAT. | Repeticiones | | | |
|------------------|--------------|---------|---------|---------|
| | a | b | c | d |
| PCNB | 76.0000 | 71.0000 | 73.6000 | 71.8000 |
| B15 | 67.4000 | 69.0000 | 68.4000 | 64.6000 |
| <i>G. virens</i> | 76.4000 | 59.4000 | 68.2000 | 58.0000 |
| *3 | 72.8000 | 74.8000 | 69.0000 | 75.2000 |
| Testigo | 82.4000 | 57.0000 | 54.8000 | 54.6000 |
| BCC-1 | 49.4000 | 48.2000 | 59.0000 | 55.4000 |
| Mezcla | 50.8000 | 45.0000 | 49.0000 | 53.0000 |

Cuadro 16: Análisis de varianza del peso del bulbo del ajo en invernadero.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-------------|------------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 2037.984375 | 339.664063 | 7.6731 | 0.000 |

| | | | |
|-------|----|-------------|-----------|
| ERROR | 21 | 929.609375 | 44.267113 |
| TOTAL | 27 | 2967.593750 | |

C.V. = 10.50 %

Cuadro 17: Datos obtenidos del diámetro de la base de la raíz del ajo en campo.

| TRAT. | B L O Q U E S | | |
|------------------|---------------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PCNB | 2.1060 | 2.8580 | 2.9240 |
| B15 | 2.2410 | 2.6840 | 2.4300 |
| <i>G. virens</i> | 2.1080 | 2.8320 | 2.8630 |
| *3 | 2.9590 | 2.6400 | 2.8470 |
| Testigo | 2.9350 | 2.7270 | 2.9430 |
| BCC-1 | 2.6920 | 2.8450 | 2.1140 |
| Mezcla | 3.1170 | 2.0400 | 2.4370 |

Cuadro 18: Análisis de varianza del diámetro de la base de la raíz del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 0.419006 | 0.069834 | 0.4575 | 0.827 |
| BLOQUES | 2 | 0.018234 | 0.009117 | 0.0597 | 0.942 |
| ERROR | 12 | 1.831619 | 0.152635 | | |
| TOTAL | 20 | 2.268860 | | | |

C.V. = 14.82%

Cuadro 19: Datos obtenidos del diámetro del bulbo del ajo en campo.

| TRAT. | B L O Q U E S | | |
|-------|---------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|------------------|--------|--------|--------|
| PCNB | 5.5850 | 6.4180 | 6.9670 |
| B15 | 5.6140 | 5.7720 | 5.1590 |
| <i>G. virens</i> | 5.8410 | 6.5180 | 5.9620 |
| *3 | 6.6480 | 5.7080 | 6.0920 |
| Testigo | 6.5430 | 5.9630 | 6.6360 |
| BCC-1 | 5.7400 | 6.0150 | 5.5640 |
| Mezcla | 7.0020 | 5.4670 | 5.4320 |

Cuadro 20: Análisis de varianza del diámetro del bulbo del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 1.693298 | 0.282216 | 0.9075 | 0.522 |
| BLOQUES | 2 | 0.123108 | 0.061554 | 0.1979 | 0.824 |
| ERROR | 12 | 3.731934 | 0.310994 | | |
| TOTAL | 20 | 5.548340 | | | |

C.V. = 9.25%

Cuadro 21: Datos obtenidos del diámetro del tallo del ajo en campo.

| TRAT. | BLOQUES | | |
|-------|---------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | 1.8780 | 2.1270 | 2.1030 |
| 2 | 1.5130 | 1.6900 | 1.3000 |
| 3 | 1.2920 | 1.8910 | 1.8910 |
| 4 | 2.0810 | 1.6230 | 1.8590 |
| 5 | 2.2350 | 1.7890 | 1.8920 |
| 6 | 1.6680 | 1.9150 | 2.1190 |
| 7 | 2.0990 | 1.6450 | 1.7560 |

Cuadro 22: Análisis de varianza del diámetro del tallo del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 0.586823 | 0.097804 | 1.5105 | 0.255 |

| | | | | | |
|---------|----|----------|----------|--------|-------|
| BLOQUES | 2 | 0.004234 | 0.002117 | 0.0327 | 0.969 |
| ERROR | 12 | 0.776970 | 0.064747 | | |
| TOTAL | 20 | 1.368027 | | | |

C.V. = 13.93%

Cuadro 23: Datos obtenidos de la longitud de la raíz del ajo en campo.

| TRAT. | BLOQUES | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PCNB | 11.4600 | 9.4000 | 9.4000 |
| B15 | 7.6000 | 8.0000 | 12.0000 |
| <i>G. virens</i> | 9.4000 | 8.1300 | 8.8300 |
| *3 | 9.0600 | 9.8600 | 9.5300 |
| Testigo | 8.2600 | 11.2000 | 9.0600 |
| BCC-1 | 8.2600 | 9.7300 | 9.6600 |
| Mezcla | 8.6000 | 13.0000 | 8.3300 |

Cuadro 24: Análisis de varianza de la longitud de la raíz del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-----------|----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 3.727051 | 0.621175 | 0.2308 | 0.958 |
| BLOQUES | 2 | 3.252686 | 1.626343 | 0.6044 | 0.566 |
| ERROR | 12 | 32.292358 | 2.691030 | | |
| TOTAL | 20 | 39.272095 | | | |

C.V. = 17.33%

Cuadro 25: Datos obtenidos de la longitud del tallo del ajo en campo.

| TRAT. | BLOQUES | | |
|-------|---------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| PCNB | 27.4600 | 31.0000 | 30.4600 |
| B15 | 27.4600 | 24.7300 | 23.0600 |
| <i>G. virens</i> | 29.6000 | 27.5300 | 23.8000 |
| *3 | 29.6600 | 22.1300 | 26.4600 |
| Testigo | 33.7300 | 25.9300 | 30.4600 |
| BCC-1 | 27.5300 | 25.8600 | 32.6000 |
| Mezcla | 26.9300 | 30.6600 | 28.7300 |

Cuadro 26: Análisis de varianza de la longitud del tallo del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|------------|-----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 63.116211 | 10.519368 | 1.1458 | 0.394 |
| BLOQUES | 2 | 15.102539 | 7.551270 | 0.8225 | 0.534 |
| ERROR | 12 | 110.166992 | 9.180583 | | |
| TOTAL | 20 | 188.385742 | | | |

C.V. = 10.86%

Cuadro 27: Datos obtenidos de la longitud de la planta completa de ajo en campo.

| TRAT. | BLOQUES | | |
|------------------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PCNB | 47.6000 | 45.6000 | 44.8000 |
| B15 | 40.7000 | 38.4000 | 42.5000 |
| <i>G. virens</i> | 44.7000 | 40.7000 | 37.0000 |
| *3 | 44.0000 | 36.8000 | 42.1000 |
| Testigo | 47.8000 | 42.8000 | 44.8000 |
| BCC-1 | 41.6000 | 41.1000 | 45.8000 |
| Mezcla | 40.8000 | 46.4000 | 42.0000 |

Cuadro 28: Análisis de varianza de la longitud de la planta completa de ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-----------|-----------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 84.742188 | 14.123698 | 1.7559 | 0.191 |

| | | | | | |
|---------|----|------------|----------|--------|-------|
| BLOQUES | 2 | 16.968750 | 8.484375 | 1.0548 | 0.380 |
| ERROR | 12 | 96.523438 | 8.043620 | | |
| TOTAL | 20 | 198.234375 | | | |

C.V. = 6.63%

Cuadro 29: Datos obtenidos del peso de la planta completa de ajo en campo.

| TRAT. | B L O Q U E S | | |
|------------------|---------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PCNB | 142.3000 | 194.0000 | 201.3000 |
| B15 | 111.0000 | 104.3000 | 86.0000 |
| <i>G. virens</i> | 171.3000 | 161.3000 | 131.6000 |
| *3 | 183.6000 | 104.6000 | 139.0000 |
| Testigo | 210.6000 | 134.6000 | 173.6000 |
| BCC-1 | 110.3000 | 132.3000 | 139.6000 |
| Mezcla | 168.3000 | 141.0000 | 127.6000 |

Cuadro 30: Análisis de varianza del peso de la planta completa de ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|--------------|-------------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 13017.531250 | 2169.588623 | 2.7804 | 0.062 |
| BLOQUES | 2 | 1245.062500 | 622.531250 | 0.7978 | 0.524 |
| ERROR | 12 | 9363.875000 | 780.322937 | | |
| TOTAL | 20 | 23626.468750 | | | |

C.V. = 19.12%

Cuadro 31: Datos obtenidos del peso del bulbo del ajo en campo.

| TRAT. | B L O Q U E S | | |
|-------|---------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| PCNB | 88.3000 | 102.3000 | 114.6000 |

| | | | |
|------------------|----------|---------|----------|
| B15 | 65.3000 | 63.3000 | 55.0000 |
| <i>G. virens</i> | 98.3000 | 92.6000 | 80.0000 |
| *3 | 99.3000 | 68.0000 | 82.3000 |
| Testigo | 104.6000 | 79.0000 | 101.6000 |
| BCC-1 | 70.0000 | 81.0000 | 79.0000 |
| Mezcla | 91.6000 | 87.0000 | 69.3000 |

Cuadro 32: Análisis de varianza del peso del bulbo del ajo en campo.

| FV | GL | SC | CM | F | P>F |
|--------------|----|-------------|------------|--------|-------|
| TRATAMIENTOS | 6 | 3154.937500 | 525.822937 | 3.8170 | 0.023 |
| BLOQUES | 2 | 156.921875 | 78.460938 | 0.5696 | 0.585 |
| ERROR | 12 | 1653.109375 | 137.759109 | | |
| TOTAL | 20 | 4964.968750 | | | |

C.V. = 13.91%